

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

سند راهبردی و نقشه‌ی راه توسعه‌ی فناوری‌های مرتبط با انرژی زمین‌گرمایی

مدیر پروژه: مهندس جواد نورعلیانی
گروه پژوهشی انرژی‌های نو

راهبر: معاونت فناوری
ناشر: پژوهشگاه نیرو

کارفرما: شرکت توانیر
سفارش‌دهنده: وزارت نیرو

اعضای محترم کمیته راهبردی تدوین سند:

✦ مهندس محمدحسن امامیان

✦ دکتر سهیل پرخیال

✦ مهندس سمیه داراب

✦ مهندس شهریار جلائی

✦ دکتر اکبر شعبانی‌کیا

✦ دکتر مهران کیانی‌راد

✦ دکتر علی مرادزاده

ویرایش اول

۱۳۹۴

تدوین "سند راهبرد ملی و نقشه راه توسعه فناوری های مرتبط با انرژی زمین گرمایی در ایران" در ۱۷ گزارش ۶ فاز تهیه شده که نتایج بدست آمده از اجرای این مراحل به شرح زیر ارائه می گردند:

<p>۱. تدوین مبانی سند توسعه فناوری های مرتبط با انرژی زمین گرمایی</p> <p>۲. شناخت ساختار توسعه فناوری انرژی زمین گرمایی در کشور</p> <p>۳. ضرورت توسعه و توجیه پذیری تولید برق از منابع انرژی زمین گرمایی</p> <p>۴. بررسی اسناد، قوانین و برنامه های بالادستی در حوزه انرژی های تجدید پذیر با تکیه بر انرژی زمین گرمایی</p>	<p>فاز ۱:</p> <p>تدوین مبانی سند</p>
<p>۵. شناسایی حوزه های فناورانه انرژی زمین گرمایی در خصوص مطالعات اکتشافی (مطالعات زمین شناسی، ژئوشیمیایی و ژئوفیزیکی)</p> <p>۶. بررسی نقشه راه توسعه فناوری های مرتبط با انرژی زمین گرمایی در سایر کشورها</p> <p>۷. شناسایی حوزه های فناورانه انرژی زمین گرمایی در خصوص اکتشاف منابع - حفاری</p> <p>۸. پمپ های حرارتی زمین گرمایی</p> <p>۹. شناسایی حوزه های فناورانه انرژی زمین گرمایی در خصوص اکتشاف منابع - مهندسی مخزن</p> <p>۱۰. شناسایی حوزه های فناورانه انرژی زمین گرمایی - در خصوص تعمیر و نگهداری چاه ها</p> <p>۱۱. نیروگاه های زمین گرمایی و طرح های کاربرد مستقیم</p> <p>۱۲. شناسایی حوزه های فناورانه انرژی زمین گرمایی</p> <p>۱۳. آینده پژوهی فناوری های انرژی زمین گرمایی</p>	<p>فاز ۲:</p> <p>هوشمندی فناوری</p>
<p>۱۴. ارکان جهت ساز انرژی زمین گرمایی</p>	<p>فاز ۳:</p> <p>تدوین ارکان جهت ساز</p>
<p>۱۵. برنامه اقدامات و سیاست ها به منظور توسعه فناوری های انرژی زمین گرمایی</p>	<p>فاز ۴:</p> <p>تدوین برنامه اقدامات و سیاست ها</p>
<p>۱۶. تدوین نقشه راه و برنامه عملیاتی فناوری های مرتبط با انرژی زمین گرمایی در ایران</p>	<p>فاز ۵:</p> <p>برنامه عملیاتی و تهیه رهنگاشت</p>
<p>۱۷. برنامه ارزیابی و به روزرسانی نقشه راه توسعه فناوری های مرتبط با انرژی زمین گرمایی در ایران</p>	<p>فاز ۶:</p> <p>تدوین برنامه ارزیابی و به روزرسانی</p>

فهرست مطالب

۱	۱- مقدمه
۲	۲- تبیین ابعاد موضوع و محدوده مطالعات
۳	۳- تبیین مشخصات فناوری های مرتبط با انرژی زمین گرمایی
۳	۳-۱- شناسایی و معرفی فناوری های مرتبط با انرژی زمین گرمایی
۴	۳-۱-۱- فناوری های مرتبط با منابع زمین گرمایی هیدروترمال
۴	۳-۱-۱-۱-۱- فناوری های مرتبط با اکتشاف منابع زمین گرمایی هیدروترمال
۱۱	۳-۱-۱-۱-۲- فناوری های مرتبط با موارد کاربرد انرژی زمین گرمایی
۱۹	۳-۱-۱-۱-۳- فناوری های مرتبط با تعمیر و نگهداری چاه های زمین گرمایی هیدروترمال
۲۰	۳-۱-۲- فناوری های مرتبط با منابع زمین گرمایی پیشرفته (EGS)
۲۴	۳-۱-۲-۱- فناوری های مرتبط با اکتشاف منابع زمین گرمایی پیشرفته
۲۵	۳-۱-۲-۲- فناوری های مرتبط با تولید برق از سیستم های زمین گرمایی پیشرفته
۲۵	۳-۱-۲-۳- فناوری های مرتبط با تعمیر و نگهداری چاه های منابع زمین گرمایی پیشرفته
۲۵	۳-۱-۳- فناوری های مرتبط با پمپ های حرارتی زمین گرمایی
۳۴	۳-۲-۳- وضعیت فناوری های انرژی زمین گرمایی از نظر تناسب فناوری
۳۶	۳-۳- تعیین چرخه عمر فناوری های مرتبط با انرژی زمین گرمایی
۳۸	۳-۳-۱- فناوری های مرتبط با منابع زمین گرمایی عمیق
۴۰	مراجع

فهرست اشکال

- شکل (۳-۱) - گروه بندی فناوری های مرتبط با انرژی زمین گرمایی ۴
- شکل (۳-۲) - گروه بندی فناوری های مرتبط با اکتشاف منابع انرژی زمین گرمایی ۶
- شکل (۳-۳) - نمودار لیندال، انواع کاربرد سیال زمین گرمایی بر حسب درجه حرارت آن ۱۱
- شکل (۳-۴) - انواع منابع انرژی زمین گرمایی بر اساس درجه حرارت مخزن آنها ۱۲
- شکل (۳-۵) - طرح شماتیک یک مخزن زمین گرمایی گرمایی هیدروترمال ایده آل ۱۲
- شکل (۳-۶) - ظرفیت نصب شده نیروگاههای زمین گرمایی در کشورهای پیشگام ۱۳
- شکل (۳-۷) - میزان تولید برق از منابع انرژی زمین گرمایی در جهان در سال ۲۰۱۲ ۱۴
- شکل (۳-۸) - نقشه پراکندگی نیروگاههای زمین گرمایی در جهان ۱۵
- شکل (۳-۹) - میزان رشد کاربرد مستقیم انرژی زمین گرمایی در جهان طی سالهای ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۰ ۱۷
- شکل (۳-۱۰) - میزان گسترش موارد کاربرد مستقیم انرژی زمین گرمایی در جهان در سال ۲۰۱۰ ۱۸
- شکل (۳-۱۱) - نحوه پراکندگی درجه حرارت در عمق ۱۰ کیلومتری ایالات متحده امریکا ۲۰
- شکل (۳-۱۲) - شمایی از یک سیستم زمین گرمایی پیشرفته (EGS) ۲۳
- شکل (۳-۱۳) - میزان ظرفیت نصب شده سیستم های پمپ حرارتی در کشورهای مختلف ۲۶
- شکل (۳-۱۴) - میزان نوسانات سالیانه دمای خاک در اعماق ۰/۳، ۲ و ۳ متری از سطح زمین ۲۶
- شکل (۳-۱۵) - روند تغییرات ظرفیت نصب شده سیستم های پمپ حرارتی زمین گرمایی در جهان ۲۷
- شکل (۱۶-۳) - ارتباط چرخه فناوری با چرخه عمر زیرفناوری ها ۳۷
- شکل (۳-۱۷) - وضعیت معیارهای سنجش جایگاه فناوری در چرخه عمر فناوری ۳۷

فهرست جداول

۲۳	جدول (۱-۳) - کشورهای پیشرو در خصوص تحقیق، بررسی و اجرای سیستم‌های زمین گرمایی پیشرفته (EGS)
۳۸	جدول (۲-۳) - وضعیت مقالات و پتنت های منتشر شده در خصوص فناوری های اصلی زمین گرمایی و ظرفیت نصب شده نیروگاه های زمین گرمایی در جهان
۳۸	جدول (۳-۳) - نرخ رشد تعداد مقالات و پتنت های منتشر شده طی سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵

۱- مقدمه

انرژی زمین گرمایی یکی از انواع انرژی های تجدیدپذیر است که از گرمای درون زمین به دست می آید. متداول ترین نوع سیستم های زمین گرمایی، مخازن حاوی سیال داغی (آبداغ یا بخار) هستند که در زیر زمین قرار داشته و با حفر چاه می توان سیال مذکور را استخراج نموده و به کمک آن یا برق تولید نمود و یا مستقیماً از حرارت آن استفاده کرد. این دسته از منابع انرژی زمین گرمایی را منابع گرمایی (Hydrothermal) می نامند.

خوشبختانه منابع این انرژی در کشورمان نیز وجود دارد. در حقیقت، تعداد منابع انرژی زمین گرمایی در ایران به حدی است که می توان برای شناسایی و بهره برداری از آنها برنامه بلند مدتی را تهیه و تدوین نمود.

بررسی و تحقیق در خصوص منابع انرژی زمین گرمایی کشور از حدود ۲۰ سال قبل و توسط مؤسسات پژوهشی مختلفی آغاز شده است. بدون شک، مطالعات پژوهشی یاد شده نقش مهمی در افزایش آگاهی سیاستمداران بخش انرژی نسبت به منابع این انرژی در کشور داشته است. با این وجود، مطالعات و پژوهش های انجام شده به صورت موضعی و نامتوازن بوده است. به عنوان مثال، در حالی که از یک سو در منطقه زمین گرمایی مشکین شهر (واقع در استان اردبیل)، نخستین نیروگاه زمین گرمایی کشور و خاورمیانه در دست احداث می باشد، از سوی دیگر اطلاعات موجود در خصوص سایر مناطق زمین گرمایی کشور بسیار ناچیز و غیر قابل استناد می باشد.

به نظر نگارنده در چنین وضعیتی، عدم وجود یک سند بالادستی توسعه برای منابع انرژی زمین گرمایی در کشور به وضوح احساس می شود. بنابراین، بنا به دلایل زیر، تهیه سند راهبرد ملی توسعه فناوری های مرتبط با انرژی زمین گرمایی در کشور، امری ضروری به شمار می رود:

- علیرغم فعالیت های تحقیقاتی و اجرایی در خصوص منابع انرژی زمین گرمایی کشور، تاکنون هیچ سند ملی میان مدت یا بلند مدتی در این زمینه تهیه نشده است.
- به دلیل عدم وجود نقشه راه در خصوص بهره برداری از منابع انرژی زمین گرمایی کشور، تاکنون اولویت بندی خاصی در مورد فناوری های مرتبط با این انرژی صورت نگرفته است.
- با تهیه و تدوین سند راهبردی توسعه فناوری های مرتبط با انرژی زمین گرمایی می توان از سرمایه و توان فنی - کارشناسی موجود در کشور استفاده بهینه نمود.

- با توجه به اجرایی بودن ماهیت سند، می توان مسئولیت های مختلف را به نهادهای متفاوت واگذار نموده و به این ترتیب از انجام فعالیت های موازی جلوگیری کرد.

با تهیه سند نقشه راه فناوری های انرژی زمین گرمایی نتایج زیر بدست خواهد آمد:

- ایجاد جهت گیری راهبردی به منظور توسعه زیربخش های مختلف
- شکل دهی بستری مناسب برای حفظ انسجام و یکپارچگی فعالیت های مرتبط با توسعه فناوری انرژی زمین گرمایی در حوزه های مختلف و همچنین ایجاد زیر ساخت های لازم برای کنترل راهبردی
- ایجاد راهکارهای همه جانبه از ابعاد مختلف اقتصادی، اجتماعی، زیست محیطی، فناورانه و مالی جهت برطرف نمودن موانع و مشکلات پیش روی سرمایه گذاران و صنعت کاران در حوزه انرژی زمین گرمایی
- ایجاد زیر ساخت برای تنظیم فعالیت های سالانه در راستای حرکت های بلند مدت و ایجاد وفاق و هماهنگی میان دولت، صنعت، دانشگاه ها و پژوهشگاه ها و بخش خصوصی در حوزه انرژی زمین گرمایی
- تقویت ارتباط میان برنامه های راهبردی و برنامه های عملیاتی و بودجه ریزی

۲- تبیین ابعاد موضوع و محدوده مطالعات

محدوده جغرافیایی اجرای سند راهبردی حاضر، کل کشور می باشد و راهکارها، اقدامات و سیاست های پیشنهادی این سند در سطح ملی لازم الاجرا خواهد بود. طبق تعریف، بازه زمانی اجرای سند های راهبردی به سه دسته کوتاه مدت (تا ۵ سال)، میان مدت (۱۰ تا ۱۵ سال) و بلند مدت (۱۵ تا ۲۰ سال) تقسیم بندی می گردند. با توجه به وضعیت کنونی بهره برداری از منابع انرژی زمین گرمایی کشور از یک سو و عطف به این نکته که سند حاضر جزو اسناد بالادستی کشور خواهد بود، سند راهبرد ملی و نقشه راه توسعه فناوری های مرتبط با انرژی زمین گرمایی در ایران از نوع اسناد میان مدت می باشد. بدین معنی که این سند برای بازه زمانی ۱۰ سال آینده و برای افق ۱۴۰۴ تهیه و تدوین می گردد.

۳- تبیین مشخصات فناوری های مرتبط با انرژی زمین گرمایی

۳-۱- شناسایی و معرفی فناوری های مرتبط با انرژی زمین گرمایی

فناوری های مرتبط با انرژی زمین گرمایی را می توان از دیدگاه های متفاوتی مورد بررسی قرار داد. بدیهی است که به منظور بررسی فناوری های مذکور می بایست، نخست آنها را به جامع ترین حالت ممکن، تقسیم بندی نمود. نحوه تقسیم بندی فناوری ها امری بسیار مهم می باشد زیرا باید در بردارنده تمامی فناوری های کوچک مرتبط با انرژی زمین گرمایی نیز باشد.

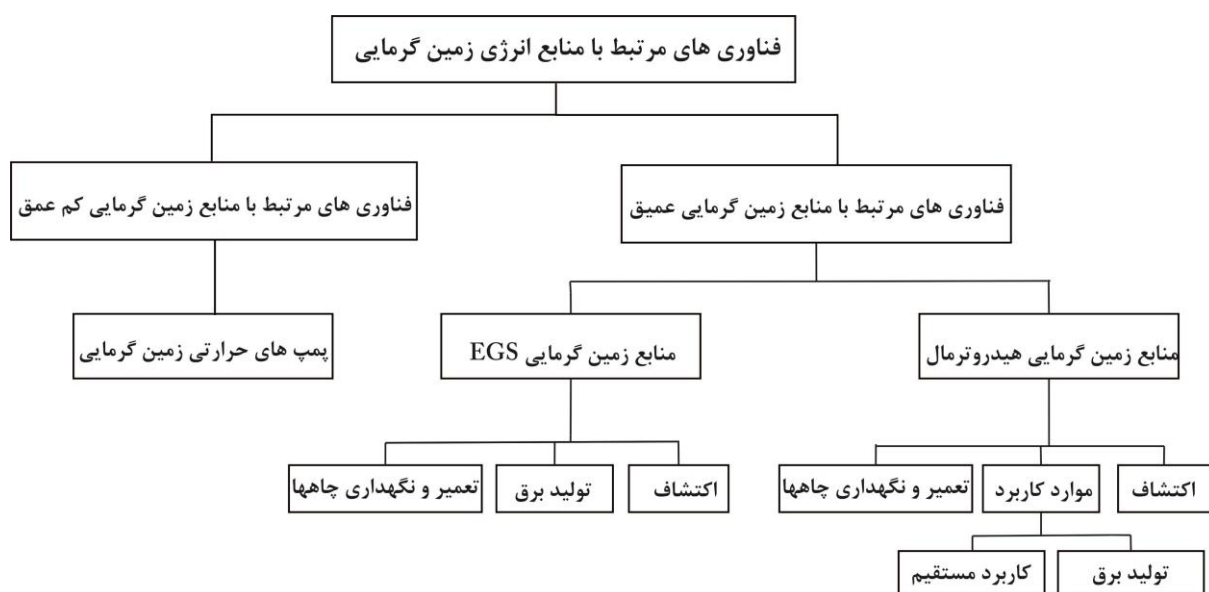
با توجه به ماهیت انرژی زمین گرمایی، می توان، در وهله اول، منابع انرژی زمین گرمایی را به دو گروه اصلی منابع زمین گرمایی عمیق و کم عمق تقسیم بندی نمود. عمق مینا برای تقسیم بندی منابع زمین گرمایی، ۲۰۰ متر می باشد. بدین ترتیب که منابع واقع در اعماق بیش از ۲۰۰ متر، منابع زمین گرمایی عمیق و منابع واقع در اعماق کمتر از ۲۰۰ متر، منابع کم عمق در نظر گرفته می شوند، شکل (۳-۱).

منابع زمین گرمایی عمیق به دو دسته عمده منابع هیدروترمال (گرمابی) و منابع توسعه یافته (EGS) تقسیم می شوند. منابع هیدروترمال، آن دسته از منابع انرژی زمین گرمایی هستند که دارای سیال داغ (آبداغ یا بخار یا مخلوطی از هر دو) بوده و با حفر چاه های تولیدی می توان از انرژی حرارتی یا جنبشی سیال آنها بهره برداری نمود. اما، منابع زمین گرمایی توسعه یافته، منابعی هستند که به طور طبیعی و ذاتی فاقد سیال داغ می باشند. این دسته از منابع زمین گرمایی به طور طبیعی حرارت بالایی داشته و میزان نفوذپذیری ثانویه نیز در آنها بالا می باشد به نحوی که با تزریق آب به درون مخزن، آب بر اثر مجاورت با سنگ های داغ، به بخار تبدیل شده و از طریق چاه به سطح زمین راه می یابد.

منابع زمین گرمایی کم عمق نیز شامل سیستم پمپ های حرارتی می گردند که اساساً با منابع زمین گرمایی عمیق تفاوت های بسیار زیادی دارند. در واقع، این سیستم ها، سیستم های تهویه مطبوعی هستند که از ثابت بودن درجه حرارت در اعماق کم زمین بهره می برند. بنابراین، این سیستم ها را می توان در هر نقطه ای از کره زمین اجرا نمود. یادآور می گردد که در این گزارش، فناوری های مرتبط با انرژی زمین گرمایی به طور بسیار مختصر معرفی می گردند. بدیهی است که در "گزارش های شناسایی حوزه های فناورانه انرژی زمین گرمایی" مرتبط با مرحله هوشمندی فناوری، فناوری های یاد شده به طور کامل معرفی خواهند شد. در ادامه گزارش، فناوری ها به اختصار معرفی می شوند.

۱-۱-۳- فناوری های مرتبط با منابع زمین گرمایی هیدروترمال

فناوری های مرتبط با منابع زمین گرمایی هیدروترمال به سه دسته اصلی اکتشاف، موارد کاربرد و تعمیر و نگهداری چاهها تقسیم بندی می شوند. بدیهی است که هر یک از رده های اصلی فوق الذکر، به زیر رده های متعددی تقسیم می شوند که در ادامه به کلیات آنها اشاره می گردد.



شکل (۱-۳) - گروه بندی فناوری های مرتبط با انرژی زمین گرمایی

۱-۱-۳- فناوری های مرتبط با اکتشاف منابع زمین گرمایی هیدروترمال

اکتشاف، نخستین گام جهت توسعه منابع هیدروترمال به شمار می رود. گامی که طی آن موقعیت مخازن زمین گرمایی و همچنین محل حفر چاهها جهت تولید سیال زمین گرمایی (آبداغ یا بخار) مشخص می گردد. اکتشاف شامل کاربرد روشها و فنون مختلف در زمینه علمی چون زمین شناسی، ژئوشیمی و ژئوفیزیک می گردد که همراه آن از دانش هیدرولوژی و به ویژه فن آوری حفاری و مهندسی مخزن نیز استفاده می شود.

هر یک از روش های اکتشافی یاد شده، بسیار تخصصی بوده و از آنجایی که مقوله اکتشاف، عملیاتی گران و ریسک پذیر می باشد بنابراین ضروری است که سرمایه گذار انرژی زمین گرمایی بهترین استفاده ممکن را از این روش ها بنماید. سرمایه گذاری که در زمینه اکتشاف منابع هیدروترمال فاقد تجربه کافی است می بایست مشاورین یا پیمانکارانی را که هم دانش کافی و هم تجربه زیادی در خصوص اکتشاف منابع زمین گرمایی دارند به خدمت گیرد. نکته قابل ذکر آنکه معمولاً مطالعات اکتشافی منابع هیدروترمال با روش های ساده تر و ارزان تر آغاز شده و با روش های پرهزینه تر خاتمه می یابد.

در واقع، هدف اصلی از به کارگیری این رده از فناوری های زمین گرمایی، شناسایی محدوده منابع هیدروترمال و همچنین تعیین مشخصات آنها می باشد. زیر رده های اصلی این دسته از فناوری های زمین گرمایی شامل موارد زیر می گردند، شکل (۲-۳):

- فناوری های اکتشاف مقدماتی منابع هیدروترمال (پتانسیل سنجی)

- فناوری های اکتشاف تکمیلی منابع هیدروترمال

شایان ذکر آنکه موارد مذکور به طور کامل در گزارش های بعدی پروژه معرفی خواهند شد. اما به عنوان مثال، فناوری های اکتشاف تکمیلی به ۵ فناوری جزئی تر زیر تقسیم می گردند، شکل (۲-۳):

- فناوری مطالعات زمین شناسی

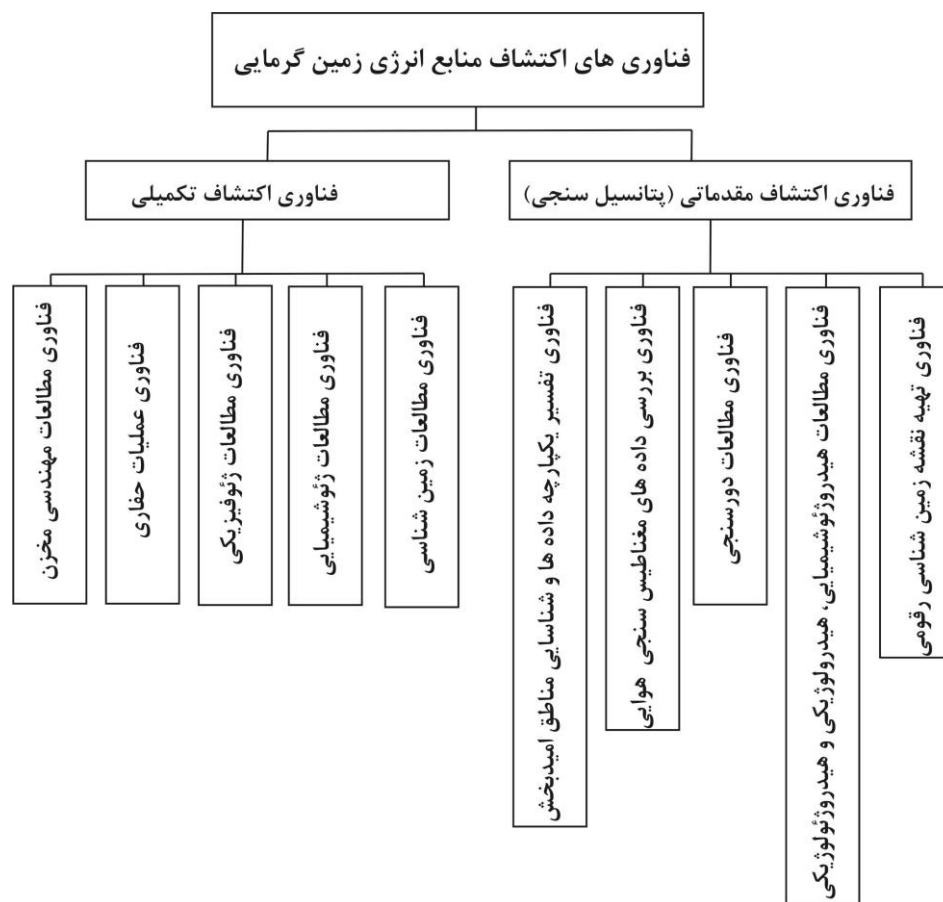
- فناوری مطالعات ژئوشیمیایی

- فناوری مطالعات ژئوفیزیکی

- فناوری حفاری چاه های زمین گرمایی

- فناوری مطالعات مهندسی مخزن

یادآور می گردد که فناوری های مذکور خود به زیر رده های متعددی تقسیم می شوند که در این بخش از گزارش از تشریح آنها خودداری می شود. اما به منظور آشنایی بیشتر، مطالب مختصری در خصوص هر یک از فناوری های فوق الذکر ارائه می گردد.



شکل (۲-۳) - گروه بندی فناوری های مرتبط با اکتشاف منابع زمین گرمایی هیدروترمال

- مطالعات زمین شناسی

نخستین مرحله از مطالعات اکتشافی، مطالعات زمین شناسی می باشد. در واقع، نتایج بدست آمده از این مطالعات، پایه و اساس مطالعات آتی به شمار می رود. بدین ترتیب که به کمک اطلاعات زمین شناسی می توان نتایج حاصل از مطالعات ژئوشیمیایی و ژئوفیزیکی را بهتر تفسیر نمود. به عبارت دیگر با انجام مطالعات زمین شناسی، دید مناسبی از وضعیت زمین شناسی محلی و ناحیه ای منطقه اکتشافی بدست می آید. محصول نهایی مطالعات زمین شناسی، نقشه زمین شناسی منطقه و گزارش مربوط به آن می باشد.

مطالعات ژئوشیمیایی

با انجام مطالعات ژئوشیمیایی در خصوص سیال زمین گرمایی و سنگ مخزن می توان به تعداد زیادی از سؤالات مرتبط با مخزن زمین گرمایی و تولید سیال از آن پاسخ داد. بنابراین، مطالعات و بررسی های ژئوشیمیایی، نقش مهمی در شناسایی منابع هیدروترمال و توسعه آن دارند.

مطالعات ژئوشیمیایی مقدماتی شامل نمونه برداری و تجزیه شیمیایی آب و گاز خروجی از چشمه های آبگرم و سایر شواهد سطحی زمین گرمایی موجود در منطقه اکتشافی می گردد. پس از مشخص شدن نتایج آزمایشات فوق، می توان به موارد زیر پی برد:

- منبع زمین گرمایی مربوطه حاوی آبداغ است یا بخار؟
- حداقل درجه حرارت منبع زمین گرمایی چقدر می باشد؟
- میزان یکنواختی آب سرد ورودی به سیستم چقدر است؟
- خواص شیمیایی سیال داخل مخزن چیست؟
- منشأ سیال مخزن چیست؟

علاوه بر این به کمک اصول ژئوشیمیایی می توان اطلاعات شیمیایی مربوط به چاه های تولیدی را نیز تفسیر نمود. همچنین با استفاده از اصول مذکور، می توان اطلاعات مفیدی در خصوص پوسته گذاری در لوله ها یا تغییر تدریجی در خواص شیمیایی سیال زمین گرمایی بدست آورد.

مطالعات ژئوفیزیکی

پس از انجام مطالعات زمین شناسی سطحی و جمع آوری اطلاعات ژئوشیمیایی، در منطقه اکتشافی، مطالعات ژئوفیزیکی صورت می پذیرد. این مطالعات به منظور کاوش و توصیف میدان های زمین گرمایی و همچنین تعیین محل حفر چاه های مختلف در مناطق اکتشافی انجام می شوند.

ژئوفیزیک، علم بررسی ترکیب و ساختار درونی زمین و شناخت فرآیندهایی است که سیمای بیرونی زمین را به وجود آورده است. کاربرد اصلی مطالعات ژئوفیزیکی در شناسایی، کنترل و بازنگری منابع هیدروترمال میباشد. برای این منظور از روش های

ژئوفیزیکی مختلفی در کلیه مراحل اکتشاف منابع هیدروترمال استفاده می شود که اساس آنها اندازه گیری خواص فیزیکی زمین (سنگ ها و سیال ها) اعم از درجه حرارت، میزان هدایت حرارتی، مقاومت الکتریکی، سرعت امواج لرزه ای، میزان خودپذیری مغناطیسی و چگالی است. به کمک روش های مطالعاتی ژئوفیزیکی می توان به طور مستقیم یا غیر مستقیم به وضعیت ساختاری مناطق و موقعیت مخازن زمین گرمایی در آنها پی برد. امروزه اهمیت مطالعات ژئوفیزیکی در اکتشاف منابع هیدروترمال به حدی است که بدون استفاده از نتایج مطالعات یاد شده نمی توان موقعیت یک چاه زمین گرمایی را تعیین نموده و آنرا حفر کرد.

به طور کلی روش های ژئوفیزیکی که در شناسایی منابع هیدروترمال به کار می روند شامل موارد زیر می گردند:

- روش های مغناطیسی

- روش های حرارت سنجی

- روش ثقل سنجی

- روش های الکتریکی

- روش های لرزه نگاری

در یک برنامه اکتشافی، به منظور افزایش ضریب اطمینان مطالعات تحقیقاتی بهتر است که همزمان از چند روش اکتشافی ژئوفیزیکی استفاده گردد. زیرا در این حالت، نتایج بدست آمده از روش های مختلف با یکدیگر تلفیق شده و بدین ترتیب، نتایج دقیق تری از مطالعات انجام شده بدست خواهد آمد.

به عنوان مثال می توان از روش ثقل سنجی برای تشخیص ساختمان های زیرزمینی و از روش الکتریکی برای تعیین موقعیت و وضعیت سیال زمین گرمایی در زیرزمین استفاده نمود و نهایتاً با تلفیق نتایج بدست آمده از آنها می توان به وجود یک مخزن زمین گرمایی در اعماق منطقه اکتشافی پی برد که دارای ذخیره مناسبی از سیال داغ می باشد.

شایان ذکر آنکه در اکتشافات ژئوفیزیکی منابع هیدروترمال، روش های الکتریکی کاربرد بیشتری دارند و این در حالی است که روش لرزه نگاری علی رغم ارائه اطلاعات مناسب، به دلیل هزینه سنگین اجرای مراحل عملیاتی آن، کاربرد محدودتری دارد.

- حفاری چاه‌های زمین گرمایی

پس از انجام اکتشافات اولیه در مناطق زمین گرمایی و تعیین محل حفر چاه اکتشافی، قدم بعدی جهت شناخت و استفاده از مخزن زمین گرمایی، حفر چاه است. در حقیقت تمامی روش‌های اکتشافی که مطرح شدند، به طور غیر مستقیم، اطلاعاتی را از مخزن زمین گرمایی ارائه می‌دهند و تنها روشی که به کمک آن می‌توان مستقیماً مخزن را مورد بررسی قرار داد حفاری است. این مرحله از اکتشافات پرهزینه ترین بخش اکتشاف و کاربرد منابع زمین گرمایی هیدروترمال می باشد.

حفاری دورانی متداول ترین روش حفاری می‌باشد که دارای انواع گوناگونی است که هر یک مزایا و معایب خاص خود را دارد. در این روش، مته حفاری که اغلب از سه مخروط مشابه تشکیل شده است، به وسیله نیروی اعمال شده توسط الکتروموتورهای بسیار قوی و نیز یک لوله تو خالی سنگین و لوله‌های حفاری، با حرکت دورانی خود سنگ‌ها را سوراخ نموده و به پایین حرکت می‌کند. در این روش، برای خنک نمودن مته از سیال حفاری استفاده می‌شود که با تجهیزات خاصی از درون لوله حفاری به مته هدایت شده و از داخل مته خارج می‌گردد و مته را خنک نموده و خرده سنگ‌های ایجاد شده را به بالای چاه هدایت می‌کند. در این روش حفاری، از سطح به عمق مرتباً از قطر چاه کاسته شده و لوله‌های جداری نازک‌تر می‌شوند. آخرین لوله‌ای که داخل مخزن قرار داده می‌شود دارای شیارهای باریک قائمی است که سیال چاه از طریق این شیارها به سطح زمین هدایت می‌شود.

- مطالعات مهندسی مخزن

مطالعات مهندسی مخزن منابع زمین گرمایی هیدروترمال از صنعت نفت و گاز اقتباس شده است. در واقع، از اواخر دهه ۶۰ میلادی، نیاز به این دانش در صنعت رو به رشد انرژی زمین گرمایی به شدت احساس می‌شد و همین موضوع سبب گسترش روزافزون دانش مهندسی مخازن هیدروترمال گردید. در ابتدا این دانش بر روی موارد زیر متمرکز بود:

- مشخص کردن محل حفر چاه‌ها
- اندازه گیری مشخصات چاه‌ها
- تفسیر داده‌های بدست آمده از چاه‌ها

- مشخص کردن نحوه تولید سیال از مخزن

- پیش بینی رفتار مخزن نسبت به تولید سیال از آن

در حقیقت، هدف نهایی از مطالعات مهندسی مخزن، تعیین بهینه ترین شرایط تولید سیال از مخزن به نحوی است که بتوان حداکثر توان حرارتی مخزن را تحت شرایط مناسب اقتصادی مورد بهره برداری قرار داد. مهم ترین فعالیت یک مهندس مخزن، پیش بینی رفتار چاه/مخزن در دست بررسی می باشد، [۴]. برای این منظور، مهم ترین سؤالات قابل طرح عبارت هستند از:

- کدام برنامه، مناسب ترین برنامه توسعه مخزن در دست مطالعه است؟

- چه تعداد چاه در منطقه باید حفر شود تا اهداف مناسب ترین برنامه توسعه مخزن محقق شود؟ الگوی حفر چاهها چگونه باید باشد؟

- مقدار تولید سیال چاهها چقدر باید باشد؟

- چه مقدار از حرارت مخزن قابل برداشت است؟

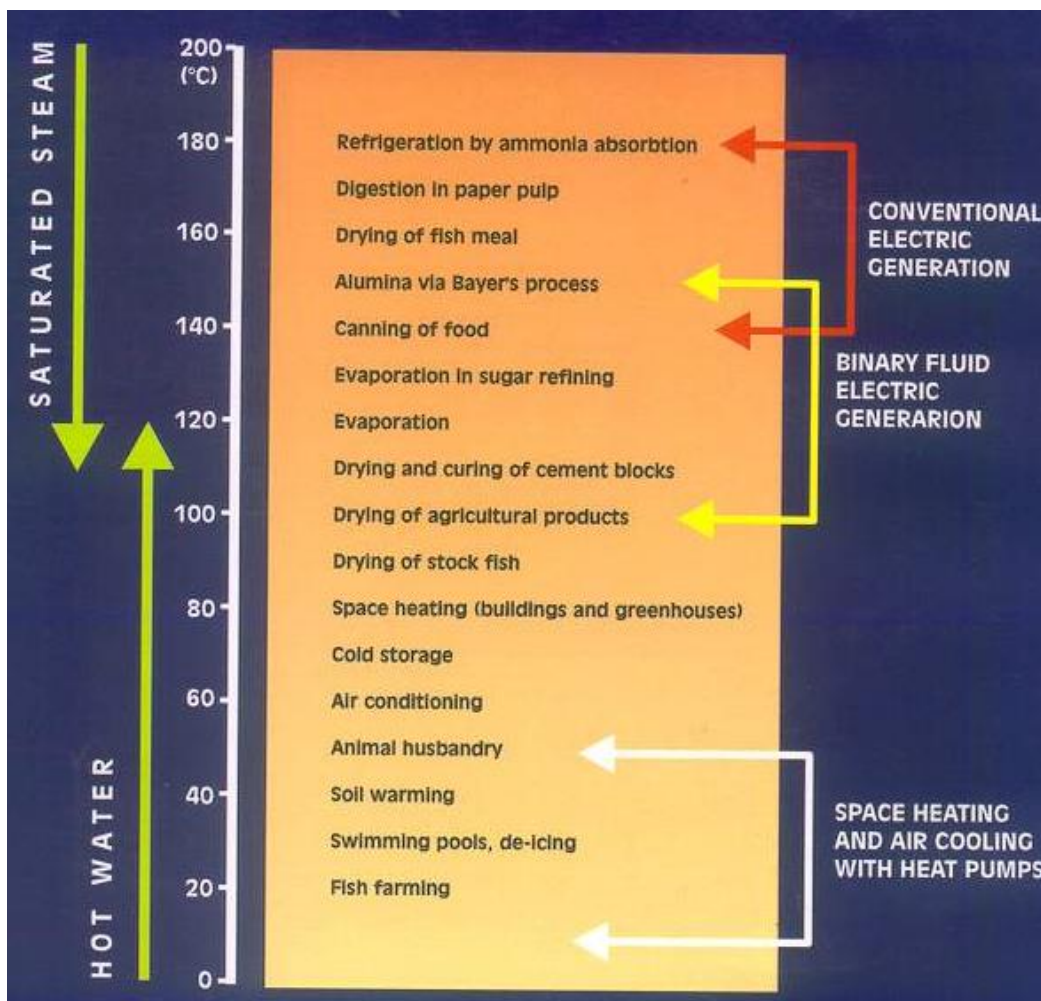
- نحوه تغییر حرارت در مخزن بر اثر بهره برداری از آن چگونه خواهد بود؟

به منظور یافتن پاسخ برای سؤالات فوق، مهندس مخزن باید با دقت زیاد، از ابتدای تولید سیال، شرایط مخزن را به دقت مورد بررسی قرار دهد. وی این فرصت را در اختیار دارد تا نتایج بررسی های خود را مداوماً تغییر داده و آنها را با اضافه نمودن داده های جدید بهتر تفسیر نماید. پس از انجام مطالعات مهندسی مخزن، معمولاً به منظور درک بهتر شرایط مخزن، نتایج بدست آمده در قالب مدل های سه بعدی ترسیم می گردد.

۲-۱-۱-۳- فناوری های مرتبط با موارد کاربرد انرژی زمین گرمایی

این رده از فناوری ها به انواع طرح های استفاده از انرژی زمین گرمایی مربوط می شود. موارد کاربرد منابع زمین گرمایی هیدروترمال بسیار گسترده بوده و بر حسب درجه حرارت سیال خروجی از چاه های زمین گرمایی، متفاوت می باشد. یک دانشمند ایسلندی به نام لیندال، نموداری را تهیه نموده است که در آن نوع کاربرد سیال زمین گرمایی بر حسب درجه حرارت آن نشان داده شده است. در شکل (۳-۳)، نمودار یاد شده نمایش داده شده است. بدین ترتیب که پس از انجام مطالعات اکتشافی و حفر

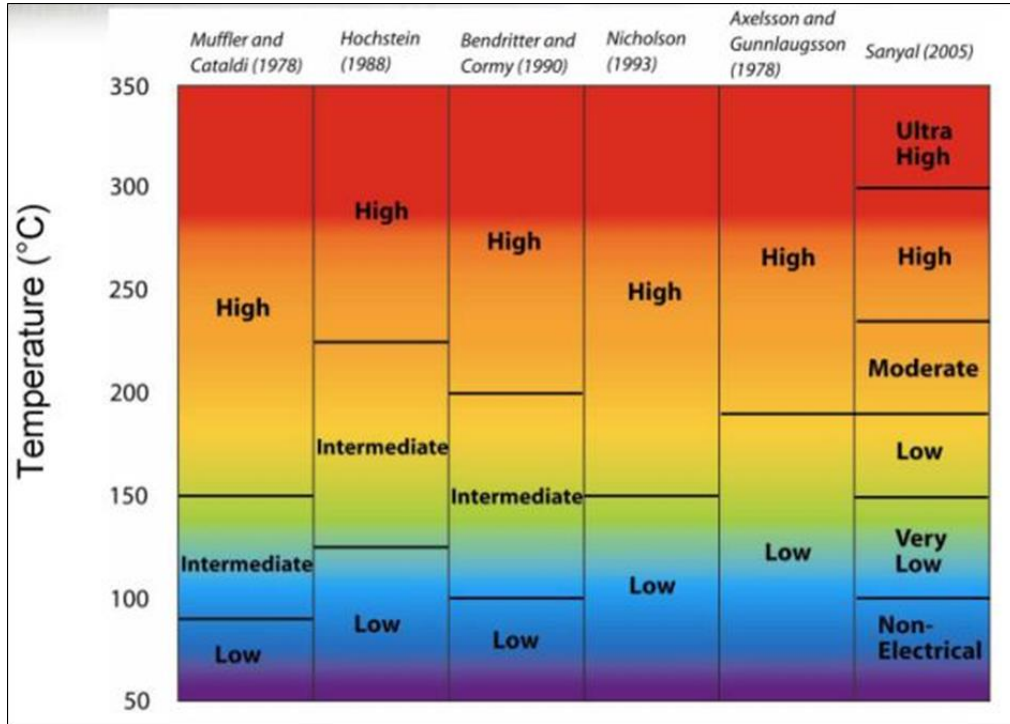
چاه‌های اکتشافی و تولیدی در یک میدان زمین گرمایی، مهم‌ترین نکته، موارد کاربرد احتمالی انرژی زمین گرمایی در منطقه اکتشافی می‌باشد. مهمترین عامل در تعیین نوع کاربرد مخزن زمین گرمایی، درجه حرارت آن است.



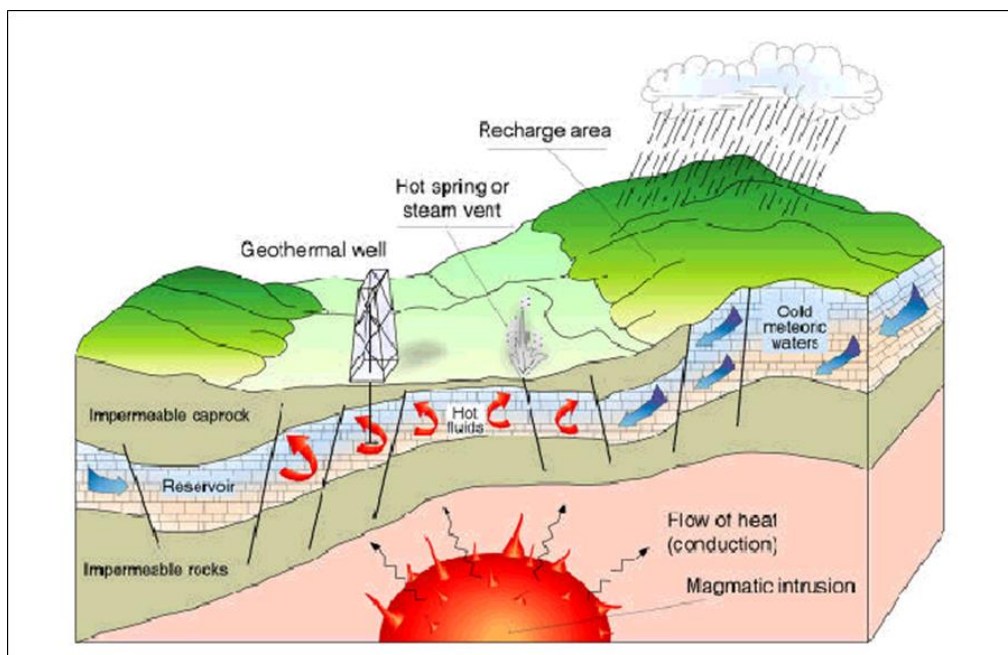
شکل (۳-۳) - نمودار لیندال، انواع کاربرد سیال منابع زمین گرمایی هیدروترمال بر اساس درجه حرارت آن [۵]

امروزه منابع زمین گرمایی هیدروترمال را بر اساس درجه حرارت به سه دسته کلی حرارت بالا، حرارت متوسط و حرارت پایین تقسیم می‌نمایند. مبنای این تقسیم بندی، درجه حرارت مخزن در عمق یک کیلومتری زمین است. به این ترتیب که اگر درجه حرارت مخزن در عمق مذکور بیش از 200°C باشد آنرا حرارت بالا می‌نامند. درجه حرارت مخازن متوسط بین 150°C و 200°C و مخازن حرارت پایین کمتر از 150°C است. البته یادآور می‌گردد که محققین مختلف، منابع زمین گرمایی هیدروترمال را از دیدگاه‌های متفاوتی تقسیم بندی نموده‌اند که در شکل (۳-۴) به آنها اشاره شده است. امروزه از مخازن

هیدروترمال به دو صورت عمده تولید برق (کاربرد غیر مستقیم) و کاربرد مستقیم انرژی حرارتی استفاده می-شود. در شکل (۳-۵) طرح ایده آل یک منبع زمین گرمایی هیدروترمال نشان داده شده است.



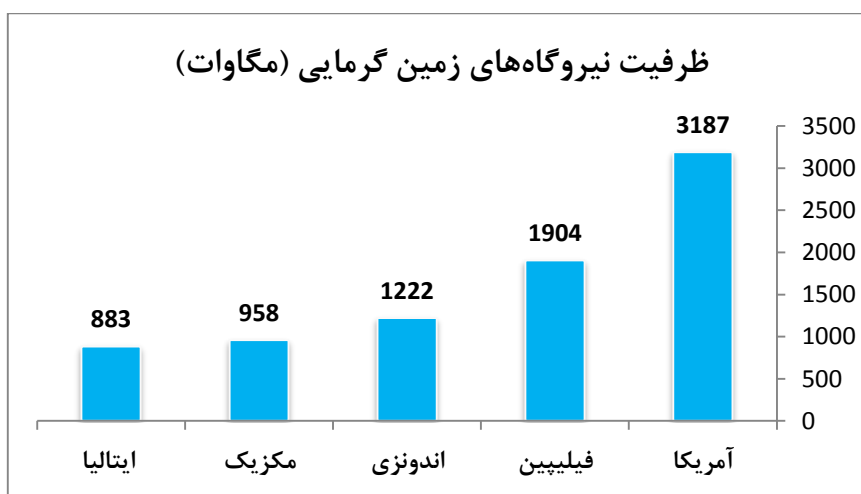
شکل (۳-۴) - انواع منابع زمین گرمایی هیدروترمال بر اساس درجه حرارت مخزن آنها [۶]



شکل (۵-۳) - طرح شماتیک یک مخزن زمین گرمایی هیدروترمال ایده آل [۷]

- فناوری های مرتبط با تولید برق

به منظور تولید برق از منابع هیدروترمال، سیال مخزن (آبداغ یا بخار) از طریق چاه های حفر شده به سطح زمین هدایت شده و پس از به چرخش درآوردن توربین در نیروگاه، برق تولید می کند. بدیهی است که از مخازن حرارت بالا بیشتر برای تولید برق استفاده می شود. در حال حاضر ۲۴ کشور جهان به کمک منابع زمین گرمایی خود بیش از ۱۱/۲۰۰ مگاوات برق تولید می نمایند. در حال حاضر مهمترین کشورهای جهان از نقطه نظر تولید برق از منابع زمین گرمایی، کشورهای امریکا، فیلیپین، اندونزی، مکزیک و ایتالیا می باشند، شکل (۶-۳).



شکل (۶-۳) - ظرفیت نصب شده نیروگاه های زمین گرمایی در کشورهای پیش گام

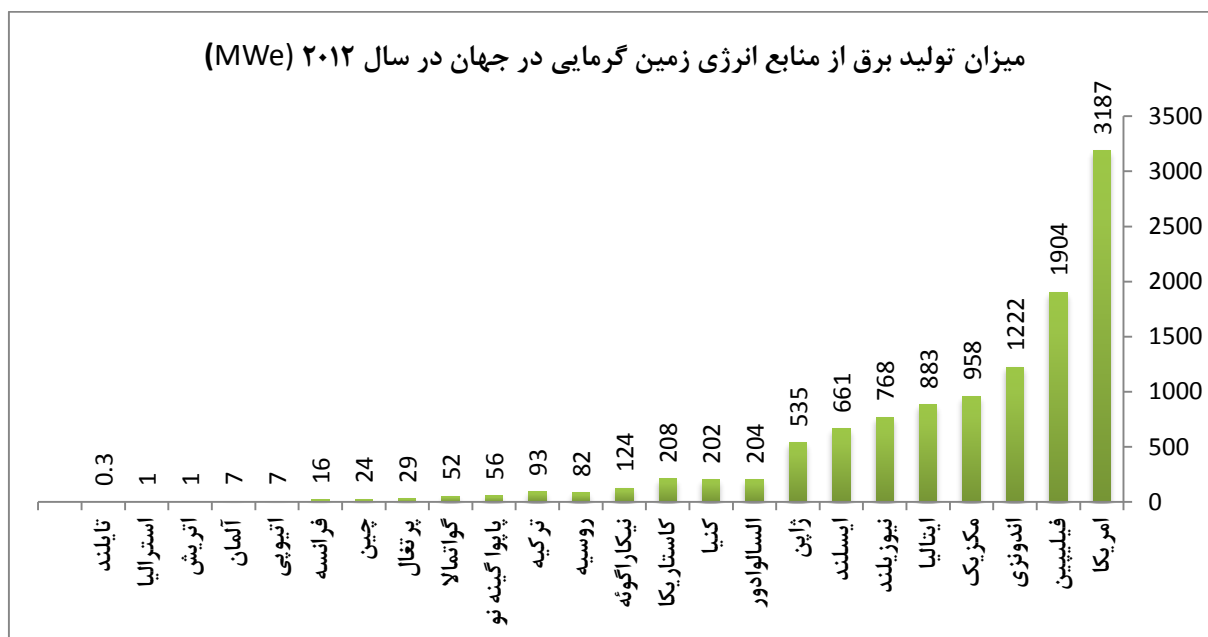
در نیروگاه های زمین گرمایی، انرژی الکتریکی به کمک سیکل های مخصوصی تولید می گردد. مهم ترین و رایج ترین آنها عبارت هستند از:

- سیکل بخار خشک
- سیکل تبخیرانی یک مرحله ای
- سیکل تبخیرانی دو مرحله ای

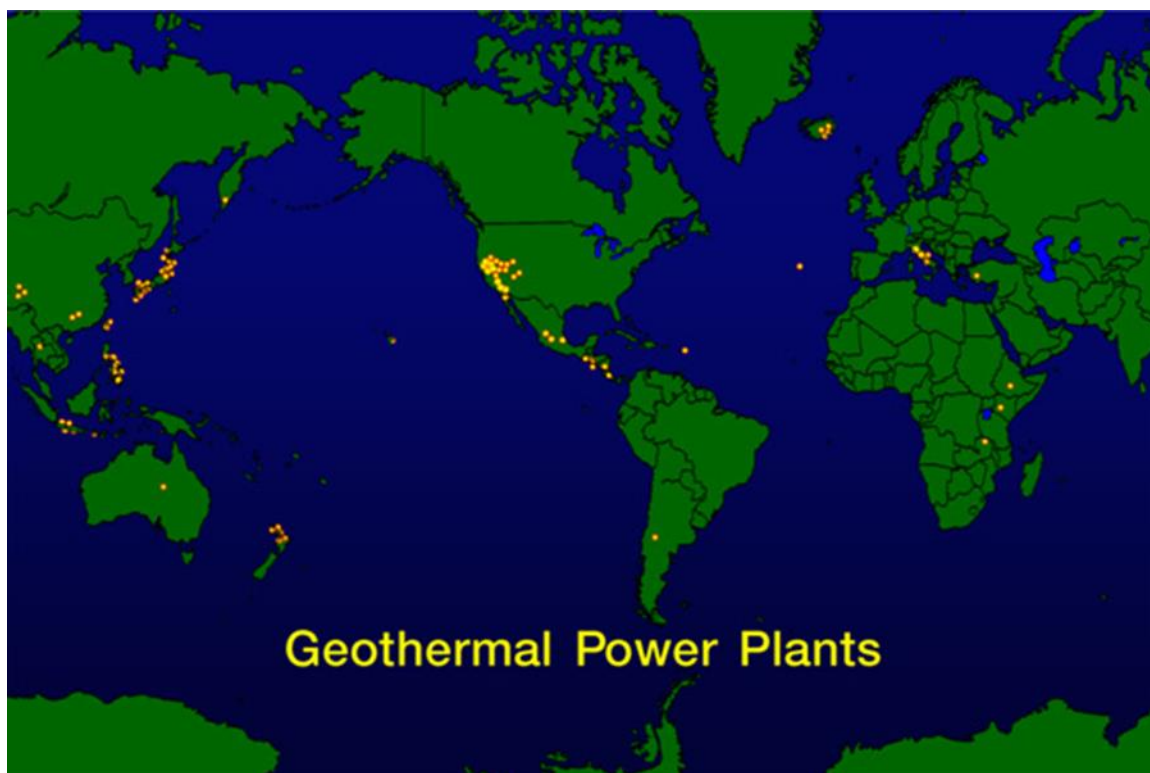
- سیکل دو مداره

- سیکل ترکیبی

در شکل (۳-۷) میزان تولید برق از انرژی زمین گرمایی در کشورهای مختلف جهان در سال ۲۰۱۲ ارائه شده است. معمولاً سیکل های تبخیر آبی فراوان تر از سایر سیکل های تولید برق می باشند. در ادامه گزارش، توضیحات بیشتری در خصوص هر یک از سیکل های یاد شده ارائه می گردد. در شکل (۳-۸) نیز نقشه پراکندگی نیروگاه های زمین گرمایی در جهان نشان داده شده است.



شکل (۳-۷) - میزان تولید برق از منابع زمین گرمایی هیدروترمال در جهان در سال ۲۰۱۲



شکل (۸-۳) - نقشه پراکندگی نیروگاه‌های زمین گرمایی هیدروترمال در جهان

- فناوری های مرتبط با کاربرد مستقیم انرژی زمین گرمایی

کاربرد مستقیم انرژی زمین گرمایی، بهره برداری بدون واسطه از انرژی زمین گرمایی است. در این حالت، انرژی زمین گرمایی به انرژی الکتریکی تبدیل نگردیده و صرفاً از انرژی حرارتی آن استفاده می‌شود. مخازن زمین گرمایی که دمای آنها بین 65°C تا 150°C می‌باشد برای تولید برق، توجیه اقتصادی ندارند لذا اینگونه مخازن برای استفاده مستقیم، مناسب هستند. مخازن زمین گرمایی حرارت پایین، نسبت به مخازن حرارت بالا از گستردگی بیشتری برخوردارند. آبداغ مخازن حرارت پایین را می‌توان با دستگاه‌های حفاری چاه‌های آب استخراج نمود.

مهمترین فناوری های مرتبط با موارد کاربرد مستقیم از انرژی زمین گرمایی را می‌توان به ۶ رده کلی زیر تقسیم بندی نمود:

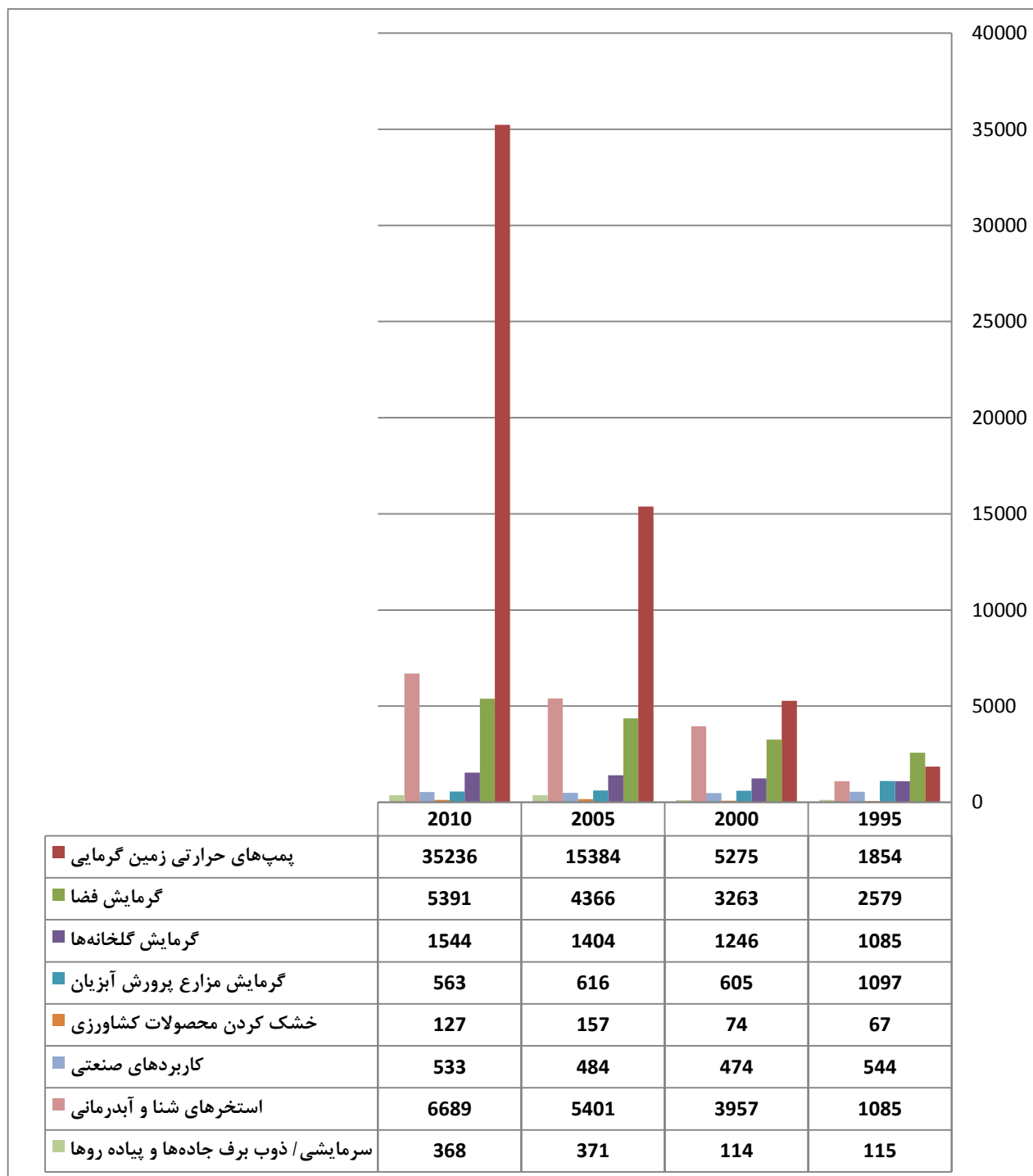
- فناوری های مرتبط با گرمایش و سرمایش فضا

- فناوری های مرتبط با کشاورزی

- فناوری های مرتبط با دامپروری

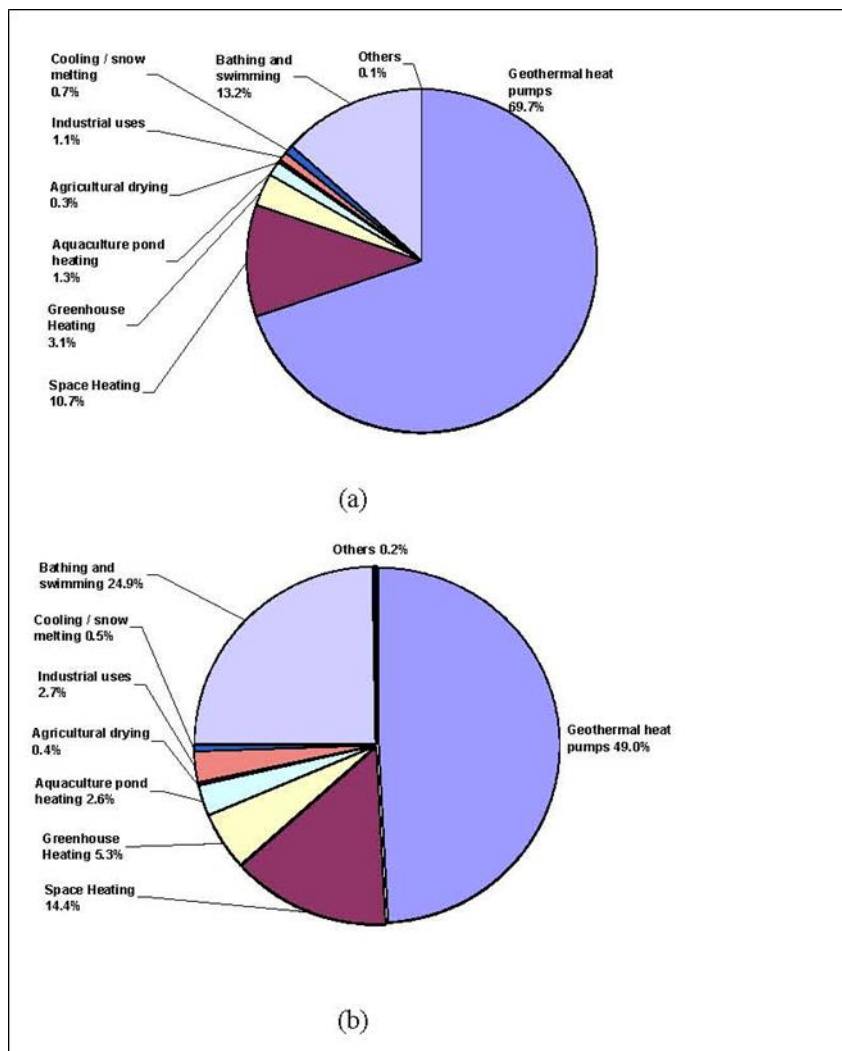
- فناوری های مرتبط با کاربردهای صنعتی
- فناوری های مرتبط با طرح های آب درمانی
- فناوری های مرتبط با ذوب برف و یخ معابر

به دلیل مزایای فراوان بهره برداری از منابع انرژی زمین گرمایی، توسعه طرح های کاربرد مستقیم انرژی مذکور طی سال های ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۰ رشد قابل ملاحظه ای نموده است که این موضوع به خوبی در شکل (۹-۳) مشخص گردیده است. در شکل (۱۰-۳) نیز میزان کاربرد مستقیم انرژی زمین گرمایی در جهان در سال ۲۰۱۰ و بر حسب ظرفیت نصب شده و همچنین مقدار انرژی مصرف شده نمایش داده شده است.



شکل (۹-۳) - میزان رشد کاربرد مستقیم انرژی زمین گرمایی در جهان طی سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۰

بر حسب مگاوات حرارتی، [۸]



شکل (۳-۱۰) - میزان گسترش موارد کاربرد مستقیم انرژی زمین گرمایی در جهان در سال ۲۰۱۰
(a) - بر حسب ظرفیت نصب شده - (b) - بر حسب انرژی مصرف شده، [۸]

۳-۱-۱-۳- فناوری های مرتبط با تعمیر و نگهداری چاه های زمین گرمایی هیدروترمال

تعمیر و نگهداری از چاه های زمین گرمایی در دستیابی برای موفقیت و بهره برداری بهینه از این منابع بسیار مهم می باشد. صنعت انرژی زمین گرمایی در دهه های اخیر رشد شگرفی داشته است. لذا برای بهره برداری صحیح از این دارایی ها، روش های صحیح نگهداری و تعمیر جهت افزایش عمر میدان ضروری می باشد. استفاده از چاه های زمین گرمایی به منظور تولید انرژی و

در واقع به هدف دستیابی به یک منبع انرژی پایدار و قابل اعتماد در صورتی صحیح می باشد که در حین بهره برداری از روش های مناسبی استفاده شده و قبل از وقوع هرگونه رخدادی، آن را پیش بینی نموده و تا حد ممکن از بروز آن جلوگیری گردد. این گونه استراتژی های عملیاتی زمانی بیشتر نمود پیدا می کنند که توسعه میدان زمین گرمایی، وارد فاز نیروگاهی شده و در آینده نزدیک از چاه های زمین گرمایی برای تولید مستمر و بدون وقفه استفاده خواهد شد.

تجربه های چشمگیری در خصوص چگونگی انجام عملیات نگهداری و تعمیر چاه های زمین گرمایی در جهان وجود دارد. از این رو مواردی که در گزارش های آتی آنها اشاره خواهد شد، تجربه های عملیاتی گروه هایی است که بیش از چهل سال وظیفه مراقبت از چاه های مهم زمین گرمایی را در میدانی زمین گرمایی کشورهای ایسلند، آمریکا و فیلیپین به عهده داشته اند. صنعت انرژی زمین گرمایی بعد از نیمه دوم قرن گذشته و علی الخصوص پس از سال ۱۹۷۰ در سرتاسر جهان رشد کرد. به موازات این رشد، تجارب ارزشمندی هم برای بهره برداری ایمن از چاه های زمین گرمایی به دست آمد. مخصوصاً در سال های اخیر که به دلیل تغییر سیاست های مالکین منابع، حضور بخش های خصوصی در این عرصه و تغییر تکنیک های تجاری جهان، این مهم محقق شده است.

به طور کلی، فناوری های مرتبط با تعمیر و نگهداری چاه های زمین گرمایی شامل تعمیر و نگهداری شیرهای سرچاهی و تعمیر و نگهداری لوله های جداری می گردد. عملیات تعمیر و نگهداری لوله های جداری نیز خود به دو دسته مراقبت های شیمیایی و فیزیکی تقسیم می گردند. در گزارش های مربوط به شناسایی حوزه های فناورانه انرژی زمین گرمایی در خصوص موارد فوق الذکر توضیحات بیشتری ارائه خواهد شد.

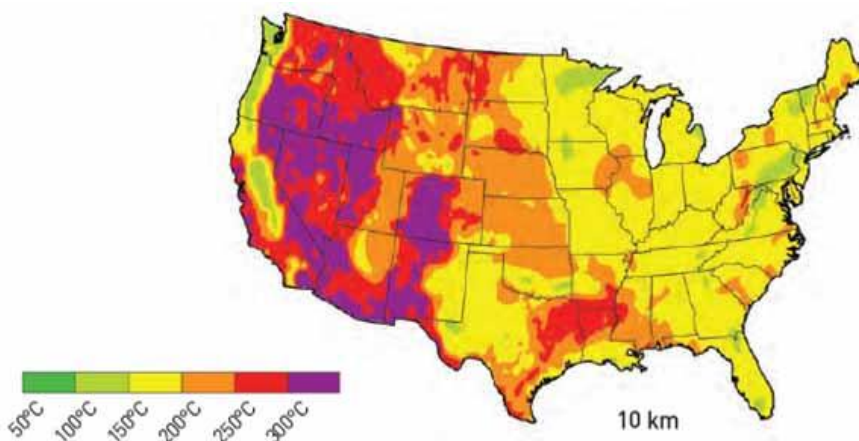
۲-۱-۳- فناوری های مرتبط با منابع زمین گرمایی پیشرفته (EGS)

منابع زمین گرمایی پیشرفته (Enhanced/Engineered Geothermal System: EGS) به آن دسته از سیستم های زمین گرمایی اطلاق می شود که در آن منابع هیدروترمال به طور مصنوعی تشکیل شده و از انرژی آن جهت تولید برق استفاده می شود.

در نیروگاه های زمین گرمایی هیدروترمال، به دلیل متمرکز شدن آنها در مکان هایی بخصوص و همچنین اندازه و ابعاد آنها، دارای محدودیت هایی می باشند که منابع زمین گرمایی پیشرفته، این محدودیت ها را کاهش می دهد. به این صورت که مخازن هیدروترمال مصنوعی در اعماق پوسته و در جایی که سنگ های داغ به دلیل عدم وجود سیال و یا نفوذپذیری مناسب، تا پیش

از این غیرقابل استفاده بوده اند، تشکیل گردیده و از انرژی آنها بهره برداری می شود [۹]. از سوی دیگر، منابع پیشرفته، موجب افزایش طول عمر سیستم های زمین گرمایی می شوند، [۱۰].

به دلیل نیاز این پروژه ها به هزینه زیاد و همچنین فناوری ها و تجهیزات پیشرفته، اکثر پروژه های EGS در دنیا در مرحله تحقیقاتی بوده و یا حتی اگر با هدف تجاری نیز در حال اجرا هستند، در مراحل اولیه خود می باشند. گروه تحقیقاتی وابسته به دانشگاه MIT، پیش بینی نموده است که تا سال ۲۰۵۰، صرفاً در آمریکا در حدود ۱۰۰ هزار مگاوات برق از طریق منابع زمین-گرمایی پیشرفته تولید خواهد شد [۱۱]. همچنین طبق گزارشات سازمان زمینشناسی آمریکا، این کشور، توانایی تولید ۵۱۷ هزار مگاوات برق معادل نصف کل تولید برق این کشور از منابع EGS را دارد، [۱۲]. شکل (۱۱-۳)، نحوه توزیع درجه حرارت در عمق ۱۰ کیلومتری کشور آمریکا را نشان می دهد. به عبارت دیگر، در نقاطی که از درجه حرارت بیشتری برخوردار هستند می توان منابع زمین گرمایی پیشرفته را ایجاد نمود. بنابراین، فناوری های موجود در خصوص منابع زمین گرمایی پیشرفته، هنوز تجاری نبوده و بر اساس گزارش تهیه شده توسط دانشگاه MIT، حداقل ۱۵ سال سرمایه گذاری و حمایت دولت در زمینه سیستم های پیشرفته نیاز است تا این سیستم ها به مرحله کاملاً اقتصادی و تجاری برسند.



شکل (۱۱-۳) - نحوه پراکندگی درجه حرارت در عمق ۱۰ کیلومتری ایالات متحده آمریکا [۱۳].

همانند سیستم های زمین گرمایی هیدروترمال مرسوم، در فناوری منابع زمین گرمایی پیشرفته نیز از گرمای درون پوسته زمین به منظور تولید برق استفاده می شود. در حال حاضر، نیروگاه های زمین گرمایی هیدروترمال، از انرژی حرارتی زمین واقع در اعماق نسبتاً کم بهره می برند اما در منابع زمین گرمایی پیشرفته، سعی بر این است که با ایجاد شکستگی ها و شکاف های نفوذپذیر در

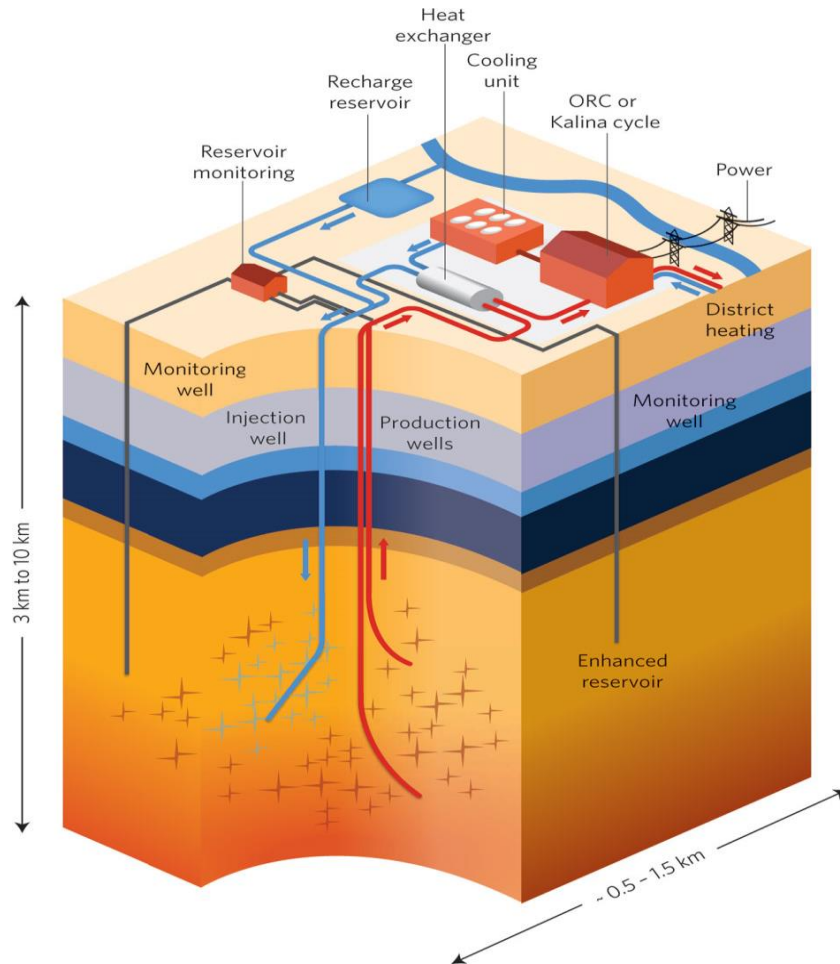
سنگ‌های واقع در اعماق ۳ تا ۱۰ کیلومتری زمین و تزریق سیال، مخازن هیدروترمال مصنوعی را ایجاد نموده و پس از داغ شدن سیال از انرژی آن به منظور تولید برق استفاده نمود، [۱۴ و ۱۵]. مهمترین تفاوت‌های منابع زمین‌گرمایی پیشرفته با سیستم‌های زمین‌گرمایی مرسوم دو مورد می‌باشند: مورد اول آنکه تعداد منابع پیشرفته نسبت به منابع هیدروترمال بسیار بیشتر می‌باشد. مورد دوم هم اینکه به دلیل فراوانی تعداد منابع EGS، می‌توان در مناطق گسترده‌تری به تولید برق از این دسته از منابع زمین‌گرمایی پرداخت یا به عبارت دیگر، گزینه‌های بیشتری جهت احداث نیروگاه‌های زمین‌گرمایی در دسترس خواهد بود. مهم‌ترین مانع در توسعه منابع زمین‌گرمایی پیشرفته، ایجاد مخازن هیدروترمال مصنوعی و تأمین مجراهای ضروری جهت گردش آب درون سنگ‌های داغ و خردشده است. به منظور کارکرد پیوسته یک نیروگاه EGS، تولید پیوسته و مداوم سیال داغ ضروری است. برای ایجاد این پیوستگی در تولید سیال، باید هم سیال کافی موجود باشد و هم اینکه سیال مورد نظر بتواند به راحتی در مخزن زمین‌گرمایی جریان داشته باشد [۱۶]. سنگ‌های داغ موجود در اعماق زمین (اعماق ۳ تا ۱۰ کیلومتری)، شرایط تشکیل منابع زمین‌گرمایی پیشرفته را دارند اما از آن جایی که این سنگ‌ها تحت فشار زیاد هستند [۱۷]، شکستگی و نفوذپذیری طبیعی آنها کم می‌باشد. بنابراین، در ابتدای مراحل تولید منابع زمین‌گرمایی پیشرفته، باید تخلخل و نفوذپذیری سنگ‌های داغ را افزایش داد که به این عملیات، اصطلاحاً تحریک مخزن می‌گویند. در این مرحله در چاه حفر شده اصلی، سیال با فشار بسیار زیاد به سنگ‌های زیرزمینی هدف، تزریق می‌شود. در حین این عملیات، شکستگی‌های اصلی و فرعی سنگ‌ها گسترش پیدا می‌کند و شرایط برای تشکیل یک مخزن زمین‌گرمایی ایجاد می‌شود [۱۸]. ضمناً در مواردی که سنگ‌های مورد نظر، کربناته هستند می‌توان از سیالات اسیدی برای تحریک مخزن استفاده نمود. شکل (۱۲-۳)، شمایی از ساز و کار یک سیستم زمین‌گرمایی پیشرفته را نشان می‌دهد [۱۴].

کارشناسان مربوطه پس از انجام مرحله تحریک سنگ‌ها، حجم و شکل مخزن تولید شده را برآورد می‌نمایند تا مکان‌های مناسب برای حفر چاه‌های تزریقی و تولیدی، مشخص گردد. همچنین، در مرحله طراحی شبکه حفاری چاه‌های تزریقی و تولیدی می‌توان از روش‌های ژئوفیزیکی مانند لرزه‌نگاری و رادیومتری به منظور شناسایی مناطق مناسب حفر چاه‌ها بهره برد [۱۹]. پس از کسب اطلاعات دقیق از مخزن مصنوعی ایجاد شده، باید یک یا چند چاه تزریقی در مرکز مخزن و چندین چاه تولیدی در لبه‌های آن حفر شود. پس از تزریق آب در مرکز مخزن، این آب به اطراف حرکت کرده و توسط چاه‌های تولیدی به سطح زمین باز می‌گردد. با انجام این کار (حفر چاه تزریق در مرکز و چاه‌های تولیدی در حواشی مخزن) تا حد زیادی از هدر رفت آب جلوگیری می‌شود. به هر حال پس از ایجاد مخزن مصنوعی، سایر مراحل بهره‌برداری از سیستم زمین‌گرمایی

پیشرفته، عملاً شبیه منابع هیدروترمال خواهد بود. بدین ترتیب که آب یا سیال به درون مخزن مصنوعی زمین گرمایی تزریق شده و پس از گرم شدن درون شکستگی‌ها به وسیله چاه‌های تولیدی به سطح زمین و توربین‌های تولید برق انتقال خواهد یافت. پیش‌بینی شده است که اکثر نیروگاه‌های EGS از سیکل تولید برق دودمداره به منظور تولید برق استفاده خواهند نمود [۲۰].

با این وجود، توسعه و گسترش سیستم‌های زمین گرمایی پیشرفته در جهان تا حد بسیار زیادی به پیشرفت فناوری‌های مرتبط با عملیات حفاری وابسته است. اگرچه می‌توان از فناوری حفاری منابع نفت و گاز در توسعه منابع زمین گرمایی پیشرفته بهره برد اما از آن جایی که درجه حرارت این قبیل مخازن، بیشتر از ۲۵۰ درجه فارنهایت می‌باشد، لذا این امر، موجب پیدایش مشکلاتی در توسعه این فناوری شده است. افزایش دمای چاه، احتمال توقف حفاری به دلیل فروریزش چاه، خرابی تجهیزات و عدم امکان استفاده از لوله جداری در چاه را به دنبال دارد [۲۱ و ۲۲ و ۲۳].

عملیات حفاری، در مقام مقایسه با سیستم‌های زمین گرمایی هیدروترمال متعارف، نقش بسیار مهم و کلیدی در توسعه سیستم‌های زمین گرمایی پیشرفته دارد. زیرا، توسعه این سیستم‌ها در آینده، مستلزم حفاری در اعماق بیشتر، سنگ‌های سخت‌تر و داغ‌تر می‌باشد.



شکل (۳-۱۲) - شمایی از یک سیستم زمین گرمایی پیشرفته (EGS)

در حال حاضر، اغلب سیستم‌های زمین گرمایی پیشرفته توسط کشورهای توسعه یافته در دست مطالعه و اجرا می‌باشند. همان‌طور که پیش‌تر اشاره گردید، بررسی و تحقیق در خصوص این سیستم‌ها مستلزم صرف هزینه زیاد و همچنین برخورداری از فناوری‌های پیشرفته حفاری می‌باشد که هر دوی این عوامل در کشورهای توسعه یافته وجود داشته و لذا این کشورها در این زمینه جزء کشورهای پیشگام به شمار می‌روند، جدول (۳-۱).

جدول (۳-۱) - کشورهای پیشرو در خصوص تحقیق، بررسی و اجرای سیستم‌های زمین گرمایی پیشرفته (EGS)

ردیف	نام کشور	ظرفیت نیروگاه (MW)	عمق حفاری (Km)	وضعیت
۱	استرالیا	۲۵۰-۵۰۰	۴	در حال حفاری (۲۰۱۲)
۲	آمریکا	۱۱-۵۰	۲	در حال برنامه‌ریزی (۲۰۱۰)

ردیف	نام کشور	ظرفیت نیروگاه (MW)	عمق حفاری (Km)	وضعیت
۳	انگلیس	۱۳	۴	در حال بودجه ریزی (۲۰۰۹)
۴	هلند	۶	۲	در حال بهره برداری (۲۰۱۲)
۵	آلمان	۳	۳	در حال اجرا
۶	فرانسه	۱/۵	۴	در حال اجرا
۷	ژاپن	نامشخص	۱	CO ₂ experiments - (۲۰۱۰)

۱-۲-۱-۳- فناوری های مرتبط با اکتشاف منابع زمین گرمایی پیشرفته

مطالعات اکتشافی منابع زمین گرمایی پیشرفته ماهیتاً با اکتشاف منابع زمین گرمایی هیدروترمال تفاوت هایی دارد. زیرا، این دسته از منابع زمین گرمایی فاقد نشانه های سطحی می باشند. نظیر منابع هیدروترمال، بسیاری از روش های ژئوفیزیکی که در اکتشاف منابع پیشرفته مورد استفاده قرار می گیرد از اکتشاف منابع هیدروکربوری اقتباس شده است. نظیر منابع هیدروترمال، مطالعات اکتشافی منابع زمین گرمایی پیشرفته نیز شامل مطالعات زمین شناسی، ژئوشیمیایی و ژئوفیزیکی می شود. در مطالعات زمین شناسی، بررسی وضعیت تکتونیکی منطقه شامل مطالعه دقیق گسل ها، نوع استرس های موجود در منطقه و غیره از اهمیت بسیار بیشتری برخوردار است. در مطالعات ژئوفیزیکی نیز روش های حرارتی، لرزه نگاری و الکترومغناطیسی (MT) بسیار مهم هستند.

در واقع، با استفاده از نتایج کلیه مطالعات فوق، حجم بسیار زیادی اطلاعات در خصوص منبع زمین گرمایی مورد بررسی بدست می آید که با تفسیر یکپارچه آنها می توان دید بسیار مناسبی از منبع مورد مطالعه به دست آورد و موقعیت چاه های تزریقی و تولیدی را در آن مشخص نمود.

در حال حاضر، اکثر پروژه های مطالعاتی منابع زمین گرمایی پیشرفته در میداین نفتی متروکه اجرا می شوند. زیرا هم تعداد بسیار زیادی چاه در آنها حفر شده است و هم اینکه حجم بسیار زیادی از اطلاعات در خصوص آنها وجود دارد.

۱-۲-۲-۳- فناوری های مرتبط با تولید برق از سیستم های زمین گرمایی پیشرفته

با توجه به این نکته که مباحث مربوط به تولید برق از منابع زمین گرمایی پیشرفته، تفاوت قابل ملاحظه ای با فرآیند تولید برق از منابع هیدروترمال ندارد، بنابراین، از ذکر مطالب تکراری در این قسمت از گزارش خودداری می گردد.

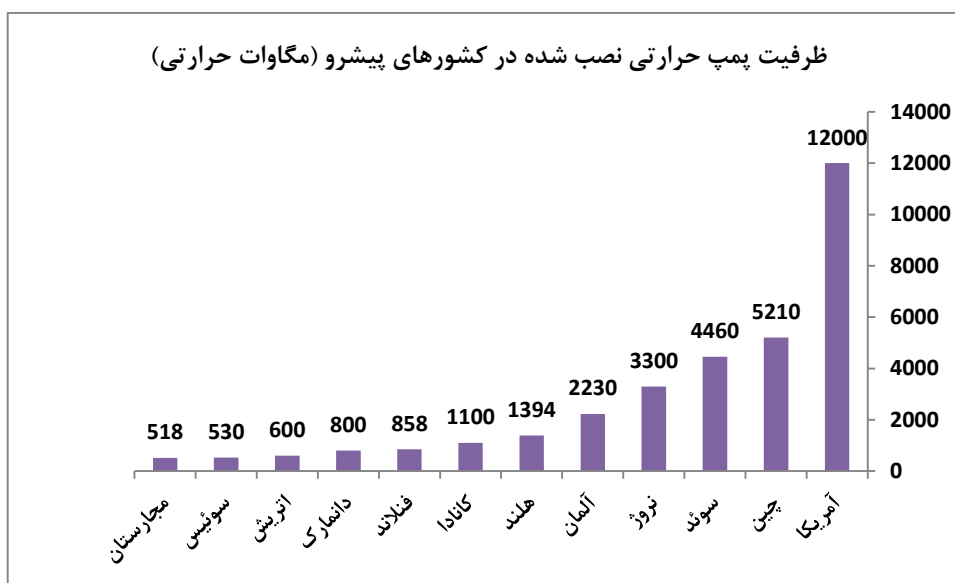
۳-۲-۱-۳- فناوری های مرتبط با تعمیر و نگهداری چاه های منابع زمین گرمایی پیشرفته

فناوری های مرتبط با تعمیر و نگهداری چاه ها در منابع زمین گرمایی پیشرفته نیز همانند منابع هیدروترمال بوده و تفاوت چندانی با یکدیگر ندارند. بنابراین، جهت بررسی این مباحث می توان به بخش تعمیر و نگهداری از چاه های زمین گرمایی هیدروترمال مراجعه نمود.

۳-۱-۳- فناوری های مرتبط با پمپ های حرارتی زمین گرمایی

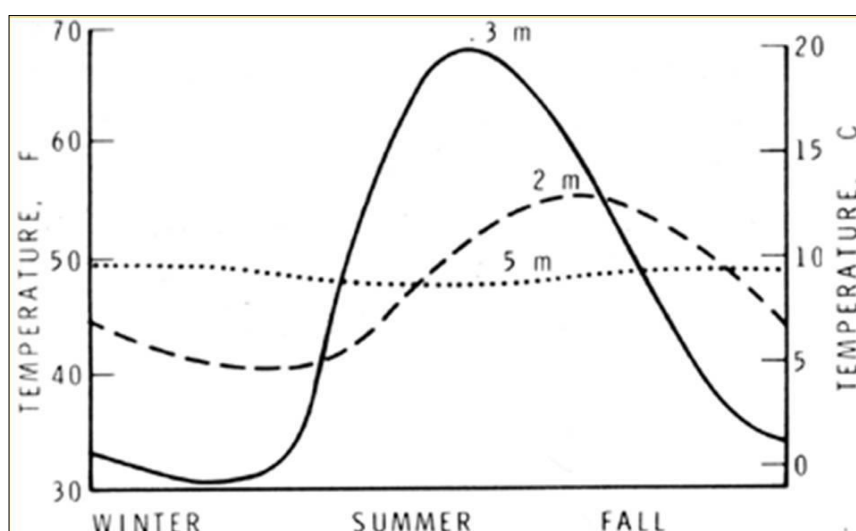
سیستم پمپ حرارتی زمین گرمایی یکی از انواع کاربردهای انرژی تجدیدپذیر است که به دلیل استفاده از گرادیان حرارتی زمین، جزء انواع کاربردهای انرژی زمین گرمایی محسوب می شود. سیستم مذکور از جمله سیستم های گرمایشی- سرمایشی است که به دلیل میزان مصرف انرژی پایین، در مقایسه با سایر سیستم های تهویه مطبوع در جهان از اهمیت زیادی برخوردار شده است. عملکرد مطلوب پمپ های حرارتی زمین گرمایی به گونه ای است که باعث توسعه روز افزون و استقبال زیاد مردم از این سیستم ها در دنیا شده است. به طوری که میزان ظرفیت نصب شده پمپ حرارتی زمین گرمایی در جهان تا سال ۱۹۹۵ میلادی برابر با ۱۸۵۴ مگاوات، تا سال ۲۰۰۰ میلادی برابر با ۵۲۷۵ مگاوات، تا سال ۲۰۰۵ میلادی ۱۵۷۲۳ مگاوات و تا سال ۲۰۱۰ میلادی ۳۵۲۳۶ مگاوات حرارتی بوده است و پیش بینی می شود این میزان ظرفیت نصب شده تا سال ۲۰۵۰ میلادی به ۷۴۴۰۰۰ مگاوات افزایش یابد.

میزان ظرفیت نصب شده کشورهایی که در نصب این سیستم ها پیش گام بوده اند در شکل (۱۳-۳) ارائه شده است.



شکل (۱۳-۳) - میزان ظرفیت نصب شده سیستم های پمپ حرارتی در کشورهای مختلف

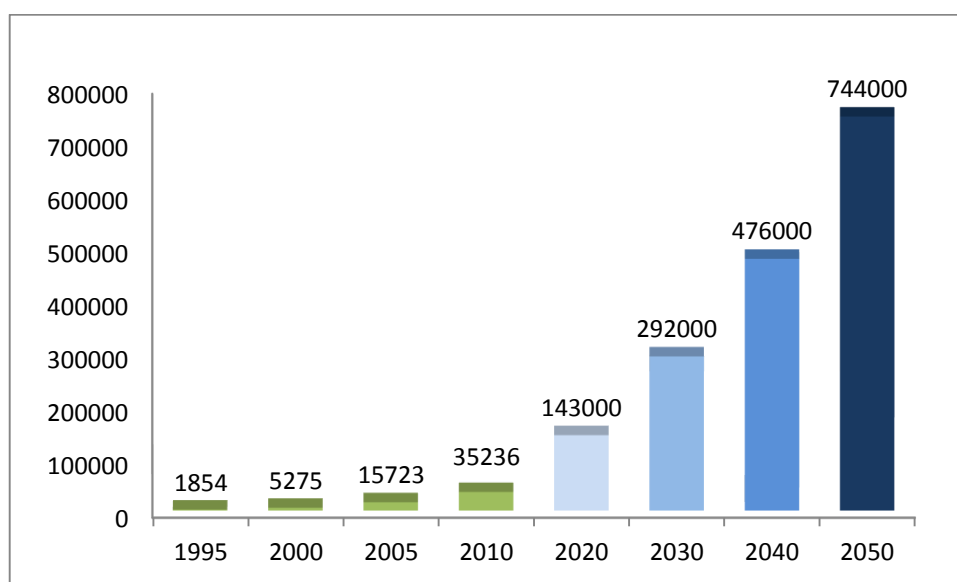
اگر منحنی تغییرات دمای هوا و دمای زمین در اعماق را در طول یک سال رسم نماییم مشاهده می شود که هرچه عمق زمین بیشتر شود، میزان تغییرات دمای زمین در طول سال دارای تغییرات کمتری خواهد بود. همان گونه که در شکل (۱۴-۳) مشاهده می شود از حدود عمق ۳ الی ۴ متری از سطح زمین تغییرات دما و نوسانات آن در طول یک سال بسیار ناچیز می باشد. این در حالی است که میزان تغییرات دمای هوا دارای نوسانات بسیار زیادی می باشد.



شکل (۱۴-۳) - میزان نوسانات سالیانه دمای خاک در اعماق ۳/۰، ۲ و ۳ متری از سطح زمین

این امر بدین معنی است که زمین منبع خوبی برای تأمین گرمایش در ماه های سرد سال است و می توان از حرارت زمین برای تأمین گرمایش و سرمایش ساختمان ها استفاده نمود. فرآیند مکانیکی این دستگاه به این صورت است که در فاز سرمایش هوای گرم داخل اطاق از طریق مکنده دستگاه وارد دستگاه شده و پس از سرد شدن به داخل اطاق دمیده می شود. در داخل دستگاه حرارت به مبرد منتقل شده و پس از عبور مبرد از سیکل مربوطه (سیکل تبرید)، حرارت موجود در مبرد توسط یک مبدل دو لوله ای به آب داخل کویل زمینی که در داخل لوله های پلی اتیلنی نصب شده در داخل زمین است منتقل می شود. بالعکس در فاز گرمایش با استفاده از حرارت موجود در زمین، گرمای مورد نیاز ساختمان تأمین می شود. محاسبه مقدار طول لوله، طراحی آرایش و چیدمان بهینه لوله های پلی اتیلن در داخل زمین مهم ترین عامل در افزایش راندمان سیستم GHP و کاهش هزینه نصب آن می باشد.

با توجه به مزایای سیستم های پمپ حرارتی زمین گرمایی، روند توسعه این سیستم ها بسیار سریع بوده و همان گونه در شکل (۱۵-۳) نشان داده شده است طی سال های ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۰ میزان ظرفیت نصب شده این سیستم ها در جهان تقریباً ۱۷ برابر شده است.



شکل (۱۵-۳) - روند تغییرات ظرفیت نصب شده سیستم های پمپ حرارتی زمین گرمایی در جهان از گذشته تاکنون و

پیش بینی روند آن تا سال ۲۰۵۰ (بر حسب مگاوات حرارتی)

سیستم پمپ حرارتی زمین گرمایی از دو قسمت کوئل زمینی و دستگاه پمپ حرارتی زمین گرمایی تشکیل شده است. تبادل حرارتی بین دستگاه پمپ حرارتی و زمین از طریق کوئل زمینی انجام می شود. بنابراین، می توان فناوری های مرتبط با پمپ حرارتی زمین گرمایی را به دو دسته زیر تقسیم بندی نمود:

- فناوری های مرتبط با کوئل زمینی پمپ حرارتی زمین گرمایی
- فناوری های مرتبط با دستگاه پمپ حرارتی زمین گرمایی
- فناوری های مرتبط با حمل، نصب و راه اندازی پمپ حرارتی زمین گرمایی

۳-۲- تعیین ماهیت فناوری های مرتبط با انرژی زمین گرمایی

از نقطه نظر ماهیت، فناوری های مرتبط با انرژی زمین گرمایی را می توان از جنبه های زیر مورد بررسی قرارداد:

- از نظر سابقه حضور فناوری که به دو دسته فناوری های موجود و جدید تقسیم بندی می شوند.
 - از نظر پیچیدگی محتوا به دو دسته فناوری های ساده و پیشرفته تقسیم بندی می گردند.
 - از نظر سطح تناسب با نیازها و امکانات که به دو دسته فناوری های مناسب و نامناسب تقسیم بندی می شوند.
- در ادامه، وضعیت فناوری های انرژی زمین گرمایی از نقطه نظر موارد فوق الذکر مورد بررسی قرار می گیرد.

۳-۲-۱- وضعیت فناوری های انرژی زمین گرمایی از نظر جدید یا موجود بودن

بر اساس سابقه حضور، فناوری ها را می توان به دو دسته فناوری های جدید در مقابل فناوری های موجود تقسیم کرد. فناوری های جدید عبارتند از فناوری هایی که برای اولین بار در یک مرز بنگاهی، ملی و یا بخشی وارد شده و مورد استفاده قرار می گیرند. به عنوان مثال نرم افزار جدیدی که برای طراحی محصول به کار گرفته می شود و جایگزین روش دستی طراحی می گردد. فناوری جدید لزوماً یک فناوری نوظهور نیست، بلکه می تواند سال ها پیش خلق شده و توسط دیگران مورد استفاده قرار گرفته باشد.

با تعریف ارائه شده، معیار تشخیص فناوری جدید از فناوری موجود، سابقه‌ی حضور آن فناوری در داخل مرزهای بنگاهی و یا ملی است. منظور از سابقه‌ی حضور هم شکل‌گیری بازار فناوری است. فناوری‌هایی که بازار آن‌ها شکل گرفته باشد را باید جزء فناوری‌های موجود قلمداد کرد.

با توجه به مطالب فوق، در ادامه، وضعیت فناوری‌های مرتبط با انرژی زمین‌گرمایی از نظر سابقه حضور، در شاخه‌های فناورانه زیر بررسی می‌شوند:

- وضعیت فناوری‌های مرتبط با منابع زمین‌گرمایی عمیق
- وضعیت فناوری‌های مرتبط با منابع زمین‌گرمایی هیدروترمال
- وضعیت فناوری‌های مرتبط با اکتشاف منابع هیدروترمال

خوشبختانه در حال حاضر، بخش عمده‌ای از فناوری‌های مرتبط با اکتشاف منابع انرژی زمین‌گرمایی هیدروترمال در کشور موجود می‌باشد. با این وجود فناوری‌های زیر به طور کامل در کشور وجود نداشته و در صورت نیاز، می‌بایست از دانش و تجربه شرکت‌های معتبر بین‌المللی جهت اجرای آنها استفاده نمود.

- عملیات ژئوفیزیکی پیشرفته مانند لرزه‌نگاری
- مطالعات مهندسی مخزن

- وضعیت فناوری‌های مرتبط با موارد کاربرد منابع هیدروترمال
 - تولید برق

در حال حاضر، در کشور، هیچ نیروگاه زمین‌گرمایی فعالی وجود ندارد. البته، به منظور احداث و راه‌اندازی نخستین نیروگاه زمین‌گرمایی در کشور، فعالیت‌های گسترده‌ای توسط سازمان انرژی‌های نو ایران در منطقه زمین‌گرمایی مشکین شهر انجام شده است اما علی‌رغم اقدامات به عمل آمده، تاکنون نیروگاه زمین‌گرمایی فوق‌الذکر احداث نشده است. لذا کماکان تجربه احداث نیروگاه زمین‌گرمایی در کشور وجود ندارد.

- کاربرد مستقیم

در خصوص طرح‌های کاربرد مستقیم نیز با وجود پتانسیل بالای منابع انرژی زمین گرمایی در کشور، تاکنون در ایران، هیچ پروژه کاربرد مستقیمی به صورت علمی و از پیش طراحی شده اجرا نشده است. اما با توجه به اطلاعات به دست آمده از پروژه‌های کاربرد مستقیم در سایر کشورهای جهان، به نظر می‌رسد در خصوص فناوری‌های مرتبط با این دسته از کاربردهای انرژی زمین گرمایی، مشکل مهم و عمده‌ای وجود نداشته باشد.

- وضعیت فناوری‌های مرتبط با منابع زمین گرمایی پیشرفته (EGS)
- وضعیت فناوری‌های مرتبط با اکتشاف منابع زمین گرمایی پیشرفته

از آن جایی که تاکنون هیچ‌گونه طرح یا پروژه‌ای در خصوص بهره برداری از منابع زمین گرمایی پیشرفته در کشور اجرا نشده است لذا فناوری‌های مرتبط با اکتشاف آنها نیز مورد بررسی قرار نگرفته است.

- وضعیت فناوری‌های مرتبط با تولید برق از منابع زمین گرمایی پیشرفته

به دلیل عدم تعریف و اجرای پروژه‌ای در ارتباط با منابع زمین گرمایی پیشرفته، این فناوری نیز در کشور موجود نمی‌باشد.

- وضعیت فناوری‌های مرتبط با تعمیر و نگهداری از چاه‌های زمین گرمایی پیشرفته

به دلیل عدم تعریف و اجرای پروژه‌ای در ارتباط با منابع زمین گرمایی پیشرفته، این فناوری نیز در کشور موجود نمی‌باشد.

- وضعیت فناوری‌های مرتبط با پمپ حرارتی زمین گرمایی

بر اساس اطلاعات موجود، در چند نقطه از کشور، به منظور تأمین گرمایش و سرمایش فضا از سیستم‌های پمپ حرارتی زمین گرمایی استفاده شده است لذا می‌توان آنرا جزء فناوری‌های موجود تلقی نمود. هر چند که برخی از اجزای این سیستم‌ها وارداتی می‌باشند.

پیچیدگی منجر به تقسیم‌بندی فناوری ها به دو گروه فناوری‌های پیشرفته‌تر مقابل فناوری‌های ساده‌تر می‌گردد. واژه «فناوری پیشرفته» اشاره به فناوری‌هایی دارد که دارای ویژگی‌های زیر باشند:

- پیچیدگی زیاد: این فناوری‌ها معمولاً از ترکیب چند زمینه علمی پدید آمده‌اند به همین دلیل از پیچیدگی بالایی برخوردارند.
- علم محوری: برخلاف فناوری‌های ساده، سهم دانش علمی در این فناوری‌ها به مراتب از سهم دانش فنی و تجربه بیشتر است. به همین دلیل کاربران این فناوری‌ها را عمدتاً مهندسين و دانشمندان تشکیل می‌دهند.
- چرخه عمر کوتاه: معمولاً فناوری‌های پیشرفته دارای طول عمر کوتاه‌تری نسبت به فناوری‌های ساده هستند. زیرا این فناوری‌ها در کسب موقعیت برتر رقابتی و یا بهبود عملکرد سازمان‌ها نقشی حیاتی ایفا می‌کنند و به همین دلیل تلاش وسیعی در جهت بهبود آنها از طریق ترکیب نتایج گذشته و یا گسترش مرزهای دانش صورت می‌پذیرد. این امر باعث پدید آمدن ایده‌های جدید، تبدیل ایده‌ها به نوآوری فناورانه و خلق فناوری‌های جدید خواهد شد. بدین ترتیب با تحولات سریع فناوری، با سرعتی بیشتر از قبل، منسوخ شدن فناوری‌ها و جایگزینی آنها با فناوری‌های پیشرفته نوظهور مشاهده خواهد شد.
- سهم بالای فناوری در قیمت تمام شده کالا/خدمت: به نظر برخی از صاحب‌نظران، فناوری عامل تبدیل ورودی‌ها (مواد، انرژی، سرمایه و...) به خروجی‌ها (کالا و خدمات) است. در یک برداشت ساده، قیمت تمام شده یک کالا/خدمت از مجموع ارزش ورودی‌های مصرف شده و هزینه‌های صرف شده برای تبدیل ورودی‌ها به خروجی‌ها تشکیل می‌شود. در مورد محصولات/خدمات تولید شده به کمک فناوری‌های پیشرفته، نسبت هزینه ورودی‌ها به هزینه‌های تبدیل ناچیز است. به عبارت دیگر سهم و ارزش مواد به کار رفته بسیار کاهش یافته و قیمت محصول ناشی از فناوری به کار رفته در آن می‌باشد.
- هزینه بالای تحقیق و توسعه: فناوری‌های پیشرفته به علت طبیعت بین رشته‌ای بودن و پیچیدگی آنها نسبت به فناوری های ساده، سرمایه‌گذاری بیشتری را در مرحله ایده و نوآوری طلب می‌کنند. از طرفی، کوتاه بودن دوره عمر این فناوری‌ها فرصت کمی را برای بازگشت سرمایه فراهم می‌کند. به همین دلیل هزینه‌های تحقیق و توسعه به ازای

هر واحد محصول تولید شده به کمک این فناوری‌ها، به مراتب از هزینه‌های مشابه در محصولات تولید شده به کمک فناوری‌های ساده بیشتر است.

ویژگی‌های ذکر شده برای فناوری‌های پیچیده را می‌توان به عنوان معیارهایی برای تمیز دادن فناوری‌های پیچیده از فناوری ساده استفاده نمود. در واقع، معنا و مفهوم پیچیدگی فناوری، میزان آسانی یا سختی دسترسی به یک فناوری خاص را می‌گویند. به عنوان مثال، در جهان صرفاً چند شرکت معتبر اقدام به ساخت توربین نیروگاه‌های زمین گرمایی می‌نمایند. وضعیت فناوری‌های مرتبط با انرژی زمین گرمایی از نظر پیچیدگی به شرح زیر می‌باشد:

- وضعیت فناوری‌های مرتبط با اکتشاف منابع زمین گرمایی هیدروترمال

در حال حاضر، بخش عمده فناوری‌های مرتبط با اکتشاف منابع زمین گرمایی در کشور جزء فناوری‌های ساده به شمار می‌روند. زیرا، اغلب آنها برای یک بازه زمانی طولانی، تغییر بنیادینی از لحاظ علمی نداشته‌اند و بهبودهای علمی و فنی جزئی داشته‌اند. از سوی دیگر، هزینه تحقیق و توسعه پیرامون آنها زیاد نمی‌باشد.

البته موارد معدودی نیز وجود دارند که جزء فناوری‌های نسبتاً پیچیده محسوب می‌شوند مانند موارد ذیل:

- تفسیر داده‌های ژئوفیزیکی MT به علت بهبود مستمر روش‌های تفسیر توسط خبرگان مربوطه و غالب بودن جنبه علمی آن نسبت به جنبه‌های فناورانه آن.
- تفسیر یکپارچه داده‌های اکتشافی به دلیل وابستگی زیاد به مورد قبلی
- تهیه مدل مفهومی مخزن زمین گرمایی به دلیل وابستگی زیاد به مورد قبلی

- وضعیت فناوری‌های مرتبط با موارد کاربرد منابع زمین گرمایی هیدروترمال

- تولید برق

در حال حاضر، اغلب فناوری های مرتبط با تولید برق از منابع هیدروترمال در مرحله بلوغ می باشند. به عبارت دیگر، بیشتر این فناوری ها به مدت حدود چندین سال است که از لحاظ علمی تحول عمده ای نداشته اند. در واقع، بیشترین تحقیق و توسعه در خصوص افزایش راندمان یا بازدهی انواع مختلف نیروگاه های زمین گرمایی صورت می پذیرد. در حقیقت، سهم فعالیت های توسعه ای در زمینه مفاهیم بنیادین نیروگاه های زمین گرمایی اندک می باشد.

امروزه در سراسر جهان، پس از کشف منابع انرژی زمین گرمایی، سیکل مناسب برای هر مخزن زمین گرمایی، طراحی شده و سپس اجزای آن ساخته شده و نهایتاً نیروگاه مربوطه، نصب و راه اندازی می گردد. بنابراین، فناوری تولید برق از مخازن زمین گرمایی، پیچیده نمی باشد.

• کاربرد مستقیم

طرح های کاربرد مستقیم، غالباً ترکیبی از چند زمینه علمی می باشند اما سطح دانش به کار رفته در طرح های مذکور خیلی پیشرفته نمی باشد. نکته مهم آنکه در طرح های کاربرد مستقیم، سهم دانش فنی به مراتب بیشتر از دانش علمی می باشد. این طرح ها حدوداً از ۵۰ سال پیش تاکنون، در کشورهای مختلف جهان، بدون تغییر قابل ملاحظه ای در حال بهره برداری می باشند لذا چرخه عمر آنها کوتاه نیست. از سوی دیگر، سهم هزینه فناوری های به کار رفته در طرح های کاربرد مستقیم در هزینه تمام شده آنها پایین می باشد. بنابراین، با توجه به مطالب عنوان شده، فناوری های مرتبط با طرح های کاربرد مستقیم انرژی زمین گرمایی از نوع فناوری های ساده می باشند.

- وضعیت فناوری های مرتبط با تعمیر و نگهداری از چاه های منابع زمین گرمایی هیدروترمال

با توجه به این نکته که فناوری های حفاری و تعمیر و نگهداری چاه های زمین گرمایی، غالباً از صنعت حفاری نفت و گاز اقتباس شده، لذا وضعیت پیچیدگی این دسته از فناوری های زمین گرمایی به میزان بسیار زیادی مشابه فناوری های مربوطه در صنعت نفت و گاز می باشد. بر اساس معیارهای پیچیدگی فناوری، فناوری های مرتبط با تعمیر و نگهداری چاه های نفت و گاز، جزء فناوری های پیچیده محسوب نمی شوند.

- وضعیت فناوری های مرتبط با اکتشاف و تعمیر و نگهداری از چاه های منابع زمین گرمایی پیشرفته

به طور کلی، اغلب فناوری های مرتبط با منابع زمین گرمایی پیشرفته (به جز فناوری های تولید برق)، جزء فناوری های پیچیده تلقی می شوند.

در واقع، فناوری های مرتبط با اکتشاف و تعمیر و نگهداری چاه های منابع پیشرفته، شامل ترکیبی از چندین زمینه علمی و فنی پیچیده و جدید می باشند. به عنوان مثال در مقوله اکتشاف منابع پیشرفته، فناوری های مطالعات ژئوفیزیکی لرزه نگاری، مطالعات میکروتکتونیک و تکنیک های پیشرفته حفاری کاربرد بسیار زیادی دارند. کلیه موارد یاد شده جزء علوم جدیدی می باشند که کماکان در دست تحقیق و توسعه می باشند. از سوی دیگر، با توجه به عدم وجود تجربه پروژه های مشابه، عملیات تحقیق و توسعه در خصوص این فناوری ها بسیار هزینه بر می باشد. به نحوی که در حال حاضر، صرفاً کشورهای توسعه یافته در حال تحقیق و بررسی این دسته از منابع زمین گرمایی می باشند. بر مبنای اطلاعات موجود، سهم هزینه های فناوری در هزینه تمام شده برق تولیدی از منابع زمین گرمایی پیشرفته بسیار زیاد می باشد. یکی دیگر از نشانه های پیچیدگی این دسته از فناوری ها، غیر قابل پیش بینی بودن مشکلات ناشی از اجرای آنها است. به عنوان مثال در یکی از کشورهای اروپایی، پس از سال ها تحقیق در خصوص منابع زمین گرمایی پیشرفته، مشخص گردید که یکی از تبعات منفی منابع یاد شده، ایجاد زمین لرزه های مصنوعی در مناطق مجاور این منابع می باشد.

- وضعیت فناوری های مرتبط با تولید برق از منابع زمین گرمایی پیشرفته

به دلیل این که، از منابع زمین گرمایی پیشرفته صرفاً برای تولید برق استفاده می شود لذا وضعیت این فناوری از حیث پیچیدگی در کشور، دقیقاً مشابه وضعیت تولید برق از منابع زمین گرمایی هیدروترمال می باشد.

- وضعیت فناوری های مرتبط با پمپ های حرارتی زمین گرمایی

این دسته از فناوری های زمین گرمایی، از لحاظ علمی و فنی، چندان پیچیده نبوده و در حال حاضر، بخش عمده تحقیق و توسعه در خصوص سیستم های پمپ حرارتی در زمینه افزایش راندمان این سیستم ها (به ویژه در کویل های زمینی) است که هزینه تحقیق و توسعه بسیار بالایی نیز ندارد. از سوی دیگر، طی بیست سال گذشته، این سیستم ها از لحاظ علمی و فنی تغییرات چشمگیر و قابل ملاحظه ای نداشته اند. بنابراین، این دسته از فناوری های انرژی زمین گرمایی جزء فناوری های ساده محسوب می شوند.

۳-۲-۳- وضعیت فناوری های انرژی زمین گرمایی از نظر تناسب فناوری

بر طبق این معیار، می توان فناوری ها را به گروه فناوری های مناسب، در مقابل نامناسب تقسیم بندی نمود. واژه فناوری مناسب، به فناوری هایی اطلاق می شود که بیشترین سازگاری را با نیازهای شناسایی شده از یک طرف و منابع موجود (از جمله منابع فناورانه) از طرف دیگر داشته باشند. بنابراین، فناوری مناسب لزوماً یک فناوری پیشرفته یا نوظهور نیست. به عنوان مثال، استفاده کارآ و مؤثر از یک فناوری پیشرفته وقتی امکان پذیر است که زیرساخت های لازم و مهارت های انسانی مورد نیاز آن از قبل وجود داشته باشد. یکی از معضلات کشورهای در حال توسعه یا کمتر توسعه یافته این است که همواره می خواهند اختلاف سطح فناوری خود را با کشورهای توسعه یافته از بین ببرند و این کار را از طریق انتقال فناوری های پیچیده و پیشرفته انجام می دهند. در بسیاری از موارد، شرایط لازم برای انجام این انتقال در کشورهای گیرنده فناوری وجود ندارد. این در حالی است که فناوری های با درجه پیچیدگی کمتر ولی جدید می توانند به طور مؤثری آنها را در رسیدن به اهدافشان کمک نمایند.

در ادامه، توضیحات بیشتری در خصوص تناسب فناوری های مرتبط با انرژی زمین گرمایی ارائه می گردد.

- وضعیت فناوری های مرتبط با منابع زمین گرمایی هیدروترمال

با توجه به شواهد و اطلاعات موجود، خوشبختانه منابع زمین گرمایی هیدروترمال در کشور وجود دارند. از سوی دیگر، زیر ساخت های لازم فنی و همچنین نیروی انسانی مورد نیاز برای تحقیق و توسعه فناوری های مرتبط و بهره برداری از منابع هیدروترمال در کشور نیز وجود دارند. البته، در حال حاضر، به دلیل عدم گسترش مناسب بازار در خصوص بهره برداری از منابع هیدروترمال، حجم نیروی انسانی فعال در این زمینه، زیاد نمی باشد. این در حالی است که بدون شک، به دلیل وجود زیرساخت های علمی و فنی مطلوب، با شکل گیری بازار مناسب و افزایش گرایش متخصصین مرتبط به فعالیت در این حوزه، کشور از لحاظ نیروی انسانی و همچنین توانمندی های علمی و فنی مربوطه، در آینده با مشکل خاصی روبرو نخواهد شد.

۱- وضعیت فناوری های مرتبط با اکتشاف منابع زمین گرمایی پیشرفته

عطف به اطلاعات موجود، منابع زمین گرمایی پیشرفته نیز در کشور وجود دارند. اما بر خلاف فناوری های مرتبط با منابع هیدروترمال، نیروی انسانی و زیرساخت های ضروری برای توسعه و بهره برداری از منابع زمین گرمایی پیشرفته در کشور موجود نمی باشد. یکی از دلایل این امر، عدم وجود پروژه های تحقیقاتی در خصوص توسعه منابع زمین گرمایی پیشرفته در کشور می باشد.

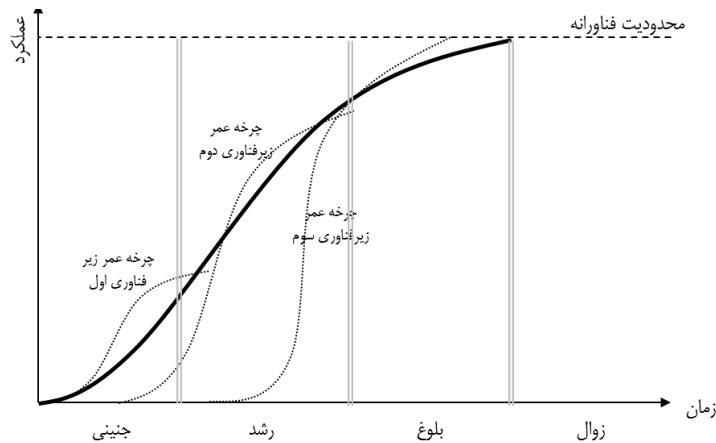
۲- وضعیت فناوری های مرتبط با سیستم های پمپ حرارتی زمین گرمایی

طبیعت این دسته از فناوری های مرتبط با انرژی زمین گرمایی، به نحوی است که می توان آنها را در هر مکانی نصب و راه اندازی نمود. بنابراین، استفاده از سیستم های پمپ حرارتی زمین گرمایی در هر نقطه از کشور امکان پذیر می باشد. با توجه به پروژه های قبلی انجام شده در کشور در خصوص پمپ های حرارتی زمین گرمایی، مشخص گردید که هم نیروی انسانی و هم زیرساخت های لازم برای توسعه فناوری های مرتبط و همچنین بهره برداری از این سیستم ها در کشور وجود دارد. البته، در حال حاضر، به دلیل عدم گسترش مناسب بازار در خصوص بهره برداری از پمپ های حرارتی زمین گرمایی، حجم نیروی انسانی فعال در این زمینه، زیاد نمی باشد. این در حالی است که بدون شک، به دلیل وجود زیرساخت های علمی و فنی مطلوب، با شکل گیری بازار مناسب و افزایش گرایش متخصصین مرتبط به فعالیت در این حوزه، کشور از لحاظ نیروی انسانی و همچنین توانمندی های علمی و فنی مربوطه، در آینده با مشکل خاصی روبرو نخواهد شد.

۳-۳- تعیین چرخه عمر فناوری های مرتبط با انرژی زمین گرمایی

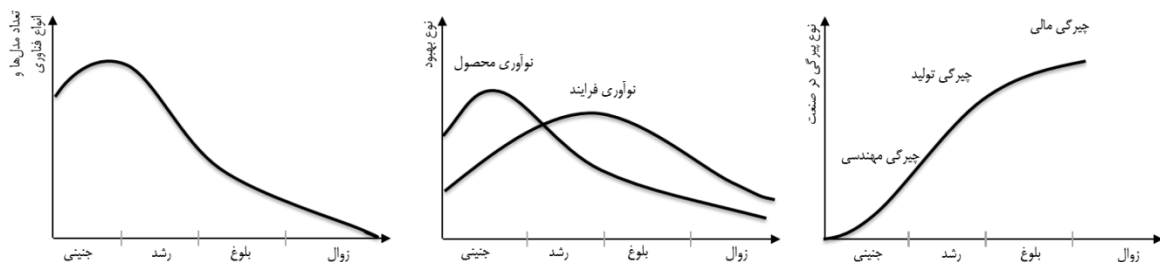
چرخه عمر فناوری، مفهومی است که نحوه بهبود عملکرد یک فناوری را در طول زمان نشان می دهد. به عبارت دیگر، محل قرارگیری یک فناوری در چرخه عمر، متأثر از منحنی های چرخه عمر فناوری های وابسته به آن می باشد. از آنجا که فناوری های پیچیده غالباً از فناوری های دیگری در سطوح پایین تر تشکیل شده اند، چرخه عمر آنها نیز مرکب از چرخه عمر اجزای تشکیل دهنده آن است، شکل (۱۶-۳). این منحنی دارای چهار مرحله ی جنینی^۱، رشد^۲، بلوغ^۳ و زوال^۴ است.

زمانی که یک فناوری به محدودیت طبیعی^{۱۲} خودش برسد، جایی برای بهبود نداشته و به سمت زوال و جایگزینی با فناوری های دیگر حرکت می کند. بنابراین لازم است تا فناوری هایی برای توسعه انتخاب شوند که در مرحله زوال خود قرار نداشته باشند. برنامه ریزی برای توسعه قطعات موجود در مرحله زوال منجر به هدررفت سرمایه گذاری های صورت گرفته و از دست دادن رقابت پذیری می گردد.



شکل (۱۶-۳) - ارتباط چرخه عمر فناوری با چرخه عمر زیرفناوری ها [۲۴]

با استفاده از سه معیار تنوع مدل های موجود فناوری^{۱۳}، نوع بهبودهای صورت گرفته^{۱۴}، و نوع چیرگی موجود در صنعت^{۱۵}، می توان به صورت کیفی جایگاه هر فناوری را در چرخه عمر فناوری معین نمود. شکل (۱۷-۳) نشان دهنده ویژگی هر یک از این معیارها در مراحل چرخه عمر فناوری است.



شکل (۱۷-۳) - وضعیت معیارهای سنجش جایگاه فناوری در چرخه عمر فناوری [۲۵]

طبق بررسی های به عمل آمده مشخص گردید که در حال حاضر، اغلب فناوری های مرتبط با انرژی زمین گرمایی در مراحل رشد و بلوغ قرار دارند. در ادامه، شرح بیشتری در خصوص هر یک از فناوری های یاد شده ارائه می گردد.

۱-۳-۳- فناوری های مرتبط با منابع زمین گرمایی عمیق

همان گونه که در بند یک گزارش حاضر عنوان گردید، فناوری های مرتبط با انرژی زمین گرمایی به سه دسته اصلی فناوری های مرتبط با منابع هیدروترمال، منابع زمین گرمایی پیشرفته (EGS) و پمپ های حرارتی تقسیم بندی می گردند. به منظور تعیین وضعیت کنونی چرخه عمر فناوری های انرژی زمین گرمایی، در پایگاه داده های Google Scholar, Google Patent، و Science Direct به جستجوی تعداد مقالات، تعداد پتنت ها و همچنین ظرفیت نصب شده نیروگاه های زمین گرمایی، پرداخته شد.

جهت درک بهتر تحلیل وضعیت چرخه عمر فناوری های زمین گرمایی، سه بازه زمانی در نظر گرفته شد. بازه های مذکور شامل سال های ۲۰۰۰ الی ۲۰۰۵، ۲۰۰۵ الی ۲۰۱۰ و ۲۰۱۰ الی ۲۰۱۵ می باشند. نتایج حاصل از بررسی وضعیت مقالات و پتنت های منتشر شده در خصوص فناوری های اصلی زمین گرمایی و ظرفیت نصب شده نیروگاه های زمین گرمایی در جدول (۲-۳) ارائه شده است.

جدول (۲-۳) - وضعیت مقالات و پتنت های منتشر شده در خصوص فناوری های اصلی زمین گرمایی و ظرفیت نصب -

شده نیروگاه های زمین گرمایی در جهان [۲۶]

(*) ظرفیت نصب شده پمپ های حرارتی بر حسب مگاوات حرارتی می باشد.

فناوری	انواع فناوری	مقالات (درصد)			پتنت ها (درصد)			ظرفیت نصب شده (مگاوات) *			
		۲۰۰۵-۲۰۱۰	۲۰۱۰-۲۰۱۵	۲۰۰۵-۲۰۱۰	۲۰۱۰-۲۰۱۵	۲۰۰۵-۲۰۱۰	۲۰۱۰-۲۰۱۵	۲۰۰۵	۲۰۱۰	۲۰۱۵	
هیدروترمال	اکتشاف	۲۱.۸۵	۳۲.۶۷	۴۵.۶۴	۲۱.۴۳	۳۲.۱۷	۴۵.۴۵	۷.۹۷۲	۱۰.۸۹۷	۱۲.۶۳۵	
	تولید برق	۲۵.۵۹	۳۵.۳۵	۳۹.۰۴	۲۵.۴۷	۳۶.۵	۳۸.۰۸				
	کاربرد مستقیم	۲۸.۱۷	۳۴.۴۳	۳۷.۳۸	۲۹.۴۹	۳۴.۷۴	۳۶.۷۶				
EGS	تعمیر و نگهداری چله ها	۱۶.۱۴	۳۵.۷۷	۴۸.۰۸	۱۷.۲۱	۳۶.۶۱	۴۶.۱۷	فنآوری EGS به دلیل نوظهور بودن ظرفیت نصب شده قابل ذکری تا بحال نداشته است.	۱۵.۳۸۴	۳۳.۱۳۴	
	اکتشاف	۲۱.۱۱	۳۱.۳۸	۴۷.۵	۲۰.۷۲	۳۱.۳۷	۴۷.۸۹				
	تولید برق	۱۸.۶۴	۳۳.۲۷	۴۸.۰۸	۱۹.۰۸	۳۱.۹۱	۴۹				
	کاربرد مستقیم	۱۶.۱۸	۳۰.۲۱	۵۳.۶	۳۷.۰۱	۲۴.۶۱	۳۸.۳۷	۵.۲۷	۴۹.۸۹۸	۴۲.۸۱	
	پمپ های حرارتی	۱۸.۸۵	۳۸.۳	۴۲.۸۴	۱۷.۹	۳۹.۲۸	۴۲.۸۱				

جدول (۳-۳) - نرخ رشد تعداد مقالات و پتنت های منتشر شده طی سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵

(*) منظور از بازه اول، بازه پنج ساله اول ۲۰۰۰ الی ۲۰۰۵، بازه دوم، بازه پنج ساله دوم ۲۰۰۵ الی ۲۰۱۰، و بازه سوم، بازه پنج ساله سوم ۲۰۱۰ الی ۲۰۱۵ می باشد.

فناوری	انواع فناوری	نرخ رشد مقالات (درصد)		نرخ رشد پتنت ها (درصد)	
		بازه اول - بازه دوم*	بازه دوم - بازه سوم	بازه اول - بازه دوم	بازه دوم - بازه سوم
هیدروترمال	اکتشاف	۱۰.۶۱	۱۲.۷۹	۱۰.۷۴	۱۳.۲۸
	تولید برق	۹.۸۱	۳.۶۹	۱۱.۰۳	۱.۵۸
	کاربرد مستقیم	۶.۲۶	۳.۹۵	۶.۲۵	۲.۰۲
	تعمیر و نگهداری چاهها	۱۹.۶۳	۱۲.۳۱	۱۹.۴	۹.۵۶
EGS	اکتشاف	۱۰.۲۷	۱۶.۲۱	۱۰.۶۵	۱۶.۵۲
	تولید برق	۱۴.۶۳	۱۴.۸۱	۱۲.۸۳	۱۷.۰۹
	کاربرد مستقیم	۱۴.۰۳	۲۳.۳۹	-۱۲.۴۱	۱۳.۷۶
	پمپ های حرارتی	۱۹.۴۵	۴.۵۴	۲۱.۳۸	۳.۵۳

بر اساس مندرجات جدول (۲-۳)، نرخ رشد تعداد مقالات و پتنت های منتشر شده طی سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵ مشخص گردید، که مقادیر مربوطه در جدول (۳-۳)، ارائه شده است.

با تحلیل و بررسی مندرجات جداول (۲-۳) و (۳-۳)، چرخه عمر فناوری های اصلی انرژی زمین گرمایی به شرح زیر تعیین گردید:

- هیدروترمال

- طی ۱۵ سال گذشته، انتشار مقالات و پتنت ها در خصوص منابع هیدروترمال بجز مقوله اکتشاف، روند کاهشی داشته است. از سوی دیگر ظرفیت نیروگاهی تولید برق از منابع مذکور، رو به رشد بوده است. با توجه به مطالب ذکر شده، می توان این گونه نتیجه گیری نمود که فناوری های مرتبط با اکتشاف منابع هیدروترمال در مرحله انتهای رشد و ابتدای بلوغ خود قرار دارند. اما سایر فناوری های مرتبط با منابع هیدروترمال، در مرحله بلوغ قرار دارند. دلیل اصلی این استدلال، کاهش نرخ رشد مقالات و پتنت های منتشر شده از یک سو و افزایش ظرفیت تولید برق از سوی دیگر می باشد.

- منابع زمین گرمایی پیشرفته (EGS)

- با توجه به روند رو به رشد تعداد مقالات و پتنت های منتشر شده در خصوص منابع EGS، و همچنین ظرفیت بسیار پایین نصب شده نیروگاهی می توان نتیجه گرفت که فناوری های مرتبط با این دسته از منابع زمین گرمایی در مرحله معرفی قرار دارند.

- پمپ های حرارتی زمین گرمایی

- با توجه به نرخ رشد کم تعداد مقالات و پتنت های منتشر شده در خصوص سیستم های پمپ حرارتی، و افزایش بسیار زیاد ظرفیت نصب شده سیستم های مذکور، می توان نتیجه گرفت که فناوری های مرتبط با پمپ های حرارتی زمین-گرمایی در مرحله بلوغ خود قرار دارند.

مراجع

۱. نورعلیئی، ج.، آشنایی با انرژی زمین گرمایی - مفاهیم کلی، " ماهنامه علمی - تخصصی صنعت برق، سال هفتم، شماره ۸۱، بهمن ۱۳۸۱.
۲. نورعلیئی، ج.، " آشنایی با انرژی زمین گرمایی - بهره برداری"، ماهنامه علمی - تخصصی صنعت برق، سال هشتم، شماره ۸۶، تیر ۱۳۸۲.
۳. نورعلیئی، ج.، " آشنایی با انرژی زمین گرمایی - مزایای کاربرد"، ماهنامه علمی - تخصصی صنعت برق، سال هشتم، شماره ۸۷، مرداد ۱۳۸۲.
4. Ramey, H.J., Jr., (1977) " Petroleum Engineering Well Test Analysis-State of the Art", Proceeding: Invitational Well Testing Symposium, Oct. 19-21, Lawrence Berkeley Lab., Berkeley, CA, pp. 5-9.
5. Lindal, B., "Industrial and other Applications of Geothermal Energy", Geothermal Energy, Armstead, H.C.H. (ed), UNESCO, Paris, France (1973), 135-148.
6. Sanyal, S., K., " Classification of Geothermal Systems-A Possible Scheme", Proceedings, Thirtieth Workshop on Geothermal Reservoir Engineering, Stanford University, Stanford, California, January 31- February 2, 2005, SGP-TR-176.
7. Dickson, M.H., Fanelli, M., (1995) Geothermal Energy, John Wiley & Sons, New York
8. Lund, J., Freestone, D., H., Boyd, T., L., "Direct Utilization of Geothermal Energy 2010. Worldwide Review", Proceedings World Geothermal Congress, Bali, Indonesia, 25-29 April, 2010.
9. U.S. Department of Energy. 2008. "The Basics of Enhanced Geothermal Systems." Accessed 22 August 2012.
http://www1.eere.energy.gov/geothermal/pdfs/egs_basics.pdf
10. Williams, E., et al. 2007. A Convenient Guide to Climate Change Policy and Technology.
http://www.nicholas.duke.edu/ccpp/convenientguide/cg_pdfs/ClimateBook.pdf
11. U.S. Energy Information Administration (EIA). 2011. "Table 8.11a Electric Net Summer Capacity: Total (All Sectors), 1949-2010." Accessed 2 May 2012.
http://www.eia.doe.gov/cfs_publications/tables/8.11a_electric_net_summer_capacity_total_all_sectors_1949-2010.pdf

12. Williams, C., et al. 2008. Assessment of Moderate-and High-Temperature Geothermal Resources of the United States. United States Geological Survey.

<http://pubs.usgs.gov/fs/2008/3082/pdf/fs2008-3082.pdf>

13. “Tester, J., et al. 2006. The Future of Geothermal Energy: Impact of Enhanced Geothermal Systems (EGS) on the United States in the 21st Century. Massachusetts Institute of Technology.

http://www1.eere.energy.gov/geothermal/pdfs/future_geo_energy.pdf

14. Ibid.

www.wikipedia.org/wiki/Enhanced_geothermal_system.

15. For an illustrated explanation, see the U.S. Department of Energy’s Geothermal Technologies Program’s webpage: “[How an Enhanced Geothermal System Works](#)”

http://www1.eere.energy.gov/geothermal/egs_animation.html

16. U.S. Department of Energy (DOE). 2008a. An Evaluation of Enhanced Geothermal Systems Technology. http://www1.eere.energy.gov/geothermal/pdfs/evaluation_egs_tech_2008.pdf

17. DOE. 2008b. Geothermal Tomorrow 2008.

<http://www.nrel.gov/docs/fy08osti/43504.pdf>

18. DOE, 2008a.

19. Tester et al., 2006.

20. Rather than using hydrothermal steam to drive a turbine, a binary cycle geothermal plant uses heated water from the hydrothermal reservoir to vaporize a “working fluid,” any fluid with a lower boiling point than water (e.g., iso-butane). The vaporized working fluid drives a generator while the geothermal water is promptly reinjected into the reservoir, without ever leaving its closed loop system. To learn more about the conversion of hydrothermal resources to electricity see [C2ES Climate TechBook: Geothermal Energy](#), 2009.

21.DOE. 2008c. Multi-year Research, Development and Demonstration Plan: 2009-2015 with program activities to 2025.

http://www1.eere.energy.gov/geothermal/pdfs/gtp_myRDD_2009-complete.pdf

22. DOE, 2008a.

23. A well's casing is the pipe placed in a wellbore as an interface between the wellbore and the surrounding formation. It typically extends from the top of the well and is cemented in place to maintain the diameter of the wellbore and provide stability. Telemetry refers to the transmission of data from the drill bit to the operators on the surface.

24. Khalil, T., 2000a. Management of Technology: a key to competitiveness and wealth creation. Mc-Graw Hill.

Khalil, T.M., 2000b. Management of Technology: The Key To Competitiveness And Wealth Creation. McGraw-Hill.

25. Steele, L.W., 1992. Technology maturation and technology substitution. IEEE Engineering Management Review 18.

26. John W. Lund and Tonya L. Boyd, "Direct Utilization of Geothermal Energy 2015 Worldwide Review" Proceedings World Geothermal Congress, Melbourne, Australia, 19-25 April, 2015.

فهرست مطالب

۲	۲- مروری بر ادبیات ساختار صنعت
۲	۲-۱- مقدمه
۲	۲-۲- انواع مدل های بررسی بخش صنعت
۲	۲-۲-۱- مدل پنج نیروی پورتر
۴	۲-۲-۲- الگوی کارکردهای نظام بخشی نوآوری (SIS)
۴	۲-۳- شناخت بازیگران اصلی بخش صنعت
۶	۲-۴- جمع بندی و نتیجه گیری
۷	۳- بازیگران عرصه انرژی زمین گرمایی و روابط آنها
۷	۳-۱- مقدمه
۷	۳-۲- سیاستگذاران
۹	۳-۲-۱- مجمع تشخیص مصلحت نظام
۹	۳-۲-۲- مرکز تحقیقات استراتژیک مجمع تشخیص مصلحت نظام
۱۲	۳-۲-۳- کمیته خاص محیط زیست مجمع تشخیص مصلحت نظام
۱۳	۳-۲-۲- مجلس شورای اسلامی
۱۳	۳-۲-۲-۱- مرکز پژوهش های مجلس شورای اسلامی
۱۵	۳-۲-۳- وزارت نیرو
۱۶	۳-۲-۴- شورای عالی انقلاب فرهنگی
۱۷	۳-۲-۵- شورای عالی علوم، تحقیقات و فن آوری (عتف)
۱۸	۳-۲-۶- وزارت علوم تحقیقات و فن آوری
۱۹	۳-۳- تنظیم گران و تسهیل گران

- ۲۰- ۳-۳-۱- معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور (سازمان مدیریت و برنامه ریزی)
- ۲۰- ۳-۳-۲- شرکت توانیر
- ۲۲- ۳-۳-۳- سازمان انرژی های نو ایران (سانا)
- ۲۴- ۳-۳-۴- سازمان حفاظت محیط زیست کشور
- ۲۵- ۳-۳-۵- سازمان منابع طبیعی
- ۲۶- ۳-۳-۶- ستاد توسعه فناوری های تجدیدپذیر
- ۲۷- ۳-۳-۷- سازمان توسعه برق
- ۲۸- ۳-۳-۸- مرکز همکاری های فناوری و نوآوری ریاست جمهوری
- ۲۹- ۳-۴- ارائه دهندگان خدمات
- ۳۰- ۳-۵- مراکز پژوهشی
- ۳۰- ۳-۵-۱- سازمان پژوهش های علمی و صنعتی ایران
- ۳۰- ۳-۵-۲- پژوهشگاه نیرو
- ۳۲- ۱-۳-۵-۲- پژوهشکده انرژی و محیط زیست پژوهشگاه نیرو
- ۳۳- ۳-۵-۲-۲- گروه پژوهشی انرژی های نو
- ۳۳- ۳-۵-۳- مرکز توسعه فناوری نیرو
- ۳۴- ۳-۵-۴- پژوهشگاه مواد و انرژی
- ۳۵- ۳-۵-۴-۱- پژوهشکده انرژی پژوهشگاه مواد و انرژی
- ۳۶- ۳-۵-۵- پژوهشکده انرژی و محیط زیست
- ۳۷- ۳-۵-۶- مؤسسه پژوهش در مدیریت و برنامه ریزی
- ۳۹- ۳-۵-۷- مؤسسه مطالعات بین المللی انرژی
- ۴۱- ۳-۵-۸- مرکز تحقیقات محیط زیست و انرژی دانشگاه علوم و تحقیقات
- ۴۲- ۳-۵-۹- دانشگاه شهید بهشتی

۴۳	۳-۵-۱۰- موسسه آموزش علمی و کاربردی صنعت آب و برق
۴۳	۳-۵-۱۱- دانشگاه صنعتی شریف
۴۳	۱-۳-۵-۱۱- دانشکده مهندسی انرژی
۴۶	۳-۵-۱۱-۲- پژوهشکده علوم و فناوری انرژی شریف
۴۸	۳-۵-۱۲- دانشگاه تهران
۴۸	۳-۵-۱۲-۱- دانشکده فنی
۵۲	۳-۵-۱۲-۲- دانشکده علوم و فنون نوین
۵۴	۳-۵-۱۳- دانشگاه علم و صنعت ایران
۵۴	۳-۵-۱۳-۱- پژوهشکده سبز دانشگاه علم و صنعت ایران
۵۶	۳-۵-۱۴- دانشگاه صنعتی اصفهان
۵۶	۳-۵-۱۵- دانشگاه فردوسی مشهد
۵۷	۳-۵-۱۶- دانشگاه صنعتی شاهرود
۵۷	۳-۵-۱۶-۱- دانشکده معدن، نفت و ژئوفیزیک
۵۸	۳-۶- بنگاه های اقتصادی
۵۸	۳-۶-۱- شرکت مهندسی مشاور مهتاب قدس
۵۹	۳-۶-۲- شرکت مهندسی مشاور مشانیر
۶۰	۳-۶-۳- شرکت ملی حفاری ایران
۶۱	مراجع

فهرست اشکال

- ۳ شکل (۱-۱) - شمایی از پنج نیروی پوتر
- ۸ شکل (۲-۱) - بازیگران حوزه انرژی زمین گرمایی به تفکیک ۶ گروه اصلی

۱- مروری بر ادبیات ساختار صنعت

۱-۲- مقدمه

در این فصل از گزارش به مرور ادبیات موضوع در قالب ابزارهای موردنیاز جهت تحلیل ساختار یک صنعت یا فعالیت و ابزارهای موردنیاز برای شناخت بازیگران آن پرداخته می‌شود. در همین راستا و در گام نخست، مدل پنج نیروی پورتر و الگوی بخشی نوآوری که جهت تحلیل ساختار مورد استفاده قرار می‌گیرند، معرفی می‌شوند. در ادامه، به شناخت بازیگران عرصه انرژی زمین گرمایی با استفاده از الگوی Triple Helix پرداخته می‌شود. در قالب این الگو، سه نهاد دولت، دانشگاه و بنگاه با هم در تعامل هستند. بنگاه، نقش هدایت‌کننده نوآوری، دانشگاه وظیفه تزریق دانش به صورت غیرمستقیم و دولت نقش سیاست‌گذار دارد.

۲-۲- انواع مدل‌های بررسی بخش صنعت

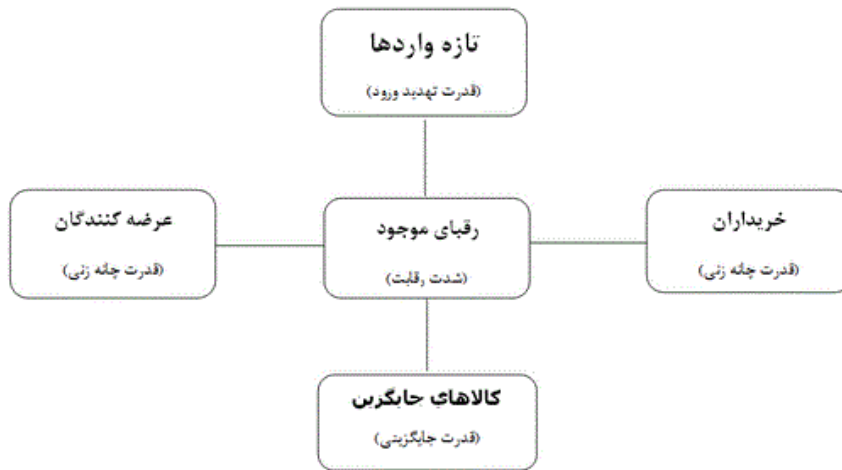
ساختار بخش را از روش‌ها و الگوهای متفاوتی می‌توان بررسی نمود. در این گزارش برای این منظور روش‌هایی مانند مدل پنج نیروی پورتر و شناخت ساختار با الگوی بخشی نوآوری مورد بررسی قرار می‌گیرد و با توجه به چگونگی عملکرد این مدل‌ها با وضعیت موجود، بهترین مدل برای این منظور الگوی ترکیبی انتخاب گردید. حال به بررسی اجمالی هر یک از این مدل‌ها پرداخته می‌شود.

۱-۲-۲- مدل پنج نیروی پورتر

نیروهای رقابتی پورتر که به پنج نیروی رقابتی^۱ شناخته می‌شوند، توسط مایکل پورتر مطرح شده است. با استفاده از این پنج نیروی رقابتی می‌توان به تحلیل وضعیت بخش پرداخت و میزان جذابیت یک صنعت را تحلیل نمود. این پنج نیرو عبارتند از:

- شدت رقابت بین رقبای فعلی
- خطر ورود رقبای بالقوه (تهدید تازه‌واردان)
- قدرت چانه‌زنی عرضه‌کنندگان
- قدرت چانه‌زنی مشتریان
- تهدید ورود محصولات جایگزین

استراتژی رقابتی بدون شناخت ساختار ساختار صنعت و رقبا ممکن نیست. شکل (۱-۱) - شمایی از پنج نیروی پورتر را نشان می‌دهد.



شکل (۱-۱) - شمایی از پنج نیروی پورتر

در پاره‌ای از موارد نیروی ششم نیز به این نیروها اضافه می‌شود. نیروی ششم «دولت» است. لازم به ذکر است که با توجه به ساختار اقتصاد دولتی در ایران و نقش مهم در کسب و کار، اضافه کردن عنصر ششم اهمیت خاصی دارد. هر چند در اقتصاد ایران، در سایر نیروها نیز دیده می‌شود. در ایران دولت که رقیب فعلی بسیاری از کسب و کارها است، می‌تواند رقیب بالقوه‌ی قدرتمندی برای کسب و کارهای جدید باشد. در برخی مواقع، دولت به‌عنوان خریدار بسیاری از کالاها و خدمات، قدرت چانه‌زنی بالایی دارد و خود عرضه‌کننده بسیاری از کالاها و خدمات دیگر است. کمتر ساختار اقتصادی در دنیا را سراغ داریم که در آن دولت رقیبی برای کسب و کارهای بخش خصوصی باشد. این مدل برای تجزیه و تحلیل تولیدکنندگان و تأمین‌کنندگان و صنعت‌کاران صنایع مختلف، مدل مناسبی است ولی نواقصی دارد که از آن نمی‌توان برای تجزیه و تحلیل کل صنعت استفاده کرد. به‌عنوان مثال این مدل، عناصر ستادی هر صنعتی را نادیده می‌گیرد. از طرفی چون هدف اصلی این گزارش شناسایی بازیگران ستادی حوزه انرژی زمین گرمایی کشور است و به تولیدکنندگان و صنعت‌کاران این صنعت نمی‌پردازد، این مدل مناسبی برای استفاده در این گزارش نیست.

۲-۲-۲- الگوی کارکردهای نظام بخشی نوآوری (SIS)

برای تجزیه و تحلیل صنعت از روش‌های دیگری نیز می‌توان استفاده نمود، مانند روش الگوی SIS که با توجه به این

روش ابتدا به شناسایی عوامل اصلی آن بخش و نقش هر کدام در آن بخش پرداخته می‌شود.

با توجه به این الگو، برای شناخت ساختار حوزه انرژی زمین گرمایی باید بخش‌های سه‌گانه زیر مورد تجزیه و تحلیل قرار

گیرد.

- بازیگران اصلی
- نهادها (تنظیم‌کنندگان قوانین و مقررات)
- نقش هر بازیگر در بخش مربوطه

۳-۲- شناخت بازیگران اصلی بخش صنعت

یکی از روش‌های شناخت بازیگران اصلی حوزه انرژی زمین گرمایی استفاده از الگوی Triple Helix می‌باشد. در کنار این الگو، الگوهای دیگری نیز برای شناسایی ساختار یک بخش وجود دارد، اما با توجه به اینکه برای شناسایی بازیگران اصلی الگوی Triple Helix رایج‌تر است، از این الگو استفاده می‌شود.

در قالب این الگو، سه نهاد دولت، دانشگاه و بنگاه با هم در تعامل هستند، ولی بنگاه، نقش هدایت‌گری نوآوری را به عهده دارد و دانشگاه با تزریق دانش به صورت غیرمستقیم و دولت با سیاست‌گذاری خود به بنگاه کمک می‌کند. الگوی Triple Helix در سه نسخه TH1، TH2 و TH3 دسته‌بندی شده است.

در نسخه TH1 دولت، هم دانشگاه و مراکز پژوهشی و هم بخش و هم رابطه بین آنها را تحت پوشش قرار می‌دهد. مصداق این نسخه در کشورهای کمونیستی سابق مانند اتحاد جماهیر شوروی دیده می‌شد و امروزه این نسخه به عنوان یک الگوی شکست خورده مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد.

در نسخه TH2، قلمروهای نهادی دولت، دانشگاه و مراکز پژوهشی و بخش با مرزهای قوی عقلانیت، فرهنگی و فنی از یکدیگر جدا می‌شوند، اما دارای کنش متقابل با یکدیگر هستند. یکی از ویژگی‌های اساسی این نسخه، تقسیم کار بین دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی، بنگاه و دولت است. در این الگو، دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی به آموزش و تحقیق می‌پردازد. بخش یا بنگاه، نتایج تحقیقات را به کالاها و خدمات جدید تبدیل و دولت از دانشگاه و بنگاه حمایت می‌کند و زیرساخت‌ها و شرایط لازم را فراهم می‌کند.

در نسخه TH3، قلمروهای نهادی دانشگاه و مراکز پژوهشی، بخش و دولت در فرآیند نوآوری همپوشانی دارند و نقش‌های آن‌ها با یکدیگر تداخل پیدا می‌کند. در این الگو، دانشگاه علاوه بر فعالیت‌های سابق دست به کارآفرینی می‌زند و به فعالیت‌های

نوآورانه می‌پردازد. در این الگو دانشگاه‌ها، بنگاه به وجود می‌آورند و ایده‌ها را تجاری می‌کند و در مقابل بخش هم به فعالیت‌های تولید و توزیع دانش می‌پردازد و به نوعی مثل دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی عمل می‌کنند. همچنین دولت هم به سرمایه‌گذاری‌های مخاطره‌آمیز در زمینه‌های تولید دانش، نوآوری و تولید کالا و خدمات دست می‌زند.

در الگوی نوآوری مبتنی بر دانش هم دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی به‌عنوان یک بنگاه دانش مطرح می‌شود و به کارآفرینی مبتنی بر دانش دست می‌زند و بنگاه هم مبتنی بر دانش می‌شود و دانشگاه و بخش بازار سرمایه خطرپذیر و بازارهای فناوری و سرمایه انسانی را به وجود می‌آورند.

به طور کلی دولت، هم به کارآفرینی مبتنی بر دانش دست می‌زند و هم وظایف سنتی‌اش را اعم از تولید کالای عمومی و سیاست‌گذاری انجام می‌دهد.

نهادهای حاکمیتی نیز با توجه به نقشی که در بخش دارند، به چهار دسته کلی تقسیم بندی می‌گردند:

- سیاست‌گذار
- تنظیم‌کننده
- تسهیل‌کننده
- ارائه‌کننده خدمات

- ۱- **سیاست‌گذار:** بخشی از دولت است که سیاست‌ها و جهت‌گیری‌های کلانی را که باید توسط دولت، کسب‌وکارها و غیره دنبال شود را تعیین می‌کند. علاوه بر این به اولویت‌بندی خدمات و تعیین نقش بازیگران در بخش می‌پردازد.
- ۲- **تنظیم‌کننده:** بخشی از دولت است که به وسیله مجموعه گوناگونی از ابزارها، نیازمندی‌های شرکت‌ها و مؤسسات را تنظیم کرده و مسئولیت هر یک را تعیین می‌کند.
- ۳- **تسهیل‌کننده:** سازمان‌ها و مؤسساتی هستند که معمولاً توسط دولت سرمایه‌گذاری می‌شوند و هدف آن توسعه و بهبود بازار خدمات به واسطه تضمین خدمات و حمایت برای محیط سیاسی بهتر می‌باشد. ویژگی تسهیل‌کننده‌ها انعطاف‌پذیری، تأثیرپذیری از بازار و نزدیکی به بخش خصوصی می‌باشد.
- ۴- **ارائه‌کننده خدمات:** ارائه‌کننده خدمات، شرکت‌ها یا مؤسساتی هستند که خدماتی را به طور مستقیم به صنایع ارائه می‌دهند.

در ادامه سعی می‌شود بازیگران اصلی حوزه انرژی زمین گرمایی با استفاده از مدل Triple Helix مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرند. فصل بعد به بررسی تفصیلی سه جنبه حاکمیتی، مراکز پژوهشی و دانشگاهی و بنگاه‌ها و صنعت می‌پردازد.

۲-۴- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در این فصل، به مرور ادبیات موضوع مورد تحقیق پرداخته شد و در این راستا ابزارهای مورد نیاز جهت تحلیل ساختار یک صنعت یا فعالیت و ابزارهای مورد نیاز جهت شناخت بازیگران آن مورد بررسی قرار گرفت. ابزارهای مورد نیاز جهت تحلیل ساختار یک صنعت، مدل پنج نیروی پورتر و الگوی بخشی نوآوری هستند.

الگوی رایج مورد استفاده جهت شناخت بازیگران نیز الگوی Triple Helix است که با ایجاد پاره‌ای تغییرات می‌تواند در خصوص موضوع موردنظر در این پروژه کاربرد داشته باشد. در این ارتباط، شرایط خاص حاکم بر صنعت انرژی کشور نیز باید لحاظ گردد.

۳- بازیگران عرصه انرژی زمین گرمایی و روابط آن‌ها

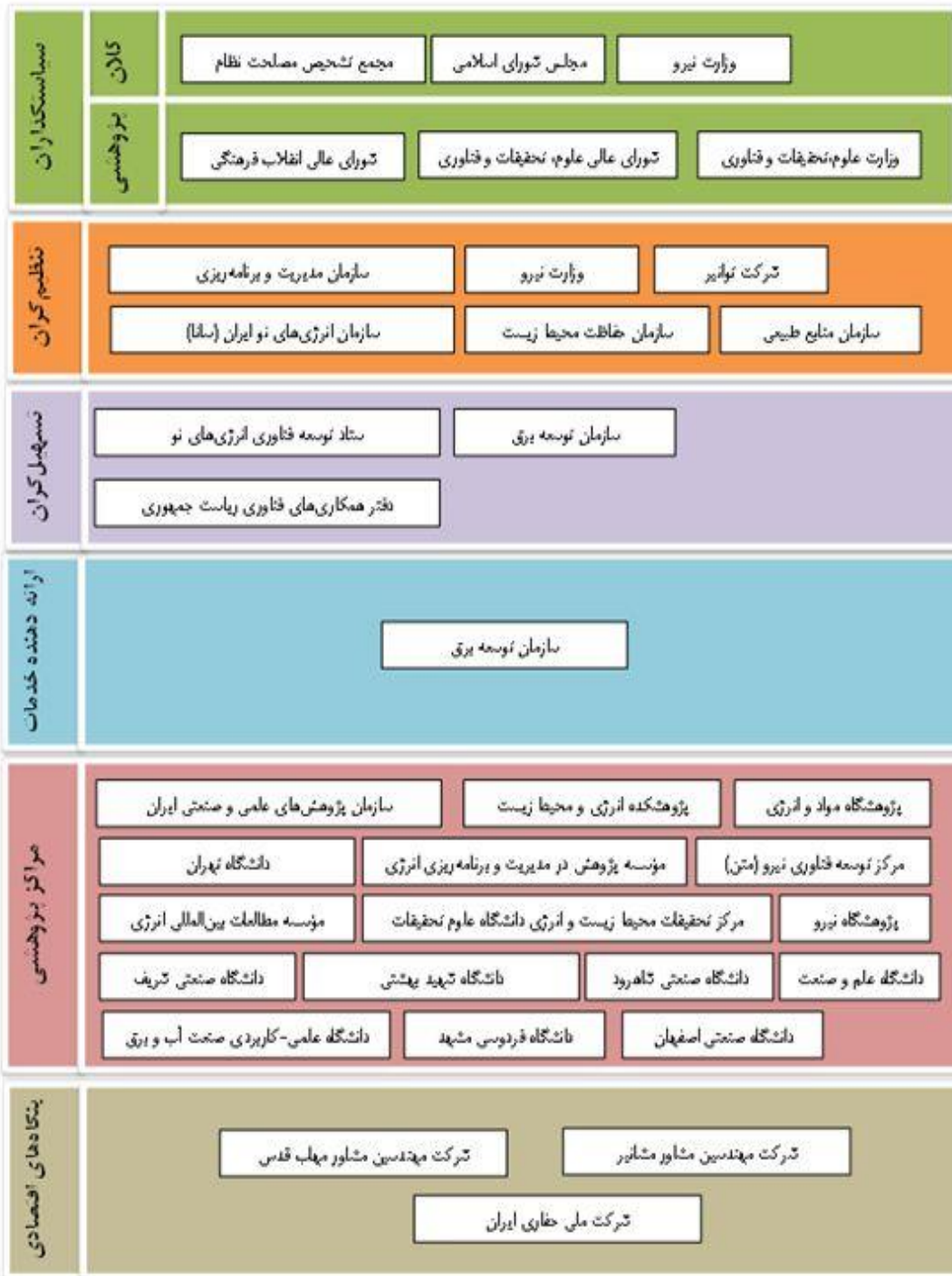
۳-۱- مقدمه

در این فصل از گزارش، به معرفی بازیگران عرصه انرژی زمین گرمایی و روابط آن‌ها پرداخته می‌شود. مطابق الگوی فصل قبل، بازیگران این حوزه در سه نهاد دولت (سیاستگذاران، تنظیم‌گران، تسهیل‌گران و ارائه‌دهندگان خدمات)، دانشگاه‌ها (مراکز تحقیقاتی و پژوهشی) و بنگاه‌های اقتصادی تقسیم‌بندی می‌شوند (شکل (۲-۱)). یک بازیگر با توجه به نهادها و ارگان‌های وابسته می‌تواند در یک یا چند گروه ایفای نقش کند. معرفی صورت گرفته از هر بازیگر در این فصل به صورت مختصر بوده و بیشتر به زمینه کاری بازیگر و سوابق کاری و اجرایی آن تکیه دارد. روابط کاری بازیگران و تأثیر این روابط بر موضوع مورد مطالعه نیز از جمله موارد مطروحه در این فصل گزارش است.

۳-۲- سیاستگذاران

حاکمیت یا دولت یکی از ارکان اصلی در چرخه فعالیت‌ها در اقتصاد کلان محسوب می‌شود. پررنگ‌ترین نقش دولت کنترل بر فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی اعم از فعالیت‌های پولی و مالی و تعیین جهت‌گیری‌ها و سیاست‌های مناسب در توسعه بخش‌های مولد کشور نظیر بخش‌های انرژی، کشاورزی، صنعت و دیگر موارد است. در حوزه برنامه‌ریزی سیستم‌های انرژی برای تأمین نیازهای انرژی بخش‌های خانگی و صنعت و دیگر بخش‌های مورد تقاضای انرژی، دولت‌ها با نگاه همه جانبه به موضوع و در نظر گرفتن شاخص‌های امنیتی، زیست محیطی، اجتماعی، توسعه فناوری و دیگر موارد در صدد دستیابی به بهینه‌ترین فناوری‌های تأمین انرژی مورد نیاز بخش‌های فعال داخلی و خارجی کشور از طریق تدوین نقشه راه توسعه این انرژی‌ها در چشم اندازهای آینده هستند.

سیاستگذاران در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر به دو گروه سیاستگذاران کلان شامل مجمع تشخیص مصلحت نظام، مجلس، و وزارت نیرو و سیاستگذاران پژوهشی مشتمل بر شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری، شورای عالی انقلاب فرهنگی، و وزارت علوم، تحقیقات و فناوری تقسیم‌بندی می‌شوند. در ادامه به معرفی هر یک از این نهادها پرداخته می‌شود.



شکل (۱-۲) - بازیگران حوزه انرژی زمین گرمایی به تفکیک ۶ گروه اصلی

۳-۲-۱- مجمع تشخیص مصلحت نظام

۳-۲-۱-۱- مرکز تحقیقات استراتژیک مجمع تشخیص مصلحت نظام

مرکز تحقیقات استراتژیک، با هدف تدوین و تنظیم استراتژی برای جمهوری اسلامی ایران در ابعاد گوناگون، در سال ۱۳۶۸ تشکیل گردید. وظیفه این مرکز انجام مطالعات استراتژیک در زمینه‌های مختلف بین‌المللی، سیاسی، اقتصادی، حقوقی، فرهنگی و اجتماعی می‌باشد. این مرکز تا سال ۱۳۷۶ در زمره یکی از مؤسسات تابعه نهاد ریاست جمهوری قرار داشت، اما در این سال براساس مصوبه شورای عالی اداری از نهاد ریاست جمهوری منتزع گردید و به عنوان مرکز تحقیقاتی به مجمع تشخیص مصلحت نظام پیوست. در این راستا انجام مطالعه و تحقیق پیرامون آن دسته از موضوعاتی که براساس قانون در حیطه وظایف مجمع تشخیص مصلحت نظام قرار دارد (تدوین سیاست‌های کلان نظام، ارائه مشاوره به رهبری، بازنگری احتمالی قانون اساسی، ارائه راه‌حل در زمینه معضلات کلان و موضوعات مورد اختلاف میان نهادهای قانونی و...) از دیگر وظایف این مرکز می‌باشد. با توجه به اینکه مجمع تشخیص مصلحت نظام در جهت تدوین استراتژی کلی نظام عمل می‌نماید، لذا فعالیت‌های پژوهشی مرکز نیز عمدتاً ماهیتی استراتژیک دارند. مرکز تحقیقات استراتژیک بخش قابل ملاحظه‌ای از نتایج تحقیقات خود را برای مسئولان عالی رتبه کشور ارائه می‌کند و برخی را نیز به صورت کتاب منتشر می‌سازد. علاوه بر آن، نشریه "راهبرد" فصلنامه مرکز تحقیقات استراتژیک نیز بخش دیگری از نتایج تحقیقی را در قالب مقالات منتشر می‌کند. فصلنامه National Interest نشریه دیگر این مرکز می‌باشد که به زبان انگلیسی منتشر می‌شود.

اهداف مرکز:

طراحی استراتژی جامع با سازگاری و انسجام درونی که در عین وفاداری به آرمان‌ها از واقع‌بینی کافی نسبت به توان و موقعیت ملی و منطقه‌ای و بین‌المللی کشور برخوردار باشد، مستلزم نهادی است که با بسیج تمامی توان علمی و کارشناسی کشور، ساز و کار رسمی برای دستیابی به چنین هدفی را فراهم آورد.

ساختار مرکز:

مرکز تحقیقات استراتژیک دارای شش معاونت به شرح ذیل می‌باشد:

۱. معاونت پژوهش‌های روابط بین‌الملل

این معاونت دارای ۵ گروه پژوهشی به شرح ذیل می‌باشد:

• گروه پژوهشی دموکراسی و حقوق بشر

- گروه پژوهشی امنیت بین‌الملل و تروریسم
- گروه پژوهشی خلع سلاح
- گروه پژوهشی سازمان‌های بین‌المللی
- گروه پژوهشی توسعه پایدار و محیط زیست

۲. معاونت پژوهش‌های سیاست خارجی

این معاونت دارای ۷ گروه مطالعاتی به شرح ذیل می‌باشد:

- گروه مطالعات مبانی سیاست خارجی جمهوری اسلامی ایران
- گروه مطالعات استراتژیک
- گروه مطالعات خاورمیانه و خلیج فارس
- گروه مطالعات اروپا و آمریکا
- گروه مطالعات آسیا
- گروه مطالعات اوراسیا
- گروه مطالعات اقتصاد سیاسی بین‌الملل

۳. معاونت پژوهش‌های اقتصادی

این معاونت دارای ۱۰ گروه پژوهشی به شرح ذیل می‌باشد:

- گروه پژوهشی امور زیربنایی
- گروه پژوهشی اقتصاد انرژی
- گروه پژوهشی اقتصاد مسکن و ساختمان
- گروه پژوهشی امور کشاورزی
- گروه پژوهشی برنامه و بودجه
- گروه پژوهشی شاخص‌سازی و آینده‌پژوهی
- گروه پژوهشی عدالت و رفاه اقتصادی

- گروه پژوهشی فن‌آوری‌های نو
- مدیریت امور پژوهشی و اطلاع‌رسانی
- مدیریت ارتباطات و هماهنگی‌های بین‌المللی

۴. معاونت پژوهش‌های فرهنگی و اجتماعی

این معاونت دارای ۵ گروه پژوهشی به شرح ذیل می‌باشد:

- گروه پژوهشی اجتماعی
- گروه پژوهشی اقوام و اقلیتها
- گروه پژوهشی رسانه
- گروه پژوهشی فرهنگی
- گروه پژوهشی مدیریت، آموزش و منابع انسانی

۵. معاونت پژوهش‌های فقهی و حقوقی

این معاونت دارای ۴ گروه پژوهشی به شرح ذیل می‌باشد:

- گروه پژوهشی اندیشه اسلامی
- گروه پژوهشی حقوق جزا و خصوصی
- گروه پژوهشی حقوق عمومی و بین‌الملل
- گروه پژوهشی فقه

۶. معاونت اجرایی و اطلاع‌رسانی

مرکز تحقیقات استراتژیک با هدف تبادل افکار میان صاحب‌نظران دانشگاهی از داخل و خارج از کشور و مسئولین اجرایی به صورت دائم و منظم میزگردها و سمینارهایی را در زمینه مسائل مهم بین‌المللی و سیاست خارجی و مسایل داخلی برگزار می‌نماید. این مرکز از نظرات کارشناسی صدها تن از اساتید داخل و خارج و همچنین مدیران رده بالای کشور به عنوان کارشناس بهره می‌گیرد.

۲-۱-۲-۳- کمیته خاص محیط زیست مجمع تشخیص مصلحت نظام

کمیته خاص محیط زیست در بهمن ماه سال ۱۳۹۲ در راستای اهداف دبیرخانه مجمع تشخیص مصلحت نظام و عنایت به اصل پنجاهم قانون اساسی با هدف تدوین و پیشنهاد سیاست‌های کلی محیط زیست و ارائه نظرات مشورتی به ارکان آن، در اجرای ماده ۳۳ آیین نامه داخلی مجمع به منظور ارزیابی گزارش‌های دستگاه‌های دولتی جهت طرح در کمیسیون‌های مجمع تشکیل شد.

وظایف و مأموریت‌ها:

الف - وظایف اساسی کمیته

- پیشنهاد سیاست‌های کلی محیط زیست و چگونگی حل معضلات زیست محیطی
- تشخیص مصلحت‌های زیست محیطی و ارائه نظر در خصوص موارد اختلافی مجلس و شورای نگهبان با موضوع محیط زیست
- مشاوره در امور محیط زیست و اظهار نظر کارشناسی در خصوص مسایل زیست محیطی به رییس، دبیر و کمیسیون‌های دبیرخانه مجمع
- نظارت بر حسن اجرای سیاست‌های کلی مصوب محیط زیست

ب - شرح وظایف

- تهیه پیش‌نویس سیاست‌های کلی محیط زیست
- تدوین راهبرد، راهکار و شاخص‌ها جهت عملیاتی شدن سیاست‌های کلی
- تهیه گزارش سالانه از نحوه اجرا و پیشرفت سیاست‌های کلی
- بررسی و تنظیم گزارش‌های تخصصی طرح‌ها و لوایح اختلافی با موضوع محیط زیست
- بررسی و تحلیل عملکرد دستگاه‌های دولتی و غیردولتی در زمینه محیط زیست بر حسب ضرورت
- بررسی و اظهار نظر در خصوص مسائل محیط زیست حسب ارجاع یا به اقتضای مسایل روز مطرح
- برقراری ارتباط کاری با مراکز مختلف پژوهشی، علمی و متخصصین صاحب نظر محیط زیست به منظور بهره‌مندی از نظرات آنان
- برگزاری نشست‌های علمی و تخصصی، همایش و اجلاس‌های مرتبط هم‌اندیشی در حیطه وظایف کمیته در جهت

انتقال

- تجربیات و کسب دانش
- ارائه مشاوره در خصوص موضوعات محیط زیست مورد درخواست
- اظهار نظر و تشکیل جلسات مشترک با کمیسیون‌ها در خصوص مسائل محیط زیست
- نظارت بر اجرای سیاست‌های کلی محیط زیست ابلاغی از سوی مقام معظم رهبری
- راهبری فعالیت‌های مرتبط با آگاهی بخشی و ایجاد باور عمومی و عزم ملی در خصوص رعایت پیشگیری از تخریب محیط زیست و احیای منابع زیستی
- راهبری در نظارت بر حسن اجرا و تحقق اهداف چشم‌انداز و برنامه‌های توسعه
- انجام سایر وظایف محوله از طرف مجمع

۳-۲-۲- مجلس شورای اسلامی

مجلس در نظام جمهوری اسلامی ایران از اهمیت ویژه و والایی برخوردار بوده و محور بسیاری از تصمیم‌گیری‌ها، قانون‌گذاری‌ها و برنامه‌ریزی‌ها است و چراغ هدایت دولت و ملت را به دست دارد. مجلس پایگاه اساسی نظام و مردم و مایه حضور و مشارکت واقعی مردم در تصمیم‌گیری‌ها و مظهر اراده ملی است. با توجه به نقش مؤثر و مهم مجلس در نظام کشور، وظایف عمده مجلس در دو بخش خلاصه می‌گردد:

- قانون‌گذاری
- نظارت

در جهان امروز، طرح پرسش‌های نو و مسائل پیچیده و چندوجهی در حوزه‌های مختلف، نهادهای قانون‌گذاری را ناگزیر از تأسیس مراکز علمی و پژوهشی ساخته تا با اتکا به تخصص‌ها و مطالعات فراهم آمده در آن مراکز و بهره‌گیری از آن‌ها، به شناخت کارشناسانه مسائل و پاسخگویی به نیازهای نو در تدوین قوانین توفیق یابند [۳].

۳-۲-۲-۱- مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی

در جهان امروز، طرح پرسش‌های نو و مسائل پیچیده و چندوجهی در حوزه‌های مختلف، نهادهای قانون‌گذاری را ناگزیر از تأسیس مراکز علمی و پژوهشی ساخته تا با اتکا به تخصص‌ها و مطالعات فراهم آمده در آن مراکز و بهره‌گیری از آن‌ها، به شناخت کارشناسانه مسائل و پاسخگویی به نیازهای نو در تدوین قوانین توفیق یابند. مجالسی که چنین تکیه‌گاه‌های علمی و تحقیقاتی سازمان یافته‌ای در اختیار دارند، با مجالسی که نمایندگان‌شان با اتکا به توان علمی و تجربی خود به کارشناسی و

تدوین قوانین مبادرت می‌ورزند، در روش و در نتیجه قابل مقایسه نیستند. مجلس شورای اسلامی با درک این ضرورت، مرکز پژوهش‌های خود را بنا نهاده است.

اهداف و شرح وظایف مرکز:

مطابق قانون «شرح وظایف مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی»، هدف از تأسیس مرکز، انجام دادن طرح‌های مطالعاتی و تحقیقاتی به منظور ارائه نظرهای کارشناسی و مشورتی به نمایندگان، کمیسیون‌ها و هیأت رئیسه مجلس شورای اسلامی است. وظایف این نهاد در ماده (۲) قانون شرح وظایف مرکز پژوهش‌ها مذکور به شرح زیر است:

۱. مطالعه، بررسی و ارائه نظرهای کارشناسی بر روی تمام طرح‌ها و لوایح
۲. گردآوری، نقد و تنظیم نظرهای محققان و پژوهشگران مراکز دانشگاهی و تحقیقاتی، دستگاه‌های اجرایی، نهادها، گروه‌ها و احزاب سیاسی و افکار عمومی در مورد نیازهای جامعه
۳. مطالعه، بررسی و تحقیق نسبت به حسن اجرای قوانین و سایر ابعاد نظارتی مجلس و ارائه پیشنهادهای کارشناسانه برای رفع موانع و مشکلات اجرایی
۴. تأمین نیازهای اطلاعاتی کمیسیون‌ها و نمایندگان مجلس از طریق تدارک و برقراری نظام اطلاع‌رسانی
۵. انجام پژوهش‌های موردی حسب درخواست هیأت رئیسه، کمیسیون‌ها و نمایندگان مجلس
۶. انجام مأموریت‌های محوله در رابطه با کتابخانه‌های مجلس که این‌گونه موارد زیرنظر مستقیم رئیس مجلس قرار می‌گیرند.
۷. اشاعه نتایج مطالعات پژوهشی از طریق: نشر کتب و نشریات
۸. انعکاس نظرات به واحدها و دستگاه‌های ذیربط با نظر هیأت رئیسه مجلس.

۳-۲-۳- وزارت نیرو

وزارت نیرو عهده‌دار مدیریت عرضه و تقاضای آب، برق، انرژی، خدمات آب و فاضلاب و همچنین ارتقای سطح آموزش، پژوهش و فناوری و بسترسازی توسعه بازار کالا و خدمات صنعت آب و برق می‌باشد و نقش محوری خود را به نحو مؤثر در صیانت از منابع ملی، حفظ محیط زیست، ارتقای بهداشت عمومی، رفاه اجتماعی و خود اتکایی برای توسعه پایدار کشور ایفا می‌کند.

وزارت نیرو با سیاست‌گذاری، برنامه‌ریزی، سازماندهی، هدایت، نظارت، تدوین ضوابط و مقررات و لویح مرتبط و ایجاد فضای مناسب برای حضور مؤثر بخش‌های غیردولتی و سایر نقش‌آفرینان، بخش‌های آب، برق و خدمات فاضلاب را در راستای تحقق چشم‌انداز کشور راهبری و با تحقق خدمات در سطح استانداردها و شاخص‌های ملی و بین‌المللی، حقوق و رضایت ذینفعان به ویژه مردم را تأمین می‌کند.

وزارت نیرو با بهره‌گیری از آخرین دستاوردهای علمی، پژوهشی و روش‌های پیشرفته مدیریت و همچنین توسعه فناوری‌های نوین سازگار با محیط زیست، علاوه بر توسعه و ارتقای بهره‌وری و کیفیت ارائه خدمات در سطح ملی، بازار صنعت آب و برق کشور را به سطح جهانی، به ویژه کشورهای منطقه گسترش می‌دهد. وزارت نیرو رشد پایدار بخش آب و برق کشور را با ایجاد تعادل بین منابع و مصارف، ارتقای بهره‌وری و مشارکت منابع انسانی به عنوان ارزشمندترین سرمایه محقق می‌سازد.

وزارت نیرو در بخش‌های برق و انرژی عمده‌دار سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی کلان انرژی و ایجاد تعادل بین عرضه و تقاضای برق و حفظ کیفیت آن در راستای توسعه پایدار و امنیت عرضه انرژی کشور می‌باشد. وزارت نیرو در این بخش با سیاست‌گذاری، برنامه‌ریزی، سازماندهی، هدایت، نظارت و تدوین ضوابط، مقررات و لویح مرتبط، بسترهای لازم را برای ایجاد هماهنگی بین نقش‌آفرینان، فعالیت بخش‌های خصوصی، تعاونی و عمومی را در تمامی عرصه‌ها فراهم نموده و با حمایت از بهینه‌سازی مصرف، رونق‌بخشی به فضای کسب و کار در عرصه ملی و فرا ملی بخش برق و انرژی، حقوق کلیه ذینفعان خود شامل آحاد جامعه، بخش‌های صنعت، کشاورزی، خدمات، دولت و نهادهای قانون‌گذار را رعایت می‌کند. وزارت نیرو در این بخش با ارتقا بهره‌وری و بهره‌گیری از فناوری‌های نوین، سازگار با محیط زیست و متناسب با زیرساخت‌های حال و آینده و توسعه مشارکت و بهره‌وری منابع انسانی متخصص و خلاق به عنوان ارزشمندترین دارایی، نقشی مؤثر در رفاه اجتماعی و تبادل برق با کشورهای منطقه ایفا نموده و در راستای کاهش شدت انرژی، افزایش خوداتکایی و توسعه کاربرد انرژی‌های تجدیدپذیر اقدام می‌کند.

۴-۲-۳- شورای عالی انقلاب فرهنگی

شورای عالی انقلاب فرهنگی وظیفه دارد در رأس فعالیت‌های خود به مدیریت فرهنگی جامعه در عرصه‌های مختلف بپردازد و با سیاست‌گذاری‌های اصولی خود زمینه را برای پیدایش جامعه‌ای بهره‌مند از حیات طیبه الهی فراهم سازد.

وظایف شورای عالی انقلاب فرهنگی:

- تدوین اصول سیاست فرهنگی نظام جمهوری اسلامی ایران و تعیین اهداف و خط‌مشی‌های آموزشی، پژوهشی،

فرهنگی و اجتماعی کشور

- بررسی الگوهای توسعه و تحلیل آثار و پیامدهای فرهنگی سیاست‌ها و برنامه‌های توسعه سیاسی، اقتصادی و اجتماعی کشور و ارائه پیشنهادهای اصلاحی به مراجع ذی‌ربط
- تبیین و تعیین شاخص‌های کمی و کیفی برای ارزیابی وضع فرهنگی کشور
- بررسی و ارزیابی وضع فرهنگ، آموزش و تحقیقات کشور
- تهیه و تدوین مبانی و شاخص‌های دانشگاه متناسب با نظام اسلامی و طراحی راه‌کارهای تحقق آن
- تعیین سیاست‌های نظام آموزشی و پرورشی و آموزش عالی کشور

شورای عالی انقلاب فرهنگی علاوه بر وظایف فوق با کمک و تلاش مستمر و فشرده نزدیک به هزار نفر از صاحب‌نظران دانشگاهی و حوزوی و مدیران عرصه‌های مختلف علم و فناوری کشور دست به تهیه و تدوین نقشه جامع علمی کشور زده است. در واقع نقشه جامع علمی کشور عبارتست از مجموعه‌ای جامع، هماهنگ و پویا از اهداف، سیاست‌ها، ساختارها و الزامات برنامه‌ریزی تحول راهبردی علم، فناوری و نوآوری مبتنی بر ارزش‌های اسلامی، ایرانی و آینده‌نگر برای دستیابی به اهداف چشم‌انداز بیست ساله کشور. در واقع هدف اصلی شورای عالی انقلاب فرهنگی کشور در حوزه انرژی‌های نو، الویت‌گذاری پژوهشی در زمینه این نوع انرژی‌ها در قالب نقشه جامع علمی کشور بوده است که فناوری انرژی زمین گرمایی نیز جزو اولویت‌های این نقشه بر شمرده شده است.

۵-۲-۳- شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری (عتف)

بر اساس ماده ۹۹ قانون برنامه سوم توسعه فرهنگی، اقتصادی و اجتماعی کشور، وزارت فرهنگ و آموزش عالی به وزارت علوم، تحقیقات و فناوری تغییر نام داده و مأموریت‌های جدی و جدیدی در حوزه پژوهش و فناوری به وزارت محول شده است. بر همین اساس قانون اهداف، وظایف و تشکیلات وزارت علوم، تحقیقات و فناوری در شهریورماه ۱۳۸۳ به تصویب مجلس شورای اسلامی رسیده است. بر اساس مواد ۳ و ۴ این قانون، تشکیل شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری با هدف ایجاد هماهنگی و یکپارچگی در سیاست‌گذاری کلان اجرایی در حوزه علوم، تحقیقات و فناوری پیش‌بینی شده است.

شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری در جهت ارتقای کیفیت سیاست‌گذاری در زمینه‌های مختلف علوم، تحقیقات و فناوری و راهبری توسعه فناوری‌های دارای اولویت ملی، اقدام به تشکیل کمیسیون‌های دوازده گانه نموده است. از مهمترین وظایف این کمیسیون‌ها می‌توان به اولویت بندی و پیشنهاد اجرای طرح‌های اجرائی بلندمدت سرمایه‌گذاری کلان در بخش‌های

آموزشی، پژوهشی و فناوری و همچنین بررسی و پیشنهاد منابع مالی مورد نیاز در حوزه‌های علوم، تحقیقات و فناوری اشاره کرد [۶].

وظایف شورای عالی علوم تحقیقات و فناوری به شرح زیر می‌باشد:

- اولویت‌بندی و انتخاب طرح‌های اجرائی بلندمدت سرمایه‌گذاری کلان در بخش‌های آموزشی و پژوهشی و فناوری

- بررسی و پیشنهاد منابع مالی مورد نیاز در حوزه‌های علوم، تحقیقات و فناوری

- مجلس شورای اسلامی در بند ۲۶ قانون بودجه سال ۱۳۸۸، کلیه دستگاه‌های اجرایی را مکلف به گزارش‌دهی از عملکرد بودجه‌های پژوهشی خود نموده و وزارت علوم، تحقیقات و فناوری نیز موظف است گزارشات مزبور را جمع‌بندی و به شکل جامعی به مجلس ارائه نماید.

در واقع با توجه به بند اول وظایف این شورا، می‌توان این شورا را جزء سیاست‌گذاران پژوهشی کشور قلمداد نمود که تأثیرات این سیاست‌گذاری در حوزه فناوری‌های تجدیدپذیر نیز باید مورد توجه قرار گیرد. هرچند که این وظیفه شورا با ستاد انرژی‌های نو و شورای عالی انقلاب فرهنگی تداخل دارد در هر صورت می‌بایست مورد توجه قرار گیرد.

۳-۲-۶- وزارت علوم تحقیقات و فناوری

بعد از پیروزی انقلاب اسلامی در اسفند ماه ۱۳۵۷ با تغییر در سازمان و تشکیلات، مجدداً دو وزارتخانه فرهنگ و هنر و علوم و آموزش عالی در یکدیگر ادغام شده و با نام وزارت فرهنگ و آموزش عالی به انجام امور پرداخت. به دنبال آن، طرح ادغام مؤسسات آموزش عالی به مورد اجرا گذاشته شد و به موجب آن ۵۳ دانشگاه، دانشکده و مؤسسه آموزش عالی در قالب ۴ مجتمع دانشگاهی فنی و مهندسی، ادبیات و علوم انسانی، علوم اداری و بازرگانی و هنر سازماندهی شدند.

حدود اختیارات و مأموریت‌های وزارت علوم

الف) در زمینه انسجام امور اجرایی و سیاست‌گذاری نظام علمی و امور تحقیقات و فناوری

- شناسایی مزیت‌های نسبی، قابلیت‌ها، استعدادها و نیازهای پژوهش و فناوری کشور بر مبنای آینده‌نگری و آینده-پژوهی و معرفی آن به واحدهای تولیدی، تحقیقاتی، دانشگاه‌ها و مراکز آموزشی و تحقیقاتی جهت بهره‌برداری
- بررسی اولویت‌های راهبردی تحقیقات و فناوری با همکاری یا پیشنهاد دستگاه‌های اجرایی ذی‌ربط و پیشنهاد به

شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری

- حمایت از توسعه تحقیقات بنیادی و پژوهش‌های مرتبط با فناوری‌های نوین بر اساس اولویت‌ها
 - برنامه‌ریزی برای تدارک منابع مالی و توسعه فناوری کشور و مشارکت در ایجاد، توسعه و تقویت فناوری ملی و حمایت از توسعه فناوری‌های بومی
 - اتخاذ تدابیر لازم به منظور افزایش کارایی و اثر بخشی تحقیقات کشور و توسعه تحقیقات کاربردی با همکاری دستگاه‌های ذی‌ربط.
 - اتخاذ تدابیر و تهیه پیشنهادهای لازم در خصوص انتقال فن‌آوری و دانش فنی و برنامه‌ریزی به منظور بومی کردن فن‌آوری‌های انتقال یافته به داخل کشور و ارائه آنها به شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری
 - ایجاد زمینه‌های مناسب برای عرضه فن‌آوری در داخل و خارج کشور و حمایت از صدور فن‌آوری‌های تولید شده در کشور و کمک به ایجاد انجمن‌ها و شرکت‌های غیر دولتی علمی، تحقیقاتی و فن‌آوری
 - اتخاذ راهکارهای مناسب برای کمک به توسعه پژوهش و فناوری در بخش‌های غیردولتی
- (ب) در زمینه اداره امور دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزش عالی تحت پوشش وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
- تعیین راهکارهای لازم و برنامه‌ریزی و حمایت از ایجاد و گسترش دانشگاه‌ها، مؤسسات آموزش عالی، مراکز تحقیقاتی و فناوری و دیگر مراکز فعالیت‌های علمی- پژوهشی همانند شهرک‌های تحقیقاتی، آزمایشگاه‌های ملی، موزه‌های علوم و فنون با استفاده از منابع دولتی و غیردولتی و مشارکت‌های مردمی متناسب با نیازها و ضرورت‌های کشور
 - برنامه ریزی اجرایی، آموزشی و تحقیقاتی متناسب با نیازها و تحولات علمی و فنی در جهان
 - نظارت بر فعالیت‌های دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزش عالی و تحقیقاتی کشور
- در مجموع این وزارتخانه هم نقش نظارت بر دانشگاه‌های کشور را بر عهده دارد که نقش مهمی در توسعه دانش انواع فن- آوری‌ها از جمله فناوری‌های انرژی‌های تجدیدپذیر است و این نقش مهم می‌بایست مورد توجه قرار گیرد و همچنین نقش سیاست‌گذاری نظام علمی و امور تحقیقات و فن‌آوری را برعهده دارد، هر چند با وظیفه شورای عالی انقلاب فرهنگی، شورای عتف و ستاد توسعه فناوری انرژی‌های نو تداخل دارد ولی در مجموع می‌بایست مورد توجه قرار گیرد.

تعدادی از بازیگران مانند وزارت نیرو که در گروه سیاست‌گذاران قرار دارند در دو گروه تنظیم‌گران و تسهیل‌گران نیز قرار می‌گیرند. در واقع این بازیگران به صورت مستقیم و همچنین غیرمستقیم و از طریق سازمان‌ها و نهادهای زیرمجموعه خود کارکردهای دیگری غیر از سیاست‌گذاری نیز دارند. لازم به توضیح است که یک سازمان یا نهاد نیز می‌تواند به دو صورت تنظیم‌گر و تسهیل‌گر ایفای نقش نماید. به منظور جلوگیری از تکرار مطالب، در ادامه از معرفی بازیگرانی که قبلاً معرفی شده‌اند اجتناب شده و در معرفی سازمان‌ها و نهادهای زیرمجموعه به روابط موجود بین سازمان اصلی و سازمان زیرمجموعه به صورت کامل پرداخته می‌شود.

۱-۳-۳- معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی)

به منظور پیشبرد اهداف و انجام وظایف معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور، کارگروه‌های تخصصی به شرح زیر وجود دارد [۴].

- کارگروه برنامه‌ریزی تحول اداری
- کارگروه زیربنایی و عمران
- کارگروه آب کشاورزی و منابع طبیعی
- کارگروه صنعت و معدن
- کارگروه بهینه‌سازی مصرف سوخت
- کارگروه شهرسازی و معماری
- کارگروه آمایش و محیط زیست
- کارگروه گردشگری و میراث فرهنگی
- کارگروه اشتغال و سرمایه‌گذاری
- کارگروه توسعه صادرات
- کارگروه پژوهش، آمار و فناوری اطلاعات
- کارگروه آموزش و پرورش
- کارگروه اجتماعی
- کارگروه بهداشت، درمان و تأمین اجتماعی
- کارگروه فرهنگ، هنر و تربیت بدنی

۳-۳-۲- شرکت توانیر

هدف از تشکیل شرکت توانیر ساماندهی فعالیت‌های تصدی دولت در زمینه بهره برداری و توسعه صنعت برق در چارچوب سیاست‌های وزارت نیرو، راهبری شرکت‌های زیرمجموعه، افزایش بازدهی و بهره‌وری و استفاده مطلوب از امکانات صنعت برق کشور و در صورت لزوم انجام برخی فعالیت‌های عملیاتی و همچنین کارگزاری وزارت نیرو برای انجام نظارت‌ها و تدوین برنامه‌ها می‌باشد.

فعالیت‌های شرکت توانیر، مدیریت سهام و سرمایه‌های شرکت در صنعت برق، انجام هرگونه فعالیت در راستای تأمین برق مطمئن و اقتصادی برای کلیه مصارف خانگی، عموم، صنعتی، کشاورزی، تجاری و غیره اعم از سرمایه گذاری، مدیریت و نظارت بر ایجاد و بهره‌برداری از تأسیسات و انجام کلیه معاملات مربوط به برق که برای تحقق اهداف شرکت لازم می‌باشد از طریق شرکت‌های زیرمجموعه و یا در صورت لزوم با تصویب مجمع عمومی توسط خود شرکت می‌باشد [۶].

موارد زیر از جمله وظایف شرکت توانیر می‌باشد:

۱. بررسی و تدوین پیشنهادهای لازم در زمینه راهبردها و سیاست‌ها و برنامه‌های بلندمدت و میان مدت صنعت برق و ارائه آن به وزارت نیرو
۲. اجرای سیاست‌ها، برنامه‌ها و مصوبات وزارت نیرو
۳. راهبری و پایش شبکه سراسری برق از طریق شرکت‌های زیرمجموعه و همچنین ایجاد سازوکارهای لازم برای توسعه رقابت در امر تولید، خرید و فروش برق از جمله ایجاد سیستم‌ها و انجام عملیات بازار و بورس برق
۴. تدوین و پیشنهاد تعرفه‌های برق به وزارت نیرو
۵. انجام عملیات لازم به منظور نظارت در نحوه استفاده از انرژی برق به نمایندگی از طرف وزارت نیرو و همچنین ترویج فرهنگ مدیریت مصرف به منظور بهینه سازی مصرف و کاهش مصارف غیرضروری
۶. بررسی، مطالعه و سایر اقدامات لازم برای توسعه فناوری، انتقال دانش فنی و اطلاع رسانی تأمین کالا و ساخت تجهیزات موردنیاز صنعت برق کشور
۷. حمایت از توسعه فعالیت‌های آموزشی و پژوهشی در زمینه‌های تخصصی مرتبط با صنعت برق و پشتیبانی از برنامه‌های تربیت متخصصان مورد نیاز صنعت برق کشور
۸. مدیریت و هماهنگی تجاری، فنی و برنامه‌ای بین شرکت‌های زیرمجموعه و هدایت و هماهنگی آنها در جهت سیاست‌های تعیین شده از طرف وزارت نیرو و دولت.

شرکت توانیر در جهت پیش برد اهداف و اجرای سیاست‌های کلان انرژی که توسط وزارت نیرو تعیین می‌گردد ابلاغیه‌هایی طرح و به سازمان انرژی‌های نو در زمینه نیروگاه‌های تجدیدپذیر و سازمان توسعه برق در زمینه نیروگاه‌های حرارتی ارائه می‌نماید. سپس این سازمان‌ها اقدامات مطالعاتی را بر روی این طرح‌ها انجام داده و جهت اجرایی کردن آنها از شرکت توانیر درخواست بودجه می‌نمایند. شرکت توانیر به طور سالانه به این طرح‌ها بودجه اختصاص می‌دهد که بخشی از این بودجه توسط بخش خصوصی و بخشی نیز به صورت دولتی تأمین می‌گردد.

۳-۳-۳- سازمان انرژی‌های نو ایران (سانا)

امروزه رشد مصرف انرژی در جوامع مدرن صنعتی علاوه بر خطر اتمام سریع منابع فسیلی، جهان را با تغییرات برگشت ناپذیر و تهدید آمیز زیست محیطی مواجه نموده است. لذا در برنامه‌ها و سیاست‌های بین المللی در راستای توسعه پایدار جهانی، نقش ویژه‌ای به منابع تجدیدپذیر انرژی محول شده است.

در کشور ما نیز در این راستا سازمان انرژی‌های نو ایران متعاقب سیاست‌گذاری‌های معاونت امور انرژی وزارت نیرو از سال ۱۳۷۴ عهده دار پرداختن به این مهم به منظور دستیابی به اطلاعات و فناوری‌های روز دنیا در خصوص استفاده از منابع انرژی‌های تجدیدپذیر، پتانسیل سنجی و اجرای پروژه‌های متعدد (خورشیدی، باد و زمین گرمایی، هیدروژن و بیوماس) بوده است. در اواخر سال ۱۳۷۸ حجم عملیات و تنوع انجام آنها باعث گردید که وزارت نیرو با استناد به ماده‌های ۱ و ۲ قانون تأسیس وزارت نیرو مصوب ۱۳۵۳ و همچنین تبصره ۲ ماده واحده قانون بودجه سال ۱۳۷۸ کل کشور پیشنهاد دولتی شدن شرکت سانا را به هیأت محترم وزیران بدهد تا جایگاه خالی سازمانی که در بدنه تشکیلات دولت به امر مهم توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر پردازد، مرتفع گردد.

در اواسط سال ۱۳۸۵ با تغییر ساختاری در وزارت نیرو و ایجاد معاونت برق و انرژی، عملاً دفتر انرژی‌های نو، حوزه ستادی وزارت نیرو در این سازمان گردید. همچنین از ابتدای سال ۱۳۸۶ تنها پروژه انرژی‌های تجدیدپذیر که در خارج از مجموعه سانا (پروژه نیروگاه بادی بینالود در شرکت توانیر) انجام می‌شد به سانا منتقل و در نهایت نقش‌آفرینی‌هایی که سایر بازیگران در این عرصه نظیر وزارت نفت و شرکت توانیر و حوزه ستادی وزارت نیرو عهده‌دار بودند به سانا منتقل شده و این سازمان تنها متولی امر توسعه انرژی‌های تجدید پذیر در کشور گردید [۷].

مأموریت سازمان انرژی‌های نو ایران (سانا) عبارت است از:

کمک به پایدارسازی و تنوع‌بخشی منابع انرژی، توسعه ظرفیت‌ها و کاهش هزینه‌های درازمدت نظام تولید انرژی و صیانت از محیط زیست و منابع انرژی تجدیدناپذیر کشور از طریق مدیریت منابع تجدیدپذیر انرژی و مدیریت گسترش تولید و مصرف انرژی‌های نوین در کشور با تمرکز بر حداکثرسازی مشارکت بخش خصوصی. برای رسیدن و تحقق مأموریت فوق باید فعالیت‌های زیر صورت گیرد:

- مشارکت فعال در تدوین طرح ملی انرژی و استراتژی انرژی‌های نو در کشور
- مشارکت فعال در ایجاد و مدیریت بازار تضمین شده برای تولیدکنندگان انرژی‌های نو در کشور
- تهیه اطلس و امکان‌سنجی منابع مختلف انرژی‌های نو در کشور
- شکل‌دهی و حمایت از روابط بین متخصصین و سازمان‌های فعال داخلی در زمینه انرژی‌های نو از یک طرف و متخصصین، سازمان‌ها و جوامع بین‌المللی از طرف دیگر
- شناسایی منابع بین‌المللی و تلاش در جهت جذب و تخصیص این منابع به فعالیت‌های تحقیقاتی و تولیدی انرژی‌های نو در کشور
- تدوین استراتژی‌های توسعه تکنولوژی در زمینه انرژی‌های نو و تعیین اولویت‌های تحقیقاتی در حوزه انرژی‌های نو به منظور حمایت از مراکز تحقیقاتی و تولیدی در جهت توسعه فن‌آوری‌های مربوطه
- ردیابی تحولات فن‌آوری در حوزه انرژی‌های نو و آگاه‌سازی مراکز تحقیقاتی و تولیدی کشور از دستاوردهای آن
- فراهم کردن بستر لازم برای انتقال، جذب و صدور فن‌آوری‌های مربوط به انرژی‌های نو و حمایت از بنگاه‌ها در استفاده و تجاری‌سازی آن‌ها
- مشارکت فعال در تدوین معیارها و قوانین برای حمایت از تولید و فعالیت‌های انرژی‌های نو
- فرهنگ‌سازی و تشویق جامعه به استفاده از انرژی‌های نو

وظایف سازمان انرژی‌های نو ایران (سانا) عبارتند از:

- توسعه فناوری با انجام تحقیقات، پژوهش و اجرای پروژه‌های پایلوت و توسعه زیر ساخت‌ها
- افزایش سهم مشارکت بخش غیر دولتی در تولیدات سبد برق کشور از طریق خرید تضمینی برق تجدیدپذیر
- توسعه و متنوع نمودن سبد انرژی برق کشور از طریق احداث نیروگاه‌های تجدیدپذیر توسط سانا

- سیاست پژوهی و انجام مطالعات مرتبط به منظور برنامه‌ریزی در خصوص چگونگی توسعه انرژی‌های نو برای ارائه به شرکت توانیر، وزارت نیرو، ستاد توسعه فن‌آوری‌های نو معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری
- آگاه‌سازی و ارتقا روابط بین‌الملل به منظور توسعه و ترویج کاربرد انرژی‌های تجدیدپذیر
- مشارکت فعال در تدوین طرح ملی انرژی و استراتژی انرژی‌های نو در کشور
- تهیه اطلس و امکان‌سنجی منابع مختلف انرژی‌های نو در کشور
- تدوین استراتژی‌های توسعه فن‌آوری در زمینه انرژی‌های نو و تعیین اولویت‌های تحقیقاتی در حوزه انرژی‌های نو به منظور حمایت از مراکز تحقیقاتی و تولیدی در جهت توسعه فن‌آوری‌های مربوطه

۳-۳-۴- سازمان حفاظت محیط زیست کشور

مهم‌ترین اهداف سازمان حفاظت محیط زیست به ترتیب اهمیت عبارتند از:

- تحقق اصل پنجاهم قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران به منظور حفاظت از محیط زیست و تضمین بهره‌مندی درست و مستمر از محیط زیست و همسو با توسعه پایدار
- پیش‌گیری و ممانعت از تخریب و آلودگی محیط زیست
- حفاظت از تنوع‌زیستی کشور

وظایف اساسی سازمان حفاظت محیط زیست

- مطالعه عوامل مخرب و آلاینده‌های مختلف محیط زیست
- به‌کارگیری فن‌آوری‌های سازگار با محیط زیست و ارائه دستورالعمل‌های زیست‌محیطی برای مکان‌یابی محل استقرار واحدهای صنعتی بزرگ، کشاورزی و سکونت‌گاه‌های انسانی
- شناسایی و تعیین زیستگاه‌های بحرانی با ارزش زیست‌بومی بالا
- گسترش همکاری‌های منطق‌های و بین‌المللی در زمینه محیط زیست
- تهیه و تدوین ضوابط و استانداردهای زیست‌محیطی برای مدیریت و بهره‌برداری از منابع آب، خاک، هوا، مدیریت پسماندها و زباله‌های شهری، روستایی، صنعتی و کشاورزی، کنترل دخالت در اکوسیستم‌ها بر حسب ظرفیت‌های طبیعی آنها
- گسترش آگاهی زیست‌محیطی
- اعمال نظارت و دخالت قانونی برای پیش‌گیری و منع ورود آلاینده‌ها به منابع زیست محیطی

فعالیت‌های در دست اجرای سازمان حفاظت محیط زیست در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر به شرح زیر می‌باشد:

- تدوین استانداردهای زیست محیطی برای فن‌آوری انرژی‌های تجدیدپذیر
- تأمین تجهیزات آزمایشگاهی جهت تست آلاینده‌های زیست محیطی و راه‌اندازی آزمایشگاه‌های مرتبط
- تدوین و تعیین میزان هزینه‌های زیست محیطی (ارزش‌گذاری اقتصادی آلاینده‌ها در بخش انرژی نو)
- تعیین ضرایب نشر آلاینده‌های زیست محیطی در بخش نیروگاه‌های تجدیدپذیر
- ارزیابی امکان سنجی و مکانیکی احداث نیروگاه‌های تجدیدپذیر
- انجام پروژه‌های CDM جهت کاهش نشر دی اکسید کربن و گازهای گلخانه‌ای

اصل پنجاهم قانون اساسی جمهوری اسلامی در رابطه با حفاظت محیط زیست به این شرح است که در جمهوری اسلامی حفاظت محیط زیست که نسل امروز و نسل‌های بعدی باید در آن حیات اجتماعی رو به رشدی داشته باشند، وظیفه‌ای عمومی تلقی می‌شود. از این رو فعالیت‌های اقتصادی و غیر آن که با آلودگی محیط زیست و یا تخریب غیر قابل جبران آن ملازمه پیدا کند، ممنوع است.

۵-۳-۳- سازمان منابع طبیعی

پس از تصویب قانون تأسیس وزارت منابع طبیعی در سال ۱۳۴۶، تشکیلات وزارت مزبور در اردیبهشت ماه ۱۳۴۷ به تصویب رسید. همچنین برابر ماده ۵ قانون تشکیل وزارت منابع طبیعی به دولت اجازه داده شد سازمان‌های دیگری را که در سایر تشکیلات دولت وجود دارند و وظایف آنها با وظایف وزارت منابع طبیعی مربوط می‌شود پس از تصویب کمیسیون‌های استخدام و دارائی مجلسین با بودجه و دارائی و کارکنان به وزارت منابع طبیعی واگذار نماید [۱۲].

هدف سازمان منابع طبیعی حفظ و حمایت، احیاء، توسعه و بهره‌برداری اصولی از جنگل‌ها، مراتع، اراضی جنگلی، بیشه‌های طبیعی، اراضی مستحده ساحلی، حفاظت و حمایت از آب و خاک کشور از طریق مدیریت علمی بر حوزه‌های آبخیز و رعایت اصول توسعه پایدار می‌باشد.

برخی از وظایف سازمان منابع طبیعی به شرح زیر می‌باشد:

- تدوین سیاست‌ها و راهبردهای بخش منابع طبیعی و آبخیزداری و تنظیم و اجرای برنامه‌های توسعه منابع طبیعی و آبخیزداری در چهارچوب سیاست‌های توسعه پایدار
- حفظ، حمایت، حراست و بهره‌برداری اصولی از جنگل‌ها، مراتع و بیابان‌ها و حوزه‌های آبخیز کشور

- تشخیص و تفکیک حریم قانونی اراضی ملی از مستثنیات اشخاص حقیقی و حقوقی و تثبیت حاکمیت دولت بر منابع ملی کشور

- مطالعه و برنامه‌ریزی مناسب جهت افزایش بهره‌وری در فعالیت‌های اجرایی

- مطالعه و برنامه‌ریزی جهت توسعه مدیریت و سرمایه انسانی سازمان به منظور ارتقاء بهره‌وری و اثربخشی

از آنجایی که احداث مزارع خورشیدی نیاز به اخذ زمین از مراتع کشور دارد، بهره‌برداران مزارع خورشیدی نیازمند اخذ مجوز از سازمان منابع طبیعی در این جهت هستند. لذا مهمترین نقش این سازمان در توسعه صنعت برق خورشیدی ارائه مجوز استفاده از مراتع برای بهره‌برداران جهت احداث مزارع خورشیدی است.

۳-۳-۶- ستاد توسعه فناوری انرژی‌های تجدیدپذیر

معاونت محترم علمی فناوری ریاست جمهوری اقدام به تشکیل ستادی به نام ستاد توسعه فناوری انرژی‌های نو نموده است تا کارهای پراکنده‌ای که در زمینه انرژی‌های نو در دانشگاه‌ها، سازمان‌ها و پژوهشگاه‌های وابسته به وزارت علوم، ستاد توسعه فناوری انرژی‌های نو، در تیر ماه ۱۳۸۷ با اهداف فعال کردن کلیه منابع موجود انسانی و مالی کشور، پرهیز از موازی کاری، شفاف سازی و ایجاد امکان نقد و ارزیابی فعالیت‌ها، تعیین ظرفیت‌های موجود در کشور و نهایتاً تجاری سازی نتایج حاصل از تحقیقات به عنوان مهمترین حلقه زنجیر نوآوری در زمینه انرژی‌های نو و تجدیدپذیر تأسیس شده است [۱].

از دیگر اهداف این ستاد، فعال کردن کلیه منابع موجود انسانی و مالی کشور، پرهیز از موازی کاری، شفاف‌سازی فعالیت‌های ستادهای مختلف و ایجاد امکان نقد و ارزیابی فعالیت‌ها، تعیین ظرفیت‌های موجود در کشور و نهایتاً تجاری سازی نتایج حاصل از تحقیقات به عنوان مهم‌ترین حلقه زنجیره در مسیر نوآوری در زمینه انرژی‌های نو می‌باشد. اعضای این ستاد را نمایندگانی از وزارت نیرو، وزارت نفت، وزارت صنایع و معادن، سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی و سازمان حفاظت محیط زیست تشکیل می‌دهند. ریاست ستاد بر عهده وزارت نیرو و به نمایندگی از وزارت نیرو، معاونت برق و انرژی عهده‌دار این مسئولیت می‌باشند. پژوهشگاه صنعت نفت به عنوان دبیرخانه ستاد انتخاب و ریاست پژوهشگاه صنعت نفت دبیر ستاد می‌باشند.

به منظور استفاده از نظرات کارشناسی صاحب‌نظران مختلف در بررسی طرح‌های تحقیقاتی، پیشنهاد سرفصل‌های پژوهشی، تدوین برنامه پژوهشی سالانه و دیگر موضوعات ارجاعی از سوی ستاد توسعه فن‌آوری انرژی‌های نو، هفت کمیته تخصصی انرژی آب، باد و امواج، پیل سوختی و هیدروژن، خورشیدی، زیست‌توده، زمین‌گرمایی و برنامه‌ریزی و سیاست-گزاری در آذر ماه ۱۳۸۷ تشکیل گردید.

وظایف اصلی کمیته‌های تخصصی عبارتست از:

- بررسی موضوعات و اظهارنظر در مورد طرح‌هایی که از طرف دبیرخانه ارسال می‌گردند،
 - ارائه پیشنهاد طرح‌های مورد نیاز جهت تدوین دانش‌های نوین و نیل به فن‌آوری‌های پیشرفته مورد نیاز کشور و در راستای سند ملی
 - پیشنهاد سرفصل‌های پژوهشی سالانه با توجه به نیازهای کشور
- با تصویب اعضا ستاد مقرر گردید هر یک از کمیته‌ها شامل هفت عضو باشند (۵ عضو حقوقی هر کدام یک نماینده، پژوهشگاه صنعت نفت و سانا هر کدام یک نماینده) و در صورت تصویب می‌توان از همکاری چند مشاور نیز در جلسات استفاده نمود.

۷-۳-۳- سازمان توسعه برق ایران

در آغاز رشد و توسعه نوین در صنعت برق و تلاش برای قطع وابستگی‌های صنعتی به ویژه صنعت برق، افزایش رشد مصرف و تلاش برای احداث تأسیسات جدید صنعت برق، برنامه ریزان این صنعت را برآن داشت تا از تفکر توسعه باز نمانند و با تغییر در ساختار سازمانی نسبت به تشکیل سازمان برق ایران در سال ۱۳۶۶، اقدام‌های گسترده‌ای را در جهت توسعه همه جانبه برق آغاز نمایند. طی ده سال تلاش و سازندگی در سال ۱۳۷۵ این سازمان به سازمان توسعه برق ایران تغییر نام یافت و با تغییرات اساسی در عملکرد و ساختار، به عنوان یکی از مدرنترین سازمان‌های اجرایی وزارت نیرو فعالیت‌های خود را با هدف اجرای طرح‌ها و پروژه‌های صنعت برق در زمینه احداث و توسعه نیروگاه‌ها، افزایش ظرفیت تولید برق، احداث و توسعه خطوط و پست‌های فشار قوی و شبکه‌های مرتبط با آن ادامه داد.

این سازمان از زمان تأسیس تا پایان نیمه نخست سال ۸۶، بیش از ۱۷ هزار مگاوات برق را در قالب بیش از ۳۰ نیروگاه گازی، سیکل ترکیبی و بخاری اجرا کرده و به مرحله بهره‌برداری رسانده است. همچنین در طی این مدت بیش از ۸۰ ایستگاه پست فشار قوی و نزدیک به ۳۰۰۰ کیلومتر خط انتقال نیرو توسط سازمان اجرا شده است [۱].

خط مشی سازمان توسعه برق ایران

- مطالعه و اجرای طرح‌های نیروگاهی در انواع گازی، بخاری، سیکل ترکیبی و تجدید پذیر (خورشیدی، بادی، آبی و...)
- به عنوان کارفرما یا مدیریت پروژه
- انتقال دانش فنی و توسعه ساخت داخل طرح‌ها
- کاهش قیمت تمام شده و اقتصادی نمودن طرح‌ها از طریق روش‌هایی نظیر مهندسی ارزش

- افزایش راندمان طرح‌های نیروگاهی در طرح‌های آینده
- ایجاد فضای رقابتی بیشتر جهت کارهای مشاوره و پیمانکاری و شرکت در مناقصه‌ها و عقد قراردادهای بهره‌گیری از روش‌های نوین تأمین مالی طرح‌ها توسط سرمایه‌گذاری بخش خصوصی
- ارتقاء سطح مدیریت کارفرمایی
- جذب و به کارگیری مشاورین خیره در زمینه‌های مختلف
- توجه کامل به مسائل زیست محیطی، اثرات اجتماعی و فرهنگی در طراحی و اجرای طرح‌ها
- ارائه پیشنهادها به شورای انرژی کشور و همکاری در جهت سیاست‌گذاری نوع نیروگاه‌ها در افق آینده

۸-۳-۳- مرکز همکاری‌های فناوری و نوآوری ریاست جمهوری

معاونت پژوهش و برنامه‌ریزی دفتر همکاری‌های فناوری ریاست جمهوری در سال ۱۳۷۷ جهت پاسخگویی به نیازهای دفتر در شش بخش پژوهش، برنامه‌ریزی و نظارت، حقوقی و قراردادها، ارزیابی فن‌آوری، اطلاع‌رسانی داخلی و آموزش کارکنان ایجاد گردید. وظایف و برنامه‌های این معاونت در بخش‌های مختلف به شرح زیر می‌باشد:

الف) پژوهش

مطالعه در زمینه سیاست‌ها و برنامه‌های توسعه کشورهای موفق، مطالعه و پژوهش در زمینه عوامل مؤثر در توسعه و پیشرفت کشور، کمک به فرهنگ‌سازی در عرصه فن‌آوری، مطالعه و پژوهش در مبانی فن‌آوری، تدوین مفاهیم و روش‌های مناسب انتقال فن‌آوری، مطالعه وضع موجود فن‌آوری‌های کشور، پیش‌بینی روند توسعه فن‌آوری‌های داخل کشور و سایر کشورهای، بالاخص در زمینه فن‌آوری‌های مورد نیاز کشور، کمک به تشکیل و راه‌اندازی کانون‌های تحلیلی‌گری و ایجاد ارتباط با مجموعه‌های فکری موجود در داخل و خارج از کشور، ایجاد ارتباط بین محققین و تحلیلگران در عرصه فن‌آوری [۱۸].

ب) ارزیابی تکنولوژی

به‌کارگیری ابزارهای مدیریت فن‌آوری و روش‌های مهندسی صنایع جهت بررسی و ارزیابی طرح‌های فناورانه و فن‌آوری‌های منتخب از نظر میزان تناسب با نیازهای مشخص شده، ارزیابی میزان موفقیت در جذب فن‌آوری‌ها و رسیدن به اهداف فناورانه و مطالعه امکان‌سنجی فنی - اقتصادی پروژه‌ها.

وظایف و فعالیت‌های مرکز همکاری‌های فناوری و نوآوری ریاست جمهوری

- تسهیل و کمک به انجام پروژه‌های مشترک با سوره‌های خارجی
- ارتباط با ایرانیان مقیم خارج از کشور و تبادل اطلاعات در زمینه فن‌آوری‌های نوین

- این دفتر در حوزه‌های مختلف فناورانه فعالیت دارد که یکی از آنها حوزه گروه انرژی‌های تجدیدپذیر می‌باشد.
- در رده سیاست‌گذاری نیز عضو کمیته راهبری پیل سوختی و عضو شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری (عتف) می‌باشد.

۳-۴- ارائه‌دهندگان خدمات

در حالت کلی، ارائه‌دهندگان خدمات در هر عرصه از فعالیت‌ها، شرکت‌ها یا موسساتی هستند که خدماتی را به طور مستقیم به صنایع ارائه می‌دهند. البته انجمن‌ها و سایر مؤسسات که با هدف کمک به رونق یک صنعت نیز شکل می‌گیرند در جرگه ارائه‌دهندگان خدمات هستند. با توجه به این تعریف و با دقت در وظایف و خدمات سازمان توسعه برق ایران (که در بخش قبل به تفصیل توضیح داده شد)، این سازمان را می‌توان یکی از ارائه‌دهندگان خدمت در حوزه انرژی زمین گرمایی به حساب آورد.

۳-۵- مراکز پژوهشی

مراکز پژوهشی یکی از مهم‌ترین بازیگران در حوزه مطالعات راهبردی در جهت توسعه به‌کارگیری انرژی‌های نو محسوب می‌شوند که از تنوع خوبی در موضوع‌های مورد مطالعه در حوزه‌های فن‌آوری، اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی برخوردار هستند.

همچنین، اکثر مطالعات راهبردی ماحصل مطالعات و پایان‌نامه‌های مقاطع کارشناسی ارشد و دکتری مراکز دانشگاهی است که به‌ویژه در سالیان اخیر شاهد رشد کمی و کیفی این مراکز در پرداختن به مطالعاتی در جهت شناسایی و توسعه به‌کارگیری از انرژی‌های تجدیدپذیر هستیم.

در ادامه به معرفی مهم‌ترین سازمان‌های پژوهشی و مراکز دانشگاهی مرتبط با انرژی‌های تجدیدپذیر و به ویژه انرژی زمین گرمایی می‌پردازیم.

۳-۵-۱- سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران

هدف اصلی سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران، حمایت از ایجاد فناوری (تحقیق و توسعه) در سطح ملی خواهد بود و برای این منظور می‌کوشد تا از طریق اعمال حمایت‌ها، ارائه تسهیلات (علمی، فنی، مالی، حقوقی، اداری و فرهنگی)، فراهم آوردن ترتیبات لازم برای تعامل بهره‌ور و مؤثر عرضه، تقاضای فناوری زمینه‌های رشد خلاقیت و نوآوری، به کارگیری نتایج تحقیقات و تجاری کردن فن‌آوری‌های حاصل از تحقیق و توسعه را در یک فضای رقابتی فراهم آورد [۱۴].

۲-۵-۳- پژوهشگاه نیرو

به منظور تحقق بخشی از وظایف پژوهشی وزارت نیرو و نیز ارتقاء کیفی امور آن وزارتخانه پژوهشگاه نیرو وابسته به وزارت نیرو تأسیس گردید. در ابتدا مجوز تأسیس سه پژوهشکده برق، تولید نیرو و انتقال و توزیع نیرو صادر شد و پژوهشگاه رسماً کار خود را از سال ۱۳۷۶ آغاز نمود. در سال ۱۳۷۷ مجوز تأسیس دو پژوهشکده انرژی و محیط زیست و کنترل و مدیریت شبکه نیز اخذ شد. پژوهشگاه نیرو علاوه بر پروژه‌های داخلی، در چندین پروژه بین‌المللی با مشارکت کشورهای پیشرفته صنعتی نیز حضور داشته و سعی دارد حضور خود را در این قبیل پروژه‌ها توسعه دهد [۱۵].

اهداف پژوهشگاه نیرو:

- کمک به حل مسائل و مشکلات و تنگناهای کشور در زمینه‌های مرتبط با وظایف وزارت نیرو
- همکاری با مراکز آموزش عالی، مؤسسات پژوهشی و سازمان‌های اجرایی در زمینه‌های پژوهشی
- توسعه دانش و فن‌آوری مرتبط با تخصص‌های موجود در وزارت نیرو
- انتقال تجارب سایر کشورها در زمینه فن‌آوری و دستیابی به دانش فنی با هدف خودکفایی در ارتباط با وظایف و نیازهای وزارت نیرو
- انتشار انواع کتب علمی و نتایج تحقیقات و استفاده از فن‌آوری ارتباطات با ایجاد شبکه‌های وسیع کامپیوتری به منظور دستیابی به آخرین اطلاعات فنی در جهان

فعالیت‌های پژوهشگاه نیرو:

- انجام طرح‌های پژوهشی بنیادی، کاربردی و توسعه‌ای با هدف دستیابی به دانش فنی و مورد نیاز وزارت نیرو در داخل کشور با توجه به اصل توسعه پایدار
- بررسی و شناسایی نیازهای گوناگون برنامه‌های تحقیقاتی موردنظر در زمینه‌های مختلف علمی تحقیقاتی و بهره‌گیری مطلوب از امکانات در جهت برنامه‌ریزی طرح‌های تحقیقاتی مرتبط و متناسب با نیازهای وزارت نیرو
- انجام فعالیت‌های ضروری در جهت به کارگیری نتایج تحقیقات
- فراهم آوردن امکانات لازم و متناسب با برنامه‌ها و طرح‌های تحقیقاتی مربوط
- بررسی و شناسایی و رفع نیازهای تحقیقاتی مورد نیاز وزارت نیرو

- ایجاد ارتباط فعال و سازنده با سایر مؤسسات و جوامع علمی و پژوهشی در داخل و خارج کشور از طریق برگزاری گردهمایی‌های علمی، مبادله محقق و یا اجرای پروژه‌های تحقیقاتی مشترک جهت دستیابی هرچه بیشتر به علوم و فن‌آوری جدید در زمینه‌های مرتبط با اهداف و سیاست‌های پژوهشگاه
- ایجاد ارتباط مطلوب با نیروهای متخصص و مبتکر در مراکز علمی و پژوهشی کشور و فراهم نمودن امکانات لازم برای آنها در جهت یاری رساندن به اهداف پژوهشگاه
- بهره‌گیری از آخرین نتایج تحقیقات و پیشرفت‌های علمی به منظور توسعه علمی، اقتصادی و اجتماعی در جهت توسعه اهداف برنامه‌های تحقیقاتی پژوهشگاه
- مطالعه و تحقیق در مورد ساخت و تأمین نیازهای بنیادی و فنی انواع نیروگاه‌ها، پست‌ها، خطوط
- انتقال نیرو و سایر مسائل مرتبط با وزارت نیرو و کارخانجات وابسته به آن

۳-۵-۲-۱- پژوهشکده انرژی و محیط زیست پژوهشگاه نیرو

پایان پذیری منابع انرژی فسیلی کشور از یک سو و وابستگی رشد و توسعه اقتصادی و اجتماعی کشور به درآمد حاصل از صادرات این منابع، در کنار اثرات بسیار مخرب مصرف سوخت‌های فسیلی روی محیط زیست، اهمیت صیانت از منابع انرژی اولیه کشور و بهره‌برداری بهینه از آنها را دو چندان نموده است. این امر انجام تحقیقات کاربردی در محورهای زیر را اجتناب ناپذیر می‌نماید:

- بهینه‌سازی مصرف و استفاده منطقی از انرژی
- بهره‌گیری از انرژی‌های نو و تجدیدپذیر با توجه به پتانسیل بالقوه بسیار مناسب آنها در کشور
- کنترل آلاینده‌های آب، هوا و خاک با هدف استفاده مجدد از دورریزها به منظور صرفه جویی در مصرف انرژی و مواد
- پژوهشکده انرژی و محیط زیست پژوهشگاه نیرو در راستای فعال نمودن محورهای تحقیقاتی فوق الذکر از طریق انجام پروژه‌های تحقیقاتی - کاربردی فعالیت خود را برنامه‌ریزی نموده است. به این منظور چهار گروه پژوهشی به شرح زیر در این پژوهشکده تجهیز شده است:

- گروه انرژی و مدیریت مصرف
- گروه انرژی‌های نو
- گروه محیط زیست
- گروه اقتصاد و مدیریت برق

۳-۵-۲-۲- گروه پژوهشی انرژی‌های نو

فعالیت اولیه گروه انرژی‌های نو از سال ۱۳۷۰ در بخش مکانیک مرکز تحقیقات نیرو (متن) شروع شده است و از سال ۱۳۷۷، گروه انرژی‌های نو به عنوان یک بخش از پژوهشکده انرژی و محیط زیست سازماندهی شد و پروژه‌های متعدد پژوهشی و اجرایی توسط این گروه انجام گرفته و یا در حال تکمیل می‌باشد. موضوعات پژوهشی انجام شده توسط گروه انرژی‌های نو عبارتند از:

۱. تحقیق و توسعه بر روی سیستم‌های تبدیل انرژی‌های تجدید پذیر

- انرژی باد
- انرژی خورشید
- انرژی زیست توده
- انرژی زمین گرمایی
- انرژی نیروگاه‌های آبی
- انرژی اقیانوسی

سیستم‌های انرژی‌های نو توسط فن‌آوری‌های زیر می‌توانند تکمیل شوند:

- توربین‌های انبساطی
- سیستم‌های پیل سوختی
- نیروگاه‌های زباله سوز
- سیستم‌های MHD

۳-۵-۳- مرکز توسعه فناوری نیرو

شرکت متن در سال ۱۳۶۲ شروع به فعالیت نمود. تا سال ۱۳۷۸ تحت عنوان مرکز تحقیقات نیرو (متن) عهده دار ارائه خدمات پژوهشی صنعت برق کشور بود و بعد از آن فعالیت‌های خود را در زمینه ارائه خدمات مشاوره مهندسی و مدیریت توسعه داد. در این مرکز تاکنون افزون بر ۷۰۰ پروژه مطالعاتی، تحقیقاتی و مشاوره‌ای با موفقیت به پایان رسیده است. مرکز توسعه فناوری نیرو (متن) علاوه بر فعالیت در زمینه‌های مختلف جهت انجام پروژه‌های مورد نیاز صنعت برق و انرژی، عهده دار اداره تعدادی دبیرخانه شامل شورای تخصصی فناوری مجمع تشخیص مصلحت نظام، شورای تحقیقات برق وزارت نیرو، فناوری و توسعه

ساخت داخل، شورای مهندسين مشاور صنعت برق، حمايت از انجمن‌ها و مراکز علمي و تحقيقاتي، هم‌ايش بين‌المللي برق، هم‌ايش ملي مديريت فن‌آوري، هم‌ايش كيفيت و بهره‌وري، هم‌ايش ملي انرژي و انجمن آينده نگري ايران مي‌باشد [۱۶].

فعاليت‌هاي مرکز توسعه فن‌آوري نبرو در زمينه انرژي تجديدي‌پذير عبارتند از:

- مديريت طرح يکپارچه سازي واحدهاي مختلف پروژه احداث پيلوت‌هاي انرژي سازگار با محيط زيست
- احداث سايت انرژي‌هاي نو طالقان

۴-۵-۳- پژوهشگاه مواد و انرژي

اين پژوهشگاه هم اکنون با توجه به اهداف برنامه‌هاي توسعه اقتصادي و اجتماعي کشور، همکاري گسترده‌اي با دانشگاه‌ها، مراکز تحقيقاتي، صنايع، مؤسسات اجرايي بخش دولتي و بخش خصوصي برقرار کرده است. پژوهشگاه، هم‌اکنون دارای سه پژوهشکده سراميك، نيمه هادي‌ها و انرژي مي‌باشد که در نه گروه تخصصي به فعاليت‌هاي تحقيقاتي در زمينه‌هاي مرتبط با مواد و انرژي مي‌پردازند. دو پژوهشکده جديد مواد نو و فلزات گرانبها و پيشرفته نيز عملاً فعاليت‌هاي علمي و تحقيقاتي خود را آغاز کرده اند.

سرلوحه اهداف پژوهشگاه، گسترش علوم و فن‌آوري در زمينه‌هاي بنيادي، کاربردي و توسعه‌اي است که از طريق اجراي پروژه‌هاي مربوط تحقق مي‌يابد. علاوه بر اين، پژوهشگاه، آموزش بخشي از کادر پژوهشي مورد نياز کشور را از طريق تاسيس و توسعه دوره‌هاي تحصيلات تکميلي در سطوح دکترا (مهندسي مواد) و کارشناسي ارشد (سراميك، نانو مواد و تبديل و ذخيره انرژي) و نيز آموزش‌هاي کوتاه مدت تخصصي داخلي و خارجي براي انتقال تجربه‌هاي فني به عهده دارد.

اينک پژوهشگاه مواد و انرژي با پشتوانه چند دهه تجربه تحقيقاتي و با برخورداري از تخصص‌هاي حدود ۴۵ نفر عضو هيأت علمي، ۴۵ نفر کارشناس و تکنيسين پژوهشي و نيز تجهيزات پيشرفته و بعضاً منحصر به فرد در ايران، نقش مهمي در توسعه و بهبود كيفيت صنعت نوپاي کشور به عهده دارد. بدون شک يکي از عوامل بسيار مهم در رشد سريع صنعت و فن‌آوري طی ساليان اخير در ايران که در مواردی امکان رقابت‌هاي جهاني را فراهم ساخته است، به دليل همکاري نزديک مراکز تحقيقاتي نظير اين پژوهشگاه با بخش‌هاي توليدي و خدماتي بوده است [۱۷].

مهمترين پژوهشکده اين پژوهشگاه که مستقيماً در حوزه انرژي‌هاي تجديدي‌پذير فعاليت دارد، پژوهشکده انرژي است که در ادامه به فعاليت‌هاي اين پژوهشکده اشاره مي‌گردد.

۱-۴-۵-۳- پژوهشکده انرژي پژوهشگاه مواد و انرژي

اساس فعالیت‌های پژوهشگرانه انرژی روی تحقیقات در زمینه منابع انرژی‌های نو و آلاینده‌های محیط زیست متمرکز شده است. در این پژوهشگرانه طرح‌های متعدد تحقیقاتی به منظور بهینه‌سازی مصرف انرژی و جایگزین نمودن منابع انرژی تجدید پذیر (انرژی خورشیدی و باد و ...) به جای منابع سوخت‌های فسیلی و مطالعات مرتبط با محیط زیست در دست اجرا می‌باشد. زیر مجموعه‌های تحقیقاتی پژوهشگرانه انرژی عبارتند از:

- گروه انرژی خورشیدی
- گروه تبدیل و ذخیره انرژی
- گروه محیط زیست

در گروه انرژی خورشیدی تحقیقات پیرامون کاربری انرژی خورشیدی در زمینه تبدیل گرمایی انرژی خورشیدی در شاخه دمای پایین (گرمایش و سرمایش) تبدیل گرمایی دما بالا (نیروگاه‌های خورشیدی) و تبدیل الکتروشیمیایی (پیل سوختی) انجام می‌شود.

در گروه تبدیل و ذخیره انرژی تحقیقات بر روی روش‌ها، کارایی و بهینه‌سازی تبدیل انواع انرژی، ذخیره‌سازی و فن‌آوری‌های مربوط به آن صورت می‌گیرد.

در گروه محیط زیست آلودگی‌های ناشی از مواد زائد در محیط زیست و تبدیل این مواد به منابع تولید انرژی مورد بررسی قرار می‌گیرد. همچنین فعالیت‌های تحقیقاتی در زمینه آلاینده‌های محیط زیست و روش‌های کاهش آنها در اتمسفر و آب انجام می‌پذیرد. پژوهشگران این گروه قادرند انواع ترکیبات شیمیایی و مواد آلاینده را شناسایی و به طور کمی و کیفی اندازه گیری نمایند.

فعالیت‌های پژوهشگرانه مواد و انرژی در زمینه انرژی تجدیدپذیر عبارتند از:

- ساخت پیل سوختی اکسید جامد
- در زمینه انرژی خورشیدی
 ۱. سیستم‌های تبرید خورشیدی
 ۲. نانوسیالات در کاربردهای حرارتی خورشیدی
 ۳. ساخت پیل سوختی خورشیدی فعال شده با رنگ با استفاده از نانو پودر دی اکسید تیتانیوم
- در زمینه انرژی بادی
 ۱. ساخت و مدل سازی توربین سه پره

۲. ساخت توربین‌های دو کیلووات خانگی و خانگی و بومی‌سازی فن‌آوری آن

۳. ساخت ژنراتور و پره

۵-۳-۵- پژوهشکده انرژی و محیط زیست

دانشگاه شهید باهنر کرمان به عنوان دانشگاه مادر در جنوب شرق کشور با پژوهشگران شاخص و توانمندی‌ها و ظرفیت‌های بارز پژوهشی در زمینه‌های مختلف علمی به ویژه گرایش‌های بین رشته‌ای مانند انرژی و محیط زیست بر اساس نیاز استانی، منطقه‌ای و ملی از اوایل سال ۱۳۸۱ با ساماندهی و شکل‌گیری سه گروه پژوهشی زیر فعالیت خود را شروع نموده است.

- انرژی‌های تجدیدناپذیر (نفت، گاز، زغال سنگ و ...)

- انرژی‌های تجدیدپذیر (خورشیدی، بیل سوختی، باد و ...)

- حفاظت و مهندسی محیط زیست

شرایط فیزیکی و تجهیزاتی مناسبی برای توسعه فعالیت‌های پژوهشی گروه‌های سه‌گانه و تأسیس رسمی پژوهشکده انرژی و محیط زیست فراهم شده و با اخذ مجوز به عنوان اولین پژوهشکده در جنوب شرق رسماً در آبان ماه سال ۱۳۸۶ تأسیس و شروع به کار نمود.

تمرکز ظرفیت‌های پژوهشی سه گروه در پژوهشکده انرژی و محیط زیست و هماهنگی امور پژوهش‌های اجرایی مرتبط با موضوعات ذکر شده باعث ارتباط با واحدهای صنعتی، مراکز تحقیقاتی و دستگاه توسعه و ارتقای کیفی و کمی و همچنین تقویت جایگاه علمی دانشگاه و کشور خواهد شد.

از فعالیت انجام شده در پژوهشکده انرژی و محیط زیست در زمینه انرژی تجدیدپذیر میتوان به تحقیقات در حوزه هیدروژن و بیل سوختی اشاره نمود [۱۸].

۶-۵-۳- مؤسسه پژوهش در مدیریت و برنامه‌ریزی انرژی

مؤسسه پژوهش در مدیریت و برنامه‌ریزی انرژی با هدف کلی توسعه فعالیت‌های پژوهشی و آموزشی در زمینه‌های مختلف برنامه‌ریزی و مدیریت سیستم انرژی در سطح پیشرفته جهانی با بهره‌گیری از توانایی‌های دانشگاه تهران و امکانات وزارت نیرو تأسیس می‌گردد. مؤسسه پژوهش در مدیریت و برنامه‌ریزی انرژی وابسته به دانشکده فنی دانشگاه تهران می‌باشد و با مساعدت وزارت نیرو تشکیل گردیده است. مرکز فعالیت این مؤسسه در تهران است. مؤسسه دارای یک بخش معاونت آموزشی و پژوهشی می‌باشد که امور آموزش جذب هیأت علمی و برگزاری دوره‌های آموزشی را عهده‌دار است [۱۹].

همچنین مؤسسه از ۴ بخش پژوهشی مستمر تشکیل شده که عبارتند از:

- بخش فن‌آوری انرژی
- بخش مطالعات استراتژیک انرژی
- بخش عرضه و تقاضای انرژی
- بخش مدل‌سازی انرژی

در کنار این بخش‌ها بخش پژوهش‌های موردی نیز وجود دارد که به صورت مستمر نبوده و بر حسب نیاز نیروهایی جهت تحقیق درباره یک موضوع به خصوص با مؤسسه همکاری می‌نمایند. بخش شورای علمی مؤسسه که وظیفه اصلی آن مشاوره علمی به ریاست مؤسسه است نیز در کنار مدیریت پشتیبانی و ارتباطات از دیگر بخش‌های مؤسسه می‌باشند.

اهداف مؤسسه پژوهش در مدیریت و برنامه‌ریزی انرژی عبارتند از:

- تأمین تخصص‌های لازم برای برنامه‌ریزی و مدیریت سیستم‌های انرژی کشور
- گسترش مرزهای دانش و توسعه فناوری پیشرفته در زمینه‌های مختلف برنامه‌ریزی و مدیریت
- سیستم‌های انرژی ارتقا و تحکیم موقعیت علمی و فناوری کشور در زمینه‌های فوق در سطح جهانی
- تأمین نیازهای پژوهشی و مطالعاتی مؤسسات دولتی و خصوصی در حوزه برنامه‌ریزی انرژی
- وظایف مؤسسه پژوهش در مدیریت و برنامه‌ریزی انرژی انجام پژوهش‌های علمی بین رشته‌ای فنی، اقتصادی، اجتماعی

- تدوین برنامه‌های آموزشی و برگزاری دوره‌های کارشناسی ارشد و دکتری
- ایجاد ارتباطات علمی با مؤسسات دانشگاهی و پژوهشی جهان
- برگزاری گردهمایی‌های ملی و بین‌المللی
- برگزاری دوره‌های پیشرفته تخصصی و کارگاه‌های آموزشی
- ارائه خدمات مشاوره‌ای و انجام فعالیت‌های مرتبط با اهداف مؤسسه به منظور تأمین بخشی از منابع مالی مورد نیاز
- انتشار مدارک، گزارشات، کتب و نشریات تخصصی
- تجهیز مؤسسه و تربیت نیروی انسانی متخصص جهت تأمین هیئت علمی

راهبردهای پژوهشی این مؤسسه عبارتند از:

- انجام پروژه‌های تحقیقاتی مورد نیاز صنعت انرژی در زمینه‌های اصلاح مقررات گذاری؛ اصلاح نظام تعرفه، یارانه و قیمت‌گذاری انرژی، تجدید ساختار بخش انرژی
 - توسعه مدل‌سازی و بانک اطلاعاتی بخش انرژی از طریق روش‌های مناسب از قبیل:
 ۱. طراحی و توسعه مدل‌های مناسب به منظور تحلیل سیاست‌های انرژی و محیط زیست
 ۲. طراحی و توسعه مدل‌های مناسب به منظور پیش‌بینی ساختاری انرژی
 ۳. توسعه و به کارگیری نرم‌افزارهای بهینه‌سازی تولید و مصرف انرژی
 ۴. مطالعه ابعاد امنیتی و استراتژیک بخش انرژی
 ۵. طراحی سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS به منظور مدیریت بهینه منابع فسیلی و تجدیدپذیر کشور
 ۶. به کارگیری تکنیک‌های GIS جهت تحلیل متغیرهای اجتماعی، اقتصادی، زیست محیطی با تأکید بر نقش منابع فسیلی و تجدیدپذیر
 ۷. ایجاد بانک اطلاعات انرژی، اقتصاد، محیط زیست
 - انجام مطالعات به منظور توسعه سیاست‌های مصرف بهینه انرژی در بخش‌های مختلف اقتصادی، اجتماعی
 - تحلیل و مدل‌سازی بازار جهانی و منطقه‌ای انرژی و به ویژه مطالعه عرضه و تقاضای جهانی انرژی و تحولات مهم در بازارهای انرژی، تحلیل قیمت‌های جهانی انرژی، سیاست‌ها و استراتژی‌های انرژی کشورهای مصرف‌کننده انرژی، و تحلیل ابعاد امنیتی و ژئوپولیتیک انرژی
- راهبردهای فن‌آوری انرژی این مؤسسه به شرح زیر است:
- شناسایی فن‌آوری‌های موجود در بخش انرژی
 - بومی‌سازی و انتقال فن‌آوری انرژی
 - برنامه‌ریزی توسعه و به کارگیری فن‌آوری‌های نو
 - بررسی فرآیند نوآوری در فن‌آوری انرژی
 - مطالعات مسائل فن‌آوری انرژی از بعد فرهنگی، اجتماعی، اقتصادی و سیاسی
- راهبردهای آموزشی این مؤسسه نیز به شرح زیر است:
- ارائه آموزش‌های کوتاه مدت در زمینه فعالیت‌های مؤسسه به صنایع و سازمان‌های مختلف
 - تهیه و تدوین گرایش‌ها و رشته‌های مورد نیاز با همکاری گروه‌های آموزشی مرتبط و پی‌گیری اخذ مجوز

- راه‌اندازی دوره‌های چند جانبه با مشارکت دانشگاه‌های خارج از کشور، مؤسسه و صنایع داخلی
- مدیریت دوره‌های آموزشی مصوب مورد نیاز در قالب ۲+۲
- برگزاری سمینارهای علمی - تخصصی و کارگاه‌های آموزشی در سطح ملی و بین‌المللی

۷-۵-۳- مؤسسه مطالعات بین‌المللی انرژی

مؤسسه مطالعات بین‌المللی انرژی در سال ۱۳۷۰ تأسیس و در سال ۱۳۷۵ موفق به اخذ مجوز پژوهشکده مطالعات بین‌المللی انرژی از وزارت علوم، تحقیقات و فن‌آوری گردید. این مؤسسه به وزارت نفت جمهوری اسلامی ایران وابسته است. مؤسسه مطالعات بین‌المللی انرژی به عنوان یک مرکز تحقیقاتی و اتاق فکر از زمان تأسیس تاکنون، توانسته است به جایگاه مناسب خود در سطح بین‌المللی و داخلی دست پیدا کند [۲۰].

حوزه فعالیت مؤسسه مطالعات بین‌المللی انرژی به شرح زیر می‌باشد:

- بررسی و تحلیل روند عرضه و تقاضای انرژی در ایران و جهان و پیش‌بینی روندها
- بررسی و تحلیل تحولات بازارهای بین‌المللی انرژی
- مطالعات تأمین مالی در بازارهای بین‌المللی انرژی
- مطالعه ساختار شرکت‌های ملی نفت و شرکت‌های بین‌المللی
- بررسی سیاست‌های راهبردی در درون اوپک
- مطالعه موضوعات زیست‌محیطی در چارچوب مسائل انرژی و کنوانسیون‌های مرتبط بین‌المللی
- بررسی خط مشی، سیاست‌ها و راهبردهای انرژی در سطح کشورها، سازمان‌ها و شرکت‌ها در کشورهای تولیدکننده و مصرف‌کننده
- بررسی روابط سیاسی و ترتیبات منطقه‌ای و بین‌المللی در زمینه انرژی
- شناخت چالش‌های فراروی جهان انرژی و راه‌حل‌یابی
- مطالعه فن‌آوری در حوزه انرژی
- توسعه مهندسی ارزش در طرح‌ها و پروژه‌های اجرایی
- ارائه خدمات مشاوره به مدیران عامل شرکت‌های فعال در بخش انرژی
- آموزش و ارتقای متخصصان صنعت نفت و گاز
- تعامل با مراکز علمی - پژوهشی در داخل و خارج برای انجام پروژه‌های مشترک

- برگزاری همایش‌ها و سخنرانی‌های تخصصی در زمینه انرژی در سطوح ملی و بین‌المللی
 - برگزاری دوره‌های فوق لیسانس و تأمین مالی پروژه‌های فوق لیسانس و دکتری در زمینه انرژی
 - تهیه بانک‌های اطلاعاتی در زمینه انرژی
- مطالعات پژوهشی مؤسسه مطالعات بین‌المللی انرژی که مرتبط با انرژی‌های نو هستند به شرح زیر می‌باشد:
- تحلیلی بر جایگاه انرژی‌های نو در اروپا
 - تحلیلی بر فرآیند جایگزینی انرژی‌های پاک به جای فسیلی
 - سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در کل انرژی جهانی
 - نقش انرژی‌های تجدید شونده در تأمین تقاضای شدید انرژی هند
 - توسعه کاربرد انرژی‌های تجدیدپذیر
 - بررسی تحولات بالقوه و چشم‌انداز آتی بازار انرژی‌های تجدیدپذیر و هسته‌ای در جهان
- مهم‌ترین نقش مؤسسه مطالعات بین‌المللی انرژی، برنامه‌ریزی کلان انرژی است که بخشی از این برنامه‌ریزی کلان مربوط به توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر است که لاجرم این برنامه‌ریزی در توسعه صنعت انرژی خورشیدی کشور نیز تأثیرگذار است.

۸-۵-۳- مرکز تحقیقات محیط زیست و انرژی دانشگاه علوم و تحقیقات

دانشکده محیط زیست و انرژی واحد علوم و تحقیقات، فعالیت خود را در قالب سه رشته اصلی تحصیلی مهندسی محیط زیست، مدیریت محیط زیست و علوم محیط زیست از سال ۱۳۶۹ در مقاطع کارشناسی ارشد و دکتری آغاز نموده است و تاکنون نیز ادامه دارد. همچنین دو گرایش حقوق محیط زیست و اقتصاد محیط زیست، در سطوح کارشناسی ارشد، از زیرگروه مدیریت محیط زیست از نیمسال اول سال ۱۳۸۲ تأسیس شده است. همچنین دو گرایش مهندسی طراحی محیط زیست و مهندسی منابع آب، از زیر گروه مهندسی محیط زیست در سطح کارشناسی ارشد از نیمسال اول سال ۱۳۸۳ دانشجو پذیرفته است، گروه مهندسی انرژی نیز از ابتدای سال تحصیلی ۱۳۸۳ به این دانشکده پیوسته است [۲۱].

پژوهشکده انرژی دانشگاه علوم و تحقیقات در زمینه مشاوره، مدیریت، اجرا، تجزیه و تحلیل نمونه، اندازه‌گیری، کنترل و آموزش در مسائل مختلف محیط زیستی و انرژی فعالیت دارد و زیر مجموعه دانشکده محیط زیست و انرژی می‌باشد.

زمینه مطالعات و تحقیقات انرژی

الف) مصرف انرژی و مدیریت تأمین

- ساختار مدیریت مصرف انرژی
- تجزیه و تحلیل و پیش‌بینی تقاضای انرژی با توجه به اجزای مختلف آن
- هزینه تأمین انرژی
- سیاست‌ها و طرح‌هایی برای تأمین انرژی
- بهره‌وری از سیستم‌های مختلف در بخش تأمین انرژی
- مدل‌سازی سیستم عرضه انرژی بهینه
- بررسی چالش‌های پیش روی خصوصی‌سازی بخش انرژی

ب) فناوری انرژی

- فناوری، طراحی و انتخاب سیستم‌های تولید انرژی سازگار با محیط زیست و انرژی‌های تجدیدپذیر
- ارزیابی پتانسیل از انرژی‌های تجدیدپذیر مختلف (بادی، خورشیدی، جزر و مد و ...)

ج) استراتژی‌های بلند مدت برای توسعه پایدار در بخش انرژی

- انرژی و محیط زیست
 - چالش‌های استراتژیک در بخش انرژی
 - قیمت‌گذاری و سیاست‌های پرداخت یارانه در بخش انرژی
 - ملاحظات سیاسی در زمینه انرژی و توسعه پایدار
- پروژه‌های تعریف شده توسط ستاد توسعه فناوری انرژی نو به مرکز تحقیقات محیط زیست و انرژی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات بدین شرح است:

- تکمیل و تجهیز آزمایشگاه مرتبط با انرژی باد
- تهیه نرم‌افزارهای مرتبط با انرژی باد
- برگزاری کارگاه‌های آموزشی و برگزاری دوره‌هایی برای آموزش تکنسین در زمینه انرژی باد

۹-۵-۳- دانشگاه شهید بهشتی- پردیس فنی و مهندسی شهید عباسپور

پردیس فنی و مهندسی شهید عباسپور (پیشتر دانشکده مهندسی انرژی دانشگاه صنعت آب و برق (شهید عباسپور)) با در اختیار داشتن ۱۱ واحد آزمایشگاهی، ۸ واحد کارگاه تخصصی و همچنین ۱۳ واحد ثبت شده تخصصی و با توجه به حضور فعال ۲۲

عضو هیأت و تکنسین‌های مجرب در بخش‌های آزمایشگاهی و کارگاهی، توانائی قابل توجهی در انجام پروژه‌های مختلف اعم از پژوهشی و خدمات فنی و مهندسی دارد.

این دانشکده بنابر قابلیت‌ها و تجارب موجود سالیان گذشته، دارای توانایی فعالیت در بخش‌های مختلفی مانند صنایع نیروگاهی و موضوعات مرتبط به آن از جمله مباحث تخمین عمر، تحلیل خرابی و خوردگی، مدیریت انرژی، انرژی‌های نو، سیستم‌های تبدیل انرژی از جمله توربوماشین‌ها، سیستم‌های مکانیکی و حرارتی و غیره می‌باشد. بدیهی است که موارد مزبور اشاره به حداقل‌ها داشته و دامنه فعالیت این دانشکده با توجه به امکانات نرم‌افزاری و سخت‌افزاری موجود می‌تواند دربرگیرنده موضوعات متنوع دیگر، مرتبط با تخصص اعضای هیأت علمی آن باشد [۲۲]. در حال حاضر حوزه ستادی معاونت پژوهشی دانشگاه صنعت آب و برق به عنوان واحد سیاست‌گذاری و مدیریت فعالیت‌های پژوهشی مشتمل بر چهار دفتر زیر است.

- امور پژوهشی
- فناوری و خدمات مهندسی
- کتابداری و تدوین دانش فنی
- فناوری اطلاعات و خدمات رایانه‌ای

۱۰-۵-۳- مؤسسه آموزش عالی علمی - کاربردی صنعت آب و برق

این مؤسسه با برخورداری از امکانات پنج مجتمع بزرگ آموزشی و پژوهشی و ۹ واحد آموزشی و یک مرکز تخصصی، تربیت و تأمین نیروهای متخصص صنعت آب و برق کشور را به عهده دارد. مؤسسه آموزش عالی علمی - کاربردی صنعت آب و برق با بیش از ربع قرن تجربه در برگزاری دوره‌های آموزشی صنعت آب و برق، تنها مؤسسه وابسته به وزارت نیرو است که برای اجرای فعالیت‌های رسمی آموزش‌های عالی علمی - کاربردی وزارت نیرو در چارچوب ضوابط و مقررات وزارت علوم، تحقیقات و فناوری و در راستای سیاست‌های کلی نظام، برنامه توسعه، چشم‌انداز بیست ساله کشور و سیاست‌های وزارت نیرو فعالیت می‌کند [۱].

مأموریت اصلی مؤسسه تدوین و انتقال دانش کاربردی و فناوری روز و ارتقاء مهارت‌های مورد نیاز صنعت آب و برق است. مؤسسه با هدف پاسخ‌گویی به ذینفعان کلیدی خود، علاوه بر ارائه دوره‌های آموزشی، به وظایف غیررسمی خود توجه داشته و از طریق نیازسنجی آموزشی، تولید محصولات و بسته‌های آموزشی، مستندسازی، اطلاع رسانی، مشاوره، ارتباط با صنعت و کمک به شناسایی و حل مشکلات صنعت آب و برق نیز در جهت مأموریت خود گام برمی‌دارد.

۳-۵-۱۱-۱- دانشکده مهندسی انرژی

طرح ایجاد دانشکده مهندسی انرژی، با هدف کلی نهادینه کردن و سازماندهی مؤثر فعالیت‌های دانشگاه صنعتی شریف در زمینه‌های مهندسی سیستم‌های انرژی و مهندسی هسته‌ای، در مهر ۱۳۸۳ از طرف تعدادی از اعضای هیأت علمی دانشگاه پیشنهاد شد و پس از تصویب در شورای تحصیلات تکمیلی و شورای دانشگاه (آبان ۱۳۸۳)، در تاریخ ۱۳۸۴/۱۰/۵ در شورای گسترش آموزش عالی مورد تصویب قطعی قرار گرفت. تشکیلات دانشکده نیز در بهمن ۱۳۸۴ در هیأت امنای دانشگاه مورد تصویب قرار گرفته و در خرداد ۱۳۸۵ ابلاغ شده است [۲۳].

چشم انداز دانشکده

- ایجاد یک قطب کیفی آموزشی، پژوهشی و خدماتی در سطح کشور و منطقه در زمینه‌های مختلف مهندسی انرژی
- توسعه و به کارگیری دانش مهندسی انرژی در ارتقای بخش انرژی کشور، گسترش کاربرد منطقی انرژی و استفاده بهینه از منابع خداداد انرژی در جهت توسعه پایدار کشور و منطقه
- مشارکت مؤثر در تلاش ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی برای توسعه فن‌آوری‌های پاک در تولید، انتقال و مصرف انرژی در جهت حفاظت از زیست بوم کشور، منطقه و جهان

مأموریت

- تربیت نیروی انسانی متخصص کیفی با دانش و مهارت بالا در زمینه‌های تخصصی مهندسی انرژی، به منظور تأمین نیاز کشور
- تربیت کادر هیأت علمی و پژوهشگران مورد نیاز کشور در زمینه‌های تخصصی مهندسی انرژی
- گسترش مرزهای دانش و توسعه رشته‌های جدید مورد نیاز در زمینه مهندسی انرژی
- برگزاری دوره‌های آموزشی تخصصی، برای ارتقای دانش و مهارت کارشناسان دستگاه‌های اجرایی و صنعت
- سازماندهی و انجام پژوهش‌های بنیادی، کاربردی و توسعه‌ای مورد نیاز بخش انرژی کشور
- انجام مطالعات و پژوهش‌های لازم برای تصمیم‌سازی و سیاست‌گذاری و نشر اطلاعات علمی در زمینه علوم و فن-آوری انرژی
- برقراری ارتباطات و همکاری‌های علمی و فنی بین‌المللی و منطقه‌ای با مراکز علمی مشابه در کشورهای پیشرفته، کشورهای در حال توسعه و کشورهای اسلامی، در زمینه‌های فعالیت دانشکده

زمینه‌های فعالیت

- مهندسی هسته‌ای
- مهندسی سیستم‌های انرژی
- فناوری‌های نوین انرژی
- انرژی و محیط زیست

رشته‌های تحصیلی

دانشکده مهندسی انرژی در حال حاضر برگزار کننده رشته‌های زیر در مقطع تحصیلات تکمیلی است:

۱- کارشناسی ارشد مهندسی هسته‌ای، در چهار گرایش:

- مهندسی راکتور
- چرخه سوخت هسته‌ای
- کاربرد پرتوها و رادیوایزوتوپ‌ها
- مهندسی پرتوپزشکی

۲- کارشناسی ارشد مهندسی سیستم‌های انرژی، در سه گرایش:

- سیستم‌های انرژی
- فناوری‌های انرژی
- انرژی و محیط زیست

۳- دکترای مهندسی انرژی هسته‌ای

۴- دکترای مهندسی سیستم‌های انرژی

امکانات آزمایشگاهی

امکانات آزمایشگاهی دانشکده مهندسی انرژی به شرح زیر است:

- آزمایشگاه فیزیک هسته‌ای
- آزمایشگاه آشکار سازی و دوزیمتری
- آزمایشگاه کاربرد پرتوها و رادیوایزوتوپ‌ها
- آزمایشگاه الکترونیک
- آزمایشگاه پردازش موازی

- آزمایشگاه شبیه‌ساز راکتور
- آزمایشگاه ممیزی انرژی
- آزمایشگاه هیدروژن و پیل سوختی
- آزمایشگاه زیست‌توده
- آزمایشگاه لوله‌های حرارتی
- آزمایشگاه سیستم‌های خورشیدی

۳-۵-۱۱-۲- پژوهشکده علوم و فناوری انرژی شریف

گروه مطالعات جامع انرژی در سال ۱۳۷۱ با اجرای پروژه طرح جامع انرژی کشور بر اساس قرارداد همکاری بین دانشگاه صنعتی شریف و سازمان برنامه و بودجه شکل گرفت. در سال ۱۳۷۴ آزمایشگاه سیار صرفه جویی انرژی بنا به پیشنهاد گروه مطالعات جامع انرژی و با حمایت سازمان برنامه و بودجه و سازمان جایکا - ژاپن در دانشگاه صنعتی شریف راه‌اندازی شد. گروه مزبور در سال ۱۳۷۶ پروژه تخصیص مجدد یارانه انرژی برای هدفمندسازی یارانه‌های انرژی را برای وزارت نفت انجام داد و در پی آن و بنا به پیشنهاد گروه مطالعات جامع انرژی مقرر گردید فعالیت گروه در دانشگاه به سطح یک نهاد پژوهشی ارتقاء پیدا کند. در پی پیشنهاد مزبور تفاهم‌نامه همکاری بین وزارت نفت و دانشگاه صنعتی شریف برای راه‌اندازی گروه مهندسی سیستم‌های انرژی در سطح کارشناسی ارشد و ایجاد پژوهشکده علوم و فناوری انرژی به امضاء رسید. در سال ۱۳۸۳ نیز تفاهم‌نامه همکاری بین شرکت ملی نفت ایران و دانشگاه صنعتی شریف به امضاء رسید و بر اساس آن مقرر شد پژوهشکده علوم و فناوری انرژی شریف، گروه پژوهشی در زمینه مدل‌سازی انرژی را سازماندهی نماید و شرکت ملی نفت ایران نیز در شورای راهبردی پژوهشکده مشارکت داشته باشد. این پژوهشکده دارای ۵ گروه پژوهشی به شرح زیر است.

۱. مدل‌سازی و سیستم اطلاعات انرژی
۲. مدیریت و بهینه‌سازی انرژی
۳. فن‌آوری‌های نوین انرژی
۴. انرژی و محیط زیست
۵. آزمایشگاه فن‌آوری انرژی

چشم انداز و اهداف آرمانی

۱. داشتن سهم مهمی در فعالیتهای نوآورانه مرتبط با انرژی، توسعه اقتصادی، پیشرفت اجتماعی و پایداری محیط زیست. این فعالیتهای شامل بهبود فن‌آوری‌ها، ساختارها و سیاست‌هایی است که محصولات و فرآیندهای اثربخش‌تر، کارا تر، سالم‌تر و عادلانه‌تر را در بر دارد.
۲. ایجاد مرکز تحقیق برتر و منبع اطلاعات معتبر در سطح ملی و بین‌المللی، مرجع علمی برای دولت، دانشگاه‌ها، مراکز تحقیقاتی، صنایع و جامعه مدنی در زمینه تحقیقات و فن‌آوری‌های نوین انرژی
۳. داشتن سهم مهمی در پیشرفت اجتماعی، توسعه اقتصادی و پایداری محیط زیست در ایران
۴. توسعه و به کارگیری دانش مهندسی سیستم‌های انرژی در ارتقای کارایی بخش انرژی کشور، گسترش کاربرد منطقی و استفاده بهینه از منابع انرژی در جهت توسعه پایدار کشور و منطقه و جهان
۵. مشارکت مؤثر در تلاش ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی برای توسعه فن‌آوری‌های پاک در تولید، تبدیل، انتقال و مصرف حامل‌های انرژی، در جهت حفاظت از زیست بوم کشور، منطقه و جهان

بیانیه مأموریت

۱. سازماندهی نیروی انسانی متخصص کیفی و پژوهشگران انرژی با دانش و مهارت بالا در زمینه‌های تخصصی مهندسی انرژی به منظور انجام تحقیقات و توسعه فن‌آوری‌های نوین و کارای انرژی
۲. گسترش مرز دانش و توسعه فناوری در حوزه انرژی از طریق انجام تحقیقات بنیادی، کاربردی و توسعه‌ای و مشارکت در فرآیند تصمیم‌سازی‌ها و سیاست‌گذاری‌های کلان انرژی
۳. انجام مطالعات و پژوهش‌های لازم برای تصمیم‌سازی و سیاست‌گذاری و نشر اطلاعات علمی در زمینه علوم و فناوری انرژی
۴. ارائه خدمات علمی، فنی و مشاوره‌ای به دولت، دانشگاه‌ها، مراکز و واحدهای تحقیق و توسعه، سازمان‌های تأمین کننده انرژی، نهادهای خصوصی و دولتی مصرف کننده انرژی و صنایع عرضه کننده تجهیزات و خدمات تولید و تبدیل انرژی در سطح ملی و بین‌المللی و جامعه مدنی،
۵. استفاده از فن‌آوری‌های پیشرفته و تجاری‌سازی فن‌آوری‌های منتج از تحقیقات، با توجه به شرایط اقتصادی، اجتماعی، قانونی و زیست محیطی،
۶. تمرکز بر روی کیفیت فعالیت‌ها و نتایج به عنوان اصل اول و گسترش فعالیت‌ها به صورت تدریجی و همراه با تیم سازی و توانمند کردن اعضاء به عنوان اصل دوم،

۷. تکیه بر اعضای هیأت علمی، محققین با تجربه، متخصصین صنعتی، پژوهشگران جوان، پرسنل ستادی و سایر کسانی که باورمند و پرتلاش برای حصول به چشم‌انداز مشترک پژوهشکده فعالیت می‌کنند و سهم مهمی در فعالیتهای نوآورانه مرتبط با انرژی دارند،

۸. برقراری ارتباطات و همکاری‌های علمی و فنی بین‌المللی و منطقه‌ای با مراکز علمی مشابه در کشورهای پیشرفته و در حال توسعه در زمینه‌های فعالیت پژوهشکده.

اهداف راهبردی

۱. انجام تحقیقات میان‌رشته‌ای که به ارزیابی‌های کل نگر و همه جانبه مشکلات و ارائه راه‌حل‌های کل نگر و فراگیر برای تولید و استفاده از منابع و انرژی می‌انجامد،

۲. اجرای پروژه‌های تحقیقات بنیادی، کاربردی، توسعه‌ای و مطالعات سیاست‌گذاری در زمینه انرژی در سطح ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی،

۳. ایجاد تیم‌های میان رشته‌ای تا از این طریق بتوان قوت‌های دانشگاه صنعتی شریف در مهندسی، علوم پایه، کاربردی و اقتصاد را در همکاری‌های تحقیقاتی گردهم آورد،

۴. طرح‌ریزی و اجرای ساز و کارهای اثربخش و کارا جهت تعامل با دولت، دانشگاه‌ها، مراکز تحقیقاتی، صنایع و نهادهای مدنی جهت ارائه بسته ارتباطی با پژوهشکده‌های مختلف و راهکارهای مؤثر کاربردی و تجاری سازی فناوری‌ها در زمینه انرژی،

۵. طرح‌ریزی و اجرای ساز و کارهای اثربخش و کارا جهت تعامل و همکاری با دانشگاه‌ها، مراکز تحقیقاتی، صنایع، نهادهای مدنی و محافل تصمیم‌گیری در مناطق کشور جهت توسعه توانمندی‌ها و ایجاد ظرفیت‌های علمی و پژوهشی در کلیه نواحی شهری و روستائی، استان‌ها و مناطق کشور

۶. شناساندن مجموعه فعالیتهای پژوهشکده به مخاطبین ملی و بین‌المللی

۷. استقرار سیستم مدیریت راهبردی جهت شناسایی زمینه‌های تحقیقاتی انرژی با پتانسیل بالا

۸. برگزاری دوره‌های تخصصی-کاربردی، سمینارها و تشکیل انجمن‌ها در زمینه انرژی

۹. تشکیل شبکه متخصصان و ایفای نقش رهبر و کانون شبکه جهت هماهنگ و کاربردی کردن تحقیقات انرژی در کل کشور

۱۰. تمرکز بر فعالیتهای مهندسی و علوم پایه در عرصه فناوری‌های کلیدی و مدل‌سازی انرژی

۱۱. تدوین، اجرا و نظارت بر سیستم مبادله ایده‌های مرتبط با علوم و فناوری انرژی

۱۲-۵-۳- دانشگاه تهران

۳-۵-۱۲-۱- دانشکده فنی

دانشکده فنی دانشگاه تهران با حدود هفتاد سال قدمت، مهد مهندسی کشور و مادر دانشگاه‌های صنعتی ایران محسوب می‌شود. این دانشکده از آغاز تاکنون با پذیرش استعدادهای برتر افتخار دارد جمع کثیری از دانشمندان و متخصصان کشور را که بسیاری از آنان نقش بسزایی در راه‌اندازی و تداوم حرکت چرخ‌های صنعت کشور و پذیرش مسئولیت‌های سنگین در اداره مملکت دارند تربیت کرده است. بسیاری از این دانش‌آموختگان نیز قدم فراتر از این گذاشته و پرچم علم و دانش را در عرصه‌های پیشرفته علم و تحقیق، در سطح جهانی و بین‌المللی برافراشته‌اند.

پس از تأسیس دانشگاه تهران در سال ۱۳۱۳، دانشکده فنی به عنوان یکی از دانشکده‌های شش‌گانه دانشگاه، به همت و تلاش خستگی‌ناپذیر پروفیسور محمود حسابی تأسیس شد و از مهرماه همان سال فعالیت خود را آغاز نمود. به علت عدم وجود محل خاصی برای استقرار دانشکده فنی، طبقه دوم مدرسه دارالفنون به عنوان دانشکده فنی مورد استفاده قرار گرفت. در همین سال (۱۳۱۳)، از بین ۱۰۰ نفر از فارغ‌التحصیلان دبیرستان‌ها، ۴۰ نفر دانشجوی در رشته‌های مهندسی راه و ساختمان، مکانیک، برق و معدن از طریق کنکور پذیرفته شده و تحصیل خود را آغاز نمودند [۲۴].

از میان دانشکده‌های مختلف دانشکده، دانشکده مهندسی برق در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر و علی‌الخصوص، سلول‌های خورشیدی فعالیت بیشتری دارد. این دانشکده همزمان با تأسیس دانشکده فنی در سال ۱۳۱۳ ایجاد شده و در سال ۱۳۲۰ از محل اولیه آن که دارالفنون بود به محل فعلی دانشکده فنی انتقال یافت. مهندسان الکترومکانیک تربیت شده در آن دوران، در رشته‌های صنایع، تأسیسات و برق فارغ‌التحصیل می‌شدند که مجموعاً "الکترومکانیک" نامیده می‌شد. در دهه ۱۳۴۰ شعبه الکترومکانیک، به رشته‌های مهندسی برق و مهندسی مکانیک تقسیم شد. در سال ۱۳۴۴ تعداد اعضای هیأت علمی مهندسی برق مجموعاً در دو گرایش جریان قوی و جریان ضعیف ۱۳ نفر بود. از سال ۱۳۴۹ دروس این دانشکده به صورت سیستم واحدی تغییر شکل یافت.

در حال حاضر، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر با بهره‌مندی از بیش از ۸۰ عضو هیأت علمی، در مقطع کارشناسی و در رشته مهندسی برق در پنج بخش الکترونیک، قدرت، کنترل، مخابرات و مهندسی پزشکی و در رشته مهندسی کامپیوتر در سه بخش فناوری اطلاعات، سخت افزار و نرم افزار، با بالاترین استانداردهای بین‌المللی، به تربیت مهندسان برجسته می‌پردازد. همچنین

این دانشکده در مقاطع کارشناسی ارشد و دکترا، علاوه بر زمینه‌های فوق در سه گرایش هوش ماشین و رباتیک، معماری کامپیوتر و نانو تکنولوژی، به تربیت نیروهای متخصص و محقق می‌پردازد.

امروزه، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران با سه قطب تحقیقاتی، در زمینه‌های سیستم‌های الکترومغناطیسی کاربردی، نانو الکترونیک و کنترل و پردازش هوشمند، سرآمد کلیه مؤسسات آموزش عالی کشور در این زمینه می‌باشد. همچنین، این دانشکده با برخورداری از بیش از ۵۰ آزمایشگاه آموزشی و تحقیقاتی که بعضاً، مانند آزمایشگاه‌های لایه نازک و فشارقوی، در سطح خاورمیانه کم‌نظیر هستند، طرح‌های تحقیقاتی متعددی را در زمینه‌های مختلف و مرتبط با موفقیت به اتمام رسانده و فناوری‌های نوینی را به کشور عرضه نموده است.

با توجه به سابقه درخشان و توان علمی، آموزشی و تحقیقاتی استادان و دانشجویان دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، این دانشکده همکاری‌های تحقیقاتی، تخصصی و آموزشی مختلف و متعددی با مراکز مختلف بخش‌های دولتی و غیر دولتی داخل کشور و همچنین مراکز علمی خارج از کشور دارد. تعداد قابل توجهی از فارغ‌التحصیلان این دانشکده، در واحدهای صنعتی، پژوهشی و دانشگاهی در سطح کشور به خدمت مشغول‌اند و تعداد قابل ملاحظه‌ای از اساتید برجسته دانشگاه‌های کانادا، امریکا و اروپا نیز از فارغ‌التحصیلان موفق این دانشکده هستند.

گروه مهندسی برنامه‌ریزی سیستم‌های انرژی

گرایش مهندسی برنامه‌ریزی سیستم‌های انرژی در تاریخ ۱۳۷۳/۱۲/۲۱ در شورای عالی برنامه‌ریزی وزارت فرهنگ و آموزش عالی وقت تصویب و متعاقب آن چند سال بعد گروه برنامه‌ریزی سیستم‌های انرژی دانشگاه تهران شروع به جذب دانشجو در این گرایش کرد.

با توجه به موارد زیر ضرورت و اهمیت تشکیل دوره مهندسی برنامه‌ریزی سیستم‌های انرژی به منظور تربیت کارشناسان ارشد متخصص در مهندسی سیستم‌های اقتصادی _ اجتماعی روشن میشود: • سیستم‌های بزرگ عموماً به دلیل پیچیده بودن و داشتن ابعاد مختلف و تأثیر عوامل متعدد در عملکرد آنها، باید با استفاده از روش‌های علمی دقیق برنامه‌ریزی شوند تا از کارایی لازم برخوردار و در رفع نیازهای جامعه توانا باشند.

• تهیه و اجرای نظام جامع برنامه‌ریزی، بدون وجود متخصص در این زمینه عملی نیست.

• برنامه‌ریزی در هر بخش ابعاد مختلفی دارد و نمی‌توان برنامه‌ریزی در یک بخش را مستقل از بخش‌های دیگر انجام داد.

برنامه‌ریزی سیستم‌های اقتصادی _ اجتماعی با توجه به تعریف آن می‌تواند قسمتی از این مسئله را حل کند.

گروه قدرت

گروه مهندسی برق قدرت دانشگاه تهران یکی از پیشتازان پژوهش و آموزش در سطح بین‌المللی است. در این گروه مهندسان در سطوح کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری جهت فعالیت در صنعت برق و انرژی الکتریکی از تولید، انتقال تا مصرف آموزش داده می‌شوند. بعضی از فعالیت‌های پژوهشی جاری این گروه به شرح زیر است:

- اتوماسیون پست‌های فشار قوی و شبکه توزیع
 - الکترونیک قدرت
 - انرژی‌های تجدید پذیر
 - برنامه ریزی و بهره برداری شبکه‌های قدرت
 - پایداری و دینامیک شبکه‌های قدرت
 - تبدیل انرژی خورشیدی و بادی
 - حفاظت پیشرفته سیستم قدرت
 - خودروی برقی
 - درایو ماشین‌های الکتریکی و عیب یابی آن‌ها
 - سیستم‌های انتقال قدرت انعطاف پذیر
 - شبکه‌های هوشمند و ریز شبکه
 - طراحی و بهینه سازی ماشین‌های الکتریکی
 - عایق‌های الکتریکی
 - فن‌آوری قطع جریان‌های بالا
 - قابلیت اطمینان و امنیت شبکه‌های قدرت
 - مدل سخت افزاری سیستم قدرت
 - ماشین‌های الکتریکی خطی
 - مبدل‌های چند سطحی
 - مهندسی توان پالسی
 - مهندسی فشار قوی
- گروه مهندسی نقشه برداری

کمبود شدید مؤسسات آموزشی رشته مهندسی نقشه‌برداری در سطح کشور از یک سو و نیاز روزافزون جامعه به نیروی انسانی متخصص در این رشته از سوی دیگر، موجب شد تا در سال ۱۳۶۷ با عنایت به جایگاه و نقش ویژه پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران در ارائه خدمات آموزش فنی به جوانان این مرز و بوم، سنگ بنای گروه مهندسی نقشه‌برداری در آن گذاشته شود. رشد و گسترش کمی و کیفی این گروه، به خصوص در زمینه‌های کادر هیأت علمی، تجهیزات، تأسیس دوره‌های کارشناسی ارشد و دکتری در گرایش‌های تابعه این رشته و همچنین بررسی آمار و ارقام فارغ‌التحصیلان آن در قبولی آزمون‌های مقاطع عالی تحصیل و همین‌طور تصدی پست‌های کلیدی، همگی باعث شده‌اند که در حال حاضر گروه مهندسی نقشه‌برداری پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران، به عنوان یک گروه شاخص و بارز در سطح جامعه فنی مطرح شود و نقشی کلیدی و عمده در تربیت کادر متخصص نقشه‌برداری مورد نیاز کشور ایفا نماید. در حال حاضر این گروه دارای ۱۵ نفر عضو هیئت علمی، ۱۶۰ نفر دانشجوی کارشناسی، ۴۱ نفر دانشجوی کارشناسی ارشد و ۱۷ نفر دانشجوی دکتری می‌باشد. فعالیت‌های اکتشافی و نقشه‌برداری در جهت شناسایی هر چه بهتر منابع زمین‌گرمایی در کشور جز، یکی از فعالیت‌های این دانشکده در کنار فعالیت‌های متعدد آن محسوب می‌شود.

۳-۵-۱۲-۲- دانشکده علوم و فنون نوین

تأسیس دانشکده علوم و فنون نوین دانشگاه تهران در تاریخ ۵ بهمن ۱۳۸۸ به تصویب هیأت امنای دانشگاه تهران رسید. این دانشکده با هدف اصلی تربیت نیروی متخصص مورد نیاز کشور در مقاطع تحصیلات تکمیلی و در زمینه‌های علوم و فناوری‌های نوین میان‌رشته‌ای، جذب نخبگان و پژوهشگران و انجام پژوهش‌های کاربردی به منظور خلق و ارائه دانش مورد نیاز جامعه به مراکز صنعتی و ملی در جهت چشم‌انداز و اهداف بلند کشور تأسیس گردید. این دانشکده در تاریخ ۳۰ فروردین ۱۳۹۰ نیز به دست ریاست محترم جمهور افتتاح شد. دانشکده علوم و فنون نوین دانشگاه تهران همگام با دانشگاه‌های برتر و حتی پیشرو جهان و مبدع علوم بین‌رشته‌ای نوین دنیا در پاسخ به نیازهای علمی نخبگان، پژوهشگران و کارآفرینان پیشرو و خلاق ملی و بین‌المللی فعال خواهد بود.

گروه «انرژی‌های نو و محیط زیست» دانشکده علوم و فنون نوین دانشگاه تهران فعالیت خود را در قالب یک رشته اصلی با عنوان "مهندسی انرژی‌های تجدیدپذیر"، از مهر ماه سال ۱۳۸۹ در مقطع کارشناسی ارشد آغاز نموده است. هدف اصلی این گروه تربیت نیروی متخصص مورد نیاز کشور، در مقاطع تحصیلات تکمیلی در زمینه‌های علوم و فناوری‌های بین رشته‌ای در حوزه تخصصی مهندسی انرژی و انرژی‌های تجدیدپذیر و محیط زیست است. در این گروه قصد آن است تا با جذب مستعدترین اساتید، پژوهشگران و دانشجویان نخبه و ارتقاء امر پژوهش در زمینه‌های علوم و فناوری‌های انرژی‌های تجدیدپذیر به عنوان

یکی از مراکز برتر و مرجع این حوزه علمی مطرح گردد. بهره‌گیری از منابع و امکانات روز دنیا برای انجام تحقیقات بنیادی و کاربردی در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر و برقراری ارتباط فعال با دانشمندان علوم پیشرو در ایران و جهان جزء برنامه‌های اصلی این گروه است.

اطلاعات آماری گروه:

- تعداد اعضای هیأت علمی: ۱۲
 - تعداد دانشجویان در مقطع دکتری تخصصی: ۱۵
 - تعداد دانشجویان در مقطع کارشناسی ارشد: ۵۱
- رشته‌های تحصیلی در حال اجرا و برنامه ریزی شده در گروه:
- کارشناسی ارشد:

- مهندسی انرژی‌های تجدیدپذیر
 - مهندسی سیستم‌های انرژی - گرایش سیستم‌های انرژی
 - مهندسی سیستم‌های انرژی - گرایش تکنولوژی‌های انرژی
 - مهندسی طبیعت
 - مهندسی اکولوژی
- دکتری:

- مهندسی سیستم‌های انرژی - گرایش مدل‌سازی انرژی
- مهندسی سیستم‌های انرژی - گرایش فن‌آوری‌های انرژی
- مهندسی سیستم‌های انرژی - گرایش انرژی و محیط زیست

۱۳-۵-۳- دانشگاه علم و صنعت ایران

۱۳-۵-۳- پژوهشکده سبز دانشگاه علم و صنعت ایران

پژوهشکده سبز جهت پژوهش در زمینه انرژی و محیط زیست تأسیس گردیده است. اساسی‌ترین کار پژوهشکده بررسی نحوه کاهش مصرف انرژی فسیلی و کاهش آلودگی محیط زیست بوده و مسائل فرهنگی، اقتصادی، اجتماعی را همراه با موضوعات علمی و نوین در نظر گرفته و به حل مشکل انرژی در کشور می‌پردازد. همچنین پژوهشکده سعی دارد راهکارهای جایگزینی منابع انرژی تجدیدناپذیر را با منابع انرژی تجدیدپذیر بررسی کند و از روش‌های علمی و عملی استفاده نماید تا میزان مصرف

انرژی تجدیدناپذیر کاهش یابد. پژوهشکده کلیه فعالیت‌های خود را در سه گروه مدیریت انرژی، انرژی‌های تجدیدپذیر و محیط زیست سامان داده است که هر گروه با همکاری کلیه اعضای هیأت علمی فعال در زمینه انرژی به تحقیق در حوزه کاری خود می‌پردازد. همچنین پژوهشکده با سازمان‌ها و مراکز تحقیقاتی ذیربط نیز تماس داشته و از تجربیات آنها نیز در صورت لزوم استفاده کرده و تبادل اطلاعات انجام می‌دهد. برای ارتباط با مخاطبین کلیدی از روش‌های گوناگون نظیر ارائه سمینارهای علمی آموزشی، ارائه کارگاه‌های آموزشی در صنایع جهت آگاهی مدیران و کارشناسان صنعت و شرکت در برنامه‌های صدا و سیما استفاده می‌کند. پژوهشکده همواره تلاش دارد که پژوهش‌های انجام شده را بدون دوباره کاری و مطابق با برنامه سوم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی کشور همگام سازد. پژوهشکده سبز دارای سه گروه پژوهشی مدیریت انرژی، انرژی‌های نو و سیستم‌های انرژی می‌باشد [۲۵].

گروه پژوهشی مدیریت انرژی

پژوهشکده سبز با برخورداری از اساتید مجرب در زمینه بهینه‌سازی مصرف انرژی در بخش‌های مختلف همکاری‌های علمی و خدمات خود را به صنایع به شرح زیر ارائه می‌نماید:

- ممیزی انرژی در کارخانجات
- ارائه آموزش و برگزاری سمینارهای تخصصی مدیریت مصرف انرژی
- مدیریت بار جهت کاهش مصرف در ساعات اوج
- برنامه ریزی جامع انرژی جهت صنایع
- ارائه راهکارهای بهینه‌سازی مصرف انرژی در خط تولید جهت افزایش بهره‌وری انرژی

گروه پژوهشی انرژی‌های تجدیدپذیر

باتوجه به اهمیت بحث انرژی‌های تجدیدپذیر در کشور، گروه پژوهشی انرژی‌های تجدیدپذیر با هدف تحقیق بنیادی و کاربردی در زمینه انرژی تجدیدپذیر، فن‌آوری‌های نوین در تولید، ذخیره و تبدیل انرژی در سال ۱۳۷۸ در پژوهشکده سبز، کار خود را بصورت فعال با اهداف زیر آغاز نمود:

- تربیت محقق و نیروی انسانی متخصص در زمینه منابع انرژی جدید
- همکاری با سازمان‌های مسئول در زمینه انرژی در رفع مشکلات کشور
- ایجاد پایگاه مناسب برای کلیه محققین کشور در زمینه انرژی‌های نو

- بررسی راهکارهای جایگزینی منابع انرژی تجدیدناپذیر با منابع انرژی تجدیدپذیر
- استفاده از روش‌های علمی و عملی در کاهش مصرف انرژی تجدیدناپذیر
- ارتباط مستمر با سازمان‌ها و مراکز تحقیقاتی ذیربط و تبادل اطلاعات
- ارائه سمینارهای علمی آموزشی و ارائه کارگاه‌های آموزشی

گروه پژوهشی سیستم‌های انرژی

هدف از این گروه، آشنایی با اصول انرژی، منابع انرژی، فرآیندهای تبدیل انرژی، حامل‌های انرژی و اثرات زیست محیطی انواع سیستم‌های تولید، تبدیل، ذخیره‌سازی و انتقال انرژی می‌باشد. انجام پروژه‌های تحقیقاتی و کاربردی با هدف کاهش اثرات زیست محیطی در موضوعات زیر مورد توجه محققین این گروه است:

- نیروگاه‌ها (گازی، بخاری، ترکیبی، هسته‌ای و ...)
- تولید مشترک حرارت و الکتریسیته (CHP)
- سیستم‌های تبدیل انرژی پیشرفته

۱۴-۵-۳- دانشگاه صنعتی اصفهان

این دانشگاه پیش از انقلاب ساخته شد و هدف از ساخت آن انتقال دانشگاه صنعتی شریف از تهران به اصفهان بود. زیرا دانشجویان دانشگاه آریامهر به رژیم وقت (شاهنشاهی) به رهبری محمدرضا پهلوی اعتراضات گسترده‌ای داشتند. دانشگاه در سال‌های اخیر همکاری‌هایی با ستاد توسعه زیست‌فناوری کشور جهت دستاوردها، توانمندی‌ها و فعالیت‌های علمی، صنعتی، تجاری و خدماتی زیست‌فناوری کشور داشته‌است و به خصوص دانشکده مهندسی معدن فعالیت‌های گسترده‌ای را در جهت اکتشاف منابع انرژی زمین گرمایی انجام داده است.

۱۵-۵-۳- دانشگاه فردوسی مشهد

با تبدیل آموزشگاه عالی بهداری در سال ۱۳۲۸ به دانشکده پزشکی، نخستین گام در راه تأسیس سومین دانشگاه ایران در شهر مقدس مشهد برداشته شد.

در سال ۱۳۳۴ با صدور مجوز دیگری دانشکده ادبیات با پنج رشته جداگانه تأسیس یافت. با گسترش آموزش عالی در کشور به ترتیب دانشکده معقول و منقول (که بعداً به الهیات تغییر نام یافت) دانشکده علوم، دانشکده دندانپزشکی، دوره شبانه، دانشکده علوم دارویی و تغذیه، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشکده مهندسی، مؤسسه بینایی سنجی، دبیرستان دانشگاه و مرکز تعلیمات به مجموعه دانشگاه مشهد که از سال ۱۳۵۳ به دانشگاه فردوسی تغییر نام یافته بود افزوده شد. ضرورت گسترش آموزش پس از انقلاب اسلامی سبب شد که پس از تغییر در برخی واحدها و تفکیک دانشگاه علوم پزشکی از دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده علوم اداری و اقتصادی، دانشکده دامپزشکی، آموزشکده کشاورزی شیروان، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم ریاضی، پژوهشکده علوم گیاهی، مرکز تحقیقات زمین لرزه شناسی، کالج دانشگاه، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، و دانشکده معماری و شهرسازی، یکی پس از دیگری به مجموعه واحدهای دانشگاه اضافه شود. هم اکنون دانشگاه فردوسی مشهد به عنوان سومین دانشگاه کشور از نظر قدمت پس از دانشگاه‌های تهران و تبریز در حال حاضر شصت و سومین سال فعالیتش را سپری می‌کند. بر اساس چشم‌انداز سند راهبردی دانشگاه فردوسی مشهد، این دانشگاه در سال ۱۳۹۹ یکی از دو دانشگاه برتر جامع کشور در تولید علم، نظریه پردازی و توسعه فناوری، برخوردار از جایگاه معتبر در بین ۱۰ دانشگاه اول جهان اسلام و جزء ۵۰۰ دانشگاه ممتاز جهان با هویتی اسلامی- ایرانی است و در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر پروژه‌های تحقیقاتی مهمی را انجام داده است [۲۶].

۱۶-۵-۳- دانشگاه صنعتی شاهرود

این دانشگاه تحت عنوان «مدرسه عالی معدن» در سال ۱۳۵۲ با یک رشته کاردانی استخراج ذغال سنگ با سرمایه و مدیریت بخش خصوصی تأسیس شد. مدرسه عالی معدن شاهرود در سال ۱۳۵۴ تحت پوشش وزارت صنایع و معادن درآمد و در سال ۱۳۶۱ از تحت پوشش آن وزارتخانه بیرون آمده و مدیریت آن به وزارت فرهنگ و آموزش عالی واگذار شد. در سال ۱۳۶۶ با ایجاد رشته‌های مهندسی معدن و اضافه شدن دوره‌های کاردانی عمران و برق به «مجتمع آموزش عالی شاهرود» تبدیل شد. در سال ۱۳۷۲ با موافقت شورای گسترش آموزش عالی، مجتمع آموزش عالی به «دانشگاه شاهرود» ارتقاء یافت. پس از آن با گسترش رشته‌ها و تحصیلات تکمیلی در سال ۱۳۸۱ به «دانشگاه صنعتی شاهرود» ارتقا پیدا کرد. در مهر ۱۳۹۰ پردیس جدید این دانشگاه با عنوان «پردیس مهندسی و فناوری‌های نوین» با چهار دانشکده و دو خوابگاه در فاصله دو کیلومتری شهرستان و در زمینی بیابانی و بدون فضای سبز آغاز به کار کرد. این پردیس در اردیبهشت ۱۳۹۱ و پس از گذشت ۲ ترم تحصیلی با حضور کامران دانشجو وزیر وقت علوم دولت دهم رسماً افتتاح شد. در خردادماه ۱۳۹۲ نام دانشگاه، به طور رسمی از «دانشگاه صنعتی شاهرود» به «دانشگاه شاهرود» تغییر یافت.

۳-۵-۱-۱۶-۱- دانشکده معدن، نفت و ژئوفیزیک

این دانشکده هم اکنون دارای ۲۵ عضو هیأت علمی می‌باشد و قدیمی‌ترین دانشکده دانشگاه شهروود به حساب می‌آید که دارای ۴ استاد تمام می‌باشد. همچنین اکثر مسئولین رده بالای دانشگاه از این دانشکده انتخاب می‌گردند. لازم به ذکر است این دانشکده جز چند دانشکده برتر مهندسی معدن و رشته‌های مرتبط با آن در ایران است و در زمینه اکتشاف منابع انرژی زمین-گرمایی خدمات شایان توجهی انجام داده است [۲۷].

۳-۶- بنگاه‌های اقتصادی

یکی از مهم‌ترین اهداف بنگاه‌های اقتصادی، کسب انتفاع و افزایش ثروت صاحبان سهام (مالکان) در درازمدت است. سهامداران، اعتباردهندگان و دیگر گروه‌های مرتبط با بنگاه‌های اقتصادی به منظور اخذ تصمیمات منطقی، نیازمند اطلاعات قابل اتکا و مربوط در خصوص عملکرد آن‌ها می‌باشند. در جهت انجام پروژه‌های توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر به ویژه انرژی زمین گرمایی استفاده از شرکت‌های مهندسی مشاور به دلیل حجم بالای کار الزامی می‌نماید که در ذیل به شرح وظایف و سابقه فعالیت چندین شرکت مشاور مهندسی پرداخته‌ایم.

۳-۶-۱- شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس

شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس در سال ۱۳۶۲ از ادغام دو شرکت «خدمات مهندسی آب (مهاب)» و «عمران زمین و توسعه منابع آب» تشکیل شده است و به صورت نیمه‌دولتی و زیر نظر وزارت نیرو کار می‌کند. مهاب قدس یکی از بزرگ‌ترین شرکت‌های مهندسی مشاور صنعت آب در ایران به شمار می‌آید. این شرکت تاکنون بیش از ۱۱۰۰ طرح و پروژه مختلف را به انجام رسانده است.

عمده‌ترین فعالیت‌های این شرکت در زمینه طراحی و احداث سدهای خاکی و بتنی است. این شرکت حدود ۲۵۰۰ نفر کارشناس در رشته‌های مختلف مرتبط با هیدرولیک، نیروگاه و تأسیسات زیربنایی را در استخدام خود دارد. این شرکت خدمات مهندسی خود را به کشورهای دیگر نیز صادر می‌کند.

از بدو تأسیس تا به امروز، این شرکت بیش از ۲۰۰ سد بزرگ را مطالعه و طراحی نموده است. این شرکت موفق به دریافت گواهینامه جایزه ملی کیفیت ایران و همچنین دریافت نشان‌های افتخار، لیاقت و تقدیرنامه‌های متعدد از مجامع و شخصیت‌های

علمی داخلی و بین‌المللی شده‌است. همچنین دارای تقدیرنامه‌های اشتهار در سرآمدی و اهتمام به سرآمدی از سوی مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران است [۲۸].

مهم‌ترین فعالیت‌های شرکت

انجام خدمات مهندسی در رابطه با مطالعات شناسائی، توجیهی، طراحی و نظارت بر اجرای طرح‌ها، تهیه اسناد مناقصه و پیمان و انجام تشریفات مناقصه‌های داخلی و بین‌المللی، مهندسی ارزش طرح‌ها، تهیه استاندارد خدمات مهندسی، نرم افزار و خدمات انفورماتیکی که به شرح زیر است: ۱- مطالعات جامع منابع آب ۲- مطالعات برنامه ریزی و مدیریت یکپارچه منابع آب ۳- مطالعات مدیریت حوضه‌ای آبریز ۴- مطالعات سنجش و ارزیابی جامع پیامدهای اجرای طرح‌های توسعه در حوضه‌های آبریز ۵- مطالعات برنامه ریزی و مدیریت پیامدهای اجرای طرح‌های توسعه و بهره برداری از منابع آب و خاک در حوضه‌های آبریز ۶- مطالعات زمین‌شناسی و ژئوتکنیک ۷- مطالعات زیست‌محیطی ۸- مطالعات ایمنی و کاهش خطرات و پدافند غیرعامل ۹- مطالعات آبخیزداری و کنترل سیل ۱۰- مطالعات اجتماعی و اقتصادی ۱۱- سد و نیروگاه‌های برقآبی ۱۲- شبکه‌های جمع‌آوری و تصفیه خانه‌های فاضلاب ۱۳- تصفیه خانه و تلمبه خانه آب ۱۴- مخازن آب و شبکه‌های توزیع شهری و خطوط انتقال آب ۱۵- شبکه‌های آبیاری و زهکشی ۱۶- مهندسی رودخانه ۱۷- راه، پل و تونل و قطار شهری (مترو) ۱۸- تولید، توزیع و انتقال نیرو ۱۹- ترمیم و بازسازی و نگهداری سدها ۲۰- کشاورزی، منابع طبیعی و دامپروری و پرورش آبزیان ۲۱- مقاوم سازی (گروه مهندسی آب) ۲۲- مدیریت بهره برداری و نگهداری از سد و شبکه‌های آبیاری و زهکشی و آب و فاضلاب ۲۳- نقشه برداری زمینی، هیدروگرافی و فتوگرامتری ۲۴- سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS ۲۵- سنجش از دور ۲۶- میکروژئودزی ۲۷- بازرسی فنی ۲۸- ساختمان‌های مسکونی، تجاری و اداری ۲۹- طرح و ساخت سدسازی و سازه‌های آبی ۳۰- طرح و ساخت تأسیسات آب و فاضلاب ۳۱- طرح و ساخت شبکه‌های آبیاری و زهکشی ۳۲- طرح و ساخت حفاظت و مهندسی رودخانه ۳۳- خدمات مدیریت طرح‌های سدسازی، آب و فاضلاب، آبیاری و زهکشی، راهسازی [۲۸].

۳-۶-۲- شرکت مهندسی مشاور مشانیر

شرکت در زمینه ارائه خدمات مهندسی مشاور در زمینه‌های سد، نیروگاه‌های آبی، تولید، انتقال و توزیع برق فعالیت می‌کند. این شرکت که وابسته به وزارت نیروی ایران است در سال ۱۳۵۰ تأسیس شد و نزدیک به ۱۱۰۰ نفر نیروی انسانی دارد. مشانیر، بزرگترین شرکت مهندسی مشاور ایران در زمینه برق و انرژی است. شایان ذکر است فعالیت این شرکت در پروژه‌های وابسته به انرژی‌های تجدید پذیر در سال‌های اخیر متمرکز و توسعه یافته است [۲۸].

۳-۶-۳- شرکت ملی حفاری ایران

شرکت ملی حفاری ایران، در اول دی ماه ۱۳۵۸ تأسیس شد و فعالیت خود را با ۶ دستگاه حفاری آغاز کرد. این شرکت، به لحاظ دامنه عملیاتی، از بزرگترین شرکت‌های فرعی شرکت ملی نفت ایران به شمار می‌رود، که از شمالی‌ترین مناطق؛ (سرخس، خانگیران) تا مرکز، غرب، جنوب غربی و تا جنوبی‌ترین مناطق (خلیج فارس، پارس جنوبی) و به طور کلی، در بیش از ۱۰ استان کشور، که امکان استحصال نفت و گاز وجود داشته باشد، فعالیت می‌کند.

شرکت ملی حفاری هم‌اکنون، با افزایش دستگاه‌های حفاری و توسعه خدمات فنی و مهندسی و با بهره‌گیری از بیش از ۱۶ هزار نفر نیروی انسانی، عملیات حفاری و خدمات فنی و مهندسی چاه‌های نفت و گاز را، در ایران انجام می‌دهد و توانایی حفاری‌ها به منظور بهره‌برداری از پروژه‌های استفاده از انرژی زمین گرمایی را داراست. [۲۸].

مراجع

۱. سند راهبرد ملی توسعه صنعت برق بادی ایران، گزارش شناخت ساختار بخش باد، سازمان انرژی‌های نو ایران
۲. Maslahat.ir
۳. Parlman.ir
۴. Spac.ir
۵. Moe.org.ir
۶. Tavanir.org.ir
۷. Suna.org
۸. Irandoe.org
۹. Frw.org.ir
۱۰. Sccr.ir
۱۱. Atf.gov.ir
۱۲. Msrt.ir
۱۳. Tco.ir
۱۴. Irost.org

۱۵. Nri.ir

۱۶. Iranfanavari.org

۱۷. Merc.ac.ir

۱۸. Uk.ac.ir

۱۹. Riemp.ut.ac.ir

۲۰. Eia.iis.org

۲۱. Ceers.org

۲۲. Pwut.ac.ir

۲۳. Sharif.ir

۲۴. Ut.ac.ir

۲۵. Iust.ac.ir

۲۶. Um.ac.ir

۲۷. shahroodut.ac.ir

۲۸. fa.wikipedia.org

فهرست مطالب

۱	۱- مقدمه‌ای بر ضرورت توسعه
۱	۱-۱- مزایای انرژی زمین گرمایی
۲	۱-۱-۱- در دسترس بودن منبع به صورت منظم
۹	۱-۱-۲- پتانسیل بالا در مقایسه با سایر انرژی‌های تجدیدپذیر
۱۵	۱-۱-۳- اثرات محیط زیستی
۲۱	۱-۱-۴- فرصت‌های شغلی و توسعه اقتصادی
۲۶	۱-۱-۵- افزایش امنیت انرژی
۲۸	۱-۱-۶- بازار جهانی و منطقه‌ای زمین گرمایی
۳۸	۱-۱-۷- پتانسیل انرژی زمین گرمایی در کشور
۴۲	۱-۱-۸- مشارکت فعال بخش خصوصی در توسعه مدل‌ها
۴۴	۲- مقدمه ای بر دلایل توجیه پذیری
۴۴	۲-۱- شاخص LCOE
۴۵	۲-۱-۱- هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه
۴۵	۲-۱-۲- هزینه تعمیر و نگهداری
۴۶	۲-۱-۳- هزینه سوخت
۴۶	۲-۱-۴- هزینه آلاینده‌ها (هزینه‌های اجتماعی)
۴۶	۲-۱-۵- هزینه تراز شده واحد انرژی (LCOE)
۴۷	۲-۲- هزینه‌های تولید برق زمین گرمایی
۵۱	۲-۲-۱- هزینه تراز شده تولید برق زمین گرمایی
۵۵	۲-۲-۲- هزینه تولید انرژی بر اساس فناوری های مختلف زمین گرمایی
۶۴	۳-۲-۲- مقایسه با سایر فناوری ها
۷۸	۲-۲-۴- ریسک اکتشاف (ریسک منبع)

فهرست اشکال

- ۱ شکل ۱-۱- توزیع ظرفیت انرژی زمین گرمایی نصب شده در جهان
- ۲ شکل ۱-۲- ضریب ظرفیت نیروگاه های زمین گرمایی در شماری از کشورهای جهان
- ۴ شکل ۱-۳- رشد برق زمین گرمایی نصب شده (MWe) در جهان در سال های ۲۰۱۴-۲۰۰۰. رشد جهانی حدود ۴٪
- ۵ شکل ۱-۴- پتانسیل فنی زمین گرمایی برای برق و استفاده مستقیم
- ۶ شکل ۱-۵- چشم انداز تولید برق زمین گرمایی بر اساس منطقه (تراوات در سال)
- ۷ شکل ۱-۶- چشم انداز استفاده مستقیم از حرارت زمین گرمایی براساس منطقه (اتا ژول در سال)
- ۱۰ شکل ۱-۷- ظرفیت نصب شده تولید برق تجدیدپذیر بر اساس نوع، پایان ۲۰۱۱
- ۱۲ شکل ۱-۸- رشد برق تولیدی انرژی بادی (GWe) در سال های ۲۰۱۳-۲۰۰۰
- ۱۲ شکل ۱-۹- روند رشد انرژی خورشیدی در مقایسه با زمین گرمایی
- ۱۴ شکل ۱-۱۰- ظرفیت زمین گرمایی نصب شده و تولید برق از سال ۱۹۹۵ و پیش بینی برای دوره ۲۰۱۰-۲۰۵۰
- ۱۷ شکل ۱-۱۱- کاهش تغییرات تأثیرات آب و هوایی و کاهش اثرات محیط زیست و سلامت برای انرژی های مختلف
- ۱۸ شکل ۱-۱۲- میزان انتشار گازها در منابع انرژی مختلف
- ۲۰ شکل ۱-۱۳- کاهش آلودگی دی اکسید کربن از طریق برق زمین گرمایی تا سال ۲۰۵۰
- ۲۳ شکل ۱-۱۴- نسبت اشتغال فعلی و آینده پروژه های زمین گرمایی
- ۲۴ شکل ۱-۱۵- استخدام انرژی های تجدیدپذیر بر اساس فناوری
- ۲۵ شکل ۱-۱۶- مقایسه درصد اشتغال ایجاد شده برای انرژی های مختلف
- ۳۰ شکل ۱-۱۷- ظرفیت برق زمین گرمایی و مقادیر اضافه تر آن، ده کشور برتر و بقیه کشورهای جهان، ۲۰۱۳
- ۳۱ شکل ۱-۱۸- ظرفیت در حال توسعه و در حال اجرای زمین گرمایی براساس منطقه
- ۳۳ شکل ۱-۱۹- برق زمین گرمایی آمریکای مرکزی
- ۳۴ شکل ۱-۲۰- برق زمین گرمایی شرق آفریقا
- ۳۵ شکل ۱-۲۱- پتانسیل برق زمین گرمایی کارائیب
- ۳۶ شکل ۱-۲۲- ظرفیت زمین گرمایی آرام جنوبی
- ۳۷ شکل ۱-۲۳- ظرفیت نصب شده بازار محقق شده زمین گرمایی به مگاوات
- ۳۸ شکل ۱-۲۴- ظرفیت نصب شده بازار در حال توسعه زمین گرمایی به مگاوات
- ۳۸ شکل ۱-۲۵- ظرفیت نصب شده بازار جدید زمین گرمایی به مگاوات
- ۴۰ شکل ۱-۲۶- نقشه پتانسیل زمین گرمایی کشور (۱۹۹۸)
- ۴۱ شکل ۱-۲۷- نقشه پتانسیل زمین گرمایی کشور (۲۰۰۷)
- ۴۳ شکل ۱-۲۸- مدل های توسعه برق زمین گرمایی در جهان
- ۴۹ شکل ۱-۲- کل هزینه های نصب شده برای ایستگاه های برق زمین گرمایی در فاصله سال های ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۹

- شکل ۲-۲- هزینه های سرمایه نصب شده برای پروژه های برق زمین گرمایی در شیلی، اندونزی، کنیا، مکزیک و فیلیپین
۵۰
- شکل ۳-۲- هزینه های منحصر به نیروگاه برای پروژه های زمین گرمایی بر اساس دمای حوضچه
۵۱
- شکل ۴-۲- هزینه ترازشده پروژه های برق زمین گرمایی در شیلی، اندونزی، کنیا و فیلیپین
۵۲
- شکل ۵-۲- هزینه انرژی تعمیر یافته به ۲۰۱۰ بر مبنای انرژی پایه سال ۲۰۰۵ برای دومداره هیدروترمال
۵۷
- شکل ۶-۲- هزینه انرژی تعمیر یافته به ۲۰۱۰ بر مبنای انرژی پایه سال ۲۰۰۵ برای سیکل ترکیب آبی هیدروترمال
۵۷
- شکل ۷-۲- هزینه انرژی تعمیر یافته به ۲۰۱۰ بر مبنای انرژی پایه سال ۲۰۰۵ برای دومداره EGS
۵۸
- شکل ۸-۲- هزینه انرژی تعمیر یافته به ۲۰۱۰ بر مبنای انرژی پایه سال ۲۰۰۵ برای سیکل ترکیبی آبی EGS
۵۹
- شکل ۹-۲- هزینه انرژی تعمیر یافته به ۲۰۴۰ بر مبنای انرژی پایه سال ۲۰۰۵ برای فناوری تحول یافته دو مداره EGS
۵۹
- شکل ۱۰-۲- هزینه تراز شده برق زمین گرمایی (الف) به عنوان تابعی از ضریب ظرفیت و هزینه و (ب) به عنوان تابعی از ضریب ظرفیت و نرخ تنزیل
۶۲
- شکل ۱۱-۲- هزینه زمین گرمایی، هزینه تولید گاز و قیمت فروش گاز در مومبا
۶۵
- شکل ۱۲-۲- منحنی هزینه - ضریب ظرفیت برای فناوری های منتخب
۶۸
- شکل ۱۳-۲- هزینه تراز شده انرژی (دلار بر کیلووات ساعت) به عنوان تابعی از ضریب ظرفیت
۶۹
- شکل ۱۴-۲- هزینه تراز شده برق برای فناوری های تجدیدپذیر از نظر تجاری در دسترس، در نرخ های تنزیل ۳، ۷ و ۱۰ درصد
۷۱
- شکل ۱۵-۲- سرمایه گذاری مورد نیاز در دهه های مختلف در سطح جهان برای کسب اهداف مختلف آب و هوایی (بر اساس معیار دلار)
۷۳
- شکل ۱۶-۲- هزینه های خارجی بر اساس چرخه عمر تولید برق تجدیدپذیرها و فسیلی ها
۷۴
- شکل ۱۷-۲- محدوده LCOE نوعی و میانگین های وزنی برای تولید برق تجدیدپذیر ۲۰۱۲
۷۶
- شکل ۱۸-۲- محدوده هزینه سرمایه معمول برای فناوری های تولید برق تجدیدپذیر ۲۰۱۲
۷۷
- شکل ۱۹-۲- محدوده LCOE معمول و میانگین وزنی آن برای فناوری های تولید برق تجدیدپذیر بر اساس ناحیه، ۲۰۱۲
۷۸
- شکل ۲۰-۲- نمودار ستونی خروجی چاههای زمین گرمایی (بر پایه نمونه ای از ۹۱ حوزه زمین گرمایی با دمای بالا در مخزن)
۸۰
- شکل ۲۱-۲- ریسک و هزینه سرمایه گذاری تجمعی پروژه های زمین گرمایی
۸۱
- شکل ۲۲-۲- عدم اطمینان منابع توسعه در مقابل هزینه سرمایه گذاری همزمان با پیشرفت پروژه
۸۲
- شکل ۲۳-۲- کاهش هزینه ترازشده برای هزینه های فناوری برق زمین گرمایی
۸۳

فهرست جداول

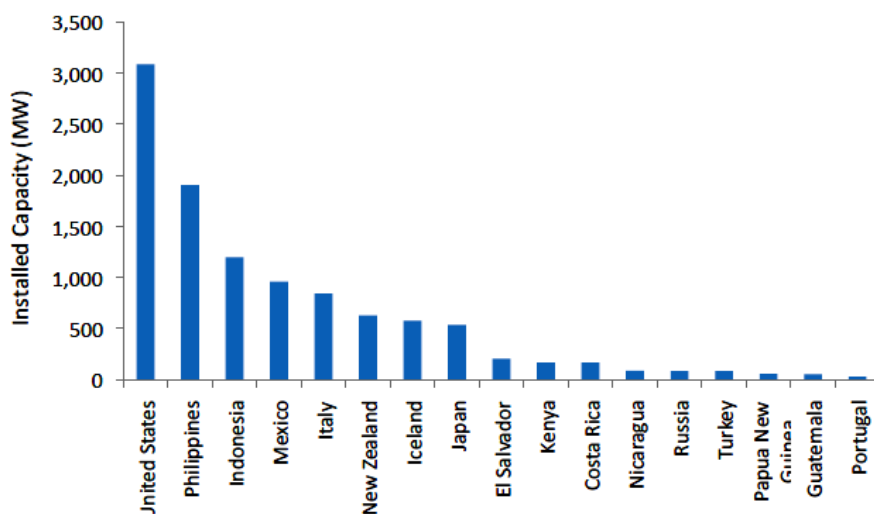
۳	جدول ۱-۱- پتانسیل منابع انرژی تجدیدپذیر
۵	جدول ۲-۱- پتانسیل فنی زمین گرمایی بر مبنای نواحی IEA (اگزاژول در سال)
۸	جدول ۳-۱- ظرفیت نصب شده و پیش بینی شده منطقه ای برای برق زمین گرمایی و استفاده مستقیم
۸	جدول ۴-۱- پتانسیل استقرار زمین گرمایی برای کاربردهای برق و استفاده مستقیم
۱۳	جدول ۵-۱- مقایسه تولید برق جهانی توسط فناوری های تجدیدپذیر مختلف در ۲۰۱۳
۱۵	جدول ۶-۱- خلاصه خصوصیات یکپارچه سازی برای یک مجموعه از فناوری های تجدیدپذیر
۱۶	جدول ۷-۱- سطح آلودگی تخمین زده شده نیروگاهها
۲۲	جدول ۸-۱- ایجاد شغل رقابتی
۲۴	جدول ۹-۱- جایگاه های شغلی انرژی تجدیدپذیر که سخت پر می شوند
۴۰	جدول ۱۰-۱- خصوصیات نواحی زمین گرمایی در ایران
۵۳	جدول ۱-۲- هزینه های شاخص برای توسعه زمین گرمایی (برای ۵۰ مگاوات) به میلیون دلار
۵۴	جدول ۲-۲- هزینه های تولید برق شاخص مشاهده شده در سال ۲۰۱۰
۵۵	جدول ۳-۲- هزینه سوخت به دلار آمریکا
۵۶	جدول ۴-۲- خلاصه محدوده هزینه ترازشده و احتمال دستیابی به هدف ۵ سنت بر کیلووات ساعت برای هر مورد
۶۰	جدول ۵-۲- هزینه ترازشده فناوری های زمین گرمایی
۶۳	جدول ۶-۲- هزینه های سرمایه گذاری و LCOH محاسبه شده برای چندین کاربرد استفاده مستقیم زمین گرمایی
۶۶	جدول ۷-۲- خصوصیات نیروگاهها
۶۷	جدول ۸-۲- داده های منحنی هزینه - ضریب ظرفیت : هزینه کل سالانه سرمایه گذاری عملیاتی (دلار امریکا بر کیلووات ساعت در سال) به عنوان تابعی از ضریب ظرفیتی
۶۹	جدول ۹-۲- هزینه ترازشده نمودار هزینه - ضریب ظرفیت (دلار به ازای هر کیلووات ساعت)
۷۵	جدول ۱۰-۲- پارامترهای عملکرد هزینه برای فناوری های تولید برق تجدیدپذیر
۸۴	جدول ۱۱-۲- پراکندگی تعرفه برای برق زمین گرمایی

۱- مقدمه ای بر ضرورت توسعه

منظور از ضرورت توسعه، بیان هدف غایی سیاست‌گذاران از توسعه فناوری مزبور است. این هدف غایی در سطوح بالای تصمیم‌گیری تعیین شده و به‌عنوان یک فرض اساسی و غیرقابل تغییر، محور برنامه‌ریزی و توسعه فناوری قرار می‌گیرد. فناوری‌های راهبردی می‌توانند با اهداف یا مبانی توسعه متفاوتی گسترش پیدا نمایند. ضرورت توسعه یک فناوری بر نوع نگرش سند تاثیرگذار است. از آنجایی که این مبنا مشخص‌کننده مسیر پیش رو در انجام مطالعات بوده، لازم است تا به‌عنوان یک گام ابتدایی در مبانی سند معین گردد. وجود این مؤلفه در سند ملی موجب همراستا شدن سایر ارکان سند با هدف غایی سیاست‌گذار می‌گردد.

۱-۱- مزایای انرژی زمین گرمایی

انرژی زمین گرمایی نقش مهم رو به رشدی در تأمین انرژی جهان بازی می‌کند. بیش از ۱۰۰۰۰ مگاوات از ظرفیت نصب شده در سطح جهان، بین سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۰ مربوط به این نوع انرژی بوده است که با افزایش ۲۰ درصدی تا سال ۲۰۱۵ با انجام پروژه‌ها به ۱۸۵۰۰ مگاوات خواهد رسید. علاوه بر این‌ها، ۲۴ کشور هم‌اکنون انرژی زمین گرمایی را به برق تبدیل و ۷۲ کشور از آن به طور مستقیم استفاده می‌کنند. تقریباً نیمی از ظرفیت انرژی زمین گرمایی جهان در ایالات متحده، فیلیپین، اندونزی، مکزیک، ایتالیا و ژاپن وجود دارد که پاسخگوی بیشتر نیاز سایر کشورها به انرژی هست [۱].



شکل (۱-۱) - توزیع ظرفیت انرژی زمین گرمایی نصب شده در جهان [۱]

این اقبال گسترده به انرژی زمین گرمایی به دلیل وجود مزایای زیاد آن در مقایسه با سوخت‌های فسیلی یا حتی بعضی از انرژی‌های جایگزین آن‌ها است، از جمله:

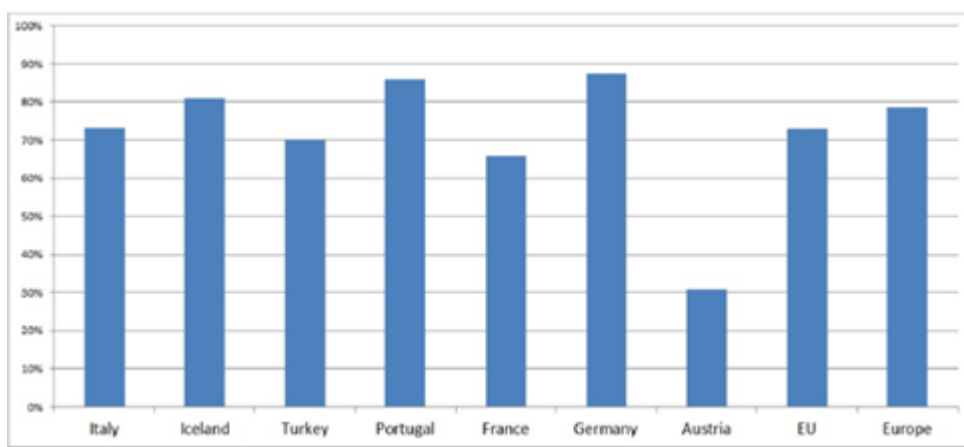
- زمین گرمایی می‌تواند انرژی را در نرخ ثابتی تأمین کند و وابسته به شرایط آب و هوایی یا فصلی نیست.
- زمین گرمایی می‌تواند با فراهم کردن بار پایه نیروگاه‌های برق، مکمل سایر انرژی‌های تجدیدپذیر مثل انرژی خورشیدی، باد و آبی باشد.
- توسعه زمین گرمایی پس از ساخت نیروگاه، آلودگی بسیار کم یا کاملاً قابل چشم‌پوشی به همراه دارد.
- زمین گرمایی ردپای سطحی بسیار کمی در مقایسه با سایر کاربری‌های انرژی بر جای می‌گذارد.
- و... [۱].

شرح این مزایا و شماری مزایای دیگر به تفصیل در پی می‌آید.

۱-۱-۱- در دسترس بودن منبع به صورت منظم

زمین گرمایی می‌تواند برق انعطاف‌پذیر و بار پایه تجدیدپذیر را فراهم کند. از آنجایی که منبع آن به شرایط آب‌وهوایی بستگی ندارد، نیروگاه تولید برق زمین گرمایی معمولاً بیش از ۷۰ درصد مواقع (برای نیروگاه‌های جدیدتر تا ۹۵٪ هم می‌رسد) کار می‌-

کند [۴].



شکل (۱-۲) - ضریب ظرفیت نیروگاه‌های زمین گرمایی در شماری از کشورهای جهان [۴]

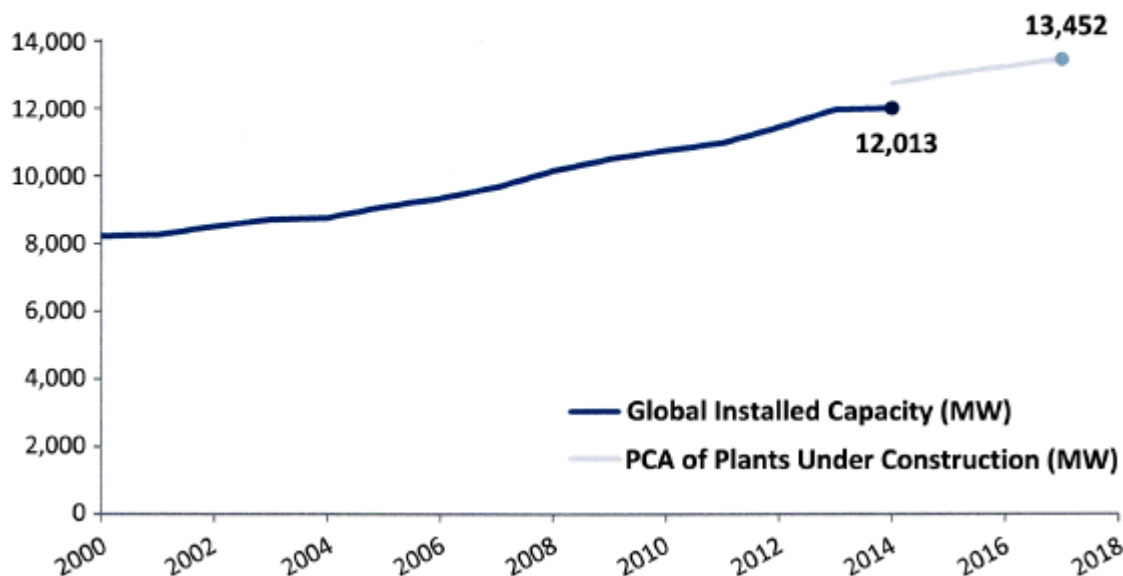
یک منبع بسیار معتبر (WEA) - تلاش مشترکی بین برنامه توسعه سازمان ملل (UNDP)، توسعه امور اجتماعی و اقتصادی ملل متحد (UNDESA) و انجمن انرژی جهانی (WEC) - بزرگترین ارزش از نظر پتانسیل در میان همه اشکال منابع انرژی تجدیدپذیر را به زمین گرمایی می‌دهد. مقایسه، در جدول زیر آورده شده است. این ارزش‌ها بر اساس ظرفیت به ازای هر واحد زمان داده شده‌اند.

جدول (۱-۱) - پتانسیل منابع انرژی تجدیدپذیر [۶]

ظرفیت (اتا ژول در سال)	منبع انرژی
۵۰۰۰	زمین گرمایی
۱۵۷۵	خورشیدی
۶۴۰	باد
۲۷۶	زیست توده
۵۰	آبی
۷۵۴۱	کل

^۱World Energy Assessment^۲United Nations Development Program^۳United Nations Development of Economic and Social Affairs^۴World Energy Council

بر اساس گزارش سال ۲۰۱۴ انجمن انرژی زمین گرمایی (GEA) رشد انرژی زمین گرمایی در فاصله سال های ۱۹۶۰ تا ۲۰۱۳ عملاً خطی بوده است و افزایش نرخ کوچکی برای آینده محتمل است [۶].

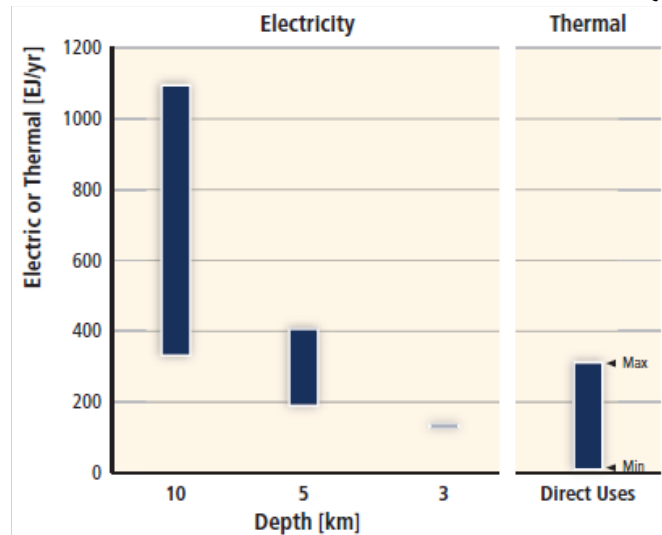


شکل (۱-۳) - رشد برق زمین گرمایی نصب شده (مگاوات) در جهان در سالهای ۲۰۰۰-۲۰۱۴. رشد جهانی حدود ۴٪ [۶]

پتانسیل فنی جهانی برای برق زمین گرمایی حدود ۴۵ اترژول در سال (۱۲۵۰۰ تراوات) تخمین زده می شود یعنی حدود ۶۲٪ کل تولید برق جهان در سال ۲۰۰۸. همچنین منابع مناسب برای استفاده مستقیم از زمین گرمایی ۱۰۴۰ اترژول در سال (۲۸۹۰۰۰ تراوات) تخمین زده شده اند، این در حالی است که کل استفاده نهایی انرژی در سطح جهان در ۲۰۰۸، ۱۵۹/۸ اترژول در سال (۴۴۳۹۲ تراوات) بوده است. این تخمین ها از پتانسیل فنی برق زمین گرمایی و حرارت زمین گرمایی شامل پیشرفت های فناورانه ای که انرژی را از سنگ های داغ یا ماگما یا منابع تحت فشار زمینی استخراج می کند، می شود [۹].

دسترسی به گرمای ذخیره شده در سنگ های داغ زمین بین در عمق ۱۰ کیلومتری زمین و کمتر، ۱۱۰ تا $۱۰^۶ \times ۴۰۳$ اترژول؛ عمق ۵ کیلومتری زمین و کمتر ۵۶ تا $۱۰^۶ \times ۱۴۰$ اترژول و برای عمق ۳ کیلومتری و کمتر حدود $۱۰^۶ \times ۳۴$ تخمین زده می شود. با استفاده از تخمین های قبلی برای منابع هیدروترمال و محاسبات برای سیستم های زمین گرمایی تقویت شده (EGS) که از گرمای ذخیره شده در عمق زمین به دست می آید، پتانسیل فنی زمین گرمایی برای تولید برق برای عمق ۳

کیلومتری بین ۱۱۸ تا ۱۴۶ اگزاژول در سال، برای عمق ۱۰ کیلومتری بین ۳۱۸ تا ۱۱۰۹ اگزاژول و برای استفاده مستقیم ۱۰ تا ۳۱۲ اگزاژول در سال خواهد بود [۱۸].



شکل (۴-۱) - پتانسیل فنی زمین گرمایی برای برق و استفاده مستقیم.

استفاده مستقیم معمولاً نیازی به حفاری با عمق بیش از ۳ کیلومتر ندارد [۱۸].

پتانسیل های فنی براساس منطقه در جدول ۱-۲ نشان داده شده اند. تخمین مناطق بر پایه متدولوژی به کاررفته توسط موسسه تحقیقاتی برق الکتریک برای تخمین نظری زمین گرمایی، صورت گرفته است [۱۸].

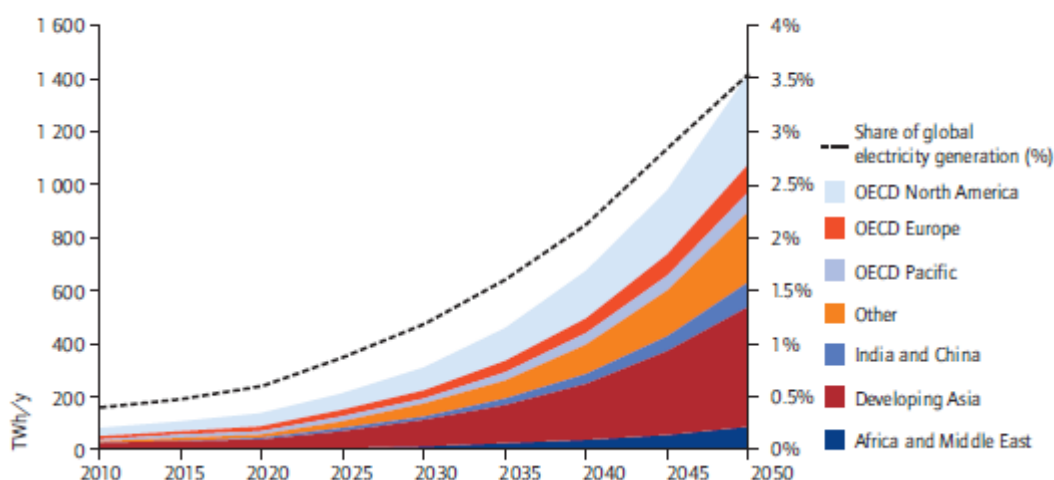
جدول (۲-۱) - پتانسیل فنی زمین گرمایی بر مبنای نواحی IEA (اگزاژول در سال) [۱۸].

پتانسیل فنی برای استفاده مستقیم	پتانسیل فنی برق در عمق:						نواحی	
	۱۰ کیلومتر		۵ کیلومتر		۳ کیلومتر			
	بالا	پایین	بالا	پایین	بالا	پایین		
۶۸/۱	۲/۱	۲۴۱/۹	۶۹/۳	۹۱/۹	۳۸	۳۱/۸	۲۵/۶	آمریکای OECD شمالی
۴۱/۳	۱/۳	۱۴۶/۵	۴۲	۵۵/۷	۲۳	۱۹/۳	۱۵/۵	آمریکای لاتین
۱۶/۰	۰/۵	۵۶/۸	۱۶/۳	۲۱/۶	۸/۹	۷/۵	۶/۰	اروپا OECD

پتانسیل فنی برای استفاده مستقیم		پتانسیل فنی برق در عمق:						نواحی
		۱۰ کیلومتر		۵ کیلومتر		۳ کیلومتر		
بالا	پایین	بالا	پایین	بالا	پایین	بالا	پایین	
۴۴/۵	۱/۴	۱۵۸/۰	۴۵/۳	۶۰	۲۴/۸	۲۰/۸	۱۶/۸	آفریقا
۵۱/۹	۱/۶	۱۸۴/۴	۵۲/۸	۷۰	۲۹	۲۴/۳	۱۹/۵	اقتصادهای در حال گذار
۹/۹	۰/۳	۳۵/۲	۱۰/۱	۱۳/۴	۵/۵	۴/۶	۳/۷	خاورمیانه
۶۱	۱/۸	۲۱۶/۹	۶۲/۱	۸۲/۴	۳۴/۲	۲۸/۵	۲۲/۹	آسیای در حال توسعه
۱۹/۴	۰/۶	۶۸/۹	۱۹/۷	۲۶/۲	۱۰/۸	۹/۱	۷/۳	اقیانوس آرام OECD
۳۱۲/۲	۹/۵	۱۱۰۸/۶	۳۱۷/۵	۴۲۱/۰	۱۷۴/۳	۱۴۵/۹	۱۱۷/۵	مجموع

گرمای استخراج شده برای دستیابی به پتانسیل فنی می تواند به طور کامل یا بخشی در بلند مدت توسط جریان گرمای اقلیمی خاکی معادل ۳۱۵ اگزاژول در سال و متوسط شار ۶۵ مگاوات بر مترمربع، دوباره ذخیره شود [۱۸].

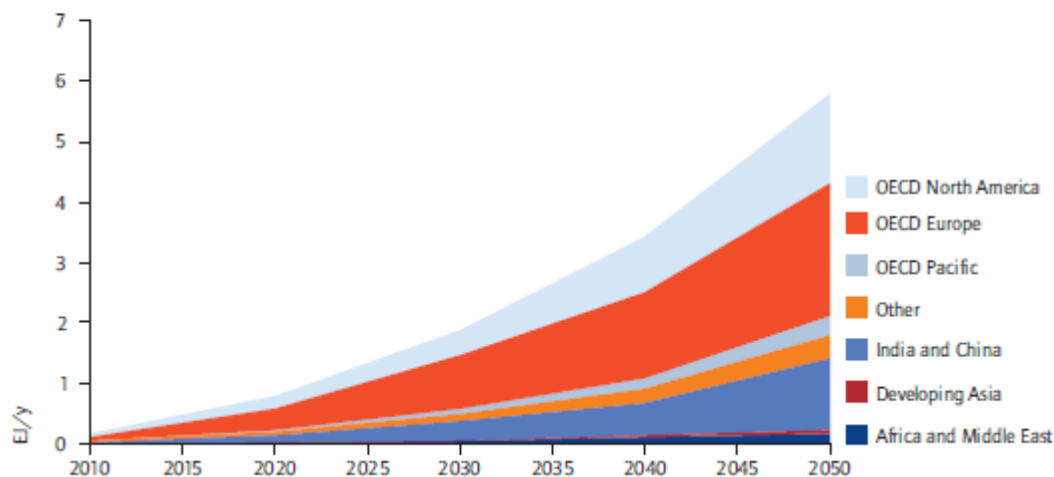
پتانسیل بالایی برای برق زمین گرمایی در کشورهای در حال توسعه آسیایی وجود دارد، جایی که منابع آب گرمایی با دمای بالا هنوز اکتشاف نشده اند. برای کشورهای آمریکای شمالی عضو OECD هم پتانسیل رشد قابل توجهی انتظار می رود، نه فقط از نظر منابع آب گرمایی با دمای بالا بلکه همچنین از نظر توسعه فناوری EGS. توسعه زمین گرمایی در کشورهای اروپایی عضو OECD نیز ترکیبی از همین دو خواهد بود [۹].



شکل (۱-۵) - چشم انداز تولید برق زمین گرمایی بر اساس منطقه (تراوات در سال) [۹]

استفاده مستقیم از زمین گرمایی بیشتر در کشورهای سرد صورت می گیرد اما کشورهای با آب و هوای گرم تر هم می توانند از

آن در کاربردهای کشاورزی و صنعتی و سرمایه‌گذاری استفاده مفیدی ببرند [۹].



شکل (۱-۶) - چشم انداز استفاده مستقیم از حرارت زمین گرمایی بر اساس منطقه (اتا ژول در سال) [۹]

در سال ۲۰۰۸، استفاده از انرژی زمین گرمایی در سطح جهان تنها ۰/۱ درصد از کل استفاده جهانی از انرژی را شامل می شد. به هر حال، تا سال ۲۰۵۰ زمین گرمایی می تواند به ۳٪ تقاضای برق جهانی و ۵٪ تقاضای سرمایه‌گذاری و گرمایش جهانی پاسخ دهد. با احتساب پروژه های برق زمین گرمایی در حال ساخت یا برنامه ریزی شده در جهان، انتظار می رود ظرفیت نصب شده زمین گرمایی به ۱۸/۵ گیگاوات تا سال ۲۰۱۵ برسد. مخصوصاً اینکه تمام نیروگاه های برق جدیدی که انتظار می رود تا ۲۰۱۵ در شبکه قرار گیرند

از نوع سیکل ترکیبی آبی و دودمداره هستند که از منابع هیدروترمال استفاده می کنند و بخش کوچکی هم مربوط به پروژه های EGS می شود.

انتظار می رود که استفاده مستقیم از زمین گرمایی (کاربردهای گرمایی از جمله GHP) با نرخ سالیانه تاریخی مشابهی (مشابه سال های ۱۹۷۵ تا ۲۰۱۰ که میزان ۱۱٪ بوده است) رشد کند و به ۸۵/۲ گیگاوات تا ۲۰۱۵ دست یابد. تا سال ۲۰۱۵، کل تولید برق به ۱۲۱/۶ تراوات ساعت در سال (۰/۴۴ اگزاژول در سال) می رسد درحالی که تولید مستقیم از گرما می تواند به ۲۲۴ تراوات ساعت در سال (۰/۸ اگزاژول) برسد. اطلاعات مربوطه به تفکیک در جدول ۱-۳ آمده است [۱۸].

جدول (۱-۳) - ظرفیت نصب شده و پیش بینی شده منطقه ای برای برق زمین گرمایی و استفاده مستقیم [۱۸]

REGION ¹	Current capacity (2010)		Forecast capacity (2015)		Forecast generation (2015)	
	Direct (GW _e)	Electric (GW _e)	Direct (GW _e)	Electric (GW _e)	Direct (TWh _e)	Electric (TWh _e)
OECD North America	13.9	4.1	27.5	6.5	72.3	43.1
Latin America	0.8	0.5	1.1	1.1	2.9	7.2
OECD Europe	20.4	1.6	32.8	2.1	86.1	13.9
Africa	0.1	0.2	2.2	0.6	5.8	3.8
Transition Economies	1.1	0.1	1.6	0.2	4.3	1.3
Middle East	2.4	0	2.8	0	7.3	0
Developing Asia	9.2	3.2	14.0	6.1	36.7	40.4
OECD Pacific	2.8	1.2	3.3	1.8	8.7	11.9
TOTAL	50.6	10.7	85.2	18.5	224.0	121.6

تحلیل سناریوها برای سه سطح از سیاست های تثبیت غلظت گازهای گلخانه ای (غلظت بیش از ۶۰۰ ppm دی اکسید کربن، بین ۴۴۰ تا ۶۰۰ ppm (دسته سه و چهار) و کمتر از ۴۴۰ ppm (دسته یک و دو)) نشان می دهد که برای رسیدن به هر کدام از این سطوح، به ترتیب، نیازمند گسترش ظرفیت زمین گرمایی به ۰/۳۹ تا ۰/۷۱ اگزاژول برای ۲۰۲۰، ۰/۲۲ تا ۱/۲۸ اگزاژول برای ۲۰۳۰ و ۱/۱۶ تا ۳/۸۵ اگزاژول برای ۲۰۵۰ هستیم. سیاست تثبیت غلظت کربن احتمالاً اصلی ترین فاکتور پیشران توسعه آینده زمین گرمایی است و در صورت اجرای سیاست مطلوب تر (رسیدن این گازها به کمتر از ۴۴۰ ppm)، گسترش زمین گرمایی تا سال ۲۰۲۰، ۲۰۳۰ و ۲۰۵۰ می تواند به طور قابل توجهی بیشتر از متوسط های ذکر شده در فوق باشد.

با در نظر گرفتن نرخ رشد سالانه تاریخی نیروگاه‌های زمین گرمایی (۷٪) و استفاده مستقیم (۱۱٪) برای سال ۲۰۱۵، ظرفیت نصب شده زمین گرمایی در ۲۰۲۰ و ۲۰۳۰ برای برق و استفاده مستقیم همانند جدول ۱-۴ خواهد بود [۱۸].

جدول (۱-۴) - پتانسیل استقرار زمین گرمایی برای کاربردهای برق و استفاده مستقیم در ۲۰۲۰ تا ۲۰۵۰ [۱۸]

Year	Use	Capacity ¹ (GW)	Generation (TWh/yr)	Generation (EJ/yr)	Total (EJ/yr)
2020	Electricity	25.9	181.8	0.65	2.01
	Direct	143.6	377.5	1.36	
2030	Electricity	51.0	380.0	1.37	5.23
	Direct	407.8	1,071.7	3.86	
2050	Electricity	150.0	1,182.8	4.26	11.83
	Direct	800.0	2,102.3	7.57	

تا سال ۲۰۵۰، ظرفیت برق زمین گرمایی می تواند به میزان بالایی معادل ۱۵۰ گیگاوات الکتریکی (که نیمی از آن را نیروگاه‌های EGS به خود اختصاص می دهند) و ۸۰۰ گیگاوات حرارتی اضافه تر برای استفاده مستقیم برسد. حتی بالاترین تخمین‌ها برای کمک بلندمدت انرژی زمین گرمایی به تأمین انرژی اصلی جهانی (۵۲/۵ اگزائول در سال) در درون محدوده پتانسیل فنی این انرژی (۱۱۸ تا ۱۱۰۹ اگزائول در سال برای برق و ۱۰ تا ۳۱۲ اگزائول برای استفاده مستقیم) و حتی زیر حد بالایی منابع هیدروترمال (۲۸/۴ تا ۵۶/۸) است. بنابراین، به نظر نمی رسد پتانسیل فنی محدودیتی برای دستیابی به سطوح بلندپروازانه تری از استقرار زمین گرمایی (برق و استفاده مستقیم) باشد، حداقل در سطح جهانی.

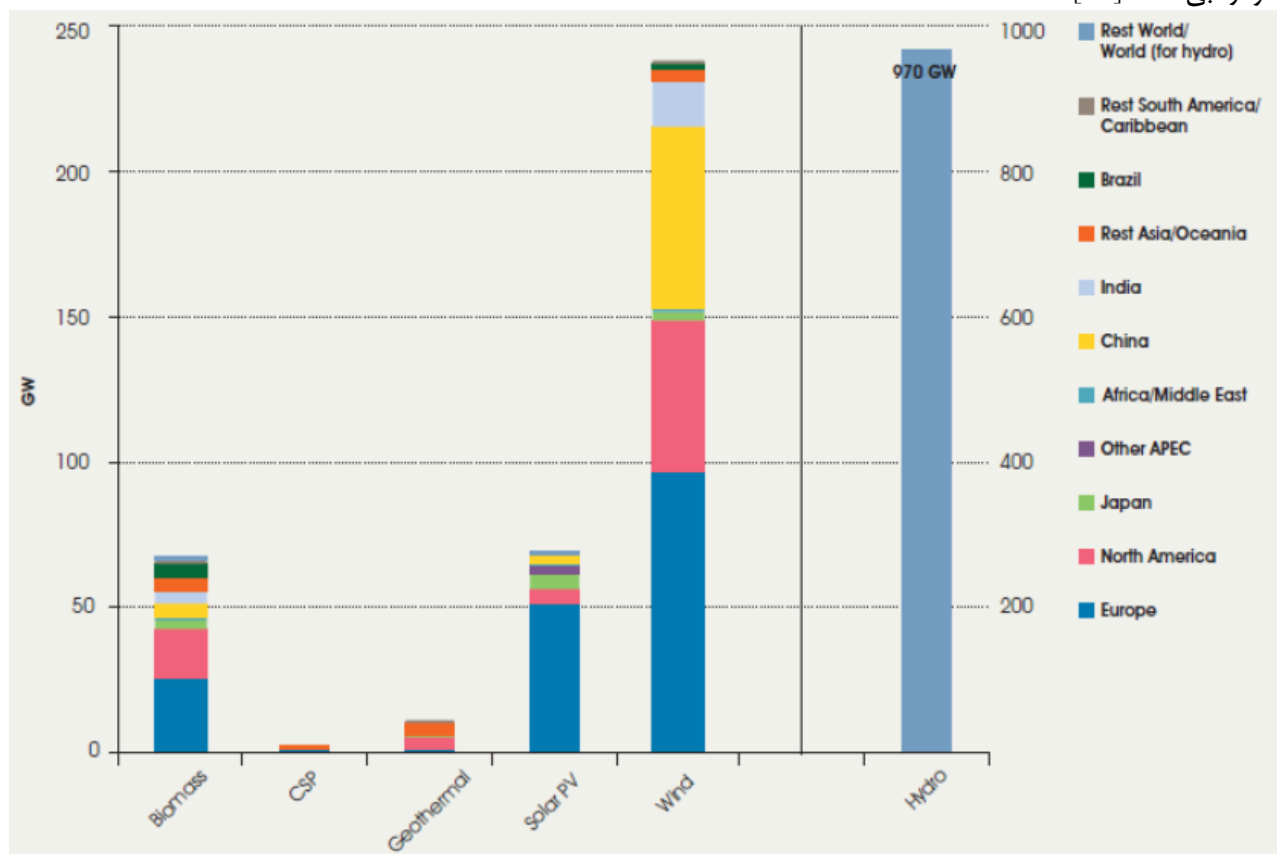
شواهدی که نشان می دهند تأمین زمین گرمایی می تواند حد بالای پیش بینی‌ها را برآورده سازد از بررسی ۱۲۰ سناریوی انرژی و کاهش گازهای گلخانه‌ای به دست آمده اند. به دلیل پتانسیل ذخیره گرمای طبیعی‌اش، زمین گرمایی می تواند به ویژه برای تأمین برق پایه مطلوب باشد.

با در نظر گرفتن پتانسیل فنی و استقرار محتمل آن، انرژی زمین گرمایی می تواند حدوداً ۳٪ تقاضای برق جهانی را تا ۲۰۵۰ پاسخ دهد و همچنین پتانسیل پاسخگویی به ۵٪ تقاضای گرمایش و سرمایش جهانی را تا ۲۰۵۰ دارد [۱۸].

۲-۱-۱- پتانسیل بالا در مقایسه با سایر انرژی های تجدیدپذیر

در پایان سال ۲۰۱۱، ظرفیت تولید برق تجدیدپذیر به حدود ۱۳۶۰ گیگاوات رسید. اگرچه هنوز بیشترین سهم را در این میان برق آبی دارد، رشد سریع نیروگاه‌های بادی و فتوولتائیک خورشیدی به این معنی است که سهم برق آبی به تدریج در حال

کاهش است. به هر حال، نرخ کاهش سهم برق آبی کند است زیرا ضریب های ظرفیت نیروگاه های بادی و فتوولتائیک خورشیدی کمتر از آبی است [۱۶].



شکل (۷-۱) - ظرفیت نصب شده تولید برق تجدیدپذیر بر اساس نوع، پایان ۲۰۱۱ (منبع: EPIA، ۲۰۱۲؛ GWEC،

۲۰۱۲؛ JHA؛ ۲۰۱۲؛ JGA؛ ۲۰۱۲؛ PLATTS؛ ۲۰۱۱؛ REN21؛ ۲۰۱۲) [۱۶].

برق زمین گرمایی یک منبع برق پایدار است به دلیل اینکه ۲۴ ساعت شبانه روز بدون توجه به اتفاقات تصادفی کار می کند. نیروگاه زمین گرمایی، هنگامی که مسئولانه ساخته و مدیریت شود، می تواند نیم قرن یا بیشتر عمر کند. نیروگاه های زمین گرمایی ساخته شده در دهه ۱۹۷۰، مثل نیروگاه Geysers در کالیفرنیا، تا به امروز فعالند و بخارها و آب شورهای زمین گرمایی را به برق تبدیل می کنند. به علاوه، برق زمین گرمایی و برخلاف بسیاری از دیگر فناوری های انرژی تجدیدپذیر که هنوز نسبتاً جدید هستند و ریسک های فنی بالایی دارند، فناوری ای از نظر فنی و تجاری بالغ است. اگر نگران اثرات شکاف زمین نباشیم و برای نیروگاه زمین گرمایی همان میزان اثرات زیست محیطی سایر فناوری ها را مجاز بدانیم، این نیروگاه ها قابل گسترش تا بیش از ۵۰ مگاوات هستند.

اگرچه رشد تقاضای سالانه برق آهسته است (معادل ۷٪ در سال ۲۰۱۳)، اما EIA انتظار دارد که تقاضای برق در سال های ۲۰۱۱ تا ۲۰۴۰ به میزان ۲۴٪ رشد داشته باشد. بار پایه، بخشی اساسی از این رشد خواهد بود. یک تولیدکننده برق نوعی، ۴۰-۳۵٪ حداکثر بار را در طول سال به عنوان بار پایه در نظر می گیرد. برق زمین گرمایی گزینه ای قابل اطمینان و اقتصادی برای تأمین برق بار پایه است.

منابع مختلف انرژی مهم هستند و فناوری های نوآورانه نقش اصلی را در انتقال به اقتصاد انرژی پاک و کاهش گازهای گلخانه ای بازی می کنند. به هر حال، این فناوری ها مختلف هستند و این یعنی اگرچه بعضی سیستم ها می توانند نسبتاً قابل پیش بینی باشند اما به دلیل عواملی خارج از کنترل کاربران نیروگاه برق، به طور مستمر در دسترس نیستند. محبوبیت و فراوانی سیستم های فتوولتائیک خورشیدی همزمان با کاهش قیمت آن رو به گسترش است اما خروجی برق تولیدی فتوولتائیک متغیر است و تزریق برق در نقاط مختلف شبکه خطوط توزیع، ولتاژ خطوط توزیع را در نقاط تقاطع با هم افزایش می دهد. خروجی می تواند در دوره های کوتاه زمانی به دلیل شرایط زیست محیطی مانند رد شدن ابرها به طور قابل ملاحظه ای تغییر کند. هنگامی که خروجی سیستم فتوولتائیک نوسان می کند، ولتاژ هم در خطوط توزیع بالا و پایین می رود. برق بادی هم منبع اصلی در حال گسترشی برای تولید برق آمریکا و فناوری مهمی برای ساخت اقتصاد انرژی پاک به منظور کاهش گازهای گلخانه ای به حساب می آید. به هر حال، آن هم یک منبع متغیر برق است. برخی عوامل به متغیر بودن تولید بادی دامن می زنند، مثل: اقداماتی که برای کاهش خطرات برای حیات وحش در محدوده پرها انجام می شود. معمولاً، وقتی انرژی بیشتری از آنچه شبکه برق می تواند مدیریت کند، تولید شود، تطبیق تقاضا و عرضه سبب تغییر آنی تولید می شود. برخلاف سوءبرداشت های قبلی پیش آمده نسبت به انرژی زمین گرمایی، برق زمین گرمایی توانایی کار در حالت انعطاف پذیر را دارد و می تواند سریعاً با تغییرات در سیستم برق هماهنگ شود. نیروگاه برق زمین گرمایی می تواند تنظیمات، عدم تعادل انرژی یا انطباق با بار، ذخیره چرخشی و غیرچرخشی، و ذخیره مکمل یا جایگزین را تأمین کند. برای مثال، ۸ مگاوات از ۱۶ مگاوات ظرفیت زمین گرمایی نیروگاه پونا در هاوایی هم اکنون تنها برای تأمین خدمات کمکی برای حمایت از شبکه اختصاص یافته است.

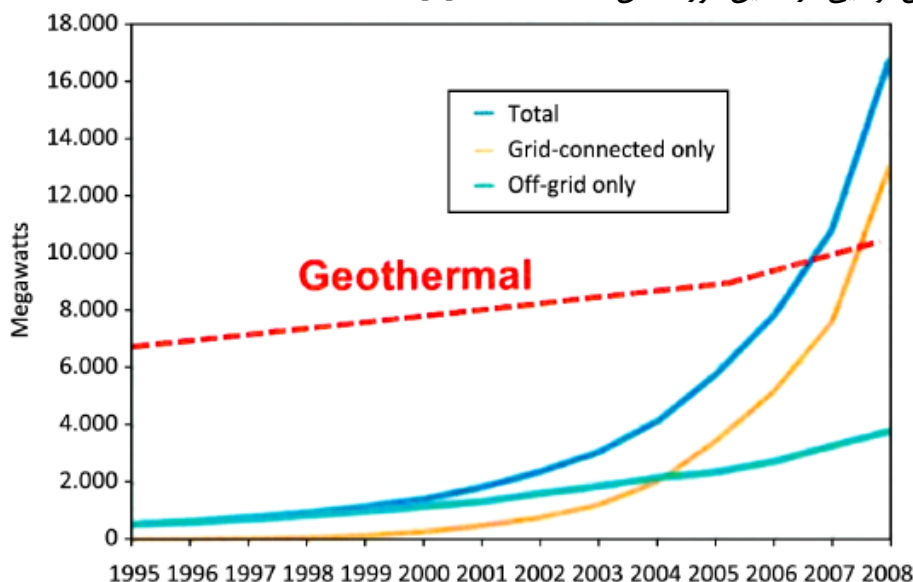
خروجی بعضی نیروگاه های زمین گرمایی می توانند به صورت پلکانی در طول یک روز چندین بار بالا و پایین شوند (به حداقل ۱۰٪ برق اسمی تا ۱۰۰٪ آن برسند) [۸].

داده‌های جدید در زمینه توسعه تولید برق از منابع تجدیدپذیر در گزارش سال ۲۰۱۴ REN21^۱ دیده می‌شود. ظرفیت نصب‌شده برق بادی به وضوح روند شتابداری را به صورت نمایی از خود نشان می‌دهد، با نرخ رشد سالانه‌ای معادل ۲۵٪ [۶].



شکل (۱-۸) - رشد برق تولیدی انرژی بادی (گیگاوات) در سال های ۲۰۱۳-۲۰۰۰ [۶]

روند مشابهی از رشد نمایی هم برای برق خورشیدی فتوولتائیک در سال های ۲۰۰۸-۱۹۹۵ گزارش شده است. در شکل زیر، رشد برق زمین گرمایی در همین دوره نشان داده شده است [۶].



شکل (۱-۹) - روند رشد انرژی خورشیدی در مقایسه با زمین گرمایی [۶]

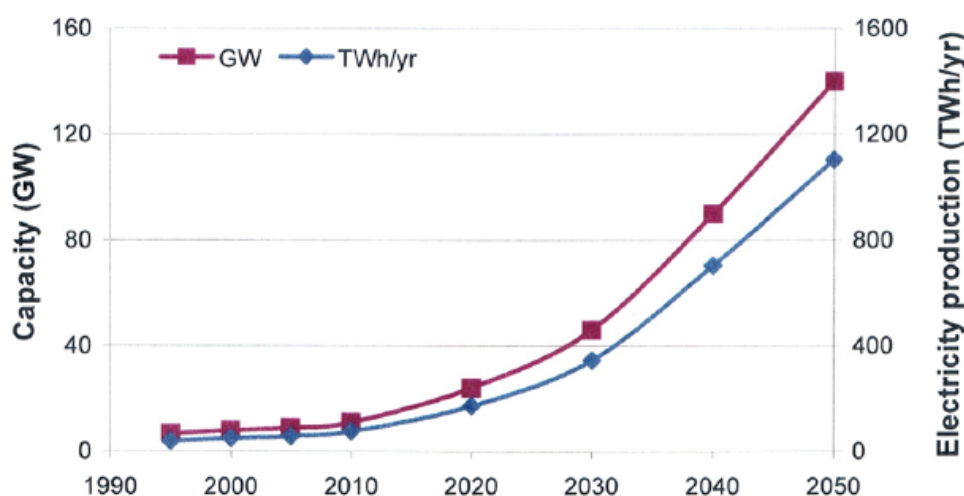
^۱Renewables 2014: Global Status Report 2014; Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN21): Paris, France, 2014

واضح است که زمین گرمایی تا سال ۲۰۰۷ بالاتر از انرژی خورشیدی و پس از آن خورشیدی بالاتر از زمین گرمایی قرار گرفته است. اینجا باید متذکر شویم که تقریباً تمام برق زمین گرمایی تا به حال از منابع هیدروترمال تأمین شده است و ظرفیت ذکر شده برای انرژی خورشیدی نیز به ظرفیت نصب شده بر می گردد نه به برق واقعاً تولید شده. آنچه باید به حساب آید، مقدار تولید شده الکتریسیته است. داده های تولید سالانه در جدول زیر برای منابع تجدیدپذیر مختلف آمده است. باد همیشه نمی وزد، خورشید تنها در طول روز می تابد، در حالی که تولید زمین گرمایی می تواند همه زمان ها ادامه داشته باشد (به جز توقف تولید برای مثال در طول عملیات تعمیر و نگهداری). این امر به وسیله فاکتور ظرفیت (درصد ساعات عملیاتی سالانه)، در جدول زیر نشان داده شده است [۶].

جدول (۱-۵) - مقایسه تولید برق جهانی توسط فناوری های تجدیدپذیر مختلف در ۲۰۱۳ [۶]

فناوری	ظرفیت نصب شده		تولید سالانه		دسترسی
	گیگاوات	%	تراوات ساعت در سال	%	
برق آبی	۱۰۰۰	۶۴/۲	۳۶۸۰	۷۴/۹	۴۲
زیست توده	۸۸	۵/۷	۴۰۵	۸/۲	۵۳
باد	۳۱۸	۲۰/۴	۵۸۵	۱۱/۹	۲۱
زمین گرمایی	۱۲	۰/۸	۷۶	۱/۵	۷۲
PV خورشیدی	۱۳۹	۸/۹	۱۷۰	۳/۵	۱۴
کل	۱۵۵۷	۱۰۰	۴۹۱۶	۱۰۰	-

تا امروز، رشد زمین گرمایی بیشتر از منابع آب گرم سنتی بوده است. چنین منابعی در مکان های خاصی پیدا می شوند که سیال با دمای بسیار بالا در عمق نسبتاً نزدیک به سطح (۲-۴ کیلومتری) وجود دارد. چنین شرایطی در نواحی آتشفشانی یا بعضی نواحی دیگر، بسته به وضعیت تکتونیک صفحه وجود دارد. قابل انتظار است که توسعه برق زمین گرمایی با منابع سنتی کم و بیش به رشد خطی خود ادامه دهد اما فناوری های جدیدی برای فراهم کردن رشد نمایی زمین گرمایی پدید آمده اند که نقش مهمی در توسعه این انرژی بازی می کنند مانند فناوری سیستم های EGS. در تحقیقی که توسط پنل بین دولتی تغییرات آب و هوایی (IPCC) انجام شد، تخمین زده شده است که منحنی رشد برق زمین گرمایی از هم اکنون تا ۲۰۵۰ چه شکلی خواهد داشت. شکل زیر نتیجه بدست آمده را نشان می دهد [۶].



شکل (۱-۱۰) - ظرفیت زمین گرمایی نصب شده و تولید برق از سال ۱۹۹۵ و پیش بینی برای دوره ۲۰۵۰-۲۰۱۰ [۶]

بعضی از منابع برق تجدیدپذیر (مخصوصاً اقیانوسی، فتوولتائیک خورشیدی، بادی) متغیر هستند و فقط به صورت بخشی قابلیت پراکندگی دارند: تولید از این منابع در صورت نیاز می‌تواند کاهش یابد اما حداکثر تولید بستگی به در دسترس بودن منبع تجدیدپذیر دارد (مثل جریان‌های جزر و مدی، خورشید یا باد). اگر تولید به خوبی با دفعات تقاضای بالای انرژی همبستگی نداشته باشد و در ساعات تقاضای پیک نتوان از آن بهره برد، نمی‌توان روی دسترسی این چنین تجدیدپذیرهایی حساب کرد. به‌علاوه، تغییرپذیری و پیش‌بینی‌پذیری بعضی از تجدیدپذیرها گنجایش/بار را در تولید قابل پراکنده‌سازی افزایش می‌دهد. در بسیاری موارد، تغییرپذیری و پیش‌بینی‌پذیری بخشی، به دلیل تنوع جغرافیایی تا حدی از دست می‌رود - تغییرات و اشتباه‌های پیش‌بینی همیشه در یک زمان و در یک راستا اتفاق نمی‌افتند.

به‌هرحال، یک چالش کلی برای بیشتر تجدیدپذیرها این است که منابع تجدیدپذیر وابسته به مکان هستند بنابراین برق تجدیدپذیر تولیدشده به‌صورت متمرکز، ممکن است نیاز به انتقال در مسافت‌های طولانی و توسعه شبکه داشته باشد. منابع تجدیدپذیر قابل پراکنده‌سازی (از جمله برق آبی، بیوانرژی، انرژی زمین‌گرمایی و CSP دارای ذخیره گرمایی) می‌توانند در بسیاری موارد انعطاف‌پذیری بیشتری برای سیستم به‌منظور یکپارچگی سایر منابع تجدیدپذیر فراهم کنند و معمولاً ظرفیت همیشگی مطمئن تری دارند [۱۸].

جدول (۶-۱) - خلاصه خصوصیات یکپارچه ساز برای یک مجموعه از فناوری های تجدیدپذیر [۱۸]

Technology		Plant size range (MW)	Variability: Characteristic time scales for power system operation (Time scale)	Dispatchability (See legend)	Geographical diversity potential (See legend)	Predictability (See legend)	Capacity factor range %	Capacity credit range %	Active power, frequency control (See legend)	Voltage, reactive power control (See legend)
Bioenergy		0.1-100	Seasons (depending on biomass availability)	+++	+	++	50-90	Similar to thermal and CHP	++	++
Direct solar energy	PV	0.004-100 modular	Minutes to years	+	++	+	12-27	<25-75	+	+
	CSP with thermal storage ¹	50-250	Hours to years	++	+	++	35-42	90	++	++
Geothermal energy		2-100	Years	+++	N/A	++	60-90	Similar to thermal	++	++
Hydro power	Run of river	0.1-1,500	Hours to years	++	+	++	20-95	0-90	++	++
	Reservoir	1-20,000	Days to years	+++	+	++	30-60	Similar to thermal	++	++
Ocean Energy	Tidal range	0.1-300	Hours to days	+	+	++	22.5-28.5	<10%	++	++
	Tidal current	1-200	Hours to days	+	+	++	19-60	10-20	+	++
	Wave	1-200	Minutes to years	+	++	+	22-31	16	+	+
Wind energy		5-300	Minutes to years	+	++	+	20-40 onshore 30-45 offshore	5-40	+	++

۳-۱-۱- اثرات محیط زیستی

در میان انرژی های که برای تأمین بار پایه مناسب هستند، زمین گرمایی پایین ترین اثرات (ردپای) کربنی را دارد. آلودگی کربنی زمین گرمایی (۵۹-۳۹۶ پوند بر مگاوات ساعت) در مقایسه با ذغال سنگ (۲۲۰۰ پوند بر مگاوات ساعت) یا گاز طبیعی (۸۶۱ پوند بر مگاوات ساعت) قابل چشم پوشی است. سوزاندن منابع زیست توده هم در واقع، دی اکسید کربن بیشتری را نسبت به سوخت های فسیلی وارد جو می کند. از آنجایی که بیشتر این دی اکسید کربن در هر حال رهاسازی می شود، سخت است که ردپای کربنی خالص زیست توده را ارزیابی کنیم. برخلاف ابهام موجود پیرامون آلودگی های زیست توده، برق زمین گرمایی یک مزیت کاهش کربن غیر قابل انکار در مقایسه با سوخت های فسیلی سنتی دارد.

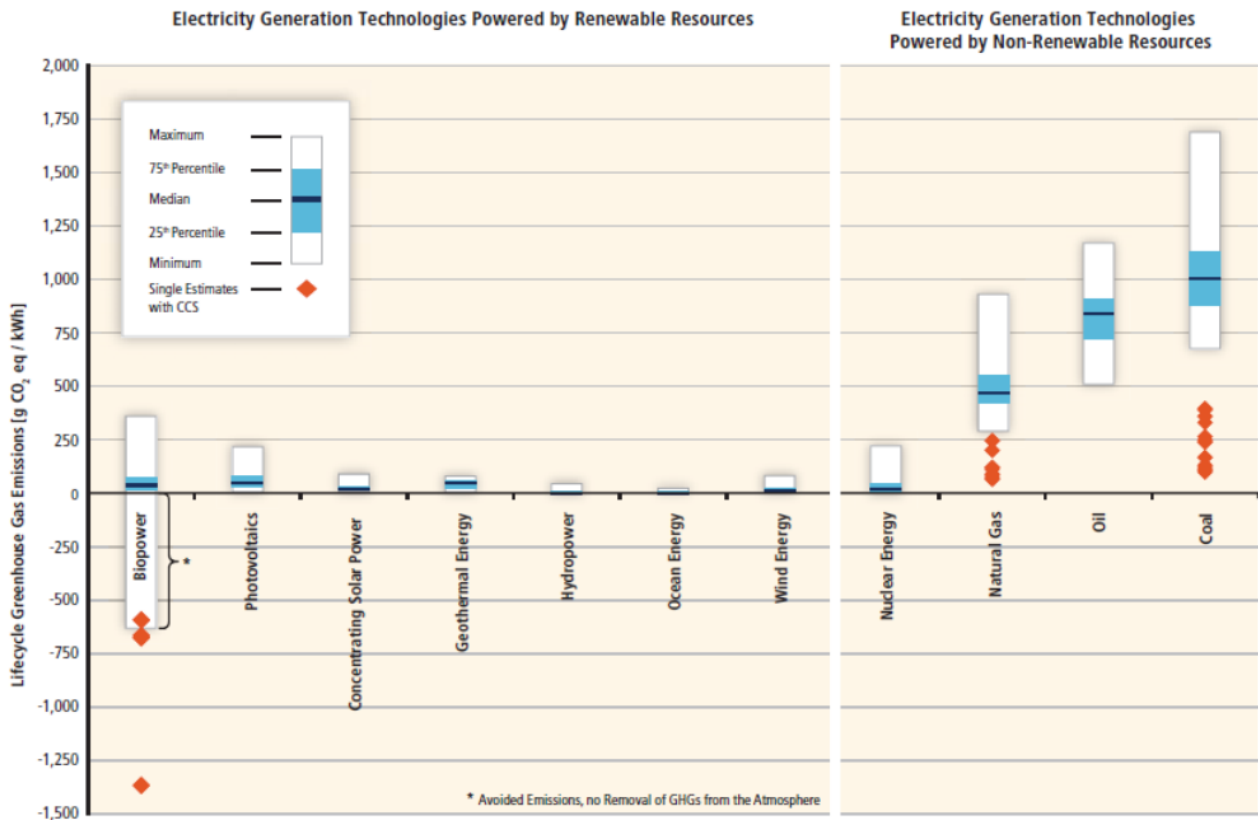
نیروگاه برق زمین گرمایی مقدار مساحت کمتری از سطح زمین را در مقایسه با دیگر منابع انرژی اشغال می کند، مخصوصاً وقتی که با دیگر تجدید پذیرها مقایسه شود. بر خلاف خورشیدی، باد و زیست توده که برای جمع کردن انرژی پراکنده در وسعت زیادی از زمین پیش بینی شده اند، زمین گرمایی منابع متمرکز زیرزمینی را استخراج می کند. طراحی این نیروگاه به معنی عدم نیاز به سطح زمین گسترده برای تولید سطوح قابل توجهی از انرژی است. مقاله ای اخیراً تراکم زمین مورد استفاده در منابع انرژی

مختلف را براساس فناوری مورد استفاده احتمالی در ۲۰۳۰ تخمین زده است. استفاده تخمینی زمین گرمایی ۷/۵ کیلومتر مربع بر تراوات ساعت در سال است که بهتر از ذغال سنگ با ۹/۷، حرارت خورشیدی با ۱۵/۳، گاز طبیعی با ۱۸/۶، برق خورشیدی با ۳۶/۹، نفت با ۴۴/۷، برق آبی با ۵۴ و باد با ۷۲/۱ و زیست توده با ۵۴۳/۴ می باشد [۸].

انرژی زمین گرمایی نرخ آلودگی بسیار پایینی دارد مخصوصاً وقتی با سوخت های فسیلی مقایسه شود که مستقیماً منبع اصلی را می سوزانند. نیروگاه های دوداره که بیشتر انرژی زمین گرمایی را تولید می کنند، آلودگی گازهای گلخانه ای نزدیک به صفر و حداقل آلودگی ذرات معلق را دارند. با در نظر گرفتن آلودگی های چرخه عمر، نیروگاه های زمین گرمایی دوداره یکی از پاک ترین اشکال انرژی هستند. نیروگاه های سنتی (فلش و بخار) هم بهبود قابل توجهی نسبت به ذغال سنگ و گاز طبیعی داشته اند، همان طور که در جدول زیر نشان داده شده است:

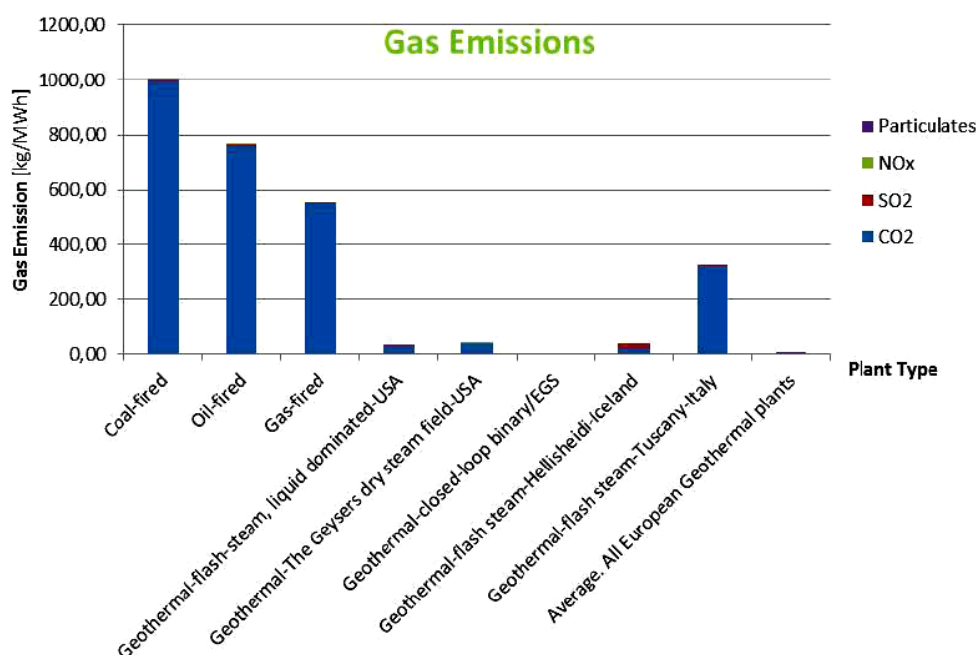
جدول (۱-۷) - سطح آلودگی تخمین زده شده نیروگاه ها [۶]

ذغال سنگ	گاز طبیعی	دوداره	فلش	بخاری	[پوند بر مگاوات ساعت]
۲۲۰۰	۸۶۱/۱	-	۳۹۶/۳	۵۹/۸۲	دی اکسید کربن
۰/۲۵۲۳	۰/۰۱۶۸	-	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	CH _۴
۰/۵۹۰۰	۰/۱۱۰۰	-	-	-	PM _{۲/۵}
۰/۷۲۰۰	۰/۱۲۰۰	-	-	-	PM _{۱۰}
۱۸/۷۵	۰/۰۰۴۳	-	۰/۳۵۰۰	۰/۰۰۰۲	SO _۲
۰/۰۳۶۷	۰/۰۰۱۷	-	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	N _۲ O



Count of Estimates	222(+4)	124	42	8	28	10	126	125	83(+7)	24	169(+12)
Count of References	52(+0)	26	13	6	11	5	49	32	36(+4)	10	50(+10)

شکل (۱۱-۱) - کاهش تغییرات آب‌وهوایی و کاهش اثرات محیط زیست و سلامت برای انرژی‌های مختلف [۱۸].



شکل (۱-۱۲) - میزان انتشار گازها در منابع انرژی مختلف [۵]

اثرات محیط زیستی زمین گرمایی بسته به محل قرارگیری سایت فرق می کند و وابستگی زیادی با حوضچه خروج سیال و فناوری های استفاده شده برای کاهش آلودگی آن دارد. تولید انرژی زمین گرمایی در ایتالیا از سال های ابتدایی قرن بیستم و در ناحیه لدرللو آغاز گردید. منطقه مونت آمیاتا^۲ یک ناحیه آتشفشانی خاموش در جنوب منطقه توسکانی ایتالیاست. اکتشاف منابع زمین گرمایی در این ناحیه به سال ۱۹۶۰ برمی گردد. در سال های دهه ۱۹۹۰ یک چاه زمین گرمایی با آنتالپی بالا در عمق ۲/۵-۴ کیلومتری زمین با دمای ۳۰۰-۳۵۰ درجه سانتی گراد و فشاری معادل ۲۰ مگاپاسکال کشف شد که پتانسیل بالایی برای تولید برق داشت. این حوزه زمین گرمایی غالباً هیدروترمال با دمای بالاست. در حال حاضر ۴ نیروگاه فعال زمین گرمایی در آن وجود دارد:

- یک واحد در سایت بگنور^۳ که ناحیه ای حدود ۵ کیلومترمربع را با ۷ چاه تولیدی و ۴ چاه تزریقی شامل می شود.

- ۳ واحد در سایت پیانکاستاگ نایو^۴ که حدود ۲۵ کیلومترمربع و ۱۹ چاه تولیدی و ۱۱ چاه تزریقی را دربرمی گیرد.

از این ۴ نیروگاه، واحد واقع در بگنور از نوع سیکل ترکیبی آبی است و بقیه آن ها از نوع بخاری که اب همراه آن در ابتدای مسیر جدا می شود.

^۱Larderello

^۲Mount Amiata

^۳Bagnore

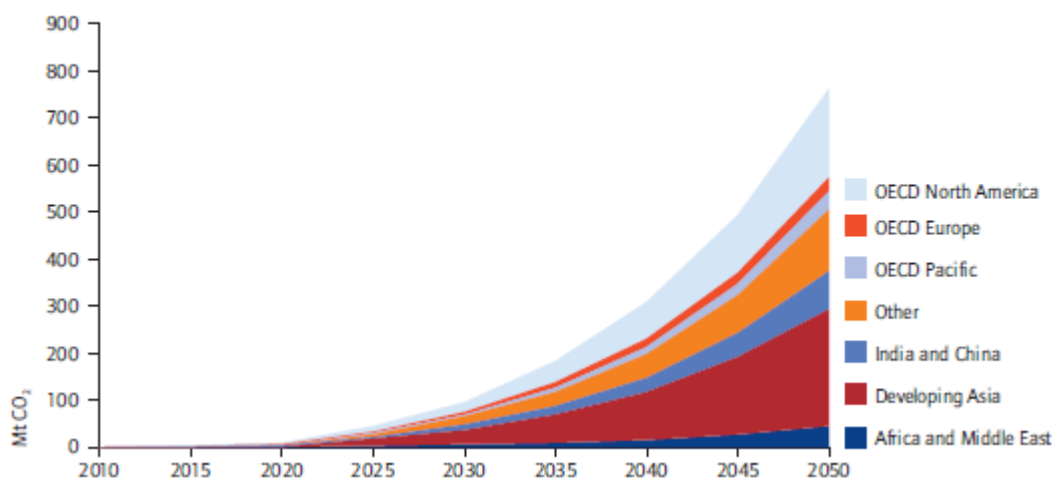
^۴Piancastagnaio

در تحقیقی که براوی و باسوسی (۲۰۱۳) در این ناحیه انجام دادند، مشخص شد که برق تولیدشده از زمین گرمایی در این ناحیه را نمی توان در شمار انرژی های بدون انتشار کربن قرار داد. در حقیقت، وضعیت طبقات زمین، سیستم زمین گرمایی و خصوصیات چاهها بر انتشار گازهای گلخانه ای و گرمایش زمین توسط زمین گرمایی اثر می گذارد. منطقاً می توان بحث کرد که شکاف های ایجادشده به واسطه چاه های زمین گرمایی برای رسیدن به عمق ۳۵۰۰ متری با قطر ۳۰ اینچ در سطح و ۸/۵ اینچ در سر چاه، جریان سیال های زمین گرمایی و دی اکسید کربن به سطح را به صورت غیرعادی افزایش می دهد. در حوزه مونت آمیاتا، فرایند اکتشاف زمین گرمایی فرایند تولید دی اکسید کربن طبیعی را افزایش می دهد. در ناحیه دیگر ممکن است این طور نباشد. در واقع فناوری هایی که قابلیت کافی برای حداقل کردن اثرات محیط زیستی و درعین حال حداکثر کردن تولید برق دارند در این ناحیه مورد استفاده قرار نمی گیرند. با بهبود فناوری ها برای تولید برق زمین گرمایی و استفاده از نیروگاه های دودمداره به جای سیکل ترکیبی یگانه یا استفاده از فناوری های ترمیمی برای نیروگاه های موجود می توان این امر را کنترل کرد [۲۴].

بیشترین آلودگی مرتبط با زمین گرمایی مربوط به هیدروژن سولفید است که وقتی به اتمسفر رها می شود تبدیل به دی اکسید گوگرد و سولفوریک اسید می شود. هیدروژن سولفید یک عنصر سیستم های آتشفشانی و زمین گرمایی است. امروزه سیستم های کاهش سولفید به طور گسترده ای در صنعت مورد استفاده قرار می گیرند و کارایی بیش از ۹۹٪/۹ در تصفیه این ماده از خود نشان داده اند. از طریق چنین سیستم هایی، هیدروژن سولفید به سولفور تبدیل می شود که می توان از آن برای تقویت و اصلاح زمین ها بهره برد [۸].

در سناریویی که ETP^۱ در سال ۲۰۱۰ ارائه داده است، با فرض اینکه تمام نیروگاه های زمین گرمایی چرخه بسته باشند و اضافه تولید زمین گرمایی جایگزین سوخت های فسیلی شود، انتظار می رود که ۱۴۰۰ تراوات برق زمین گرمایی تولیدشده تا ۲۰۵۰، بتواند سالانه حدود ۷۶۰ مگا-تن حذف دی اکسید کربن را در پی داشته باشد [۹].

^۱The IEA publication: *Energy Technology Perspectives*



شکل (۱-۱۳) - کاهش آلودگی دی اکسید کربن از طریق برق زمین گرمایی تا سال ۲۰۵۰ [۹].

گرمایش و سرمایش حدود ۴۳٪ از مصرف نهایی انرژی در اروپا را به خود اختصاص می‌دهد، چه در بخش خانگی و چه صنعتی. بنابراین، بزرگ‌ترین مصرف‌کننده نهایی است. اکثریت گرمایش امروزه از طریق مصرف ترکیبی از سوخت‌های فسیلی انجام می‌شود در حالی که سرمایش از طریق فرآیندهای الکتریکی انجام می‌شود، بنابراین، وابستگی شدیدی به ذغال سنگ و گاز دارد. این دلیلی است که سیستم گرمایش و سرمایش کنونی نه تنها هزینه واردات سوخت‌های فسیلی را در اروپا بالا برده است، بلکه همچنین نقش اصلی را در افزایش آلودگی گازهای گلخانه‌ای در اروپا دارد.

تغییر به سوی منابع انرژی بدون کربن و محلی برای رسیدن به هدف کاهش گازهای گلخانه‌ای به میزان ۸۰-۹۵٪ در سال ۲۰۵۰ ضروری است. بر این اساس، استفاده از گرمایش و سرمایش تجدیدپذیر، مخصوصاً به‌طریقه زمین گرمایی، برای حذف کربن ضروری است [۳].

شماری دیگر از مزایای محیط‌زیستی زمین گرمایی عبارتند از:

- اثرات کربنی کمی که ضررهای پایدار اندکی، بر جای می‌گذارد.
- اختلال و اتلاف کمی در ساخت سایت‌ها رخ می‌دهد.
- حداقل اثرات بصری ساختمان‌ها، برج‌های خنک‌کننده و لوله‌کشی‌ها بر محیط.
- تزریق مجدد سیال زمین گرمایی به حوضچه (چشمه) اصلی سبب آلودگی آب‌های زیرزمینی نمی‌شود.
- حفار هیدرولیک با پیروی از قوانین محیط‌زیستی، از ۹۹٪ آب و مواد شیمیایی بی‌خطر استفاده می‌کند.
- میکرو ارتعاش‌های ناخواسته ایجادشده در طی فرایند تزریق مجدد کاملاً قابل نظارت و کنترل هستند [۴].

۴-۱-۱- فرصت های شغلی و توسعه اقتصادی

استفاده از منابع انرژی زمین گرمایی می تواند فرصت های توسعه اقتصادی را برای کشورها در قالب مالیات ها، حق امتیازها، صادرات فناوری، و اشتغال زایی در پی داشته باشد [۵].

حق امتیاز، مالیات دارایی و درآمدهای اجاره: برق زمین گرمایی شماری مزایای اقتصادی مستقیم دارد که برای سایر فناوری های تجدیدپذیر وجود ندارد. برای مثال، در کشور آمریکا بر خلاف باد و خورشید، نیروگاه های زمین گرمایی حق امتیازهای ایالتی یا فدرال و مبالغ کلانی مالیات دارایی پرداخت می کنند که برای نواحی روستایی که این نیروگاه ها در آنجا قرار دارند، محلی برای کسب درآمد است. انرژی خورشیدی از مالیات معاف است و میناهای مالیاتی را در این نواحی جابه جا می کند. به علاوه منابع زمین گرمایی کاملاً اجاره ای هستند. همچنین زمین های ایالتی درآمدهای اضافی از توسعه زمین گرمایی کسب می کنند. نیمی از نیروگاه های زمین گرمایی در زمین های عمومی قرار دارند که سبب افزایش درآمد برای آن ایالت یا استان می شوند [۱۱].

ایجاد اشتغال: در ۲۰۱۳، ۲۵۰۰-۳۰۰۰ شغل مستقیماً مربوط به برق زمین گرمایی در ۲۸ کشور عضو اتحادیه اروپا وجود داشت. شغل های مربوطه می توانند به چندین نوع مختلف شکسته شوند: از مهندسی، حفاری و کارگران نیروگاه های تجهیزات تا مدیران پروژه. برق زمین گرمایی همچنین شغل های غیرمستقیمی نیز ایجاد می کند مانند تأمین کنندگان مواد اولیه و مشاغل مرتبط با آنها.

تولید برق زمین گرمایی، تنوعی از مشاغل را در طول دوره عمر خود در بر می گیرد. مشاوران و دانشمندان زمین شناس اکتشاف-های اولیه را انجام می دهند؛ مهندسان حفاری و تیم های ساخت، تسهیلات را توسعه می دهند؛ و نهایتاً کارکنان عملیات و نگهداری نیروگاه را راه می اندازند. این گام ها و بسیاری دیگر در فرایند، موقعیت های شغلی حرفه ای و با کیفیتی را ایجاد می کند [۸]. بعضی از حوزه های اصلی در صنعت برق زمین گرمایی که می تواند اثر قابل ملاحظه ای بر فعالیت های اقتصادی و ایجاد اشتغال بگذارد، عبارتند از:

- تأمین کنندگان تجهیزات مکانیکی و مواد اولیه خام
- مشاوران و پیمانکارانی که به دنبال جستجوی منابع زمین گرمایی هستند.
- شرکت های حفاری و تأمین کنندگان خدمات حوضچه ها (چشمه ها)
- خدمات محیط زیستی مدیریت کننده جوازها و نمونه گیری
- توسعه دهندگان زمین گرمایی، توسعه پروژه های مربوطه، ساخت، امنیت و ...

- اپراتورهای نیروگاه برق و کارکنان نگهداری

- دانشمندان برای توسعه تحقیقات و پیشرفت‌ها [۴].

علاوه بر شغل‌هایی که به طور مستقیم ایجاد می‌شوند، توسعه زمین‌گرمایی افزایش غیرمستقیمی در اشتغال در صنایع مختلفی که خدمات اکتشاف و استخراج، ساخت و عملیات و نگهداری ارائه می‌دهند، پدید می‌آورد. مثال‌هایی از این مشاغل عبارتند از: کارکنان خدمات تجهیزات، نگهبانان، وکلا و قانون‌گذاران دولتی.

همان‌طور که جدول ۱-۸ نشان می‌دهد زمین‌گرمایی شغل‌های بیشتری را به‌ازای هر مگاوات نسبت به گاز طبیعی پدید

می‌آورد [۸].

جدول (۱-۸) - ایجاد شغل رقابتی [۸]

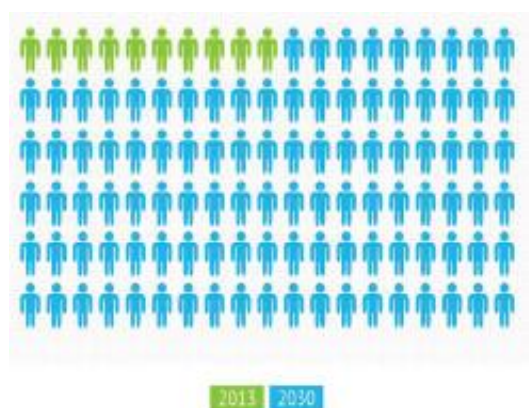
منبع برق	کارکنان ساخت (شغل/مگاوات)	کارکنان عملیات و نگهداری (شغل/مگاوات)	مجموع کارکنان برای ظرفیت ۵۰۰ مگاوات (فرد در سال)
زمین‌گرمایی	۴/۰	۱/۷	۲۷/۰۵۰
گاز طبیعی	۱/۰	۰/۱	۲/۴۶۰

مثال‌هایی از مشاغل ایجاد شده در هر گام توسعه زمین‌گرمایی:

- مرحله نوپایی: باستان‌شناسان، آب‌شناسان، زیست‌شناسان حیات وحش، زمین‌شناسان، وکلا، انجمن‌ها و سازمان‌های محیط‌زیستی
- مرحله اکتشاف و استخراج: زمین‌شناسان، ژئوشیمیست‌ها، ژئوفیزیک‌دان‌ها، متخصصان سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، حفاران اکتشاف، مهندسان، تحلیلگران نمونه، مشاوران، کارکنان مدیریتی، کارکنان دفتری.
- مرحله حفاری امکان‌سنجی (یک مرحله پیش از حفاری اصلی): مهندسان حفار، مدیران سایت، متخصصان گل حفاری، کارکنان حفاری سیال، کارکنان سیمان‌کاری، تیم تعقیب، انتقال دکل حفاری، انتقال سوخت، جوشکاران، مدیران ایمنی
- مرحله حفاری و ساخت: مهندسان، طراحان نیروگاه، بازرسان اسناد، مدیران پروژه، حامیان مدیریتی، مدیران ایمنی، جوشکاران، آهنگران، بتن‌ریزان، ماشین‌های موتناژ، کارکنان بازرسی
- مرحله عملیات و نگهداری: مدیران نیروگاه، مهندسان، تکنسین‌ها، کاربران سایت، تعمیر و خدمات [۸].

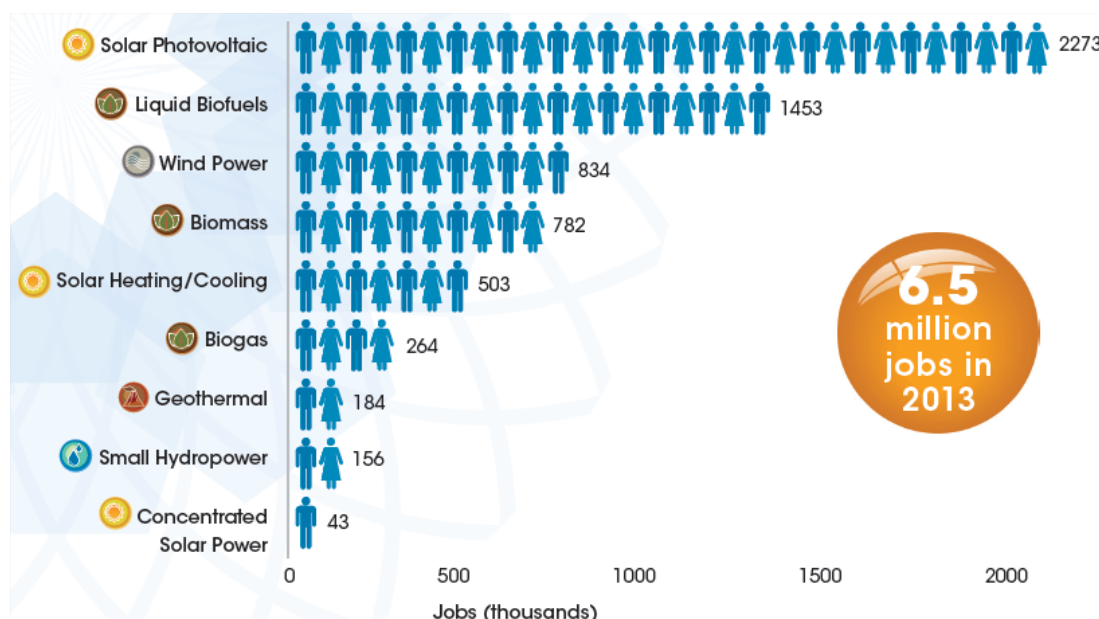
تعداد کل شغل های زمین گرمایی تخمین زده شده در ۲۰۱۳، ۱۰۰۰۰ شغل است. بر پایه پروژه های تحت توسعه و تحت سرمایه گذاری و همچنین ظرفیت نصب شده، ایجاد اشتغال تا سال ۲۰۲۰ در کشورهای ایتالیا، مجارستان، یونان، پرتغال، فرانسه، آلمان، اسپانیا، انگلستان، ایسلند، ترکیه، بلژیک، اسلواکی، و سوئیس مورد انتظار است. تا سال ۲۰۳۰، بیش از ۱۰۰۰۰۰ نفر بایستی در این بخش استخدام شده باشند.

در طی چند سال گذشته، ظرفیت های نصب شده جدید اندک، سبب تمرکز شغل ها در O&M (عملیات و نگهداری) شده است که به طور معمول کارگران کمی نیاز دارد. توسعه تعداد زیادی از پروژه های جدید می تواند سبب شکوفایی حقیقی در فعالیت های حساس به کارگر مانند استخراج، حفاری، ساخت، و تولید شود [۴].



شکل (۱-۱۴) - نسبت اشتغال فعلی و آینده پروژه های زمین گرمایی [۴]

وضعیت اشتغال زایی در مقایسه با سایر تجدیدپذیرها: استقرار انرژی تجدیدپذیر از تغییرات منطقه ای، بازآرایی صنعت، رقابت روبه رشد، پیشرفت های فناوری، فرایندهای تولیدی و اثرات ریاضت و عدم اطمینان سیاست ها نیز متأثر می شود. زمینه سیاست گذاری بسیار حیاتی است. در حالی که تناسب ابزارهای سیاسی مختلف بسته به وضعیت یک کشور فرق می کند، پایداری چارچوب سیاسی یک امر کلیدی است. عدم اطمینان یا تغییرات پیاپی برای ایجاد اشتغال یک معضل اساسی است. به علاوه، کمبود مهارت نیز می تواند به عنوان یک مانع اصلی در استقرار انرژی تجدیدپذیر و به تبع، استخدام مربوط به آن، عمل کند



شکل (۱۵-۱) - استخدام انرژی های تجدیدپذیر براساس فناوری [۱۷]

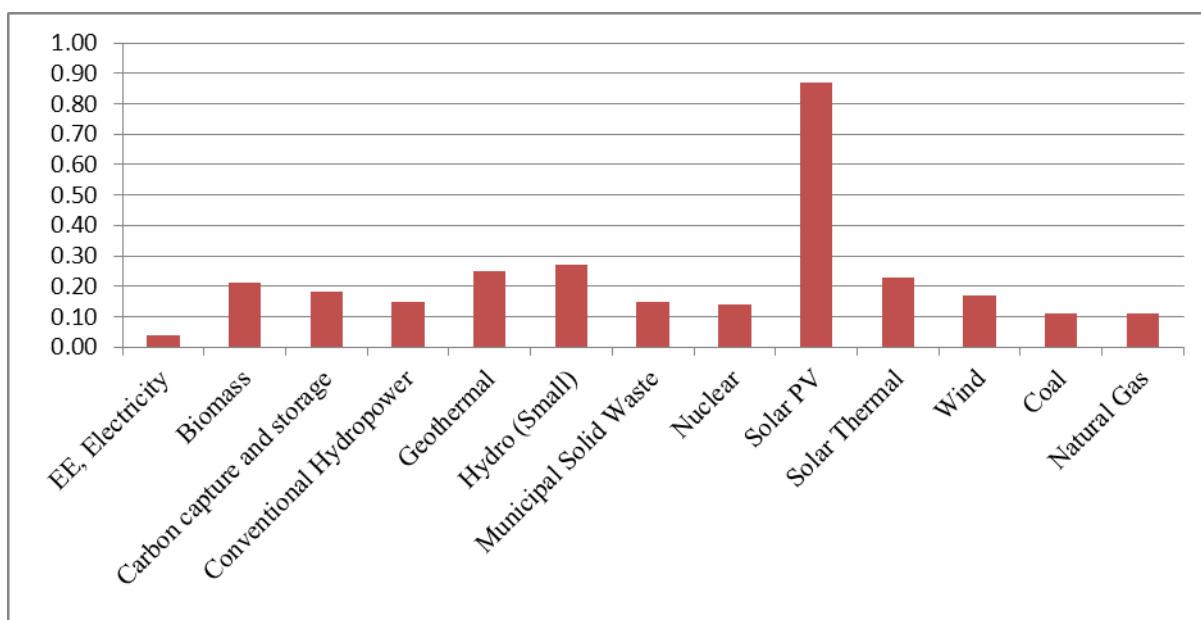
کمبود مهارتی، درحال حاضر، گلوگاه هایی برای توسعه انرژی تجدیدپذیر هستند. براساس پیمایشی که اتحادیه بین المللی انرژی تجدیدپذیر انجام داده است، کارفرمایان در بسیاری از کشورها، شماری از جایگاه های شغلی انرژی های تجدیدپذیر را که به سختی پر می شوند^۱ تعیین کرده اند (ILO، ۲۰۱۱).

به طور خاص در زمینه انرژی باد، گزارشی اخیراً اعلام کرد که درحال حاضر سالانه کمبود ۷۰۰۰ پرسنل شایسته در بخش انرژی بادی اروپا وجود دارد (پلت فرم فناوری انرژی بادی اروپا، ۲۰۱۳). این مقدار تا سال ۲۰۳۰ تقریباً دو برابر شده و به ۱۵۰۰۰ نفر می رسد علیرغم اینکه تعداد فارغ التحصیلان مرتبط با این حوزه افزایش می یابد. همراستا با گزارش اتحادیه REN، ۷۸٪ بنگاه های پیمایش شده پیدا کردن کارکنان مناسب را سخت و خیلی سخت برآورد کرده اند [۱۷].

جدول (۹-۱) - جایگاه های شغلی انرژی تجدیدپذیر که «سخت پر می شوند» [۱۷].

بخش	جایگاه شغلی
انرژی باد	توسعه دهندگان پروژه، تکنسین های خدمات، تحلیلگر داده، مهندسان برق، کامپیوتر، مکانیک و ساخت

بخش	جایگاه شغلی
انرژی خورشیدی	نصب کنندگان و نگه دارندگان سیستم های گرمایی خورشیدی و فتوولتائیک، بازرسان ساخت
برق آبی	مهندسان برق و عملیات و نگهداری، تکنسین ها، کارگران حرفه ای این حوزه، متخصصان توسعه پایدار
زمین گرمایی	مهندسان زمین گرمایی، آموزش دهندگان حرفه ای
بیو انرژی	مهندسان طراحی و تحقیق و توسعه، تکنسین های خدمات، آموزش دهندگان حرفه ای



شکل (۱-۱۶) - مقایسه درصد اشتغال ایجاد شده برای انرژی های مختلف [۱۴]

مشاغل محلی: از آنجایی که فناوری های زمین گرمایی، خاص محل قرارگیری سایت (زمین شناسی در نقاط مختلف، با هم تفاوت دارد و دانش نسبت به شرایط محلی ضروری است) و حساس به سرمایه است، نیازهای مربوط به استخراج، توسعه منابع، ساخت و O&M توسط نیروی کار محلی پوشش داده می شود. در زمینه تولید، بر اساس اینکه صنایع تولیدی و تجهیزات خاص در کدام نقاط قرار گرفته اند، مشاغل به صورت بین المللی می تواند ایجاد شود [۴].

به طور کلی، بیشتر مشاغل زمین گرمایی، در جوامع محلی ایجاد می شوند که چالش های خاص خود را دارند. چنین جوامعی معمولاً با نرخ های بیکاری بالایی دست به گریبان هستند که از متوسط ملی خیلی بالاتر است. اشتغال فصلی هم امری معمول در بسیاری از نواحی محلی است. از آنجایی که توسعه دهندگان زمین گرمایی با خریداران انرژی، مذاکرات بلندمدت انجام می-

دهند، بسیاری از این مشاغل تا دهه‌ها باقی خواهند ماند. توسعه منابع زمین گرمایی در نواحی محلی، وسیله‌ای برای تحصیل و آموزش و استخدام در جوامع محلی است و به علاوه باعث افزایش تنوع و پایداری اقتصاد محلی خواهد شد [۸].

هزینه مستمر کم: هنگامی که هزینه‌های چرخه عمر یک نیروگاه محاسبه می‌شود، برق زمین گرمایی درجه‌ای از مزایای اقتصادی را در مقایسه با دیگر گزینه‌های بار پایه دارد. بر خلاف منابع فسیلی و زیست‌توده، برق زمین گرمایی حداقل هزینه‌های مستمر را دارد. گزارش اخیر ارائه شده توسط وزارت اطلاعات انرژی آمریکا (IEA) هزینه تراز شده برای هر مگاوات ساعت منابع مختلف انرژی را ارائه کرده است. متوسط هزینه تراز شده برای زمین گرمایی (۸۹/۶۰ دلار در هر مگاوات ساعت) به طور قابل ملاحظه‌ای کمتر از انرژی‌های ذغال سنگ، هسته‌ای و زیست‌توده است [۸].

۵-۱-۱- افزایش امنیت انرژی

از مجموع آنچه که تا به اینجا در مورد انرژی زمین گرمایی گفته شد، می‌توان به نقش مهم آن در افزایش امنیت انرژی پی برد. برای بررسی دقیق‌تر این امر، جایگاه انرژی زمین گرمایی را در هر یک از ابعاد ذکر شده برای امنیت انرژی مشخص می‌کنیم:

- **قابلیت دستیابی داشتن!** این بعد ناظر به ویژگی پایان‌پذیری منابع است. بعضی انرژی‌ها به گونه‌ای هستند که بشر تنها یک بار می‌تواند از آنها استفاده کند یا ذخائر آنها در صورت مصرف کاهش می‌یابند. انرژی زمین گرمایی از منبعی پایدار نشأت می‌گیرد و از آنجایی که بهره‌برداری از آن با کمترین آسیب به محیط ممکن است، بر اساس بعضی تخمین‌ها هر منبع زمین گرمایی که برای تولید برق مورد استفاده قرار می‌گیرد، بین ۱۰۰ تا ۳۰۰ سال قابل استفاده است. این در حالی است که روز به روز با پیشرفت و توسعه فناوری‌ها در حوزه زمین گرمایی، بهره‌برداری بهینه از این منابع و فناوری‌های احیای این منابع در صورت لزوم، بیش از پیش محقق می‌شود.
- **در دسترس بودن!** این بعد اشاره به اهمیت وجود جریان مداومی از انرژی دارد. منابع انرژی و مصارف در نقاط مختلف متفاوت هستند. در حال حاضر با وجود اضافه شدن سالانه ذخایر انرژی‌های فسیلی در جهان، مصرف مجموع این انرژی‌ها از ذخائر کشف شده جدید بیشتر است. هرچه به پایان عمر این منابع نزدیک می‌شویم به مرور قابلیت ارائه جریان مداوم انرژی اهمیت بیشتری می‌یابد. انرژی زمین گرمایی در صورتی که برای تولید برق استفاده شود،

^۱Availability

^۲Accessibility

می‌تواند با فراهم کردن جریان بار پایه در شبکه برق، امنیتی نسبی در این زمینه برقرار کند. مطمئناً با پیشرفت فناوری‌هایی که سطح بهینه بهره‌برداری از منابع انرژی زمین گرمایی را ممکن می‌سازند، سهم این منابع در تولید برق بیشتر هم خواهد شد. در صورت استفاده مستقیم از منابع با دمای پایین زمین گرمایی به عنوان انرژی لازم جهت سرمایه‌گذاری و گرمایش، می‌توان از طرفی از انرژی‌های فسیلی محدود برای اهداف مهم‌تر استفاده کرد و سرعت اتمام این منابع را کاهش داد و از طرف دیگر جریان مداوم انرژی را برای مصرف‌کنندگان نهایی فراهم کرد.

- **تنوع‌سازی:** یکی از اهداف مهم برای تمامی کشورها تنوع سبد انرژی و کاهش وابستگی به نوع خاصی از انرژی یا نقطه تأمین انرژی خاصی در جهان است. کشورهای مصرف‌کننده انرژی در پی تنوع‌بخشی به منابع تأمین انرژی خود هستند حتی اگر این منابع به درصد کمی در نقاط متنوع قابل‌دستیابی باشند. کشورهای تولیدکننده و مخصوصاً کشورهای تولیدکننده انرژی‌های فسیلی نیز با نزدیک شدن به پایان عمر این منابع، در پی جایگزین کردن هر دو دسته انرژی‌های صادراتی و مورد استفاده داخلی هستند تا حداقل تبدیل به مصرف‌کننده عمده انرژی نگردند. انرژی زمین گرمایی این ویژگی منحصر به فرد را دارد که در درون مرزهای کشور وجود دارد و با دارا بودن بالاترین پتانسیل در میان انرژی‌های تجدیدپذیر منبعی قابل‌اطمینان و بادوام در سبد انرژی کشورها خواهد بود. درصد بهره‌برداری و سهم این انرژی در سبد انرژی با توسعه فناوری و توسعه استفاده از آن افزایش خواهد یافت.
- **قابل‌پرداخت بودن:** این بعد تلویحاً به این موضوع اشاره دارد که قیمت‌گذاری منابع فسیلی و پایان‌پذیر، نقشی اساسی در حرکت به سوی تحقیق و توسعه بیشتر برای فناوری‌های جدید و انرژی‌های نو دارد. هرچه از عمر منابع فسیلی بیشتر می‌گذرد، هزینه استخراج و قیمت فروش آن‌ها بالا می‌رود. در صفحات قبل، این موضوع به طور خاص برای گاز طبیعی مطرح شد و گفته شد که به تدریج تا کمتر از ۳۰ سال آینده، قیمت استفاده از انرژی زمین گرمایی به مراتب کمتر از گاز طبیعی خواهد بود. این امر هم به دلیل مکانیزم قیمت‌گذاری گاز طبیعی و هم به دلیل هزینه‌های حذف انتشار گازهای گلخانه‌ای و به خصوص دی‌اکسیدکربن در استفاده از گاز طبیعی، رخ خواهد داد. ضمن اینکه در مقایسه با سایر انرژی‌های تجدیدپذیر، هزینه مستمر بهره‌برداری و نگهداری نیروگاه زمین گرمایی نسبت به سایر انرژی‌های نو بسیار کمتر است و پس از سرمایه‌گذاری اولیه لازم برای احداث آن، هزینه عملیات و نگهداری چندان بالایی نخواهد داشت.

• قابل قبول بودن! این بعد اشاره به جنبه های زیست محیطی و اجتماعی استفاده از انرژی دارد. در زمینه محیط زیست مهم ترین مسئله، کاهش انتشار گازهای گلخانه ای و اهداف آب و هوایی کشورها است. انرژی زمین گرمایی کم ترین اثرات بصری و آب و هوایی و محیط زیستی را داراست. میزان انتشار گازهای گلخانه ای آن کاملاً قابل چشم پوشی و در مورد نیروگاه های چرخه بسته نزدیک به صفر است. با گسترش استفاده از این نیروگاه ها اهداف مهم جهانی در زمینه کاهش دی اکسید کربن قابل دستیابی می شود. تنها آلودگی عمده زمین گرمایی مربوط به هیدروژن سولفید است که آن هم با فناوری های موجود در زمینه تصفیه این عنصر شیمیایی کاملاً قابل کنترل است. حتی در مقایسه با انرژی های تجدید پذیر بادی و خورشیدی از نظر زمین مورد نیاز برای احداث نیروگاه برق و در مقایسه با زیست توده از نظر آلودگی گازهای گلخانه ای مزیت غیر قابل انکاری دارد.

۶-۱-۱- بازار جهانی و منطقه ای زمین گرمایی

تا اگوست سال ۲۰۱۳، ۱۱۷۶۵ مگاوات برق زمین گرمایی (خالص) در سطح جهان عملیاتی شده است؛ به علاوه صدها مگاوات دیگر که در مراحل نهایی ساخت به سر می برند. تا پایان ۲۰۱۳، انتظار می رود بازار زمین گرمایی به ظرفیت ۱۲۰۰۰ مگاوات دست پیدا کند. با نگاهی دقیق تر به پروژه های خط لوله، با اضافه شدن هر ساله صدها مگاوات برق زمین گرمایی عملیاتی شده، ظرفیت جهانی تا پایان این دهه می تواند به ۱۴۰۰۰ مگاوات و هزارها مگاوات دیگر، دست یابد.

در حال حاضر، ۱۱۷۶۶ مگاوات ظرفیت برنامه ریزی شده برق زمین گرمایی در مراحل اولیه توسعه یا ساخت در ۷۰ کشور و قلمرو در سراسر جهان وجود دارد. به علاوه، توسعه دهندگان به طور فعال، درگیر توسعه ۲۷ گیگاوات از منابع زمین گرمایی در سطح جهان اند. در سال ۲۰۱۳، شماری از اولین پروژه های سیستم های EGS الکتریسیته را برای شبکه های استرالیا و آمریکا فراهم کردند.

بیش از ۱۷۴۱ مگاوات برق زمین گرمایی در حال ساخت است. این ظرفیت های پتانسیل اضافی در ۱۲ کشور در نقاط مختلف جهان واقع شده اند. سازمان GEA، بیش از ۶۷۴ پروژه توسعه برق زمین گرمایی در سطح جهان را شناسایی کرده است که این پروژه ها در مراحل مختلفی از فاز شناسایی تا آخرین مراحل توسعه قرار دارند. کشورهایی مثل اوگاندا، فرانسه، تانزانیا، شیلی و رواندا پروژه های زمین گرمایی در حال ساخت یا در حال گذراندن آخرین گام های توسعه ای دارند و اولین نیروگاه های برق زمین گرمایی شان را تا چند سال پیش رو به مرحله عملیاتی می رسانند. براساس مگاوات های در حال ساخت، اندونزی با ۴۲۵

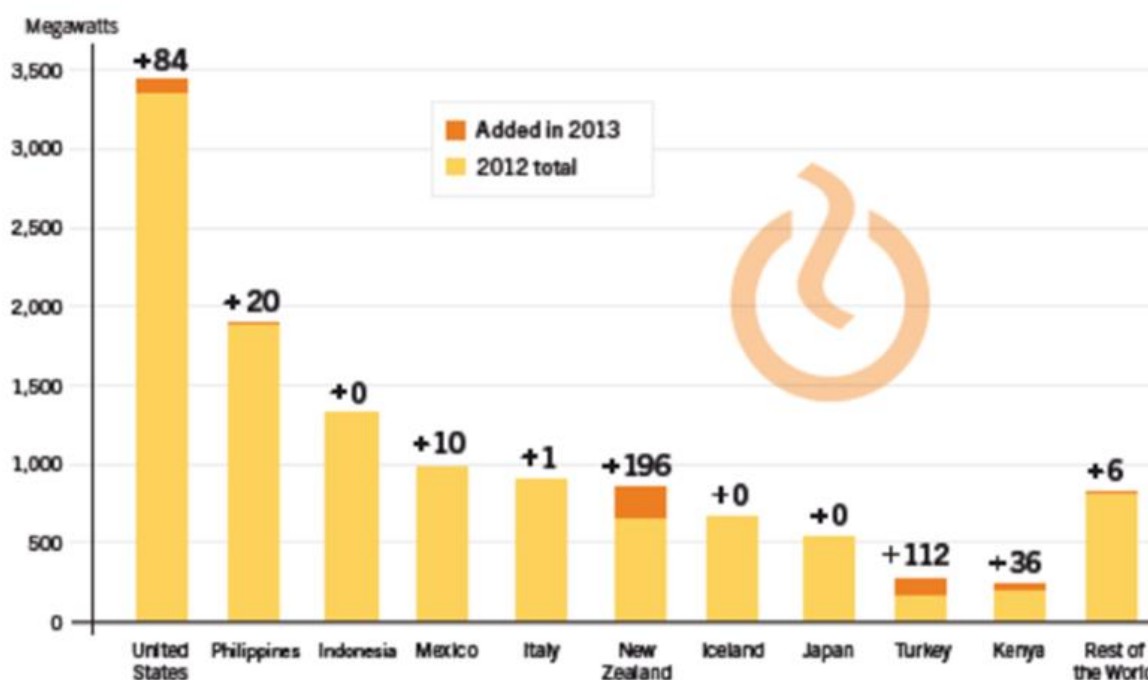
مگاوات پیشرو است و توسط کنیا با ۲۹۶ مگاوات برق زمین گرمایی در حال ساخت تعقیب می‌شود. شماری دیگر از کشورهای قابل اشاره عبارتند از فیلیپین با ۱۱۰ مگاوات، ایسلند با ۲۶۰ مگاوات، نیوزیلند با ۱۶۶ مگاوات و آمریکا با ۱۷۸ مگاوات برق زمین گرمایی در حال ساخت. آلمان دومین تعقیب‌کننده آمریکا با بیشترین نیروگاه‌های برق جدید در حال ساخت یعنی ۸ نیروگاه و ۴۷ مگاوات است. به هر حال، آن‌ها پروژه‌های کوچکتری‌اند که هر یک بین ۱-۶ مگاوات هستند [۱۵].

تخمین زده می‌شود که تولید برق زمین گرمایی ۷۶ تراوات ساعت یعنی، کمی کمتر از نصف کل خروجی نهایی زمین گرمایی باشد و ۹۱ تراوات ساعت هم برای کاربرد مستقیم به مصرف برسد. بعضی از نیروگاه‌های زمین گرمایی هر دو نوع برق و گرما را برای کاربردهای مختلف گرمایی تولید می‌کنند.

حداقل ۵۳۰ مگاوات از ظرفیت تولیدی نیروگاه‌های جدید در سال ۲۰۱۳ در شبکه قرار گرفت که ظرفیت جهانی کل را به ۱۲ گیگاوات رساند. با احتساب جایگزینی بعضی واحدهای موجود، افزایش خالص در ظرفیت جهانی کل حداقل ۴۶۵ مگاوات بوده است. این رشد ۴ درصدی در ظرفیت تجمعی با رشد ۳ درصدی سالانه دو سال (۲۰۱۰-۲۰۱۲) قابل مقایسه است. کشورهایی که ظرفیت‌های جدیدی در ۲۰۱۳ اضافه کردند عبارتند از نیوزیلند، ترکیه، ایالات متحده، کنیا، مکزیک، فیلیپین، آلمان، ایتالیا و استرالیا. در پایان سال ۲۰۱۳، کشورهایی که بزرگ‌ترین سهم را در ایجاد ظرفیت برق زمین گرمایی داشتند، عبارت بوده‌اند از: ایالات متحده (۳/۴ گیگاوات)، فیلیپین (۱/۹ گیگاوات)، اندونزی (۱/۳ گیگاوات)، مکزیک (۱/۰ گیگاوات)، ایتالیا (۰/۹ گیگاوات)، نیوزیلند (۰/۹ گیگاوات)، ایسلند (۰/۷ گیگاوات) و ژاپن (۰/۵ گیگاوات).

با افزایش وابستگی به منابع متنوع تجدیدپذیر، مانند برق فتوولتائیک خورشیدی و بادی، علاقمندی‌ها به پتانسیل برق زمین-گرمایی برای فراهم کردن برق متعادل و قابلیت ذخیره تجدیدپذیر افزایش یافته است. لازم به ذکر است که برق زمین گرمایی می‌تواند براساس انعطاف‌پذیری، به‌خصوص در مکان‌هایی که نیاز روبه‌رشدی برای متعادل‌سازی منابع و همزمان پتانسیل زمین گرمایی وجود دارد، طراحی شود.

استفاده مستقیم از زمین گرمایی در طی سال ۲۰۱۳، با افزایش ظرفیتی که دست کم در کشورهای اروپایی رخ داد، به رشد خود ادامه داد. تخمین زده می‌شود که استفاده مستقیم از زمین گرمایی در سال ۲۰۱۳ بین ۲۸۰ تا ۳۷۵ پتاژول با متوسط ۳۲۸ پتاژول (معادل ۹۱ تراوات ساعت) بوده است. این دامنه گسترده منعکس‌کننده داده‌های گسترده متغیر کشور چین است که یک استفاده کننده اصلی زمین گرمایی برای اهداف گرمایی است [۱۹].

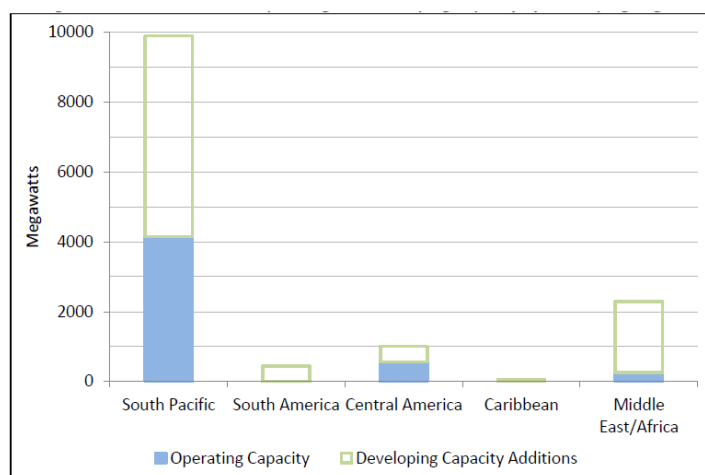


شکل (۱۷-۱) - ظرفیت برق زمین گرمایی و مقادیر اضافه تر آن. ۱۰ کشور برتر و بقیه کشورهای جهان، ۲۰۱۳ [۱۹].

ظرفیت جهانی برق زمین گرمایی تا اواسط ۲۰۱۴ هنوز در حد بیش از ۱۲/۱ گیگاوات باقی مانده است. در حالی که رشد زمین گرمایی آمریکا آهسته شده است، اقتصادهای نوظهور در شرق آفریقا، آمریکای مرکزی، حوزه دریای کارائیب و اقیانوسیه شماری از سریع ترین رشدهای زمین گرمایی را در بین ملل جهان داشته اند. همه این ملتهای در حال توسعه نزدیک به ۷۳۰ سایت و ۱۲/۱ گیگاوات پتانسیل برق هستند. از این ۱۲/۱ گیگاوات، ۱/۶ گیگاوات آن زیرساخت است. تصویری از ظرفیت توسعه و در حال اجرای زمین گرمایی به تفکیک در شکل ۱-۱۸ نشان داده شده است.

موضوع مهم تر این است که نزدیک به ۸۰ کشور در حال توسعه منابع زمین گرمایی هستند که مجاور حلقه آتش اقیانوس

آرام یا شکاف شرق آفریقا هستند. در کل، تخمین زده می شود که این بازار به نزدیک ۹ میلیارد دلار تا سال ۲۰۱۹ برسد [۱۰].



شکل (۱-۱۸) - ظرفیت در حال توسعه و در حال اجرای زمین گرمایی براساس منطقه [۱۰].

بازارهای مناطق مختلف جهان: آنچه در پی می آید خلاصه‌ای از اقدامات فعلی و برنامه‌های آتی مناطق مختلف جهان در حوزه برق زمین گرمایی است.

- خاورمیانه و آفریقا: بخش‌هایی از خاورمیانه مانند ترکیه و شرق آفریقا، منابع زمین گرمایی تضمین شده زیادی دارند. به هر حال، بسیاری از کشورهای این منطقه به تازگی شروع به توسعه اولین پروژه هایشان کرده‌اند و درگیر پیدا کردن تعادل مناسبی بین قوانین، قواعد و محرک‌های اقتصادی برای جذب سرمایه‌گذار جهت سرمایه‌گذاری اولیه بر روی پروژه‌های توسعه‌ای‌شان هستند. اگرچه این چیز غیرمعمولی برای بازارهای زمین گرمایی جدید نیست، این امر سبب کند شدن توسعه در بسیاری کشورهای آفریقایی شده است. همان‌طور که این کشورها چارچوب قانونگذاری‌شان را تثبیت می‌کنند و در مورد منابع زمین گرمایی‌شان بیشتر می‌آموزند، مقدار قابل توجهی توسعه زمین گرمایی در شرق آفریقا و ترکیه برای دهه آینده انتظار می‌رود. به‌علاوه، آژانس آمریکایی توسعه بین‌المللی (USAID) و کمیسیون اتحاد آفریقا (AUC) تفاهم نامه توسعه انرژی زمین گرمایی در شرق آفریقا را امضا کرده‌اند.
 - اروپا: اروپا مقدار قابل توجهی پروژه‌های زمین گرمایی را در حال توسعه دارد و ۱۵ پروژه واقعاً در حال ساخت هستند. به استثنای ایسلند و ایتالیا، این پروژه‌ها معمولاً کوچک‌تر از ۱۰ مگاوات هستند. برای مثال، آلمان ۸ پروژه برق زمین-گرمایی زیر ساخت دارد اما مجموع آن‌ها تنها ۴۷ مگاوات است.
- به‌علاوه، شماری از کشورهای اروپای شرقی شروع به اکتشاف منابع زمین گرمایی‌شان کرده‌اند. رومانی یکی از اولین ماشین‌های سبز Electratherm را برای استفاده در منابع زمین گرمایی دارد. شرکت سهامی سرمایه‌گذاری بین‌المللی

چین قرارداد سرمایه‌گذاری برای یک نیروگاه کاغذ ۴۵۱ میلیون دلاری با کرواسی امضا کرده است که شامل ساخت یک نیروگاه برق زمین گرمایی است که برق نیروگاه را تأمین می‌کند.

گزارش جدیدی که امسال منتشر شد تخمین می‌زند که ۶۲۰۰ مگاوات منبع زمین گرمایی بین دانوب و کوه‌های تاترا نزدیک جمهوری چک و اسلواکی وجود دارد. در هر دوی این کشورها چشم‌اندازهای زمین گرمایی در گام‌های اولیه توسعه هستند و در پی ساخت نیروگاه‌های زمین گرمایی در بلند مدت‌اند. یونان اخیراً ۴ حوزه زمین گرمایی را برای اکتشاف باز کرده است و کار در اروپای غربی در پروژه‌های EGS متعدد در کشورهای هلند، آلمان، بریتانیا، سوئیس و ایرلند ادامه دارد.

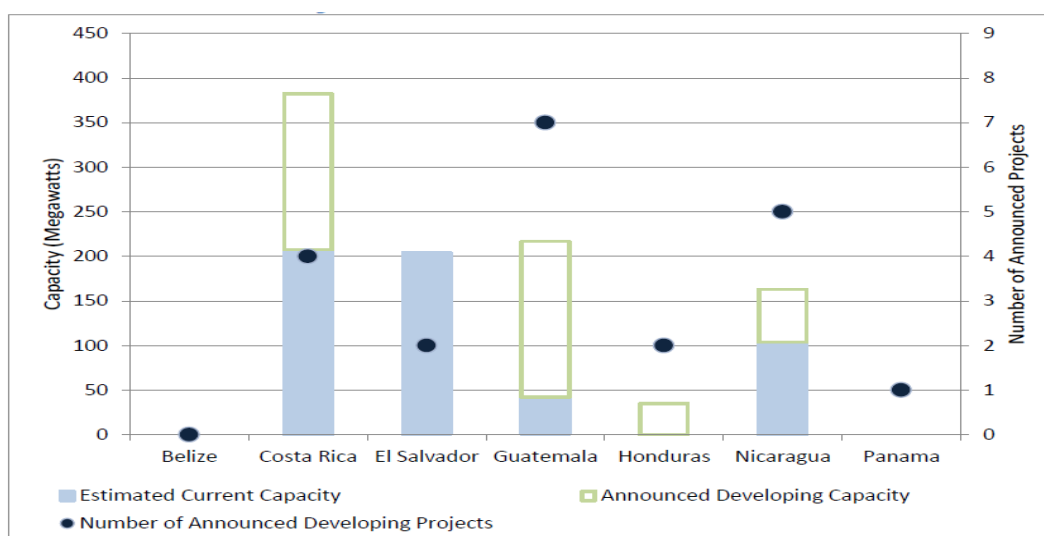
- آمریکای مرکزی و جنوبی: بیشتر کارهای زمین گرمایی در آمریکای مرکزی و جنوبی در گام‌های اولیه اکتشاف هستند. دولت‌هایی مثل شیلی، پرو، و آرژانتین به سرعت زمین‌های زمین گرمایی را برای اکتشاف آماده کرده‌اند. به هر حال، بعضی پروژه‌ها مانند آن‌هایی که در گواتمالا و نیکاراگوئه هستند به گام‌های میانی یا نهایی رسیده‌اند و اولین حفاری‌های تولید یا تزریق به چاه‌ها (چشمه‌ها) در آن‌ها صورت گرفته است. بسیاری از کشورهای این منطقه اهداف آب‌و-هوایی بلندپروازانه‌ای دارند و مقدار قابل توجهی انرژی و منابع به توسعه زمین گرمایی اختصاص داده‌اند. تهدیدهای تغییر آب و هوایی همراه با امکان استقلال از انرژی‌های فسیلی محرک قدرتمندی برای شروع توسعه سریع زمین گرمایی و تجدیدپذیرها در این ناحیه است.

- آمریکای شمالی: ایالات متحده رهبر جهان در انرژی زمین گرمایی است. کالیفرنیا به تنهایی ظرفیت نصب‌شده‌ای بیشتر از کشورهای اندونزی و فیلیپین دارد. بر خلاف پیشروی آمریکا در جهان در انرژی زمین گرمایی نصب‌شده، توسعه آن در نیمه اول ۲۰۱۳ در مقایسه با رشد سریع در ۲۰۱۱ و ۲۰۱۲، کمی کندتر است. ایالات متحده و کانادا با ملاحظه تعدادی از قوانین و محدودیت‌های ساختاری کار می‌کنند که سبب کندی توسعه زمین گرمایی شده است. در کانادا، لغو شدن پروژه‌ها و آنچه که به نظر می‌رسد کشمکش برای به دست آوردن توجه بیشتر برای منابع‌شان باشد، مشکلات معمول هستند. مکزیک بر خلاف همسایه‌های شمالی‌اش، پروژه‌های زمین گرمایی‌ای دارد که به صورت پایدار روبه‌رشد هستند به نحوی که کمیسیون برق فدرال مکزیک (CFE) به اضافه کردن نیروگاه‌های برق متعدد جدید به شبکه نزدیک‌تر می‌شود. علیرغم موانعی در آمریکا و کانادا، پروژه‌های آمریکای شمالی، در کل، پیشرفت رو به جلویی دارند.

- آسیای جنوبی و آرام شرقی: جنوب شرقی اقیانوس آرام، محل موجود برای نیروگاه‌های برق جدید و ظرفیت نصب‌شده زمین‌گرمایی جدید هستند. این منطقه میزان قابل توجهی منابع زمین‌گرمایی تحت توسعه دارد. ۵۲۰۹ مگاوات در مرحله خط لوله و ۷۲۰۶ مگاوات منابع شناسایی‌شده برای توسعه هستند. کشورهایی مانند اندونزی و فیلیپین به عنوان دومین و سومین مقام دارای ظرفیت زمین‌گرمایی نصب‌شده رتبه‌بندی شده‌اند و پیش از این ایالات متحده را در رشد جدید، پشت سر گذاشته‌اند. ۸ پروژه در حال ساخت در این منطقه وجود دارد و ۱۱۳۶ مگاوات دیگر که تا پایان این دهه می‌تواند عملیاتی شود [۱۵].

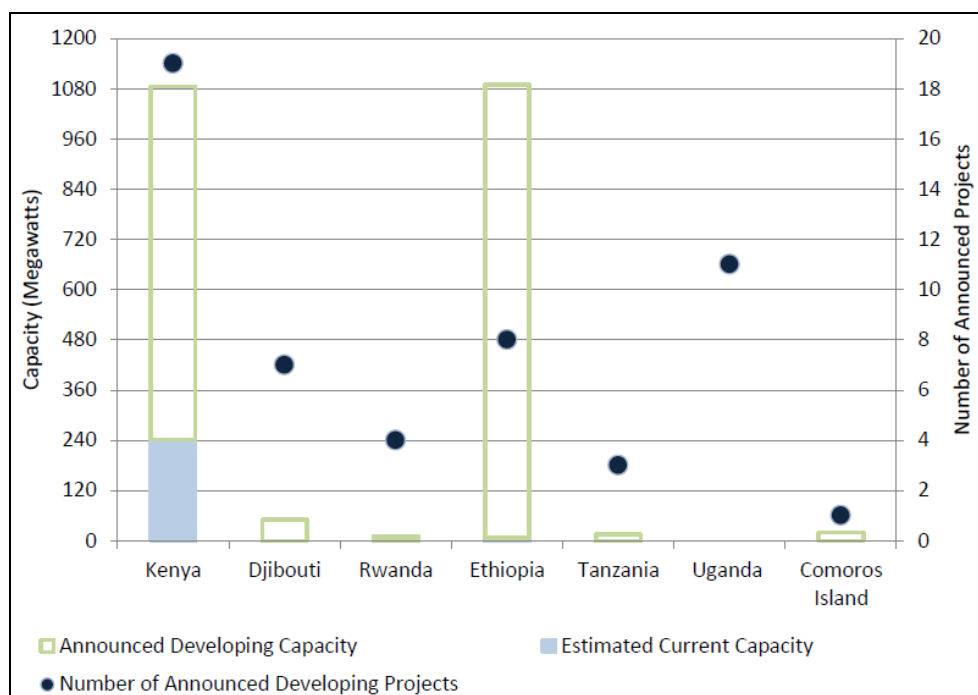
اهمیت برای کشورهای در حال توسعه: برق زمین‌گرمایی ارزش خاصی برای کشورهای با درآمد پایین یا متوسط دارد. حدود نیمی از کشورهایی که هم‌اکنون در حال توسعه برق زمین‌گرمایی هستند، در شمار کشورهای نیازمند کمک بانک جهانی می‌باشند. در ادامه بعضی اقدامات خاص توسعه‌ای اخیر در چنین کشورهایی را از نظر می‌گذرانیم.

- آمریکای مرکزی: بر طبق گزارش آمریکای مرکزی و کارائیب بانک جهانی، پتانسیل زمین‌گرمایی برای تولید برق در آمریکای مرکزی بین ۳۰۰۰ تا ۱۳۰۰۰ مگاوات برای حدود ۵۰ سایت تخمین زده شده است. تا آگوست سال ۲۰۱۳، بانک سرمایه‌گذاری اروپایی تعهد کرده بود که ۲۳۰ میلیون دلار برای پروژه‌های انرژی‌های تجدیدپذیر در آمریکای مرکزی از جمله برق‌آبی، بادی، زمین‌گرمایی و فتوولتائیک فراهم کند تا این پتانسیل را توسعه دهد.



شکل (۱-۱۹) - برق زمین‌گرمایی آمریکای مرکزی [۱۰].

- آفریقای شرقی: آفریقای شرقی به دلیل وضعیت جغرافیایی کشورهایش، ناحیه‌ای با گرایش زیاد به توسعه زمین گرمایی است. به علاوه، اقتصادهای آفریقای شرقی نیاز بزرگی به انرژی به عنوان بیرون برنده آن‌ها از گزینه‌های انرژی غیرپایدار و گران فعلی‌شان و ایجاد زیرساخت‌های انرژی برای دستیابی به نیازهای جمعیتی‌شان دارند. کشورهای اصلی علاقه‌مند به این حوزه عبارتند از کنیا، اتیوپی، جیبوتی، رواندا، تانزانیا و اوگاندا؛ به هر حال، پروژه‌های زمین-گرمایی در جاهای دیگری مثل جزایر کومور هم وجود دارند. به علاوه، کارهایی در مورد تعاملات منطقه‌ای انجام شده است که در آن انرژی می‌تواند بین کشورهای شرق آفریقا مبادله شود. GEA تخمین می‌زند که در حال حاضر این منطقه، حدود ۲۵۰ مگاوات ظرفیت عملیاتی دارد که بیشتر آن در کنیا متمرکز شده است. به هر حال، از آنجایی که شرق آفریقا یکی از مناطقی است که سریع‌ترین رشدهای زمین گرمایی در جهان را دارد، انتظار می‌رود که ظرفیت به - طور قابل ملاحظه‌ای در دهه بعد رشد کند.

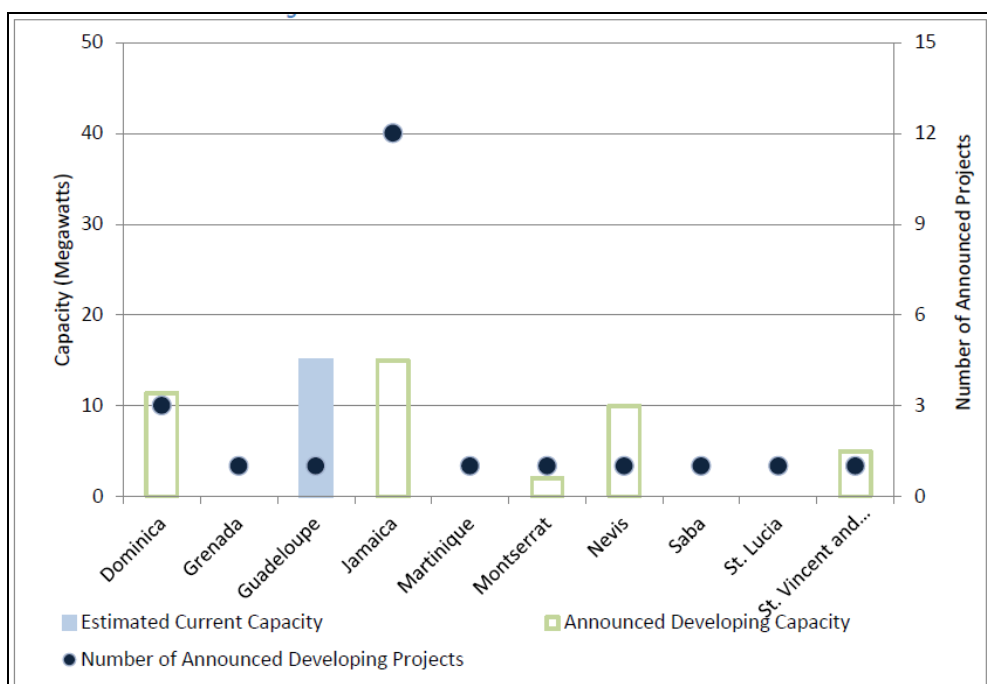


شکل (۱-۲۰) - برق زمین گرمایی شرق آفریقا [۱۰].

- حوزه دریای کارائیب: بیشتر کشورهای کارائیب، برای تأمین نیازهای انرژی‌شان به نفت گران وابسته‌اند و بنابراین، هزینه برق فوق‌العاده بالایی دارند. بانک جهانی اخیراً برق زمین گرمایی را به عنوان راهکاری با پتانسیل ۸۵۰ مگاواتی در این منطقه پیشنهاد کرده است. توسعه زمین گرمایی مخصوصاً در این منطقه بسیار ارزشمند است زیرا جزایر آن بر

مرزهای صفحات قاره‌ای واقع شده‌اند. توسعه انرژی زمین گرمایی در حوزه کارائیب می‌تواند به کاهش قیمت انرژی، کاهش وابستگی انرژی، افزایش رقابت‌پذیری، تشویق رشد اقتصادی و کاهش فقر کمک کند و درعین حال منبع خوبی برای بار پایه انرژی محسوب شود. به‌علاوه، پتانسیل زمین گرمایی کافی در ناحیه برای دستیابی این کشورها به نیازهایشان و صادرات انرژی باقیمانده وجود دارد [۱۰].

بانک توسعه کارائیب (CDB)، آژانس مشارکت بین‌المللی ژاپن (JICA) و بانک توسعه حوزه آمریکایی (IDB) اخیراً موافقت‌نامه مشارکتی برای تشویق انرژی تجدیدپذیر در حوزه کارائیب امضا کرده‌اند. آن‌ها برنامه دارند که منابع انرژی را از طریق انرژی تجدیدپذیر و مخصوصاً زمین گرمایی تنوع ببخشند.



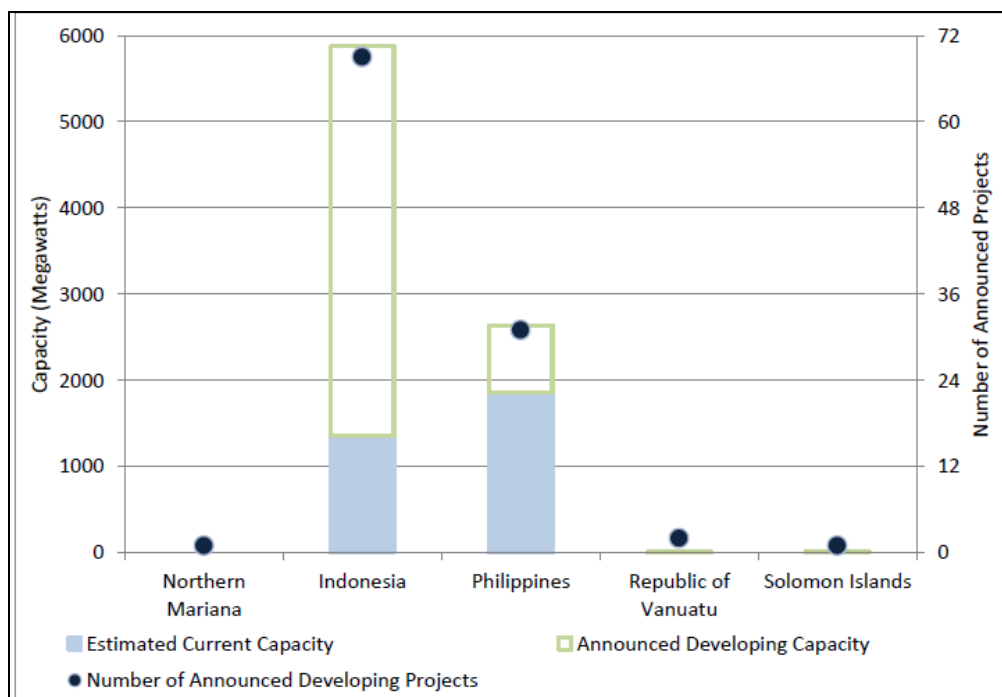
شکل (۱-۲۱) - پتانسیل برق زمین گرمایی کارائیب [۱۰].

- آرام جنوبی: منطقه آرام جنوبی پیشرو توسعه ظرفیت است. اندونزی به تنهایی ظرفیت قابل توجهی را برای دستیابی به نیازهایش برای برق جدید اعلام کرده است. تا دهه آینده، آرام جنوبی نه تنها ناحیه پیشرو جهان در برق زمین گرمایی خواهد بود بلکه ظرفیت عملیاتی‌ای دو برابر آنچه اکنون دارد، خواهد داشت [۱۰].

^۱The Caribbean Development Bank

^۲Japan International Cooperation Agency

^۳Inter-American Development Bank



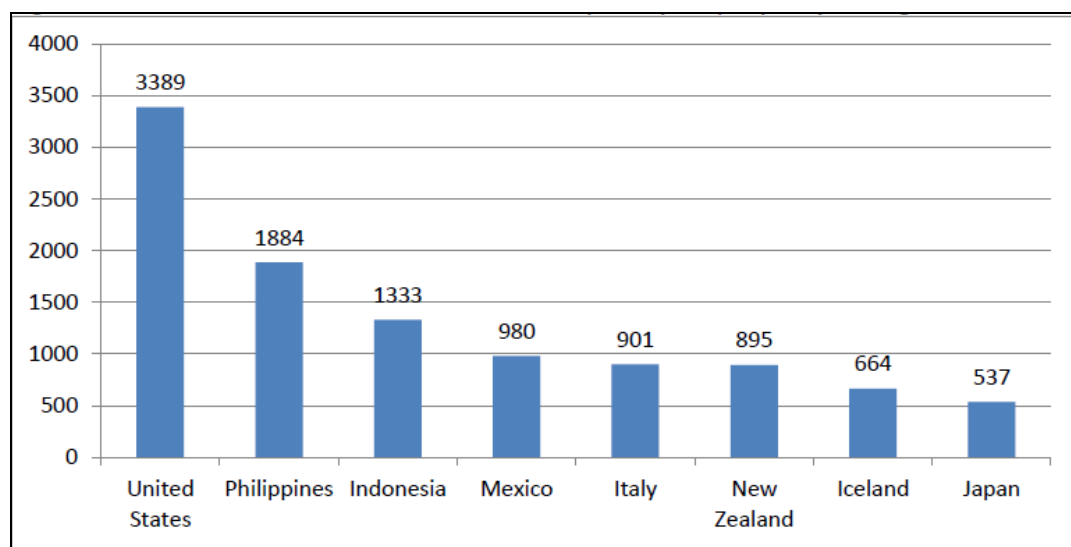
شکل (۱-۲۲) - ظرفیت زمین گرمایی آرام جنوبی [۱۰].

سرمایه‌های جهانی و مشوق‌ها برای توسعه زمین گرمایی: گزارش ماه می ۲۰۱۳ تأمین مالی انرژی‌های نو بلومبرگ، تسهیلات ۵۰۰ میلیون دلاری وام در گردش را پیشنهاد داده است که می‌تواند تأمین مالی قابل پرداختی برای یک پرتفولیوی جهانی از پروژه‌های زمین گرمایی برای تعداد کمی از اولین حفاری‌های اکتشافی چاه‌های عمیق باشد. بلومبرگ تخمین زده است که یک شیوه تأمین مالی تجاری با استفاده از ۷٪ هزینه سرمایه، ۱۷٪ نرخ تنزیل برای توسعه‌دهندگان دارد. با حمایت بخش دولتی و حمایت ۳/۵ درصدی بخش عمومی وام‌ها نرخ تنزیل ۱۴ درصد خواهند داشت. در حالی که این نرخ‌ها بالاست، اما با توجه به کمبود قابل توجه دسترسی به تأمین مالی در اولین گام‌های حفاری، آن‌ها می‌توانند جذاب باشند. به علاوه، بلومبرگ معتقد است که یک سرمایه ۵۰۰ میلیون دلاری منجر به سرمایه‌گذاری جدید ۹/۶ میلیارد دلاری در پروژه‌های زمین-گرمایی می‌شود. این سرمایه اولیه می‌تواند مستقیماً برای تأمین مالی حفاری ۴۷۳ مگاوات یک پرتفولیوی ۲۴ پروژه‌ای به کار رود. در نتیجه، با احتساب منابع تأیید شده‌ای که می‌تواند ۱۹۲۷ مگاوات دیگر را تسریع کند، اثر کلی سرمایه به ۲۴۰۰ مگاوات می‌رسد.

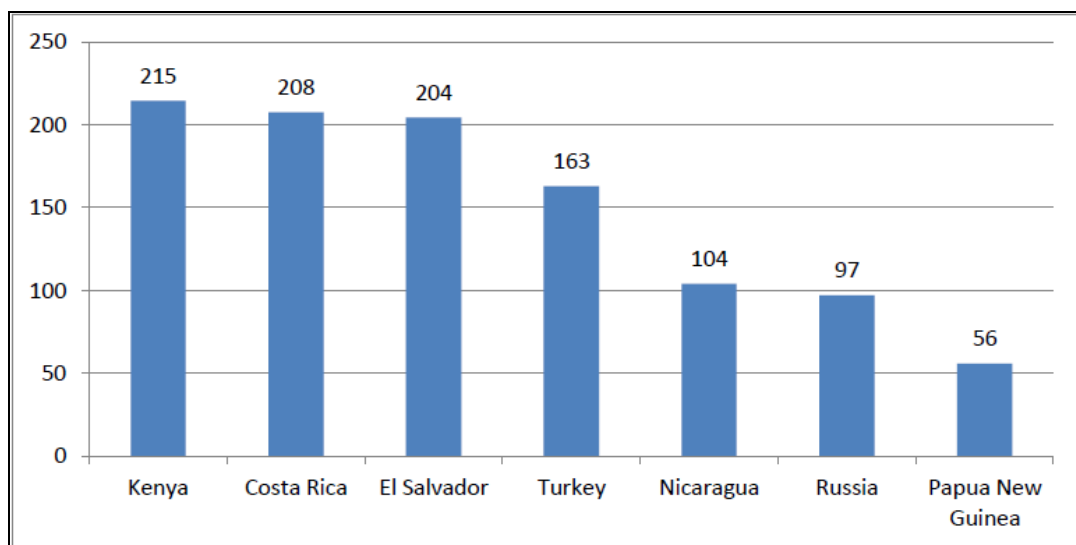
تقریباً همزمان با گزارش بلومبرگ، بانک جهانی یک برنامه توسعه زمین گرمایی جهانی را اعلام کرد (GGDP) تا بهتر به مدیریت و کاهش ریسک حفاری‌های اکتشافی و کمک به توسعه برق زمین گرمایی در کشورهای توسعه‌یافته بپردازد. هدف اولیه برنامه GGDP بسیج ۵۰۰ میلیون دلاری برای پروژه‌های زمین گرمایی است. برنامه GGDP توسط برنامه بلندمدت بانک

جهانی برای کمک به مدیریت بخش انرژی (ESMAP) مدیریت می‌شود. گروه تأمین مالی بانک برای توسعه زمین گرمایی از ۷۳ میلیون دلار در ۲۰۰۷ به ۳۳۶ میلیون دلار در ۲۰۱۲ افزایش یافته است و اکنون تقریباً ۱۰٪ از کل وام‌دهی بانک برای انرژی‌های تجدیدپذیر را شامل می‌شود. دپارتمان ایالتی ایالات متحده و دپارتمان انرژی آمریکا مشارکت در یک پروژه مشارکتی انرژی جامع آسیا-اقیانوس آرام را راهبری می‌کند. این برنامه به طور نزدیک با بانک جهانی و بانک توسعه آسیایی برای اطمینان از شیوه همکاری برای حداکثرسازی فرصت‌های سرمایه‌گذاری در زمین گرمایی و دیگر پروژه‌های انرژی تجدیدپذیر پیش برده می‌شود [۱۵].

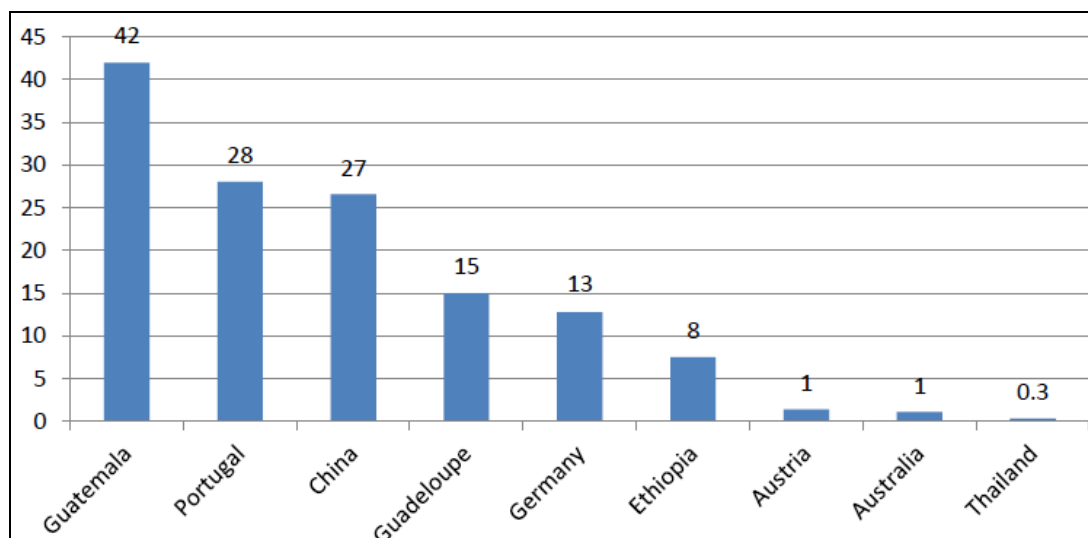
ظرفیت بازار زمین گرمایی در نقاط مختلف جهان: شکل‌های زیر ظرفیت نصب‌شده کنونی را برای هر کشور در جهان که دارای نیروگاه‌های زمین گرمایی فعال است و کل ظرفیت نصب‌شده‌ای حداقل برابر ۱ مگاوات دارد، نشان می‌دهند. آن‌ها به سه دسته تقسیم می‌شوند: بازار محقق شده، با بیش از ۵۰۰ مگاوات؛ بازار در حال توسعه، با دامنه‌ای بین ۵۰ تا ۵۰۰ مگاوات؛ و بازارهای جدید با کمتر از ۵۰ مگاوات ظرفیت نصب‌شده [۱۵].



شکل (۱-۲۳) - ظرفیت نصب شده بازار محقق شده زمین گرمایی به مگاوات [۱۵].



شکل (۱-۲۴) - ظرفیت نصب شده بازار در حال توسعه زمین گرمایی به مگاوات [۱۵].



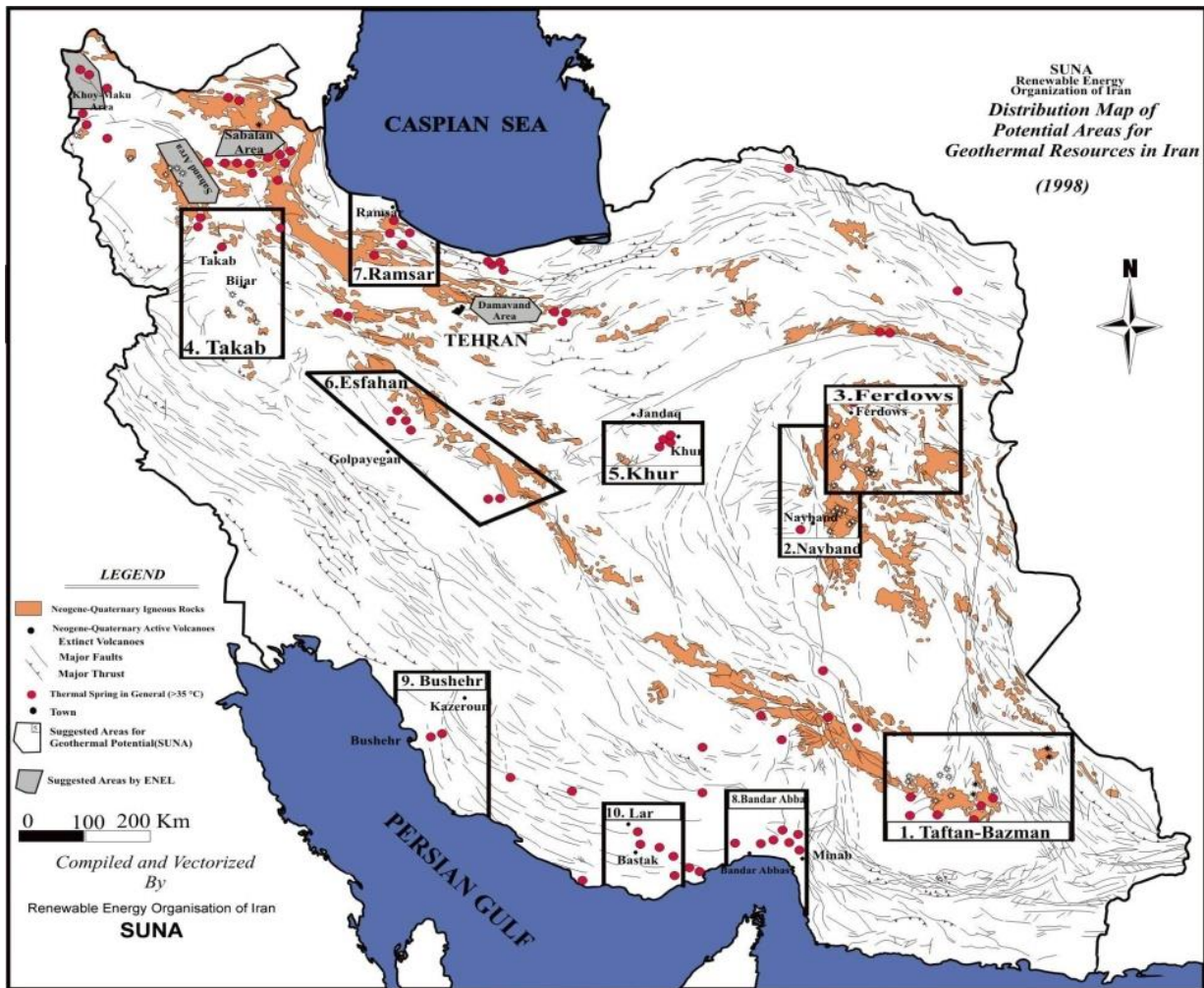
شکل (۱-۲۵) - ظرفیت نصب شده بازار جدید زمین گرمایی به مگاوات [۱۵].

۷-۱-۱- پتانسیل انرژی زمین گرمایی در کشور

موقعیت قرارگیری ایران در مرزهای تکتونیکی، نیروی عظیم نهفته در کالبد کشور را نشان می‌دهد. فشار صفحه قاره‌ای عربستان و صفحه اقیانوس هند از سوی دیگر باعث تغییر شکل‌های وسیعی در ایران شده است که چین خوردگی‌های منطقه زاگرس و راندگی آن، شواهد سطحی عظیم این نیروها هستند. قرارگرفتن در کمربند آتشفشانی باعث شده است که گستره

ایران از لحاظ زمین‌ساختاری، بسیار فعال بوده و از پتانسیل بالای انرژی زمین‌گرمایی بهره‌مند باشد و وجود فعالیت‌های آتشفشانی و چشمه‌های آب گرم فراوان، گواه بر این مدعی است. پتانسیل انرژی زمین‌گرمایی در ایران بر اساس مطالعات انجام شده در بیش از ۱۰ منطقه شناسایی شده است، این مناطق براساس میزان فعالیت‌های تکتونیکی، میزان چشمه‌های آب گرم و ظهورهای سطح‌الارضی و سایر شواهد زمین‌شناسی شناسایی شده‌اند.

بر اساس طبقه‌بندی‌های صورت‌گرفته جهانی، ایران در گروه کشورهای قرار گرفته است که دارای ذخایر احتمالی برای تولید برق از انرژی زمین‌گرمایی با استفاده از سیکل‌های تبخیر آبی و دومداره (برای دوره ۳۰ ساله) بوده و قابلیت تولید برق زمین‌گرمایی با ظرفیت بیش از ۲۰۰ مگاوات برای آن پیش‌بینی شده است. احداث نیروگاه زمین‌گرمایی در ایران و در منطقه مشکین‌شهر، نخستین نیروگاه از این نوع در منطقه خاورمیانه خواهد بود و امکان دستیابی به انرژی سبز با تولید برق عاری از هرگونه آلودگی زیست محیطی را فراهم می‌کند. مخزن زمین‌گرمایی مشکین‌شهر در ۲۵ کیلومتری این شهرستان در دامنه سبلان واقع شده است که علاوه بر تولید برق، در احداث استخر پرورش ماهی و احداث واحدهای گلخانه‌ای و تأمین آب گرم منازل نیز کاربرد خواهد داشت.^۱



شکل (۱-۲۶) - نقشه پتانسیل زمین گرمایی کشور (۱۹۹۸) (منبع: سایت سانا).

در تحقیقی که سال ۲۰۰۷ توسط یوسفی، اهارا و نوراللهی انجام شده است مشخص گردید که در کل ۸٪/۸ ایران به عنوان سایت‌های دارای پتانسیل انرژی زمین گرمایی می‌تواند در نظر گرفته شود. جدول (۱-۱۰) نواحی دارای پتانسیل پیش-بینی شده را نشان می‌دهد.

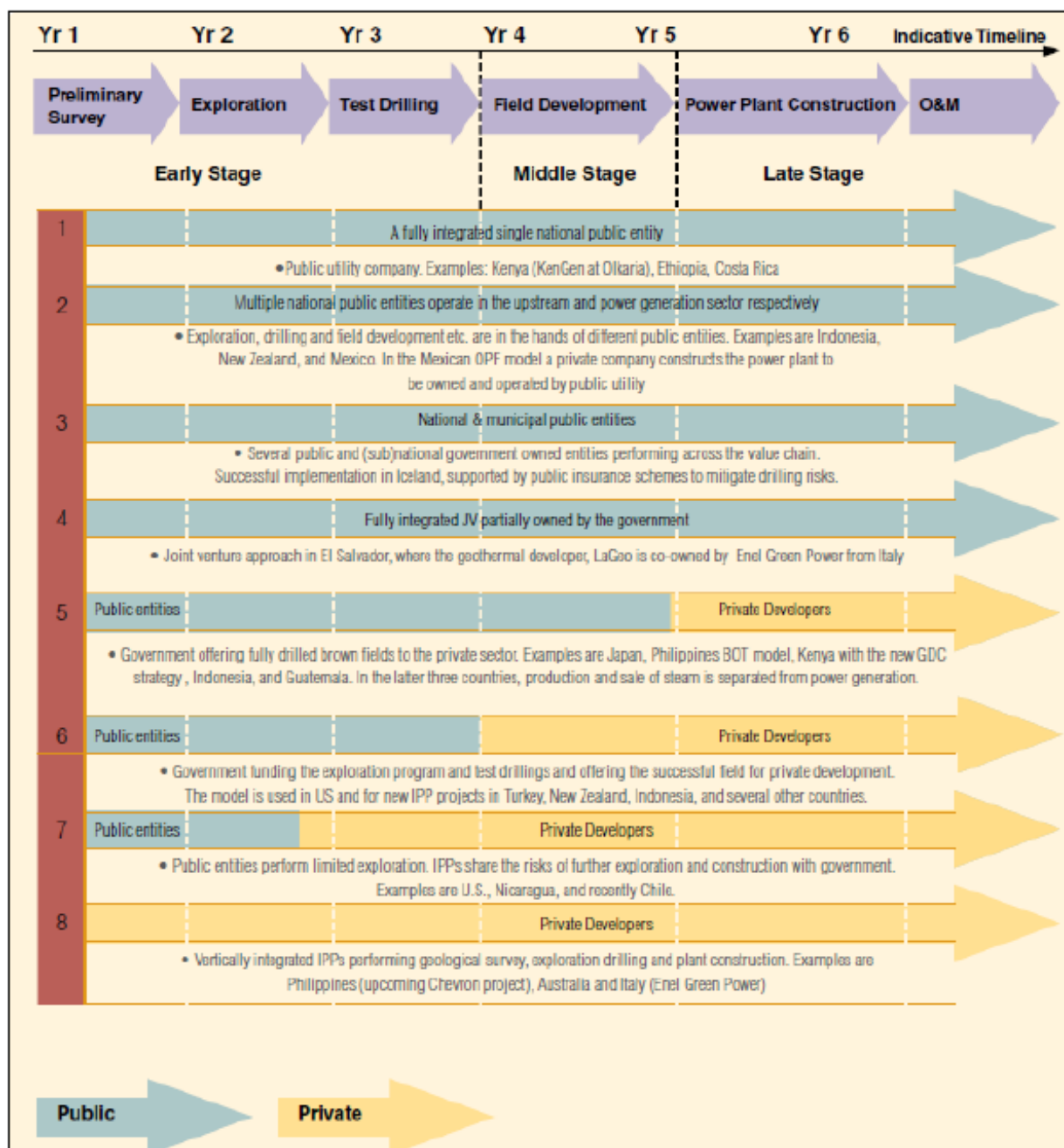
جدول (۱-۱۰) - خصوصیات نواحی زمین گرمایی در ایران

ناحیه زمین گرمایی	استان	ناحیه (کیلومتر مربع)
سیلان	اردبیل	۱۳۰۳۷
دماوند	مازندران	۴۶۴۸
خوی-ماکو	آذربایجان غربی	۳۲۵۷
سهند	آذربایجان شرقی	۳۱۷۴

شکل (۱-۲۷) - نقشه پتانسیل زمین گرمایی کشور (۲۰۰۷)

۸-۱-۱ - مشارکت فعال بخش خصوصی در توسعه مدل‌ها

در جهان، طیف گسترده‌ای از مدل‌های توسعه برای ساخت نیروگاه‌های برق زمین گرمایی و اجتناب از ریسک‌های مربوط به حفاری و استخراج اولیه توسعه زمین گرمایی استفاده می‌شود. در بعضی کشورها، دولت سرمایه اولیه برای اکتشاف زمین گرمایی را فراهم می‌کند و سپس منابع کشف شده به توسعه‌دهندگان بخش خصوصی یا نهادهای دولتی اجاره داده می‌شود تا نیروگاه زمین گرمایی را بسازند. در دیگر کشورها، شرکت‌ها ریسک‌های اکتشاف اولیه را با پیوستن به پروژه‌های خطرپذیر مشترک و توافقنامه‌های تجاری برای جستجوی منابع زمین گرمایی تسهیم می‌کنند. رویکرد دیگر برای یک کشور، دادن امتیاز انحصاری بر اساس شرکت‌های خصوصی است که اکتشاف، توسعه و عملیات را در ازای فروش ثابت و توافق و دیگر محرک‌های مالی تکمیل می‌کنند. این طیف در شکل زیر نشان داده شده است [۱۵].



شکل (۱-۲۸) - مدل های توسعه برق زمین گرمایی در جهان [۱۵].

۲- مقدمه‌ای بر دلایل توجیه‌پذیری

پس از بیان ضرورت توسعه انرژی زمین گرمایی، لازم است تا توجیه‌پذیری آن نیز بررسی شود. توسعه این فناوری در گرو داشتن یک دلیل موجه می‌باشد، که بیان‌کننده ی چرایی توسعه است. در کنار مزایای گوناگونی که در فصل پیش گفته شد، هزینه‌هایی نیز بر سیستم تحمیل می‌شود. در این راستا لازم است تا با سنجش تناسب مزایای حاصل از توسعه در برابر هزینه‌های آن، توجیه‌پذیری توسعه فناوری زمین‌گرمایی تجزیه و تحلیل گردد. بنابراین، در این فصل به تبیین دلایل توجیه‌پذیری احداث نیروگاه زمین‌گرمایی و تولید برق بوسیله آن خواهیم پرداخت. منظور از دلایل توجیه‌پذیری، بررسی هزینه‌های موجود و مقایسه میان آنها و سایر فن‌آوری‌های نیروگاهی و تولید برق است. بدین منظور نیاز به شاخصی داریم که تمامی هزینه‌های سیستم در آن جمع شده باشد و قابلیت مقایسه میان فن‌آوری‌های گوناگون را فراهم سازد. در ادامه به تعریف و بررسی ابعاد گوناگون شاخص هزینه تمام شده انرژی (LCOE) خواهیم پرداخت.

۲-۱- شاخص LCOE

برای انتخاب سیستم مناسب از میان گزینه‌های مختلف فناوری‌های زمین‌گرمایی، لازم است تا این سیستم‌ها از جنبه‌های مختلف اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی مورد بررسی و مقایسه قرار گیرند. در میان جنبه‌های مختلفی که بایستی مورد بررسی قرار گیرند، بعد اقتصادی این مقایسه از اهمیت بالایی در اذهان کاربران و تصمیم‌گیران جامعه برخوردار است. بدین منظور، شاخص LCOE برای مقایسه این گزینه‌ها از منظر هزینه‌ی تمام شده انرژی تولید شده مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

برای این رویکرد از شاخص^۱ LCOE استفاده شده است. LCOE، یک شاخص اقتصادی است که با استفاده از هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه، هزینه تعمیر و نگهداری سالانه و هزینه سوخت مصرفی و همچنین با استفاده از درآمد ناشی از اسقاط سیستم مورد بررسی در انتهای عمر مفید، هزینه تمام شده و یا به عبارت بهتر هزینه سربه‌سر انرژی تولید شده توسط سیستم را ارائه می‌دهد. معادله مورد استفاده برای محاسبه این شاخص در ادامه ارائه شده است. این شاخص به صورت گسترده به عنوان روشی برای مقایسه سیستم‌های مختلف از نظر اقتصادی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش با توجه به هزینه‌های صرف شده در طول عمر پروژه، به محاسبه هزینه هر واحد انرژی تولید شده می‌پردازد به عبارت دیگر این روش یک ابزار تحلیلی است که می‌تواند برای مقایسه فن‌آوری‌های گوناگون در ابعاد و هزینه‌های عملیاتی و سرمایه‌گذاری و طول عمر

مختلف و با در نظر گرفتن شرایط اقتصادی مورد استفاده قرار گیرد. این روش با محاسبه هزینه تمام شده هر کیلووات ساعت انرژی تولید شده برای سیستم‌های مختلف و مقایسه این هزینه‌ها با یکدیگر با صرفه‌ترین سیستم را از جنبه اقتصادی از میان گزینه‌های کاندید معرفی می‌کند.

ابتدا به طور خلاصه به توضیح مفاهیم مورد نیاز می‌پردازیم:

برای محاسبه هزینه واحد انرژی نیاز به اطلاعات هزینه‌ای فن‌آوری‌های مختلف طی سال‌های فعالیت آن می‌باشد. به طور کلی هزینه‌های طول عمر سیستم‌ها را می‌توان به چند دسته تقسیم کرد:

✚ هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه

✚ هزینه عملیات و نگهداری

✓ هزینه‌های متغیر

✓ هزینه‌های ثابت

✚ هزینه سوخت

✚ هزینه اجتماعی

هر کدام از این هزینه با توجه به نوع فن‌آوری و مقدار هزینه، ممکن است با یکدیگر ادغام شده و تحت یک عنوان اشاره شوند.

۱-۱-۲- هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه

هزینه‌های سرمایه‌گذاری، هزینه‌هایی هستند که در زمان ساخت رخ داده و شامل هزینه‌های ضروری تجهیزات، مهندسی و نیروی کار است.

۲-۱-۲- هزینه تعمیر و نگهداری

این هزینه به دو بخش تقسیم می‌گردد:

✓ هزینه تعمیر و نگهداری ثابت

✓ هزینه تعمیر و نگهداری متغیر

- هزینه تعمیر و نگهداری ثابت

این هزینه با توجه به مقیاس و نوع تکنولوژی به کار رفته، تعیین می‌شود؛ بخش اول هزینه نگهداری ثابت ماشین‌آلات و تجهیزات می‌باشد. به عنوان مثال هزینه قرارداد سرویس بلندمدت تجهیزات و بخش دوم شامل هزینه نیروی کار می‌باشد و

مجموع این دو بخش هزینه تعمیر و نگهداری ثابت را تشکیل می‌دهد و با واحد "ریال بر کیلووات در سال" یا "دلار بر کیلووات در سال" در محاسبات وارد می‌شود.

۳-۱-۲ - هزینه تعمیر و نگهداری متغیر

این نوع هزینه ناشی از هزینه مواد مصرف‌شده در فرآیند تولید است. این نوع هزینه‌ها به میزان تولید انرژی وابسته هستند و با افزایش تولید افزایش می‌یابند و برعکس.

۳-۱-۳ - هزینه سوخت

هزینه سوخت مصرفی یک عامل مهم در محاسبه هزینه انرژی تولیدی می‌باشد. این هزینه در واقع همانند هزینه تعمیر و نگهداری متغیر می‌باشد ولی به دلیل اهمیت و تأثیر فراوان آن بر هزینه انرژی تولیدی به صورت جدا از هزینه تعمیر و نگهداری متغیر محاسبه می‌گردد.

۴-۱-۲ - هزینه آلاینده‌ها (هزینه‌های اجتماعی)

در بررسی‌های اقتصادی هر طرحی (برخلاف بررسی‌های مالی) اصولاً باید هزینه‌های خارجی و یا به اصطلاح هزینه‌های اجتماعی مربوط به آن طرح مورد توجه قرار گیرد. در زمینه تولید انرژی نیز تصمیم‌گیری بر روی انتخاب روش‌های مختلف تولید، بدون لحاظ نمودن این هزینه‌ها یک انتخاب غیراقتصادی و نادرست است. مهمترین بخش از هزینه‌های خارجی مربوط به آلاینده‌های زیست‌محیطی می‌باشد.

۵-۱-۲ - هزینه تراز‌شده واحد انرژی (LCOE)

طبق تعریف آژانس بین‌المللی انرژی در سال ۲۰۰۵ شاخص فوق بیانگر "میانگین هزینه‌ای که توسط مصرف‌کننده پرداخت می‌شود تا دقیقاً سرمایه، هزینه عملیات و نگهداری و هزینه سوخت مصرفی با نرخ بازگشتی برابر نرخ تنزیل بازپرداخت شود"، می‌باشد. به طور کلی محاسبه LCOE بر پایه تبدیل مجموع هزینه‌ها و مجموع درآمدهای ناشی از تولید انرژی به معادل ارزش فعلی می‌باشد و در واقع برابر است با تقسیم ارزش حال مجموع هزینه‌های تنزیل شده بر میزان تولید اصلاح شده به وسیله فاکتور ارزش فعلی؛ به عبارت دیگر LCOE برابر قیمتی برای فروش انرژی تولیدی است که دو جریان نقدی تنزیل شده فوق را برابر کند.

برای دستیابی به این شاخص در مراجع مختلف از جمله گزارش مشترک آژانس بین‌المللی انرژی و گزارش‌های آژانس بین‌المللی انرژی‌های تجدیدپذیر از روش‌های مشابهی استفاده شده است. روش محاسبه‌ی معادله این شاخص در گزارش فوق در فرمول ۱ و ۲ ارائه شده است.

با فرض :

$Energy_t$	انرژی تولید شده در سال t	$O \& M_t$	هزینه تعمیر و نگهداری در سال t
$LCOE$	قیمت انرژی (هزینه تراز شده)	$Fuel_t$	هزینه سوخت مصرفی در سال t
$Investment_t$	هزینه سرمایه گذاری اولیه	$Carbon_t$	هزینه اجتماعی در سال t
		i_r	نرخ تنزیل واقعی

$$\sum_t \left(\frac{Energy_t \times P_{Energy}}{(1+i_r)^t} \right) = \sum_t \left(\frac{Investment_t + O \& M_t + Fuel_t + Carbon_t}{(1+i_r)^t} \right) \quad (1)$$

که در آن P_{Energy} همان هزینه تمام شده هر کیلووات ساعت انرژی تولیدی می باشد.

$$LCOE = P_{Energy} = \frac{\sum_t \left(\frac{Investment_t + O \& M_t + Fuel_t + Carbon_t}{(1+i_r)^t} \right)}{\sum_t \left(\frac{Energy_t}{(1+i_r)^t} \right)} \quad (2)$$

۲-۲- هزینه های تولید برق زمین گرمایی

نیروگاه های برق زمین گرمایی حساس به هزینه اند اما هزینه های راه اندازی بسیار پایین و قابل پیش بینی دارند. هزینه های توسعه در طی زمان با افزایش هزینه های EPC و کالا و همچنین به دلیل افزایش هزینه های حفاری، همراستا با روندهای بخش نفت و گاز، افزایش می یابند. کل هزینه های نصب شده نیروگاه برق زمین گرمایی شامل موارد زیر هستند:

- هزینه های اکتشاف و ارزیابی منبع
- هزینه های مربوط به حفاری چاه های تولید و تزریق (چاه های تولیدی باید به نحوی حفر گردند که بین ۶۰ تا ۹۰ درصد احتمال دستیابی به منابع در آن ها وجود داشته باشد)
- زیرساخت حوزه زمین گرمایی و دیگر اقدامات نصب و راه اندازی سطحی
- تجهیزات نیروگاه و هزینه های مربوط به آن، و

• توسعه پروژه و هزینه‌های اتصال به شبکه [۱۶].

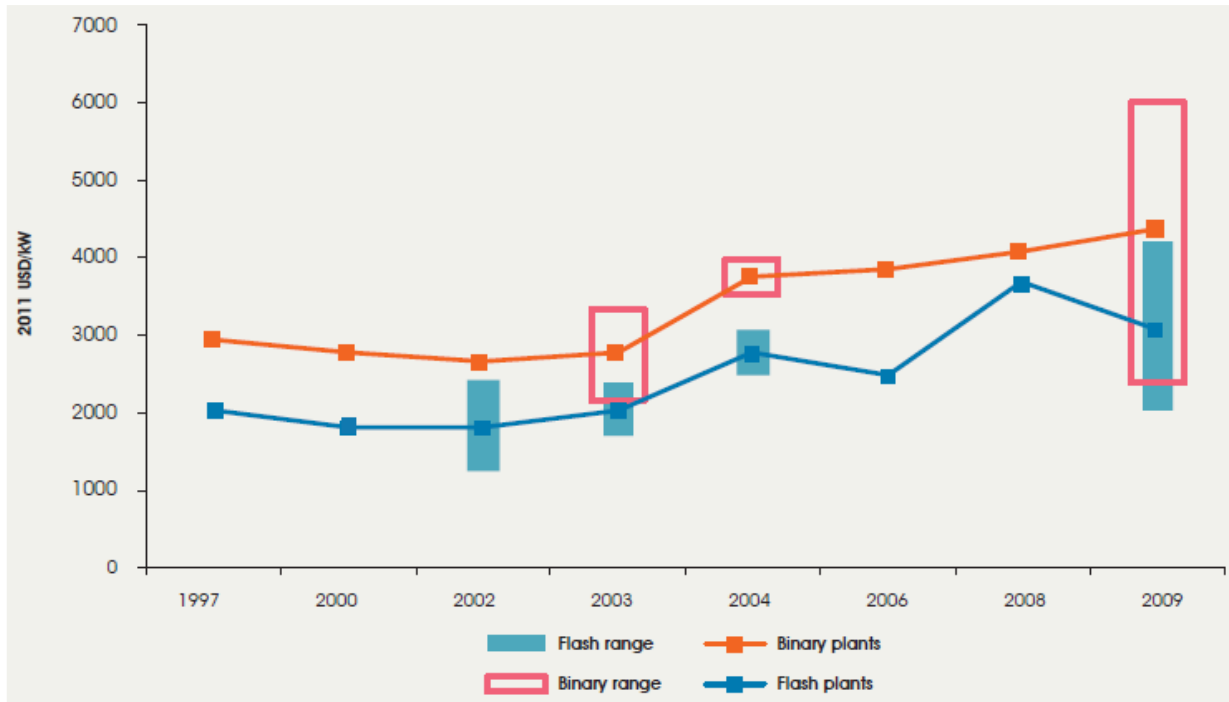
سهم هر کدام از این هزینه‌ها در یک پروژه برق زمین گرمایی به این شکل است: (الف) اکتشاف و تأیید منابع (۱۰ تا ۱۵ درصد هزینه کل)، (ب) حفاری تولید و تزریق به چاه‌ها (۲۰ تا ۳۵ درصد هزینه کل)، (ج) تسهیلات سطح و زیرساخت (۱۰ تا ۲۰ درصد هزینه کل) و (د) نیروگاه برق (۴۰ تا ۸۱ درصد هزینه کل). هزینه‌های سرمایه‌گذاری فعلی در سطح جهان بین ۱۸۰۰ و ۵۲۰۰ دلار بر کیلووات متغیر است. برای پروژه‌های توسعه‌ای (یعنی نیروگاه جدید در همان حوزه سابق) هزینه‌های سرمایه‌گذاری می‌تواند ۱۰ تا ۱۵ درصد پایین‌تر باشد.

پروژه‌های زمین گرمایی به دلیل نیاز به حفاری چاه‌ها و ساخت نیروگاه‌های برق، معمولاً هزینه سرمایه‌گذاری بالا و هزینه‌های عملیاتی نسبتاً پایین دارند. گرچه هزینه‌ها بر اساس پروژه فرق می‌کند، هزینه ترازشده نیروگاه‌های برقی که از منابع هیدروترمال استفاده می‌کنند، اغلب در بازار برق امروزه، رقابتی است؛ این امر برای استفاده‌های مستقیم از گرمای زمین گرمایی هم صادق است. نیروگاه‌های EGS، در گام اولیه ظهور مانده‌اند اما تخمین‌های هزینه‌های EGS بالاتر از هزینه‌های منابع هیدروترمال است.

ضریب ظرفیت جهانی در سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۰۹ برای نیروگاه‌های سیکل ترکیبی آبی و دومداره فعال ۷۴/۵٪ بوده است. با احتساب داده‌های خارج از محدوده معمول، حد پایینی و بالایی این فاکتور ۶۰ و ۹۰٪ بوده‌اند. فاکتورهای ظرفیت نوعی برای نیروگاه‌های جدید زمین گرمایی بیش از ۹۰٪ است (هنک، ۲۰۰۵؛ دی پیو، ۲۰۰۸، برتانی، ۲۰۱۰). متوسط ضریب ظرفیت جهانی برای ۲۰۲۰ حدود ۸۰٪ پیش‌بینی می‌شود که می‌تواند تا ۲۰۳۰ به ۸۵٪ و تا ۲۰۵۰ به ۹۰٪ برسد.

۲۵ تا ۳۰ سال، عمر معمول نیروگاه‌های زمین گرمایی در جهان است. این دوره بازپرداخت، اجازه بازسازی یا جایگزینی سطح فرسوده نیروگاه‌ها را در پایان عمرش می‌دهد، اما برابر چرخه عمر اقتصادی منبع یک چشمه زمین گرمایی که معمولاً طولانی‌تر است، نمی‌باشد. در بعضی چشمه‌ها، به‌هرحال، امکان تخریب (نشست) منبع در طول زمان، یکی از چندین عاملی است که اقتصاد نیروگاه‌های در حال فعالیت را تحت تأثیر قرار می‌دهد [۱۸].

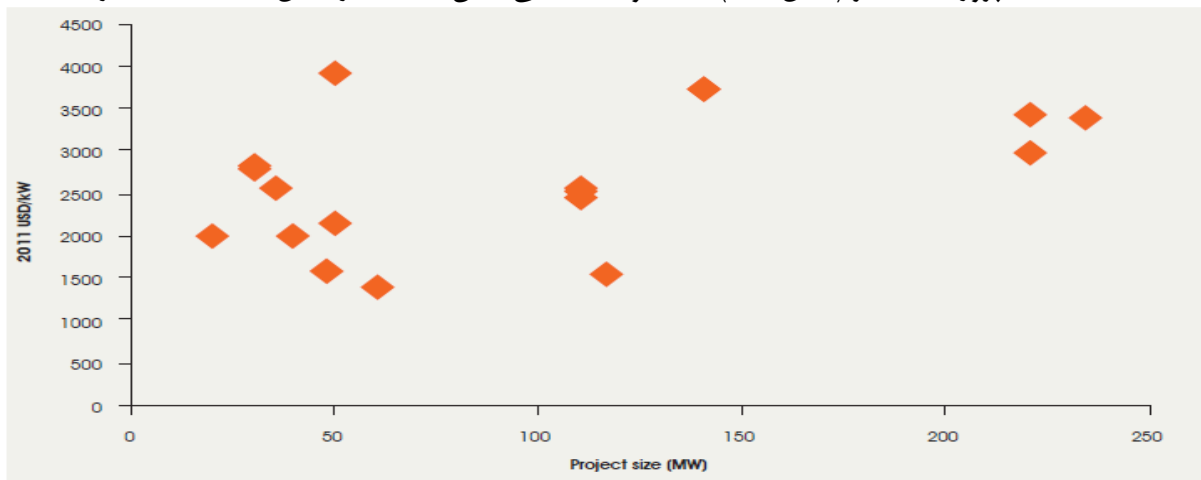
کل هزینه‌های نصب‌شده نیروگاه برق زمین گرمایی، امروزه ۶۰ تا ۷۰ درصد بیشتر از سال ۲۰۰۰ شده است (IPCCC، ۲۰۱۱). برای پروژه‌های معمول، نیروگاه سیکل ترکیبی آبی متراکم هزینه‌های نصب‌شده‌ای بین ۱۹۰۰ تا ۳۸۰۰ دلار بر کیلووات دارد. نیروگاه دومداره گران‌تر است و برای یک پروژه نوعی بین ۲۲۵۰ تا ۵۵۰۰ دلار بر کیلووات هزینه نصب شده دربردارد (IPCCC، ۲۰۱۱) [۱۶].



شکل (۲-۱) - کل هزینه‌های نصب‌شده برای ایستگاه‌های برق زمین‌گرمایی در فاصله سال‌های ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۹

(منبع: IPCC، ۲۰۱۱) [۱۶].

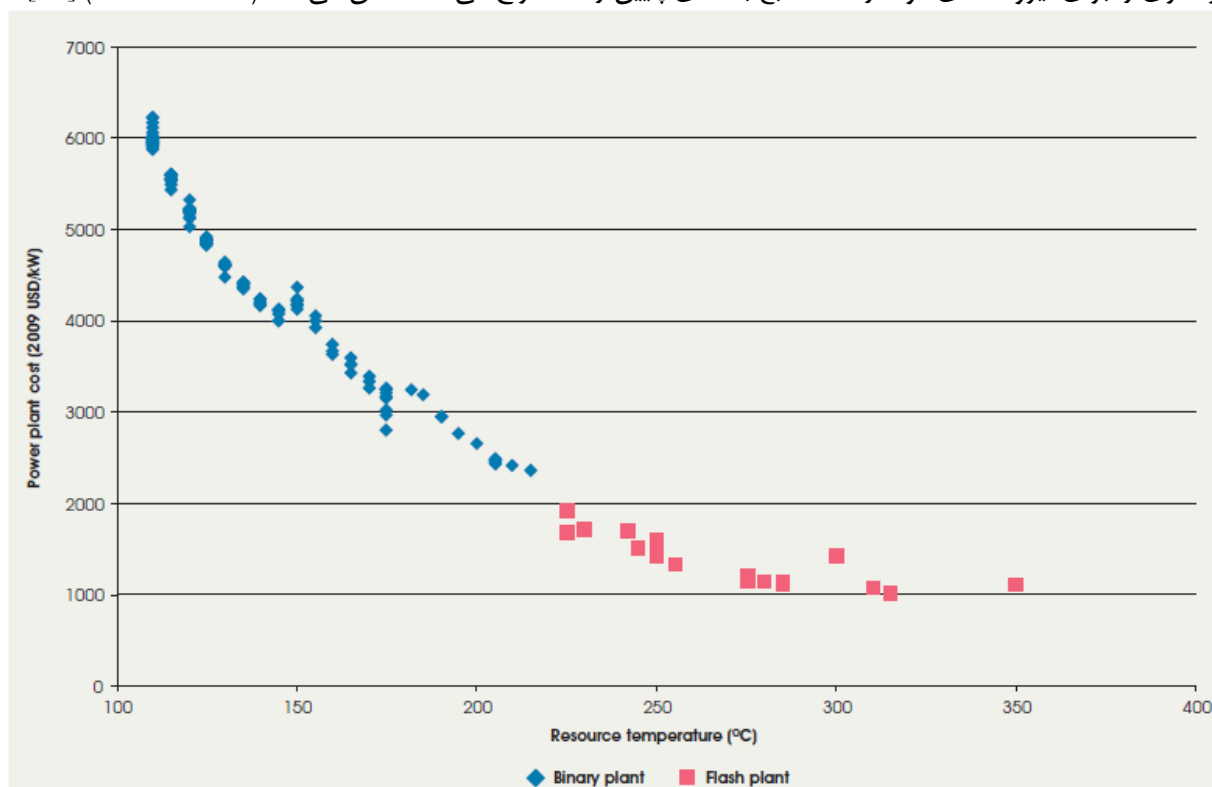
هزینه‌های پروژه می‌تواند پایین‌تر از این باشد و در جایی که چشمه زمین‌گرمایی با خصوصیات خوب و زیرساخت خوب وجود داشته باشد و ظرفیت جدیدی به آن اضافه شود می‌تواند فقط ۱۵۰۰ دلار بر کیلووات هزینه داشته باشد اما چنین مواردی استثناء هستند. داده‌های پروژه‌های اخیر (شکل ۲-۲) با محدوده‌های کلی نشان‌داده‌شده در شکل ۲-۱ مطابقت دارد [۱۶].



شکل (۲-۲) - هزینه‌های سرمایه‌گذاری نصب‌شده برای پروژه‌های برق زمین‌گرمایی در شیلی، اندونزی، کنیا، مکزیک و فیلیپین

(منبع: IRENA) [۱۶]

به‌هرحال، در مقایسه با بعضی تحلیل‌ها در ادبیات موضوع، این محدوده‌های هزینه بسیار باریک هستند و ممکن است محدوده هزینه کمتری را هنگام استخراج بهترین منابع زمین‌گرمایی نشان دهد. اگر تنها هزینه‌های خود نیروگاه برق را در نظر بگیریم (یعنی هزینه تولید و تزریق به حوضچه‌ها را) تحلیل‌هایی که برای ایالات متحده انجام شده است (شکل ۲-۳)، محدوده گسترده‌تری را برای نیروگاه‌های دودمداره که منابع با دمای پایین را استخراج می‌کنند نشان می‌دهد (NREL، ۲۰۱۲) [۱۶].



شکل (۲-۳) - هزینه‌های منحصر به نیروگاه برای پروژه‌های زمین‌گرمایی براساس دمای حوضچه (منبع: NREL، ۲۰۱۲)

[۱۶]

تخمین‌های کل هزینه‌های نصب‌شده برای دیگر منابع زمین‌گرمایی ایالات متحده یک دامنه بسیار گسترده از ۱۵۰۰ دلار بر کیلووات تا ۱۰۰۰۰ دلار بر کیلووات را نشان می‌دهد (آگوستین، ۲۰۱۱). بیشتر این منحنی‌های تأمین برای ایالات متحده اقتصادی نیستند و هزینه‌های پروژه‌های زمین‌گرمایی معمول را نشان نمی‌دهند اما اهمیت شناسایی بهترین چشمه‌ها و منابع زمین‌گرمایی برای توسعه پروژه‌ها را مشخص می‌سازند. بنابراین، محدوده هزینه برای نیروگاه‌های دودمداره‌ی منابع با مقیاس و

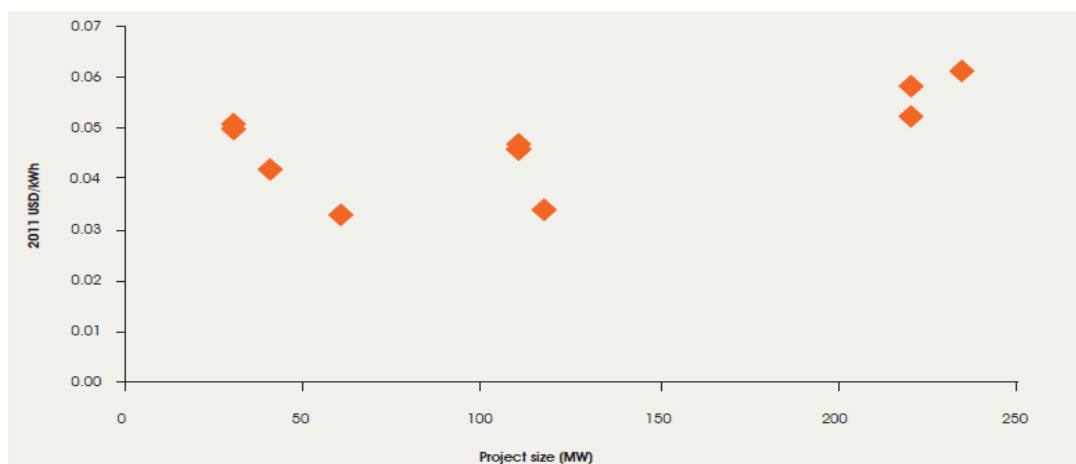
دمای کم، گسترده‌تر از منابع عالی زمین گرمایی است و ممکن است محدوده‌ای بین ۵۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ دلار بر کیلووات داشته باشد [۱۶].

۱-۲-۲- هزینه تراز شده تولید برق زمین گرمایی

هزینه تراز شده یک نیروگاه زمین گرمایی با عوامل معمولی مانند هزینه‌های نصب شده، هزینه‌های عملیات و نگهداری، چرخه عمر اقتصادی و میانگین وزنی هزینه سرمایه تعیین می‌شود. به هر حال، تحلیل برای زمین گرمایی کمی پویاتر از دیگر تجدیدپذیرها است. یکی از پیچیدگی‌ها، عدم اطمینان بزرگ‌تر در توسعه پروژه به دلیل ریسک عملکرد ضعیف حوضچه‌های تولید است. به طور مشابه، در طی طول عمر یک پروژه، نشست^۱ یک چشمه می‌تواند نقش مهمی در هزینه‌ها (چون ممکن است چشمه‌های تولید اضافه‌تری لازم شوند) و در عملکرد (خروجی پایین در هنگام انجام اقدامات درمانی) بازی کند. این عوامل منجر به عدم اطمینان بالاتر در توسعه پروژه‌های زمین گرمایی و احتمال افزایش بیشتر هزینه‌های تأمین مالی در مقایسه با سایر انرژی‌های تجدیدپذیر مثل باد می‌شود. به هر حال، این فاکتور عدم اطمینان، در بازارهای زمین گرمایی بالغ که مؤسسات تأمین مالی قبلاً تجربیاتی در مورد زمین گرمایی داشته‌اند، معمولاً قابل مدیریت است.

با فرض ۱۰٪ هزینه سرمایه، ۲۵ سال طول عمر اقتصادی، هزینه‌های عملیات و نگهداری معادل ۱۰۰ دلار بر کیلووات در سال، ضریب ظرفیتی برابر ۹۰٪ و هزینه‌های سرمایه، هزینه تراز شده نیروگاه زمین گرمایی می‌تواند بین مقدار کمی معادل ۰/۰۳ دلار بر کیلووات ساعت برای دومین توسعه یک حوزه تا مقدار زیادی معادل ۰/۱۰ دلار بر کیلووات ساعت برای توسعه پروژه‌های حوزه سبز نوسان کند. به هر صورت، با احتساب عملکرد ضعیف‌تر از انتظار حوضچه‌ها، می‌توان انتظار داشت که اگر هزینه‌های سرمایه در انتهای محدوده خود و ضریب‌های ظرفیت ۲۰٪ کمتر از مقدار فرض شده قرار داشته باشند، هزینه‌ها تا میزان ۰/۱۴ دلار بر کیلووات ساعت افزایش یابد [۱۶].

^۱Degradation (تخریب)



شکل (۲-۴) - هزینه تراز شده پروژه های برق زمین گرمایی در شیلی، اندونزی، کنیا، مکزیک و فیلیپین (منبع: IRENA) [۱۶].

هزینه های سرمایه گذاری به ازای مگاوات نصب شده می تواند مطابق آنچه در جدول ۲-۱ مشخص شده است، به طور گسترده - ای، بسته به کشور، ناحیه، جغرافیا، زیرساخت های موجود، و دشواری اکتشاف و حفاری حوزه، تغییر کند. فاصله انتقالی که تا نقطه دسترسی به شبکه بعدی وجود دارد نیز فاکتور مهمی است [۲۳].

جدول (۲-۱) - هزینه های شاخص برای توسعه زمین گرمایی (برای ۵۰ مگاوات) به میلیون دلار [۲۳]

PHASE / ACTIVITY	LOW ESTIMATE	MEDIUM ESTIMATE	HIGH ESTIMATE
1 Preliminary Survey, Permits, Market Analysis ¹⁶	1	2	5
2 Exploration ¹⁷	2	3	4
3 Test Drillings, Well Testing, Reservoir Evaluation ¹⁸	11	18	30
4 Feasibility Study, Project Planning, Funding, Contracts, Insurances, etc. ¹⁹	5	7	10
5 Drillings (20 boreholes) ²⁰	45	70	100
6 Construction (power plant, cooling, infrastructure, etc.) ²¹	65	75	95
Steam Gathering System and Substation, Connection to Grid (transmission) ²²	10	16	22
7 Start-up and Commissioning ²³	3	5	8
TOTAL	142	196	274
In US\$ Million per MW Installed	2.8	3.9	5.5

از آنجایی که پروژه‌های زمین گرمایی یک دوره عملیاتی بلندمدت و پایدار همراه با یک زمان کاربری چندین دهه‌ای دارند، مشخصات ذکر شده در جدول بالا باید به هزینه تراز شده انرژی واقعی به ازای هر کیلووات ساعت تولید شده در کشورهای مختلف تبدیل شود (جدول ۲-۲). تنها در موارد محدودی، مشخصات رسمی توسط دولت یا اپراتورهای بخش خصوصی در مورد هزینه تراز شده واقعی از منابع زمین گرمایی منتشر شده است. بنابراین، در بیشتر موارد، یک محدوده هزینه راهنما با استدلال‌های مربوطه ارائه شده است [۲۳].

جدول (۲-۲) - هزینه‌های تولید برق شاخص مشاهده شده در سال ۲۰۱۰ [۲۳]

COUNTRY	PROJECT AND / OR SIZE	US\$ PER KWh	COMMENTS
Costa Rica	4 projects total 200 MW	US\$ 0.04 - 0.05	Figures from ICE ¹
Philippines	Existing total 2,000 MW	US\$ 0.04 - 0.055	Privately owned, but mostly built by public companies and then privatized. Own estimate built on utility power purchase price
Indonesia	Total 1,000 MW	US\$ 0.045 - 0.07 < US\$ 0.097	Estimate built on study ² Tariff ceiling set by government
Ethiopia	Planned 35 MW plant	US\$ 0.05 - 0.08	Estimate
Kenya	Existing 130 MW units	US\$ 0.043 - 0.064	KenGen's Expansion Plan 2008 ³
	Planned 280 MW in 4 units	< US\$ 0.08	Tariff ceiling set by government, but 10-20% lower according to Kenyan sources ⁴
Iceland	500 MW in large units	US\$ 0.03 - 0.05	Estimate ⁵ ; Power sold to aluminum companies for contract price
Mexico	960 MW in total	US\$ 0.08	Average costs for all units ⁶

لازم به ذکر است که هزینه‌های تامین مالی (شامل بهره (تنزیل) در طول ساخت و هزینه سرمایه کل که جریان‌های نقدی بر اساس آن تنزیل می‌شوند) می‌تواند هزینه‌های تولید زمین گرمایی را به‌طور قابل توجهی تحت تأثیر قرار دهد. هزینه‌ها و سطوح تعرفه‌ای که در جدول ۲-۲ آمده‌اند، عموماً هزینه‌های سرمایه را از منابع عمومی پوشش می‌دهند. در مواردی که توسعه‌دهنده وابسته به منابع خصوصی برای تامین مالی است، تعرفه‌هایی که کاملاً هزینه‌ها را پوشش می‌دهند، تمایل به بالاتر بودن دارند [۲۳].

تحلیل نقطه سر به سر برای هزینه تراز شده زمین گرمایی: تحلیل ارائه شده در اینجا بر پایه هزینه سرمایه گذاری معادل ۳۰۰۰ دلار آمریکا بر کیلووات برای زمین گرمایی انجام شده است. جدول ۲-۱ محدوده‌ای تخمینی از هزینه سرمایه را براساس فعالیت‌های توسعه‌ای مختلفی که در یک نیروگاه ۵۰ مگاواتی زمین گرمایی نوعی انجام می‌شود، ارائه می‌دهد. این تخمین‌ها، بین ۲/۸ تا ۵/۵ میلیون دلار به ازای هر مگاوات نصب شده هستند که معادل ۲۸۰۰ تا ۵۵۰۰ دلار به ازای هر کیلووات نصب شده می‌باشند.

با در نظر داشتن این تنوع در هزینه‌های سرمایه گذاری زمین گرمایی، یک سؤال مفید این است که: هزینه سرمایه گذاری زمین گرمایی قبل از اینکه به میزان رقابتی از نظر اقتصادی برسد، چقدر می‌تواند بالا برود؟ این سؤال می‌تواند با مقایسه زمین گرمایی با دیگر فناوری‌های بار پایه مانند توربین‌های بخار مصرف کننده نفت سنگین یا ذغال سنگ، دیزل‌های سرعت متوسط مصرف کننده نفت سنگین و گاهی نیروگاه‌های برق آبی بزرگ پاسخ داده شود.

با استفاده از روشی که در بالا توضیح داده شد و بر پایه هزینه‌های سوختی که در جدول ۲-۳ آورده شده است (جدول ۲-۳ مقادیر تخمینی هزینه سوخت را در ۲۰۱۰ بر پایه هزینه نفت بشکه‌ای ۷۵ دلار نشان می‌دهد)، هزینه سرمایه گذاری سر به سر برای زمین گرمایی می‌تواند محدوده‌های زیر را داشته باشد:

- در مقایسه با توربین‌های بخاری مصرف کننده نفت سنگین، ۸۹۰۰ دلار به ازای هر کیلووات نصب شده
- در مقایسه با MSD، ۷۰۰۰ دلار به ازای هر کیلووات نصب شده
- در مقایسه با توربین‌های بخاری مصرف کننده ذغال سنگ، ۵۲۰۰ دلار به ازای هر کیلووات نصب شده
- در مقایسه برق آبی‌های بزرگ دارای ضریب ظرفیت ۶۰ درصد، ۴۴۰۰ دلار به ازای هر کیلووات نصب شده [۲۳]

جدول (۲-۳) - هزینه سوخت به دلار آمریکا [۲۳]

FUEL COSTS	VALUE	US\$/GJ
Oil \$/bbl	74.94	
HFO \$/L	0.367	8.79
FO #4 \$/L	0.500	12.00
Coal \$/ton	118.00	4.07
LNG \$/m ³	0.287	8.39
Natural Gas \$/MBTU	5.00	4.74

۲-۲-۲- هزینه تولید انرژی براساس فناوری های مختلف زمین گرمایی

آزمایشگاه ملی دپارتمان انرژی آمریکا (NREL) در گزارش سال ۲۰۰۷ خود، به محاسبه هزینه ترازشده برای انواع نیروگاه های زمین گرمایی پرداخته است. جدول ۲-۴ خلاصه ای از نتایج تحلیل ریسک را نشان می دهد. این جدول هزینه ترازشده اولیه (پایه ای)، محدوده هزینه ترازشده بهبود یافته محاسبه شده توسط GETEM (یعنی حداقل، متوسط و حداکثر هزینه های ترازشده تعیین شده توسط مدل تحلیل ریسک) و احتمال رسیدن به هدف برنامه ۵ سنت بر کیلووات ساعت [۲۲].

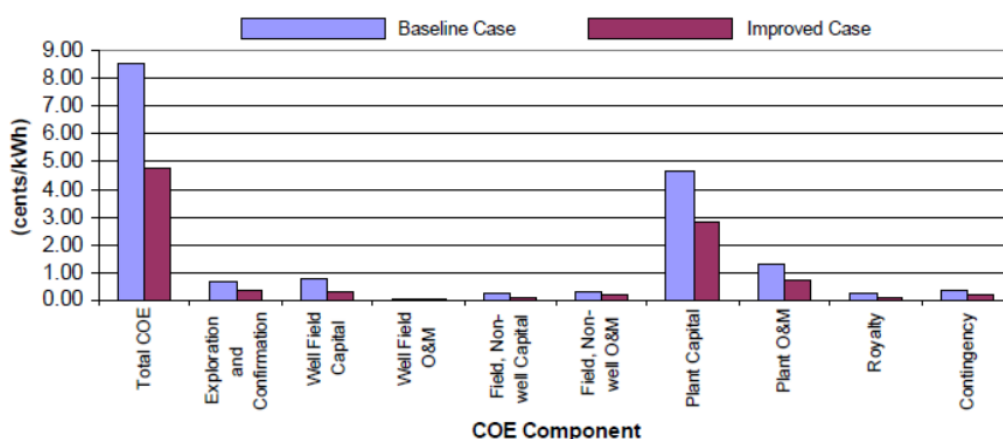
جدول (۲-۴) - خلاصه محدوده هزینه ترازشده و احتمال دستیابی به هدف ۵ سنت بر کیلووات ساعت برای هر مورد

(حداقل و حداکثر محدوده LCOE به ترتیب با احتمال ۵٪ و ۹۵٪ محاسبه شده است) [۲۲]

Case and Year	Baseline 2005 LCOE	Improved-Case LCOE Range ¹²			Probability of Meeting	
		Min	Mean	Max	5¢/kWh Goal	Mean LCOE by Case Year
Results of Expert Team Estimates						
HT Binary 2010	8.54	3.80	4.73	6.13	75%	54%
HT Flash 2010	4.73	2.94	3.43	4.13	100%	54%
EGS Binary 2010	28.5	5.71	11.5	18.9	N/A ¹³	51%
EGS Flash 2010	29.3	8.39	15.6	23.0	N/A	53%
Evolutionary EGS Binary 2040	28.5	3.85	6.29	13.8	14%	59%
Results of MYPP Estimates						
HT Binary 2010	8.54	4.35	4.74	5.10	99%	52%
EGS Binary 2010	28.5	12.5	14.3	17.8	N/A	52%

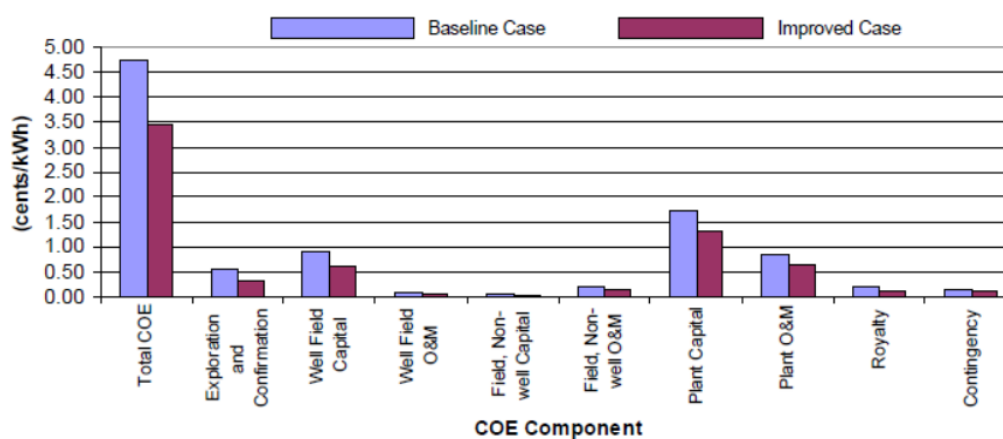
همان طور که در جدول فوق مشخص است، موارد هیدروترمال، برای هر دو فناوری سیکل ترکیبی آبی و دومداره، احتمال بالایی در رسیدن به هدف ۵ سنت بر کیلووات ساعت تا سال ۲۰۱۰ داشته اند، در حالی که سیستم های EGS عملاً هیچ شانسی برای رسیدن به هدف ۵ سنت بر کیلووات ساعت تا سال ۲۰۱۰ نداشته اند. این نتایج، تعجب آور نیستند زیرا استفاده از منابع EGS یک سناریوی بلندمدت است، همچنانکه از هزینه ترازشده بالای آنها برای سال ۲۰۰۵ هم مشخص است. با این حال، موارد EGS کاهش قابل ملاحظه ای در زمینه هزینه ترازشده تا سال ۲۰۱۰ از خود نشان می دهند (حدود ۵۰ درصد)، و پتانسیل رقابتی شدن از نظر هزینه را تا سال ۲۰۴۰ دارا می باشند [۲۲].

دومداره هیدروترمال در سال ۲۰۱۰: شکل ۲-۵، اجزای هزینه ترازشده در هیدروترمال دومداره در سال ۲۰۱۰ را نشان می-دهد. سهم سرمایه نیروگاه در هزینه ترازشده بزرگترین جزء در موارد پایه است و در موارد بهبودیافته نیز، علیرغم کاهش کاملاً قابل توجه هزینه ترازشده، به همین شکل باقی می ماند [۲۲].



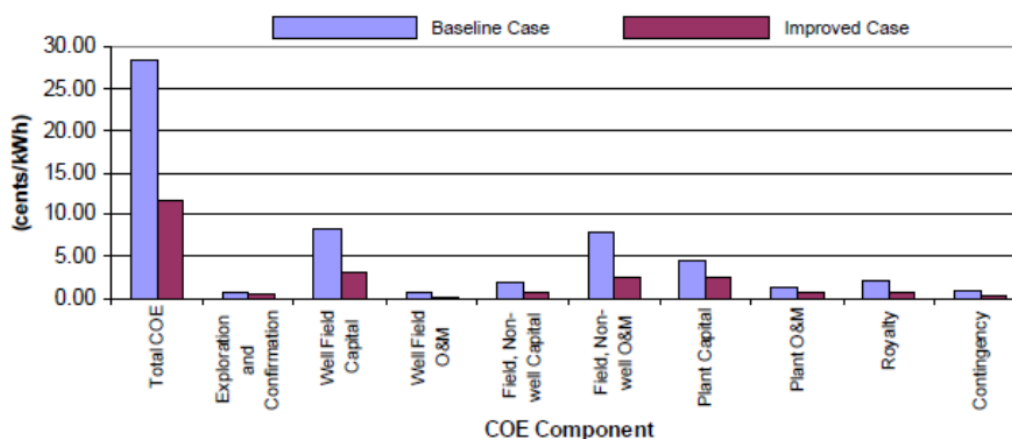
شکل (۲-۵) - هزینه انرژی تعمیر یافته به ۲۰۱۰ بر مبنای هزینه انرژی پایه سال ۲۰۰۵ برای دومداره هیدروترمال [۲۲].

سیکل ترکیبی آبی هیدروترمال ۲۰۱۰: شکل ۲-۶ نشان می دهد که برای فناوری سیکل ترکیبی آبی، درحالی که اجزای سرمایه نیروگاه بزرگترین سهم هزینه ترازشده را همچنان به خود اختصاص می دهند، خیلی کوچکتر از ارقام محاسبه شده برای فناوری دومداره هستند [۲۲].



شکل (۶-۲) - هزینه انرژی تعمیم یافته به ۲۰۱۰ بر مبنای هزینه انرژی پایه سال ۲۰۰۵ برای سیکل ترکیبی آبی هیدروترمال [۲۲].

دومداره EGS ۲۰۱۰: شکل ۲-۷ نشان می دهد که برای دومداره EGS، سرمایه حوزه چاه، اجزای هزینه ترازشده عملیات و نگهداری غیرچاهی حوزه، سهم بزرگتری نسبت به کل هزینه ترازشده موارد هیدروترمال دارند. از آنجایی که منابع EGS عمیق تر از منابع هیدروترمال در نظر گرفته می شوند، هزینه های حفاری و هزینه های عملیات و نگهداری حوزه بالاتر هستند. هزینه های حوزه چاه هم نقش تحریک چشمه و تخلیه سریع تر چشمه را برای سیستم های EGS نسبت به هیدروترمال، نشان می دهد [۲۲].

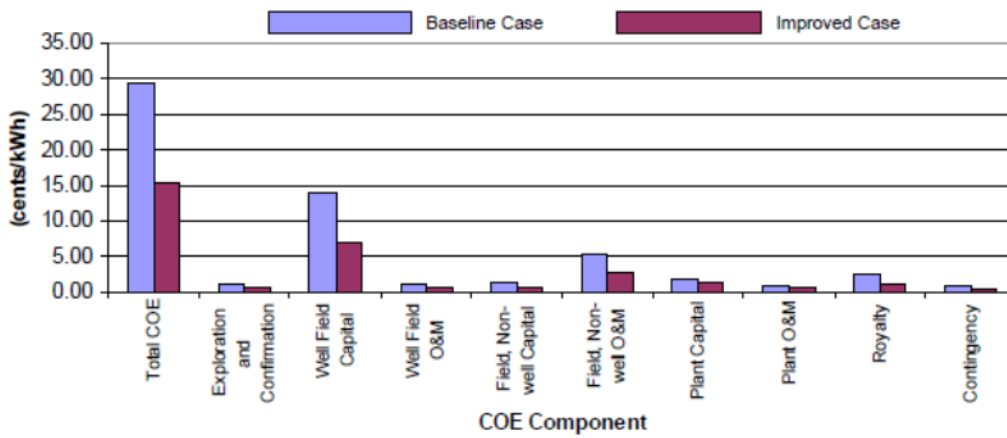


شکل (۷-۲) - هزینه انرژی تعمیم یافته به ۲۰۱۰ بر مبنای هزینه انرژی پایه سال ۲۰۰۵ برای دومداره EGS [۲۲].

سیکل ترکیبی آبی EGS ۲۰۱۰: شکل ۲-۸ نشان می دهد که برای سیکل ترکیبی آبی EGS، مشابه مورد دومداره EGS، سرمایه حوزه چاه، اجزای هزینه ترازشده عملیات و نگهداری غیرچاهی حوزه، اجزای غالب پایه ای هزینه ترازشده هستند [۲۲].

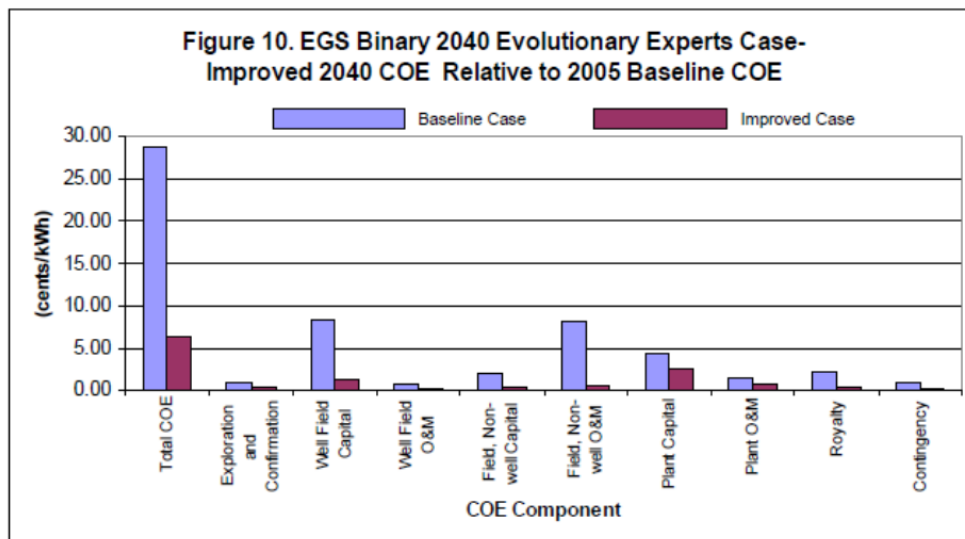
^۱Well Field Caspital

^۲Well Field Capital



شکل (۲-۸) - هزینه انرژی تعمیر یافته به ۲۰۱۰ بر مبنای هزینه انرژی پایه سال ۲۰۰۵ برای سیکل ترکیبی آنی EGS [۲۲].

دومداره EGS ۲۰۴۰: شکل ۲-۹ نشان می دهد که برای مورد تحولی دومداره EGS، همه چیز مشابه دومداره EGS کوتاه-مدت ۲۰۱۰ است با این تفاوت که کاهش هزینه سرمایه حوزه چاه و اجزای هزینه تراشده عملیات و نگهداری غیرچاهی حوزه برای ۲۰۴۰، بزرگ تر است [۲۲].



شکل (۲-۹) - هزینه انرژی تعمیر یافته به ۲۰۴۰ بر مبنای هزینه انرژی پایه سال ۲۰۰۵ برای فناوری تحول یافته دومداره EGS [۲۲].

در مناطقی که منابع هیدروترمال با دمای بالا وجود دارند، در بسیاری موارد، برق زمین گرمایی با نیروگاه های برق سنتی تازه ساز قابل رقابت است. سیستم های دوداره هم در موارد متعدد، می توانند هزینه های رقابتی و قابل قبولی داشته باشند اما هزینه ها بسته به اندازه نیروگاه، سطح دمای منبع و وضعیت جغرافیایی فرق می کند. هزینه EGS به دلیل تجربیات محدود به - دست آمده از نیروگاه های آزمایشی، هنوز به درستی قابل محاسبه نیست. گرمای زمین گرمایی، زمانی که یک منبع با دمای به اندازه کافی بالا در دسترس باشد و یک سیستم گرمایش انطباق پذیر در محل موجود باشد، می تواند برای گرمایش مستقیم رقابت پذیر باشد. سیستم زمین گرمایی ممکن است همچنین برای کاربردهای صنعتی و کشاورزی رقابت پذیر باشد. از آنجایی که پمپ های حرارتی زمین گرمایی می تواند به عنوان یک فناوری بالغ و رقابتی در نظر گرفته شود، می تواند یارانه های سیستم های گرمایشی فسیلی موجود در محل را به سمت بخش گرمایش سطحی زمین گرمایی بیاورد. اگرچه گرما و برق زمین گرمایی تحت شرایط خاصی رقابتی هستند، حتما نیاز به تحقیق و توسعه برای کاهش هزینه ترازشده فناوری های کمتر معمول زمین گرمایی هست [۲۱].

جدول (۲-۵) - هزینه ترازشده فناوری های زمین گرمایی (منبع: پلت فرم فناوری اروپایی برای گرمایش و سرمایه

تجدیدپذیر) [۲۱]

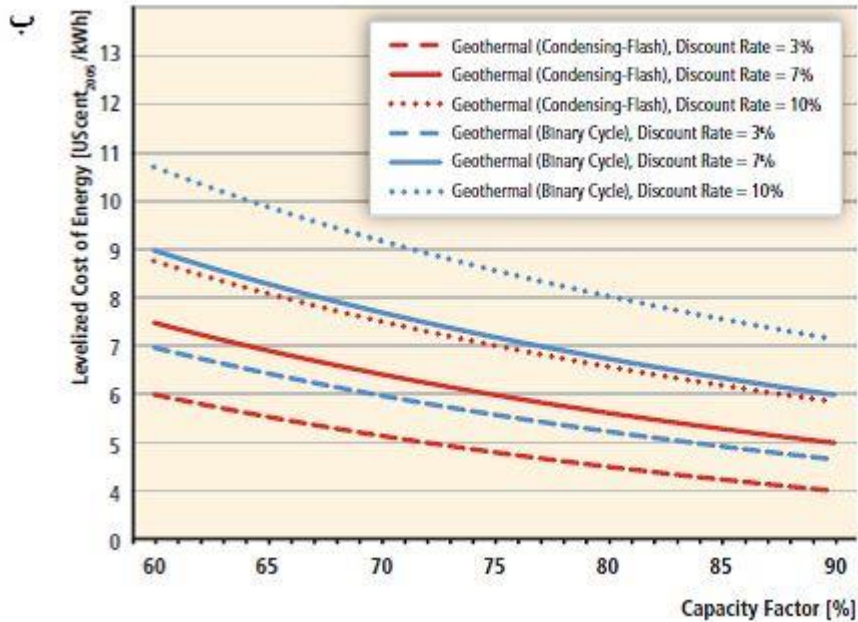
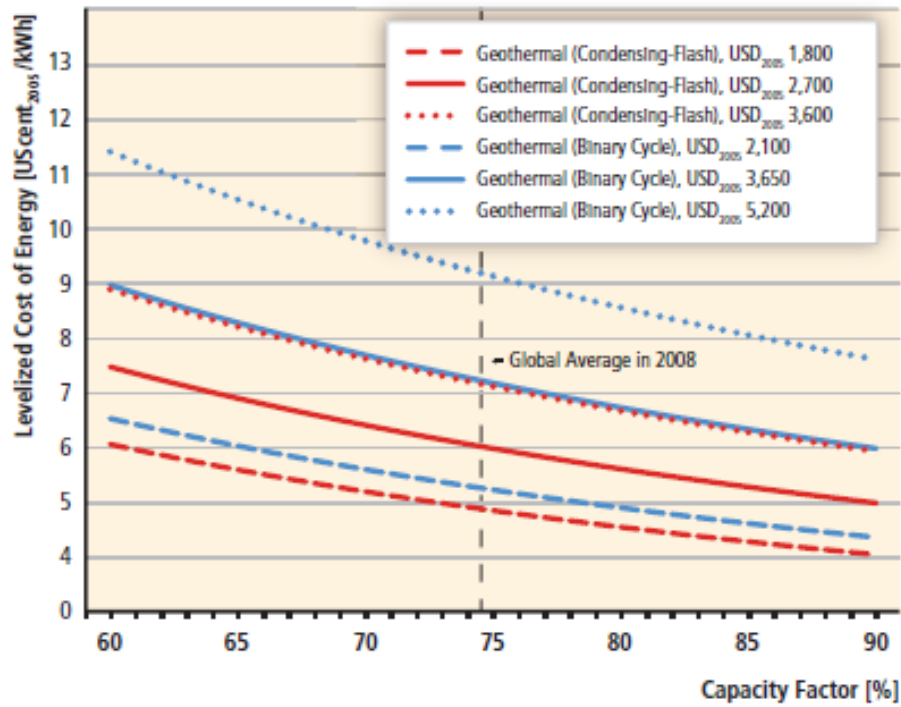
LCo of Geothermal Electricity	Costs 2012		Costs 2030 Average (€/kWh)
	Range(€/kWh) (€/kWh)	Average	
Electricity Conventional – high T°	0,05 to 0,09	0,07	0,03
Low temperature and small high T° plants	0,10 to 0,20	0,15	0,07
Enhanced Geothermal Systems	0,20 to 0,30	0,25	0,07

LCo of Geothermal Heat	Costs 2012		Costs 2030 Average (€/kWh)
	Range(€/kWh) (€/kWh)	Average	
Geothermal HP	0,05 to 0,30	0,08	0,05
Geothermal DH	0,02 to 0,20	0,06	0,04
Geothermal direct uses ¹	0,04 to 0,10	0,05	0,04

با استفاده از مجموعه و دامنه محدودتری از پارامترها، شکل ۲-۱۰ نشان می‌دهد که در نرخ تنزیل ۷٪^۱، پروژه‌های هیدروترمال حوزه سبز فعلی که با میانگین ضریب ظرفیتی معادل ۷۴/۵٪ کار می‌کنند، هزینه تراز شده برای نیروگاه‌های سیکل ترکیبی آبی متراکم بین ۴/۹ تا ۷/۲ سنت آمریکا بر کیلووات ساعت و برای نیروگاه‌های دومداره بین ۵/۳ تا ۹/۲ سنت آمریکا بر کیلووات ساعت است. هزینه تراز شده به‌طور قابل توجهی همراه با ضریب ظرفیت، هزینه سرمایه‌گذاری و نرخ تنزیل تغییر می‌کند. هیچ هزینه تراز شده‌ای برای EGS وجود ندارد اما با استفاده از مدل‌های مختلف برای موارد متعدد با تنوع دما و عمق تا کنون طرح-هایی برای آن داده شده است، برای مثال برای منابع EGS با رتبه نسبتاً بالا بین ۱۰ تا ۱۷/۵ سنت آمریکا بر کیلووات ساعت. از آنجایی که مطالعات منحنی یادگیری منتشر شده محدود هستند، تخمین‌های کاهش هزینه ممکن از تغییرات طراحی و پیشرفت‌های فنی تنها به دانش متخصصین از زنجیره ارزش فرایند زمین گرمایی بستگی دارد. بهبودهای مهندسی در طراحی و تحریک حوضچه‌های زمین گرمایی و بهبود در مواد، عملیات و نگهداری برای بیشترین اثرگذاری بر هزینه تراز شده (برای مثال، پیشروی به ضریب‌های ظرفیت بالاتر و سهم کمتر هزینه‌های حفاری در هزینه‌های سرمایه‌گذاری کل) در آینده نزدیک لازم است. برای پروژه‌های حوزه سبز در ۲۰۲۰، انتظار می‌رود متوسط هزینه تراز شده طرح‌ریزی شده جهانی بین ۴/۵ تا ۶/۶ سنت آمریکا بر کیلووات ساعت برای نیروگاه‌های سیکل ترکیبی متراکم و ۴/۹ تا ۸/۶ سنت آمریکا بر کیلووات ساعت برای نیروگاه-های دومداره، با متوسط ضریب ظرفیت ۸۰٪، ۲۵ سال چرخه عمر و نرخ تنزیل ۷٪ است. بنابراین، متوسط ۷٪ کاهش هزینه تراز شده جهانی برای نیروگاه‌های زمین گرمایی سیکل ترکیبی آبی و دومداره تا سال ۲۰۲۰ مورد انتظار است. همچنین انتظار می‌رود که هزینه‌های آبی EGS کاهش یابد. هزینه تراز شده گرما برای پروژه‌های استفاده مستقیم، بر اساس نوع استفاده، دما و جریان مورد نیاز، هزینه‌های عملیات و نگهداری و کارکنان مربوطه و خروجی دامنه گسترده‌ای دارد [۱۸].

^۱Discount rate

الف



شکل (۱۰-۲) - هزینه تراز شده برق زمین گرمایی (الف) به عنوان تابعی از ضریب ظرفیت و هزینه و (ب) به عنوان

تابعی از ضریب ظرفیت و نرخ تنزیل [۱۸]

نکته: نرخ تنزیل ۷٪، هزینه سرمایه گذاری نیروگاه های سیکل ترکیبی آبی ۲۷۰۰ دلار بر کیلووات و برای نیروگاه های دوماهه ۳۶۵۰ دلار بر کیلووات ساعت، هزینه عملیات و نگهداری سالانه ۱۷۰ دلار بر کیلووات و چرخه عمر ۲۵ سال در نظر گرفته شده است.

هزینه تراز شده گرما برای پروژه های استفاده مستقیم، بسته به نوع استفاده، دما و نرخ جریان مورد نیاز، هزینه های کارگران و عملیات و نگهداری مربوطه و خروجی محصول تولید شده، دامنه گسترده ای دارد. به علاوه، هزینه های ساخت جدید معمولاً کمتر از هزینه های ترمیم تجهیزات قدیمی هستند. اشکال هزینه ای که در جدول ۲-۶ نشان داده شده اند بر پایه نوع آب و هوای نیمه شمالی ایالات متحده و اروپا رسم شده اند. بارهای گرمایی برای بیشتر آب و هوای شمالی مثل ایسلند، اسکاندیناوی و روسیه می توانند بالاتر از این باشند. بیشتر اشکال بر پایه هزینه ها در آمریکا رسم شده اند اما برای کشورهای توسعه یافته هم شکل های مشابهی به دست خواهد آمد و برای کشورهای در حال توسعه پایین تر خواهد بود.

کاربردهای صنعتی سخت تر کمی بیان می شوند زیرا بر پایه الزامات انرژی مربوطه و نوع محصولی که تولید می شود، بسیار متغیرند. این نیروگاه ها معمولاً نیاز به دماهای بالاتری دارند و اغلب با نیروگاه های برق مقایسه می شوند؛ به هر حال، آن ها فاکتور بار بالایی در حدود ۰/۴ تا ۰/۷ دارند که سبب بهبود اقتصادها می شود. کاربردهای صنعتی طیفی از کارخانه های غذایی، چوب و معدنی (ایالات متحده و نیوزیلند) تا کارخانه های کاغذ را شامل می شوند (نیوزیلند) [۱۸].

جدول (۲-۶) - هزینه های سرمایه گذاری و LCOH محاسبه شده برای چندین کاربرد استفاده مستقیم زمین گرمایی [۱۸]

Heat application	Investment cost (USD ₂₀₀₅ /kW _m)	LCOH (USD ₂₀₀₅ /GJ) at discount rates of:		
		3%	7%	10%
Space heating (buildings)	1,600-3,940	20-50	24-65	28-77
Space heating (districts)	570-1,570	12-24	14-31	15-38
Greenhouses	500-1,000	7.7-13	8.6-14	9.3-16
Uncovered aquaculture ponds	50-100	8.5-11	8.6-12	8.6-12
GHP (residential and commercial)	940-3,750	14-42	17-56	19-68

۳-۲-۲ - مقایسه با سایر فناوری ها

مانند هر پروژه تولید برق دیگر، توسعه زمین گرمایی نیازمند منابعی است که از لحاظ اقتصادی قابل توجیه باشند. در کل، این به این معنی است که این پروژه جزئی از یک برنامه توسعه ای با حداقل هزینه است که یک کشور به عنوان گزینه جایگزین منابع

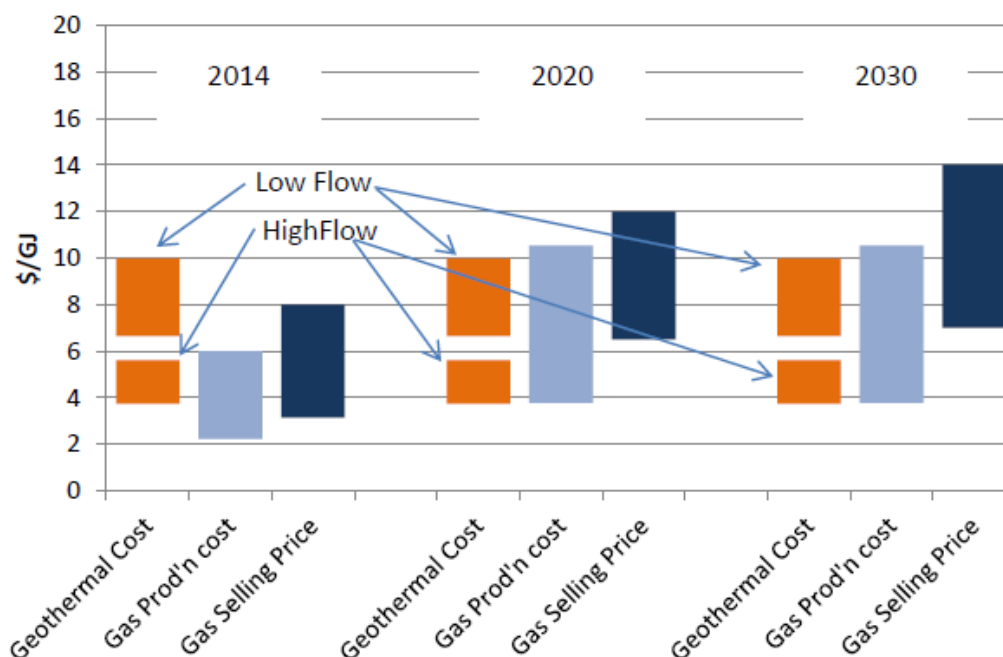
دیگر، می تواند در چارچوبی زمانی آن را گسترش دهد. این ها، شامل گزینه های گرمایی مبتنی بر سوخت های فسیلی مانند ذغال سنگ، سوخت های نفتی با درجات و قیمت های مختلف، گاز طبیعی و همچنین منابع تجدیدپذیر دیگری غیر از زمین گرمایی مانند برق آبی، بادی و خورشیدی می شوند [۲۳].

گاز طبیعی، مقدار زیادی از انرژی پایدار را در آینده تأمین خواهد کرد و جایگزین مهمی برای سوخت های فسیلی است. به هر حال، برق زمین گرمایی می تواند زمانی که خریداران برق به دنبال قراردادهای تأمین چندگانه هستند، به عنوان یک جایگزین بادوام، به صرفه و تمیزتر نسبت به گاز طبیعی مطرح شود. با طول عمر متوسطی بین ۳۰ تا ۶۰ سال (برای بیشتر نیروگاه های برق جدید)، انتخاب هایی که امروز انجام می شود، بر توانایی کشورها در رسیدن به اهداف آب و هوایی شان در آینده تأثیرگذار خواهد بود. به علاوه، در حالی که گاز طبیعی می تواند به عنوان جایگزین اقتصادی تری نسبت به زمین گرمایی مطرح باشد، هزینه های خارجی و فرعی مربوط به استخراج و سوزاندن گاز طبیعی برای تولید برق اغلب فراموش می شود.

نیروگاه زمین گرمایی هزینه سوخت کمی دارد. بعد از هزینه سرمایه اولیه ای که برای ساخت زمین حوضچه صورت می گیرد، هزینه های عملیاتی تقریباً ثابت می ماند. در نتیجه جریان اسمی سیال داغ، می تواند در سیستم بچرخد، حتی وقتی برق جزئی مورد تقاضا باشد. به دلیل اینکه سیال یا به عبارتی سوخت استفاده نشده نیروگاه زمین گرمایی هزینه ای ندارد، تقاضای جزئی برق سبب تأثیر بر هزینه عملیاتی نمی شود [۸].

شکل زیر نشان می دهد که هزینه تولید گاز و قیمت های فروش در طی زمان افزایش می یابد در حالی که هزینه انرژی زمین - گرمایی پایدار باقی می ماند. هزینه های انرژی زمین گرمایی بسته به میزان جریان (دبی) در دو قسمت جریان بالا و جریان پایین نشان داده شده اند. برای هر مورد، دامنه هزینه های نشان داده شده نشان دهنده عدم اطمینان نسبت به هزینه ساخت حوضچه -

هاست [۲].



شکل (۲-۱۱) - هزینه زمین گرمایی، هزینه تولید گاز و قیمت فروش گاز در مومبا (استرالیا) [۲]

برای هر بازه زمانی، موارد زیر پیش بینی می شود:

- ۲۰۱۴: هزینه انرژی زمین گرمایی کمتر از هزینه فروش گاز در سال ۲۰۱۴ نیست. هیچ محرک تجاری برای تعقیب زمین گرمایی وجود ندارد.
- ۲۰۲۰: هزینه انرژی زمین گرمایی شروع به رقابتی شدن می کند. این انرژی به عنوان سپری در مقابل قوانین هزینه بر کاهش دی اکسید کربن و نیز به دلیل مزیت قابل پیش بینی بودن قیمت آن، به عنوان یک سوخت انعطاف پذیر مورد توجه قرار می گیرد.
- ۲۰۳۰: زمین گرمایی تا سال ۲۰۳۰ کاملاً رقابتی می شود. تحت بعضی سناریوها، هزینه انرژی زمین گرمایی کمتر از قیمت تولید گاز خواهد شد [۲].

اقتصاد منابع مختلف می تواند با دارا بودن خصوصیات هزینه ای مختلف و محاسبه هزینه تراز شده مقایسه شود. جدول ۲-۷ پارامترهای پایه ای یک مجموعه از گزینه های توسعه جایگزین را نشان می دهد که محدوده احتمالات مختلف را معین می سازد

[۲۳].

جدول (۷-۲) - خصوصیات نیروگاهها [۲۳]

PLANT	FUEL	CAPACITY MW	ECONOMIC LIFE YEARS	INVESTMENT COST US\$/kW	ANNUALIZED INVESTMENT COST US\$/kW/Yr	VARIABLE O&M COST US\$/MWh	FIXED O&M COSTS US\$/ kW/Yr	EFFICIENCY/ HEAT RATE	
								%	BTU/ kWh
MSD	HFO	20	20	1,900	257	7.5	47	43	7,862
Steam Turbine	HFO	200	25	2,500	321	2.1	34	31	11,006
Steam Turbine	Coal	250	25	2,250	289	2.1	34	32	10,663
Combustion Turbine	NG	100	20	730	99	2.4	9.8	28	12,186
Combined Cycle	NG	150	25	1,500	192	1.5	24.5	53	6,438
Combined Cycle	LNG	150	25	1,500	192	1.5	24.5	53	6,438
Combined Cycle	FO #4	150	25	1,500	192	1.5	24.5	53	6,438
Combustion Turbine	FO #4	100	20	800	108	2.5	12	28	12,186
Small Wind Turbine	Wind	0.5	30	2,260	282	4	55		
Large Wind Turbine	Wind	1.5	30	1,700	212	2	35		
Small Hydropower	Hydro	20	40	2,500	304	4	20		
Large Hydropower	Hydro	500	50	2,800	337	1	15		
Geothermal	Steam	50	30	3,000	374	2	35		

مقایسه‌ای با وضعیت اقتصادی گزینه‌های مختلف می‌تواند از طریق منحنی‌های هزینه- ضریب ظرفیت^۱ صورت گیرد؛ چنین مجموعه‌ای از منحنی‌ها می‌تواند هزینه‌های کل مربوط به ارسال (دیسپچ) یک کیلووات هر نوع نیروگاه را بر اساس ضریب ظرفیت مشخص کند. در مورد گزینه‌های گرمایی، هر چه ضریب ظرفیت افزایش یابد، هزینه‌های مرتبط با آن نیز به نسبت استفاده آن‌ها از سوخت، افزایش خواهد داشت. همان‌طور که در جدول ۲-۸ نشان داده شده است، انرژی‌های تجدیدپذیر وضعیت پایدارتری از این نظر دارند [۲۳].

^۱Screening curve

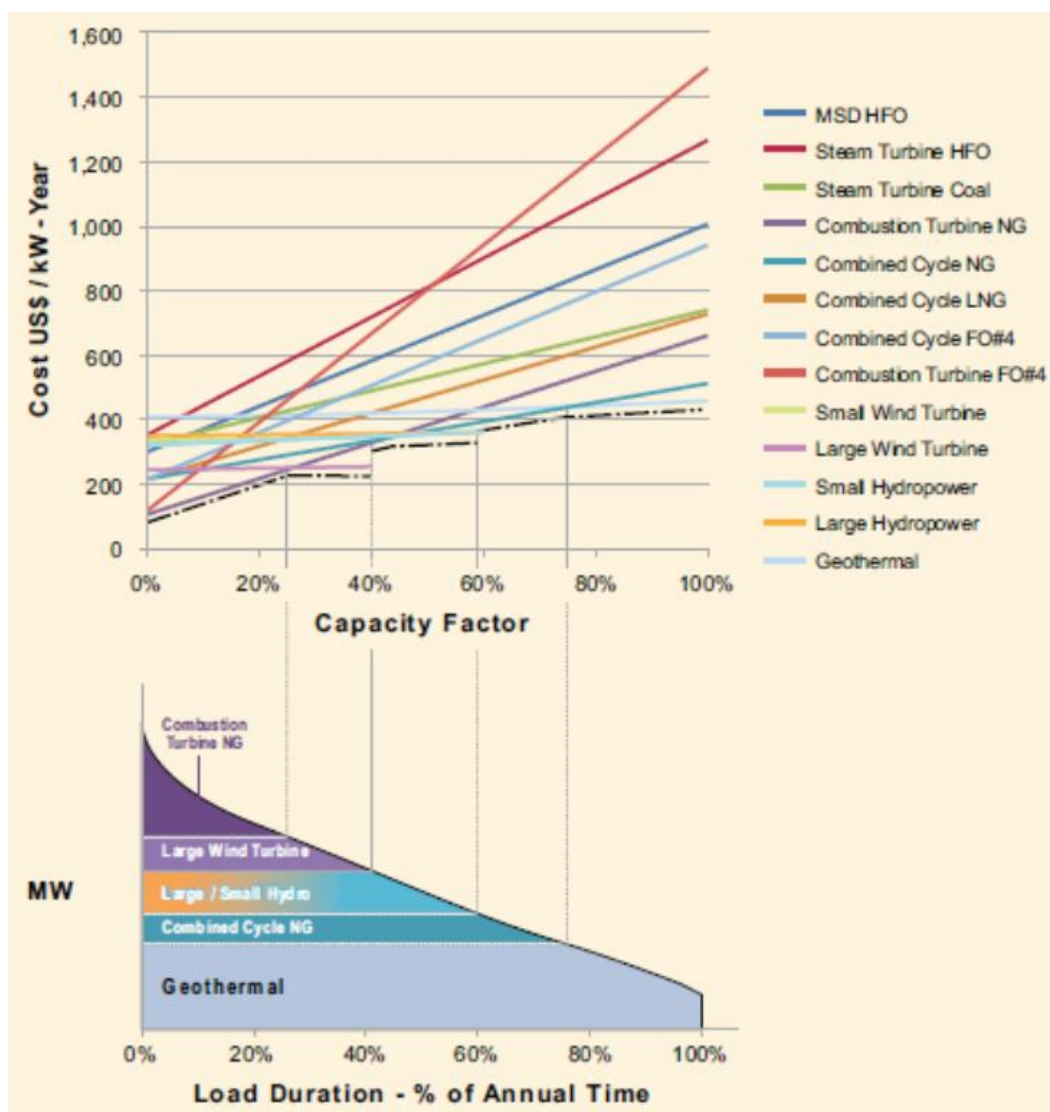
جدول (۸-۲) - داده‌های منحنی هزینه - ضریب ظرفیت: هزینه کل سالانه سرمایه‌گذاری و عملیاتی (دلار آمریکا بر

کیلووات در سال) به عنوان تابعی از ضریب ظرفیت [۲۳]

CAPACITY FACTOR	0%	20%	40%	60%	80%	100%
MSD HFO	304	445	586	727	868	1,008
Steam Turbine HFO	355	537	720	902	1,085	1,267
Steam Turbine Coal	323	406	490	574	658	742
Combustion Turbine NG	109	220	330	441	552	663
Combined Cycle NG	217	276	335	394	453	512
Combined Cycle LNG	217	319	422	524	627	729
Combined Cycle FO# 4	217	362	508	653	799	944
Combustion Turbine FO# 4	120	395	670	944	1,219	1,494
Small Wind Turbine	337	344	358			
Large Wind Turbine	247	250	257			
Small Hydropower	324	331	345	366		
Large Hydropower	352	354	358	363		
Geothermal	409	412	419	430	444	461

در بخش بالایی شکل ۲-۱۲، منحنی دارای بیشترین شیب مربوط به توربین احتراقی گازوئیلی است که کمترین هزینه سرمایه

اولیه را دارد اما به دلیل احتراق سوخت در ضریب‌های ظرفیت بالاتر، هزینه هر واحد آن به سرعت افزایش می‌یابد [۲۳].



شکل (۱۲-۲) - منحنی هزینه - ضریب ظرفیت برای فناوری های منتخب [۲۳].

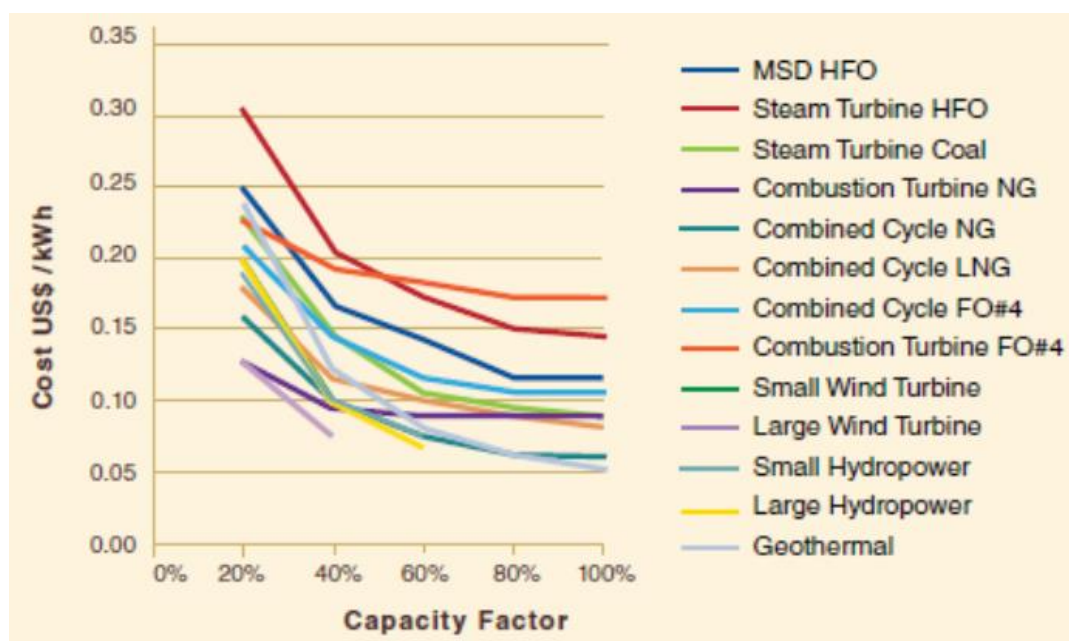
منحنی های هزینه-ضریب ظرفیت یک تخمین اولیه از انتخاب انواع مختلف نیروگاه ها به دست می دهند مخصوصاً زمانی که انتخاب از بین چند گزینه ای صورت می گیرد که می توانند به ضریب های ظرفیت بالا دست یابند، چیزی که برای انرژی های تجدیدپذیر دوره ای مثل مانند بادی یا برق آبی رودخانه ای صدق نمی کند. ترکیب ایده آل و به صرفه، از لحاظ نظری، در حاشیه پایینی گزینه های مختلف قرار دارد که در شکل فوق با نقطه چین نشان داده شده است [۲۳].

راه دیگر برای تحلیل داده ها، محاسبه هزینه متوسط به ازای هر کیلووات ساعت برای ضریب های ظرفیت مختلف است (جدول

جدول (۹-۲) - هزینه ترازشده نمودار هزینه- ضریب ظرفیت (دلار به ازای هر کیلووات ساعت) [۲۳].

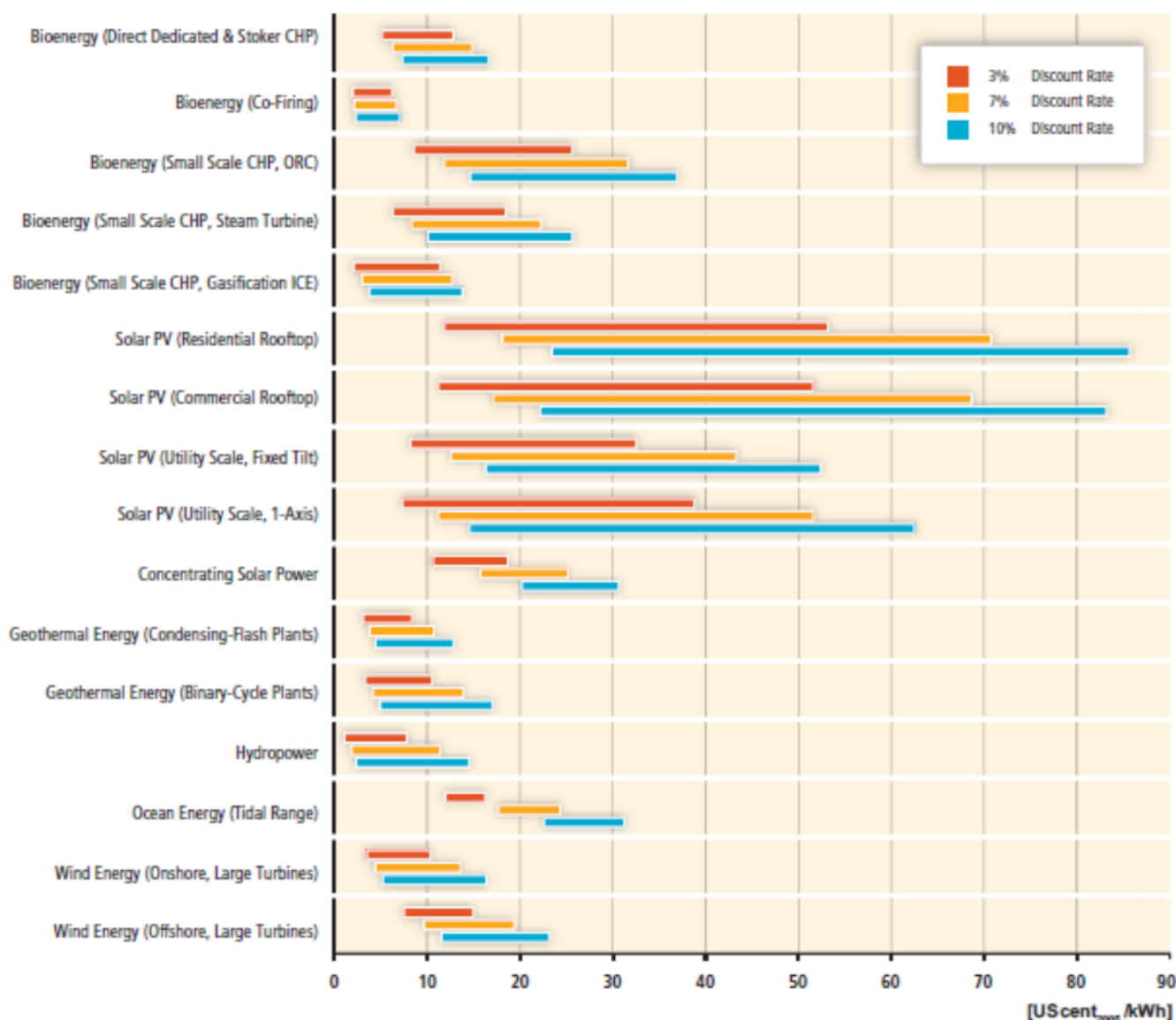
CAPACITY FACTOR	0%	20%	40%	60%	80%	100%
MSD HFO	∞	0.25	0.17	0.14	0.12	0.12
Steam Turbine HFO	∞	0.31	0.21	0.17	0.15	0.14
Steam Turbine Coal	∞	0.23	0.14	0.11	0.09	0.08
Combustion Turbine NG	∞	0.13	0.09	0.08	0.08	0.08
Combined Cycle NG	∞	0.16	0.10	0.07	0.06	0.06
Combined Cycle LNG	∞	0.18	0.12	0.10	0.09	0.08
Combined Cycle FO# 4	∞	0.21	0.14	0.12	0.11	0.11
Combustion Turbine FO# 4	∞	0.23	0.19	0.18	0.17	0.17
Small Wind Turbine	∞	0.20	0.10			
Large Wind Turbine	∞	0.14	0.07			
Small Hydropower	∞	0.19	0.10	0.07		
Large Hydropower	∞	0.20	0.10	0.07		
Geothermal	∞	0.24	0.12	0.08	0.06	0.05

در شکل ۱۲-۲ و جدول ۹-۲، زمین گرمایی هزینه بالایی برای ضریب های ظرفیت پایین دارد. به هر حال، زمانی که ضریب ظرفیت بزرگتر از ۸۰ درصد می شود، هزینه کاهش یافته و تبدیل به کمترین هزینه به ازای هر کیلووات ساعت می شود [۲۳].



شکل (۱۳-۲) - هزینه ترازشده انرژی (دلار بر کیلووات ساعت) به عنوان تابعی از ضریب ظرفیت [۲۳].

هزینه‌های تجاری‌سازی و گسترش: بعضی فناوری‌های تجدیدپذیر به‌طور گسترده‌ای با قیمت‌های فعلی بازار انرژی قابل رقابت هستند. بسیاری از دیگر فناوری‌های تجدیدپذیر می‌توانند خدمات انرژی رقابت‌پذیری را در شرایط خاصی رقم بزنند، برای مثال، در نواحی که منابع شرایط مطلوبی دارند یا زیرساخت‌های لازم برای دیگر راه‌های تامین ارزان انرژی وجود ندارد. در بیشتر نواحی جهان، به‌رحال، معیارهای سیاست‌گذاری برای اطمینان از توسعه سریع بسیاری از تجدیدپذیرها مورد نیازند. شکل ۲-۱۴ داده‌های بیشتری در مورد هزینه تراز شده انرژی برای فناوری‌های برق تجدیدپذیر منتخب ارائه می‌دهد. از آنجایی که در بعضی فناوری‌های تجدیدپذیر (مثل فتوولتائیک، CSP و انرژی بادی) سهم هزینه سرمایه‌گذاری به نسبت بالاتر از هزینه متغیر است، نرخ تنزیل به‌کاررفته تأثیر غالبی بر LCOE این فناوری‌ها دارد. هزینه‌های تراز شده انرژی بر پایه مرورهای صورت‌گرفته در ادبیات موضوع و در دسترس‌ترین داده‌های هزینه‌ای محاسبه شده‌اند [۱۸].

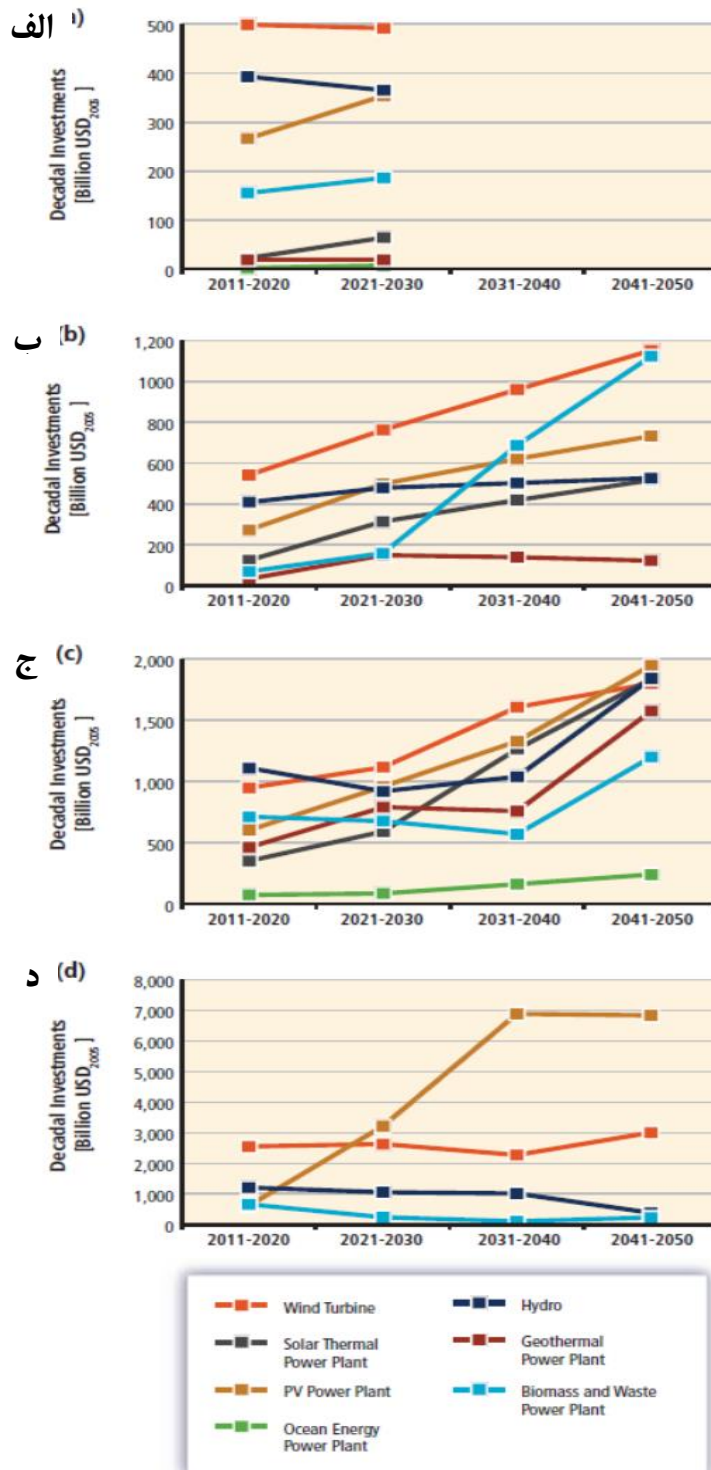


شکل (۱۴-۲) - هزینه تراز شده برق برای فناوری های تجدیدپذیر از نظر تجاری در دسترس، در نرخ های

تنزیل ۳، ۷ و ۱۰ درصد [۱۸].

پتانسیل مهم پیشرفت های فناوریانه و کاهش هزینه های مرتبط با آن، برای مثال، در حوزه های کاربردی زیر قابل انتظار است (البته پیشرفت ها محدود به مواردی که در اینجا ذکر می شوند نیست): نسل بعدی بیودیزل ها، فناوری ها و فرایندهای ساخت پیشرفته PV و CSP، سیستم های EGS زمین گرمایی، فناوری های نوظهور چندمنظوره اقیانوسی، و طراحی توربین ها و فونداسیون برای انرژی بادی offshore.

تا زمانی که یک فناوری به تنهایی در نظر گرفته شود، پاسخ مشخصی برای این سؤال که سرمایه‌گذاری خط مقدم در فناوری نوآورانه خاصی توجیه‌پذیر است یا نه وجود ندارد. در اولین تلاش برای مشخص کردن این مسئله، به‌طور ویژه، مدل‌سازان ارزیابی یکپارچه، شروع به مدل‌سازی یادگیری فناوریانه به طریقی درونی کردند. نتایجی که از این مدل‌سازی‌های نتایج مقایسه‌ای به دست آمدند نشان دادند که- در زمینه اهداف آب‌وهوایی سخت‌گیرانه- سرمایه‌گذاری‌های خط مقدم در یادگیری فناوری‌ها می‌تواند در بسیاری موارد توجیه‌پذیر باشد [۱۸].



شکل (۲-۱۵) - سرمایه گذاری مورد نیاز در دهه های مختلف در سطح جهان برای کسب اهداف محافظت آب و -

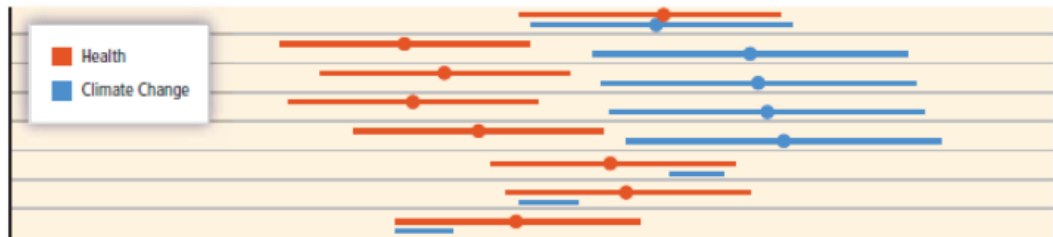
هوایی (بر اساس میلیارد دلار). منابع: (الف) IEA، ۲۰۰۹؛ (ب) کالوین و همکاران (۲۰۰۹)؛ (ج) تسکه و همکاران

(۲۰۱۰)؛ و (د) لودرر و همکاران (۲۰۰۹) [۱۸].

هزینه ها و مزایای اجتماعی و محیط زیستی: شکل ۲-۱۶ محدوده عدم اطمینان بزرگ دو هزینه خارجی غالب یعنی هزینه های آب و هوایی و هزینه های مربوط به سلامت را نشان می دهد. نیروگاه های زیست توده احتراقی CHP به دلیل آلودگی های خاصی که ایجاد می کنند، نسبتاً هزینه های خارجی بالایی دارند. به نظر می رسد انرژی بادی offshore کمترین هزینه خارجی را دارد. تخمین های هزینه خارجی برای برق هسته ای اینجا گزارش نشده است زیرا خصوصیات و ارزیابی هزینه های خارجی و ریسک های ناشی از انتشار رادیواکتیو بسته به شرایط، بسیار متغیر هستند [۱۸].

Coal Fired Plants

- (A) Existing US Plants
- (B) Coal Comb.C $\eta=46\%$
- (B) Coal $\eta=43\%$
- (B) Lignite Comb.C $\eta=48\%$
- (B) Lignite $\eta=40\%$
- (C) Hard Coal 800 MW
- (C) Hard Coal Postcom. CCS
- (C) Lignite Oxyfuel CCS



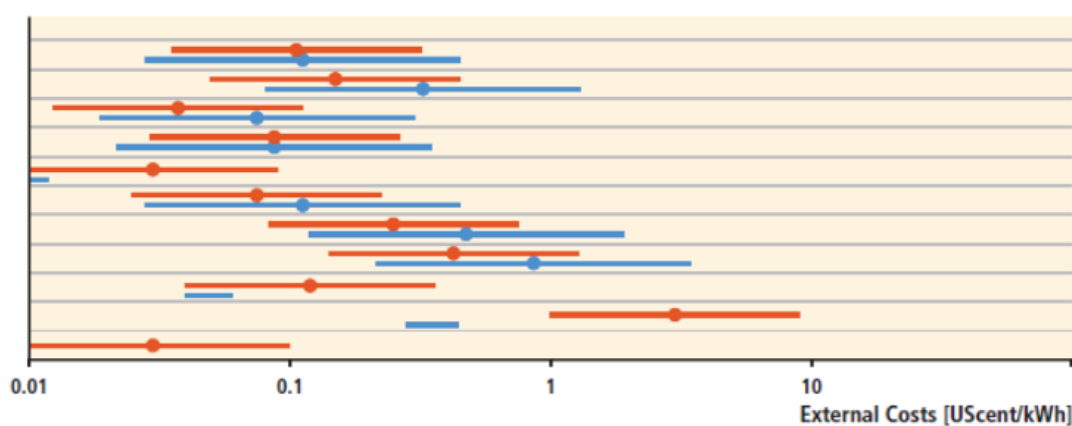
Natural Gas Fired Plants

- (A) Existing US Plants
- (B) Natural Gas $\eta=58\%$
- (C) Natural Gas Comb.C
- (C) Natural Gas Postcom.CCS



Renewable Energy

- (B) Solar Thermal
- (B) Geothermal
- (B) Wind 2.5 MW Offshore
- (B) Wind 1.5 MW Onshore
- (C) Wind Offshore
- (B) Hydro 300 kW
- (B) PV (2030)
- (B) PV (2000)
- (C) PV Southern Europe
- (C) Biomass CHP 6 MWel
- (D) Biomass Grate Boiler ESP 5 and 10 MW Fuel



شکل (۲-۱۶) - هزینه های خارجی بر اساس چرخه عمر تولید برق تجدیدپذیرها و فسیلی ها [۱۸].

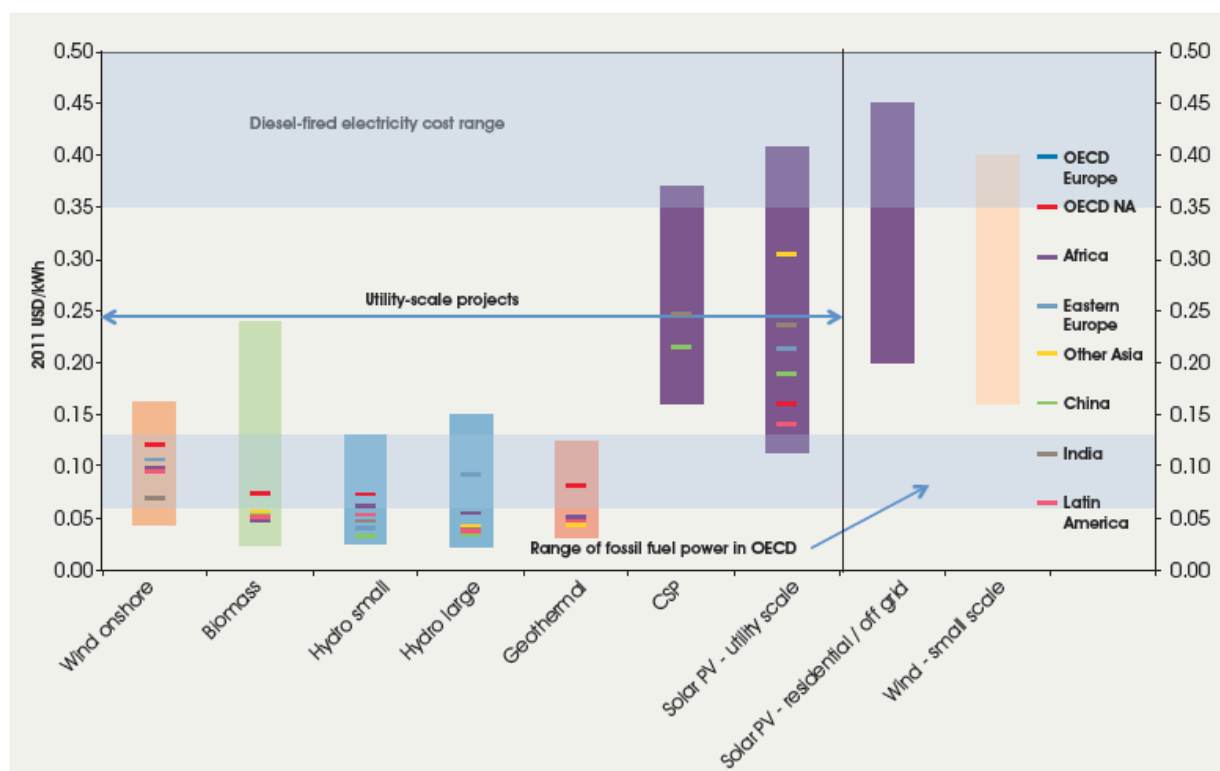
به شکل لگاریتمی نمودار توجه کنید. خط‌های تیره، محدوده هزینه خارجی را بر اساس تغییرات آب‌وهوایی و خطوط روشن محدوده هزینه‌های خارجی را براساس آلودگی‌های مؤثر بر سلامتی نشان می‌دهد [۱۸].

جدول (۱۰-۲) - پارامترهای عملکرد هزینه برای فناوری‌های تولید برق تجدیدپذیر [۱۸]

Table A.III.1 | Cost-performance parameters for RE power generation technologies.¹

Resource	Technology	Input data									Output data		
		Typical size of the device (MW) ^a	Investment cost (USD/kW)	O&M cost, fixed annual (USD/kW) and/or (non-feed) variable (US¢/kWh)	By-product revenue (US¢/kWh) ⁱⁱ	Feedstock cost (USD/GJ _{heat input}) ⁱⁱⁱ	Feedstock conversion efficiency _d (%)	Capacity factor (%)	Economic design lifetime (years)	References	LCOE* (US¢/kWh)		
											Discount rate		
										3%	7%	10%	
Bioenergy	Dedicated Biopower CFB ^{vi}	25-100	2,700-4,100 ^{vi}	87 USD/kW and 0.40 US¢/kWh	N/A ⁱⁱ	1.25-5.0 ⁱⁱ	28	70-80	20	Mc Gowin (2008)	6.1-13	6.9-15	7.9-16
	Dedicated Biopower Stoker ^{vi}	See above	2,600-4,000 ^{vi}	84 USD/kW and 0.34 US¢/kWh	N/A ⁱⁱ	See above	27	See above	See above		5.6-13	6.7-15	7.7-16
	Dedicated Biopower (Stoker CHP) ^{vi}	See above	2,800-4,200 ^{vi}	86 USD/kW and 0.35 US¢/kWh	1.0 ⁱⁱ	See above	24	See above	See above		5.1-13	6.3-15	7.3-17
	Co-firing: Co-feed	20-100	430-500 ⁱⁱⁱ	1.2 USD/kW and 0.18 US¢/kWh	N/A ⁱⁱ	See above	36	See above	See above	Mc Gowin (2008)	2.0-5.9	2.2-6.2	2.3-6.4
	Co-firing: Separate Feed	See above	760-900 ⁱⁱⁱ	18 USD/kW	N/A ⁱⁱ	See above	36	See above	See above	Bain (2011)	2.3-6.3	2.6-6.7	2.9-7.1
	CHP (ORC) ^{vi}	0.65-1.6	6,500-9,800	59-80 USD/kW and 4.3-5.1 US¢/kWh	7.7 ^{ii,vi}	See above	14	55-68	See above	Obermberger et al. (2008)	8.6-26	12-32	15-37
	CHP (Steam Turbine)	2.5-10	4,100-6,200 ^{vi}	54 USD/kW and 3.5 US¢/kWh	5.4 ^{ii,vi}	See above	18	See above	See above		6.2-18	8.3-22	10-26
CHP (Gasification ICE) ^{vi}	2.2-13	1,800-2,100	65-71 USD/kW and 1.1-1.9 US¢/kWh	1.0-4.5 ^{ii,vi}	See above	28-30	See above	See above	2.1-11		3.0-13	3.8-14	
Direct Solar Energy	PV (Residential Rooftop)	0.004-0.01	3,700-6,800 ^{iv}	19-110 USD/kW ^{iv}	N/A ⁱⁱ	N/A ⁱⁱ	N/A ⁱⁱ	12-20 ⁱⁱⁱ	20-30	see Section 3.8 and footnotes	12-53	18-71	23-86
	PV (Commercial Rooftop)	0.02-0.5	3,500-6,600 ^{iv}	18-100 USD/kW ^{iv}	N/A ⁱⁱ	N/A ⁱⁱ	N/A ⁱⁱ	See above	See above		11-52	17-69	22-83
	PV (Utility Scale, Fixed Tilt)	0.5-100 ⁱⁱⁱ	2,700-5,200 ^{iv}	14-69 USD/kW ^{iv}	N/A ⁱⁱ	N/A ⁱⁱ	N/A ⁱⁱ	15-21 ⁱⁱⁱ	See above		8.4-33	13-43	16-52
	PV (Utility Scale, One-Axis)	0.5-100 ⁱⁱⁱ	3,100-6,200 ^{iv}	16-75 USD/kW ^{iv}	N/A ⁱⁱ	N/A ⁱⁱ	N/A ⁱⁱ	15-27 ⁱⁱⁱ	See above		7.4-39	11-52	15-62
	CSP	50-250 ⁱⁱⁱ	6,000-73,000 ^{iv}	60-82 USD/kW ^{iv}	N/A ⁱⁱ	N/A ⁱⁱ	N/A ⁱⁱ	35-42 ⁱⁱⁱ	See above		11-19	16-25	20-31
Geothermal Energy	Geothermal Energy (Condensing-Flash Plants)	10-100	1,800-3,600 ⁱⁱ	150-190 USD/kW ⁱⁱ	N/A ⁱⁱ	N/A ⁱⁱ	N/A ⁱⁱ	60-90 ⁱⁱⁱ	25-30 ⁱⁱⁱ	see Section 4.7 and footnotes	3.1-8.4	3.8-11	4.5-13
	Geothermal Energy (Binary-Cycle Plants)	2-20	2,100-5,200 ⁱⁱ	See above	N/A ⁱⁱ	N/A ⁱⁱ	N/A ⁱⁱ	See above	See above		3.3-11	4.1-14	4.9-17
Hydropower	All	<0.1 - >20,000 ⁱⁱⁱ	1,000-3,000 ⁱⁱⁱ	25-75 USD/kW ⁱⁱⁱ	N/A ⁱⁱ	N/A ⁱⁱ	N/A ⁱⁱ	30-60 ⁱⁱⁱ	40-80 ⁱⁱⁱ	see Chapter 5 and footnotes	1.1-7.8	1.8-11	2.4-15
Ocean Energy	Tidal Range ^{viii}	<1 - >250 ⁱⁱⁱ	4,500-5,000 ⁱⁱⁱ	100 USD/kW ⁱⁱⁱ	N/A ⁱⁱ	N/A ⁱⁱ	N/A ⁱⁱ	22.5-28.5 ⁱ	40 ⁱⁱ	see Section 6.7 and footnotes	12-16	18-24	23-32
Wind Energy	Wind Energy (Onshore, Large Turbines)	5-300 ⁱⁱ	1,200-2,100 ⁱⁱ	1.2-2.3 US¢/kWh	N/A ⁱⁱ	N/A ⁱⁱ	N/A ⁱⁱ	20-40 ⁱⁱ	20 ⁱⁱ	see Chapter 7	3.5-10	4.4-14	5.2-17
	Wind Energy (Off-Shore, Large Turbines)	20-120 ⁱⁱ	3,200-5,000 ⁱⁱ	2.0-4.0 US¢/kWh	N/A ⁱⁱ	N/A ⁱⁱ	N/A ⁱⁱ	35-45 ⁱⁱ	See above		7.5-15	9.7-19	12-23

شکل ۲-۱۷ اثر بخشی هزینه فناوری های تجدیدپذیر امروزه را نشان می دهد. به هر حال، محدوده هزینه گسترده و بسیار وابسته به سایت است. بنابراین، هیچ فناوری تولید برق تجدیدپذیری به تنهایی بهترین نیست. همچنین مهم است که متذکر شویم فناوری های تجدیدپذیر توزیع شده مانند انرژی خورشیدی سقفی (پشت بامی) و بادی کوچک، می توانند بدون نیاز به سرمایه گذاری اضافه تر برای توزیع و انتقال، ظرفیت های جدیدی فراهم کنند و بنابراین نمی توانند مستقیماً با راه حل های مقیاس بزرگ تر تجدیدپذیر که هزینه های بالای انتقال و سرمایه گذاری دارند مقایسه شود [۱۶].



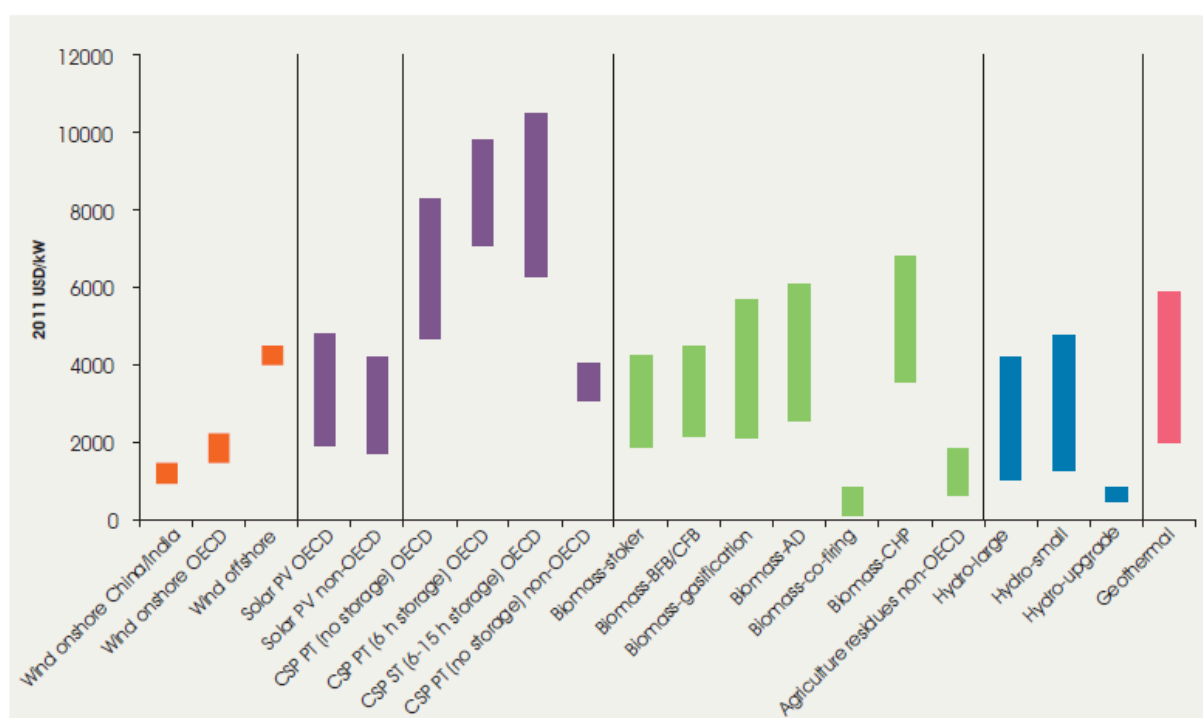
شکل (۱۷-۲) - محدوده LCOE نوعی و میانگین های وزنی برای تولید برق تجدیدپذیر ۲۰۱۲ [۱۶]

نکته: همه داده های LCOE هزینه سرمایه ۱۰٪ را در نظر گرفته اند. میله های رنگی بزرگ محدوده LCOE نوعی را براساس فناوری نشان می دهند و در مواردی که داده های کافی در مورد پروژه ها وجود داشته است، خط های افقی، میانگین وزنی LCOE را براساس کشور/ناحیه نشان می دهند (منبع شکل: IRENA)

تولید برق زمین گرمایی یک فناوری تولید بار پایه بالغ است که می تواند در جایی که منابع با کیفیت بالا وجود دارند، برق کاملاً رقابتی تولید کند. میزان LCOE زمین گرمایی سنتی از ۰/۰۹ تا ۰/۱۴ دلار بر کیلووات ساعت، با فرض ۱۰٪ هزینه سرمایه برای

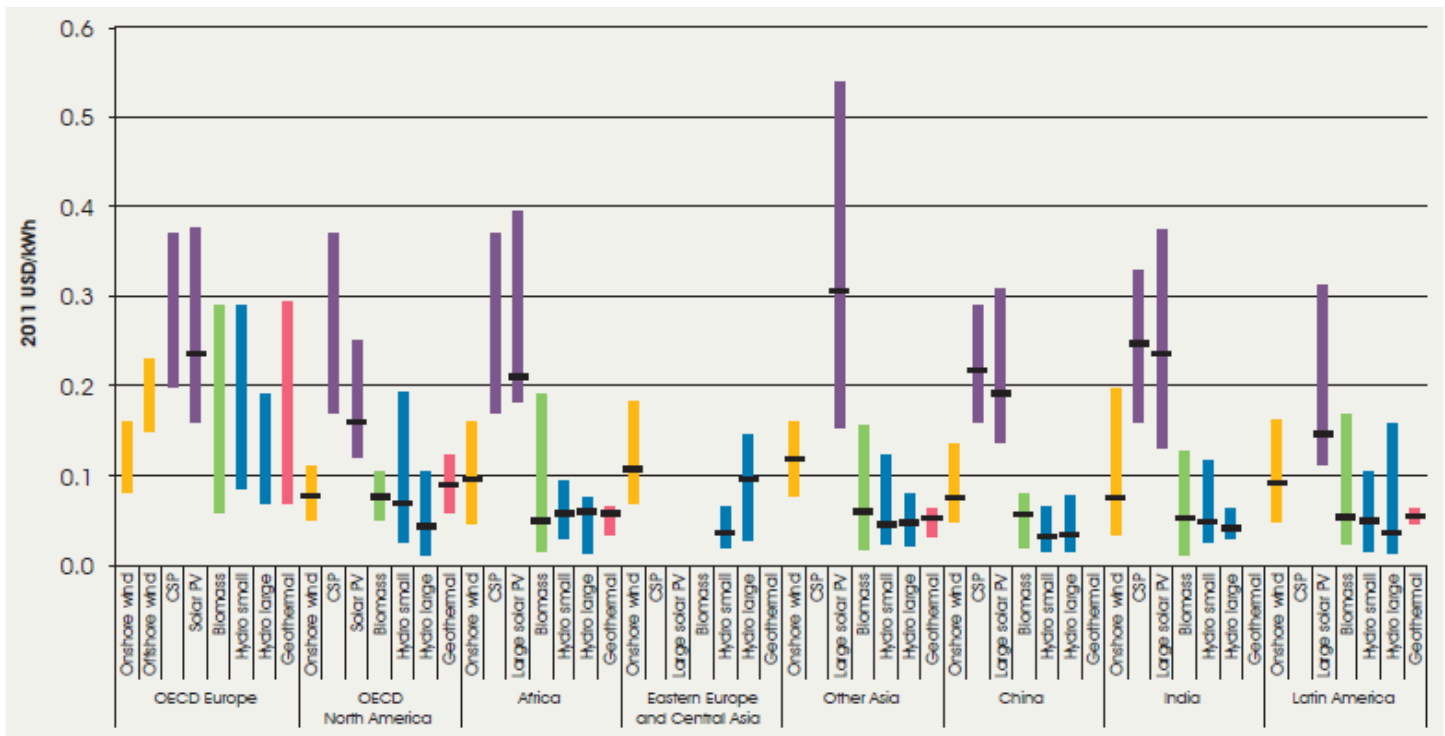
پروژه‌های نوعی متغیر است. به هر حال، LCOE می‌تواند تا حد ۰/۰۵ دلار بر کیلووات ساعت برای بیشتر پروژه‌های رقابتی (مانند آن‌هایی که منابع همجوار عالی دارند یا ظرفیت اضافه شده به یک پروژه زمین گرمایی موجود هستند) پایین بیاید زیرا تجربه گذشته ریسک‌های توسعه را کاهش می‌دهد و بعضی زیرساخت‌ها هم در محل موجودند [۱۶].

محدوده معمول برای کل هزینه‌های نصب‌شده براساس فناوری در شکل ۲-۱۸ نشان داده شده‌اند.



شکل (۲-۱۸) - محدوده هزینه سرمایه معمول برای فناوری های تولید برق تجدیدپذیر ۲۰۱۲ (منبع: IRENA) [۱۶]

شکل ۲-۱۹ میانگین وزنی LCOE و محدوده تولید برق فناوری‌های تجدیدپذیر را براساس کشور/ ناحیه نشان می‌دهد. واضح است که تفاوت فاحشی در محدوده هزینه برای فناوری‌های مختلف در نواحی مختلف وجود دارد. این به دلیل طبیعت وابسته به محل (سایت) منابع تجدیدپذیر و هزینه‌های پروژه است. بنابراین، یک تحلیل کشوری برای درک هزینه‌ها و محدودیت‌های سیاست‌گذاری در هر کشوری ضروری است [۱۶].



شکل (۲-۱۹) - محدوده LCOE معمول و میانگین وزنی آن برای فناوری های تولید برق تجدیدپذیر بر اساس ناحیه،

۲۰۱۲

نکته: شکل هزینه سرمایه را ۱۰٪ در نظر گرفته است (منبع، IRENA, NREL و SEIA/GTM ۲۰۱۲) [۱۶].

به جز چین و هند، در بقیه کشورهای آسیا میانگین وزنی هزینه برای زیست توده، خورشیدی فتوولتائیک و بادی بالاتر است. فیلیپین و اندونزی هر دو استفاده گسترده ای از منابع زمین گرمایی می کنند و با فرض اینکه این پروژه ها با ضریب ظرفیتی بین ۸۰٪ تا ۹۰٪ در تمام عمر خود کار می کنند، LCOE تخمین زده شده برای پروژه های زمین گرمایی آن ها حدود ۰/۰۵ دلار بر کیلووات ساعت است. هزینه متوسط پروژه های برق آبی در سایر کشورهای آسیا بسیار شبیه به چین و هند است و به نظر می رسد این ناحیه ساختار هزینه ای مشابهی دارد [۱۶].

۴-۲-۲- ریسک اکتشاف (ریسک منبع)

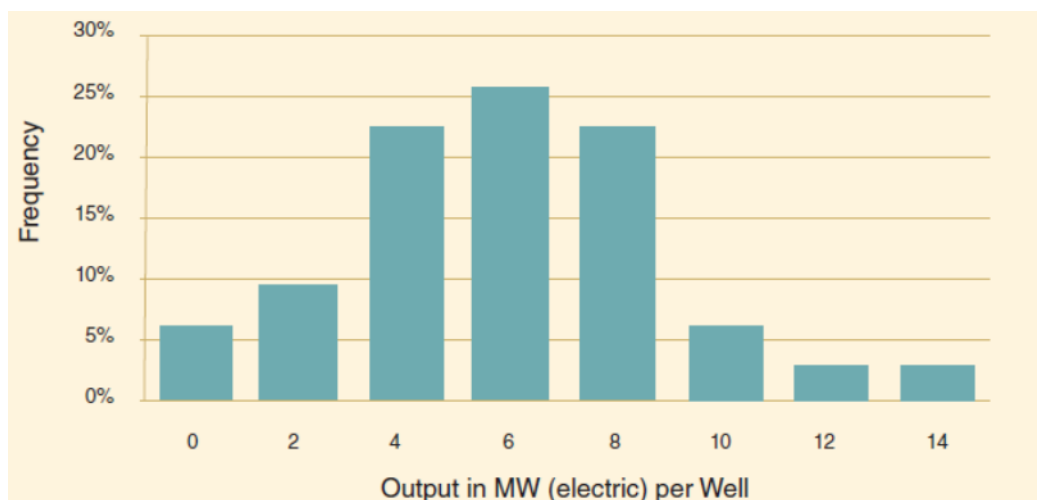
فناوری های اکتشاف سطحی مدرن به طور قابل توجهی پیشرفت کرده اند اما حتی امروزه، عمق دقیق یک چشمه یا بخار دقیق خروجی از چاه های حفاری شده، قابل پیش بینی نیست. مقادیر صحیح تا زمانی که چاه آزمون نشود و نهایتاً چاه های تولیدی

حفاری نشوند، معلوم نمی‌شود. با توجه به این موضوع، چالش‌های اکتشاف توسعه انرژی زمین گرمایی مشابه آن چیزی است که در صنعت نفت و گاز وجود دارد زیرا در آنجا هم ریسک اکتشاف بسیار بالاست. به‌رحال، در مورد پروژه‌های نفت و گاز، پتانسیل بازگشت سرمایه معمولاً آنقدر بالا هست که سرمایه‌گذاران خصوصی را جذب کند و سبب شود ریسک اکتشاف را بپذیرند. ضمن اینکه شرکت‌های نفت و گاز رویکرد پرتفولیو را برای کاهش ریسک به کار می‌برند.

در مقابل، در توسعه زمین گرمایی، پتانسیل بازگشت سرمایه به دلایل متعددی محدودتر است، از جمله این دلیل که برق معمولاً در یک قیمت تنظیمی فروخته می‌شود و اینکه توسعه حوزه زمین گرمایی نیازمند استفاده از رویکرد تدریجی و گام‌به‌گام است. زمان بازگشت سرمایه هم نسبت به مورد نفت و گاز، طولانی‌تر است و تنها بعد از ساخت نیروگاه و انتشار جریان‌های درآمدی خواهد بود.

اقتصاد پروژه‌های زمین گرمایی هم به بهره‌وری منبع زمین گرمایی و هم به درجه موفقیت در بهره‌برداری از منبع به ازای هر دلار سرمایه‌گذاری شده بستگی دارد. مقدار برق به‌دست‌آمده از حوزه زمین گرمایی، اصولاً تابعی از اندازه و نفوذپذیری چشمه‌های زیرین است. ظرفیت تولیدی یک چاه، به شدت به نرخ جریان (دبی) و دمای سیال زمین گرمایی بستگی دارد. نتایج حفاری تعدادی از حوزه‌های زمین گرمایی با دمای بالا در اطراف جهان نشان می‌دهد که خروجی چاه‌های مشابه هم می‌تواند بسیار تفاوت داشته باشد (شکل ۲-۲۰). درحالی‌که متوسط خروجی چاه‌ها در هر حوزه زمین گرمایی خاص پس از پشت‌سرگذاشتن یک «دوره یادگیری» نسبتاً ثابت باقی می‌ماند، فرایند یادگیری به‌نوبه خود هزینه‌بر است. این به دلیل تعداد زیاد چاه‌هایی است که در گام اولیه حفر می‌شوند که اگر کاملاً خشک نباشند، به احتمال بالایی ممکن است بهره‌وری کمی داشته باشند. برای مثال، در اندونزی، بیشتر چاه‌های زمین گرمایی به‌طور متوسط، تولید عملیاتی ۴ تا ۷ مگاوات دارند. با چاه‌های بازتزیقی اضافه، در کل ۱۶ تا ۲۰ چاه باید حفر شود تا به‌طور متوسط ۵۰ مگاوات برای هر پروژه به‌دست‌آید.

دیگر عامل مهم مربوط به عدم اطمینان، عمقی است که برای حفر چاه و رسیدن به چشمه لازم است. هر چه عمق حفاری بیشتر شود، هزینه واحد به ازای هر متر حفاری بیشتر خواهد شد [۲۳].

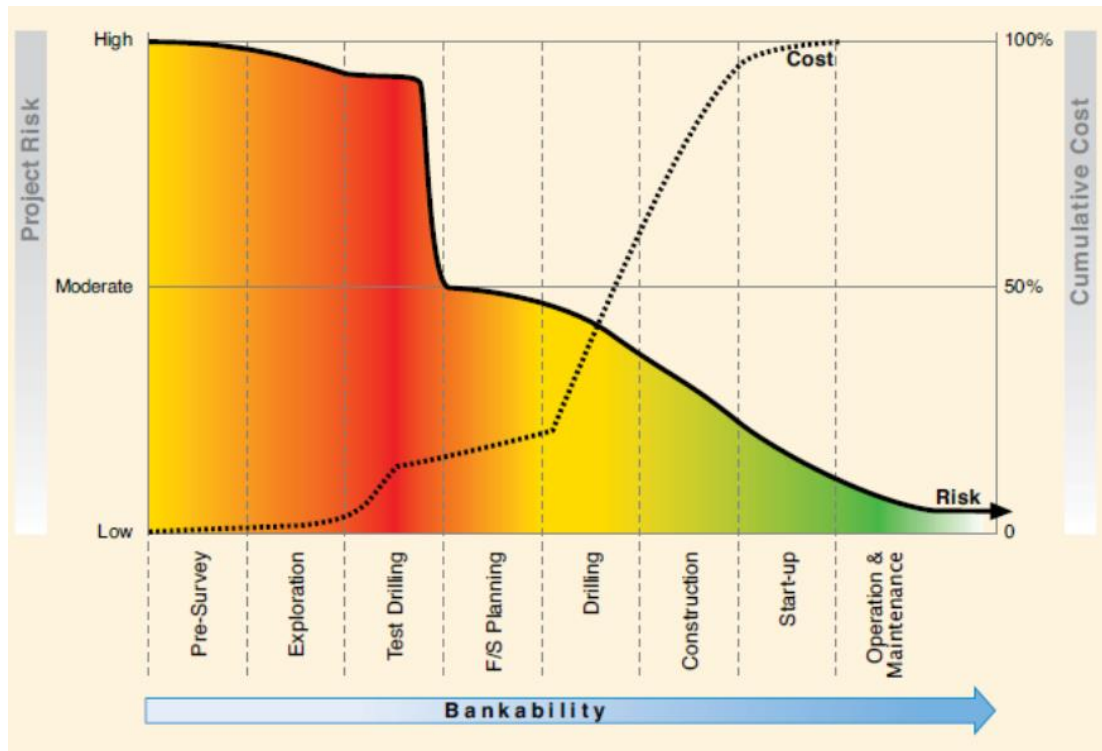


شکل (۲-۲۰) - نمودار ستونی خروجی چاه‌های زمین گرمایی (بر پایه نمونه‌ای از ۹۱ حوزه زمین گرمایی با دمای بالا در

جهان) [۲۳]

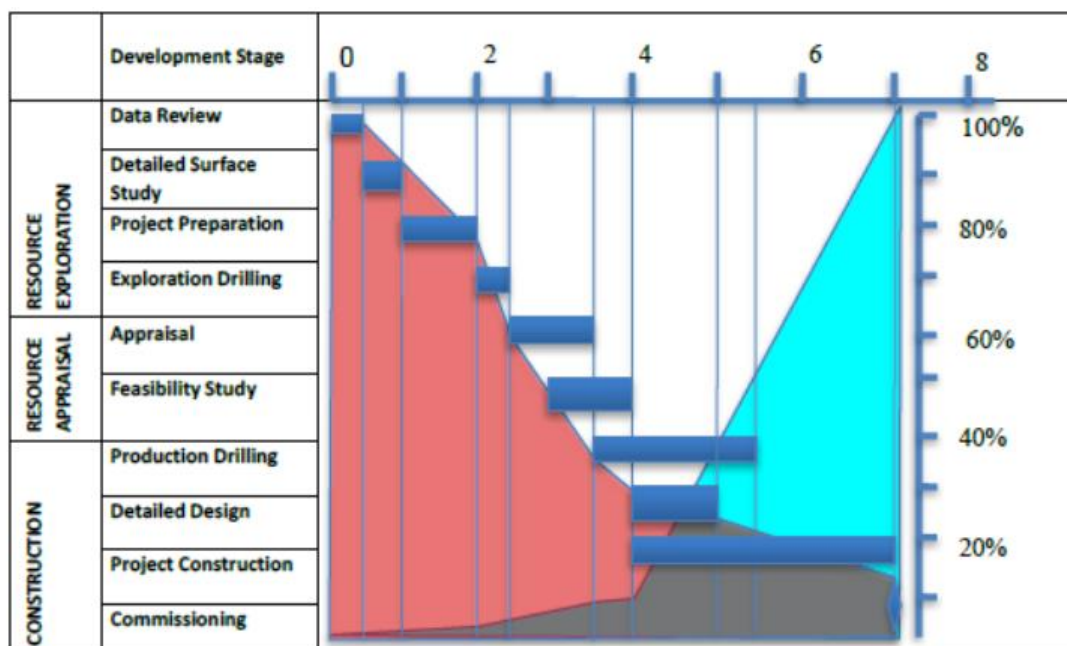
نکته: اعداد خروجی بر اساس مگاوات بیان شده‌اند و عمق چاه‌ها متوسط ۲ کیلومتر است.

شکل ۲-۲۱ میزان ریسک‌ها و هزینه‌های مربوط به پروژه‌های زمین گرمایی در طی گام‌های مختلف توسعه آن را نشان می‌دهد. در هر گام بعدی، هزینه تجمعی افزایش می‌یابد اما درک بهتری از خصوصیات حوزه به دست می‌آید که سبب کاهش ریسک می‌شود. دستیابی به موفقیت در کاهش ریسک معمولاً با تایید منبع از طریق تعداد کمی حفاری رخ می‌دهد. به هر حال، حتی پس از آن، هزینه‌های تولید برق احتمالی (و بنابراین نرخ بازگشت انتظاری) تنها یک تخمین است و ممکن است دامنه‌اش به نسبت گسترده باشد [۲۳].



شکل (۲۱-۲) - ریسک و هزینه سرمایه گذاری تجمعی پروژه زمین گرمایی [۲۳]

اقدامات ممکن برای کاهش ریسک های توسعه زمین گرمایی: شکل ۲-۲۲ عدم اطمینان منابع (ناحیه قرمز رنگ) را در مقایسه با هزینه سرمایه گذاری (ناحیه آبی رنگ) برای فازها و گام های مختلف توسعه زمین گرمایی نشان می دهد. این شکل نشان می دهد که عدم اطمینان در طول زمان، همراه با پیشرفت پروژه کاهش می یابد. به هر حال، عدم اطمینان کاملاً حذف نمی شود. از طرف دیگر، هزینه سرمایه گذاری همزمان با پیشرفت پروژه افزایش می یابد [۲۰].



شکل (۲۲-۲) - عدم اطمینان منابع توسعه در مقابل هزینه سرمایه گذاری همزمان با پیشرفت پروژه [۲۰]

هدف ابزاری توسعه زمین گرمایی، استقرار موفق پروژه‌ای است که بتواند نرخ بازگشت خوبی برای مالکان آن و همزمان ارضای سایر محدودیت‌های اقتصادی است. توسعه زمین گرمایی به ریسک‌های مختلفی با درجات مختلف در گام‌ها و مراحل مختلفش گره خورده است. ریسک منبع یکی از ریسک‌های اصلی توسعه زمین گرمایی است. آن در تمام گام‌های توسعه وجود دارد و شکل چالش‌های اندازه، مناسب بودن، پایدار بودن و کاربردی را به خود می‌گیرد. دیگر ریسک‌ها عبارتند از دستیابی به زمین مورد نیاز، بازار، تامین مالی تجاری و ریسک‌های اقتصاد کلان.

مطالعات، به‌خصوص مطالعات سطح جامع ویژه، شبیه‌سازی عددی و آزمون‌های مداخله‌ای (استنباطی) برای آگاهی یافتن از امکان رخداد شکل‌های مختلف ریسک منبع بسیار مفید هستند. این، فرمول‌بندی استراتژی‌های مدیریت ریسک منبع را ممکن می‌سازد. توسعه تدریجی و نظارت چشمه‌ها برای اطمینان یافتن از پایداری منبع بسیار توصیه می‌شود. مطالعه‌ای روشن و هدفمند در مورد جنبه‌های اجتماعی و محیط زیستی، برنامه مدیریت محیط زیستی پیگیرانه و مدیریت اجتماع میزبان برای کاهش موانع پروژه ضروری است.

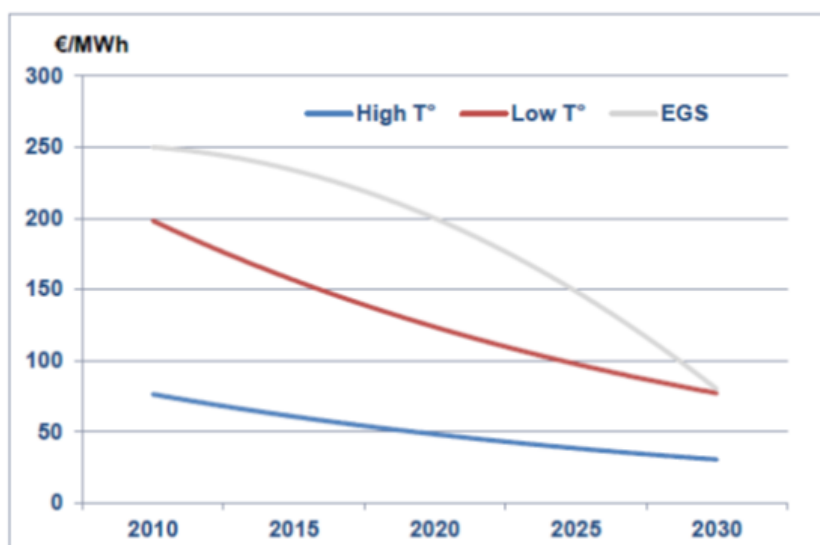
به‌کارگیری ترکیبی از سرمایه‌های سبز، امتیازهای کاهش ریسک منبع، و اعتبار کربنی کمک می‌کند تا این پروژه‌ها از نظر مالی در مقابل سایر منابع انرژی رقابت‌پذیر باشد. مطالعات امکان‌سنجی شامل استقرار عرضه و تقاضای برق می‌شود. بیمه، ضمانت-

نامه ریسک بخشی، ضمانت قلمرو/حاکمیت و تفاهم‌نامه‌های اخلاقی با ذینفعان؛ شماری از ابزارهایی هستند که برای کاهش بعضی از ریسک‌های توسعه به کار می‌روند. قرارداد خرید برق، مانند سپری، سرمایه‌گذاران را در مقابل ریسک‌های بازار، تورم و ریسک مبادلات خارجی حفظ می‌کند [۲۰].

ریسک‌های زمین‌گرمایی با استفاده از برنامه‌های حمایتی شبیه به برنامه سرمایه بیمه ای ریسک زمین‌گرمایی اروپایی^۲ (EGRIF) قابل کنترل هستند. هم‌اکنون تعداد کم نیروگاه‌های عملیاتی برق زمین‌گرمایی در اتحادیه اروپا، پایه آماری کافی برای ارزیابی امکان موفقیت پروژه‌ها فراهم نمی‌کند. در نتیجه، توسعه‌دهندگان زمین‌گرمایی با مشکل یافتن چارچوب‌های بیمه-ای (عمومی یا خصوصی) که مقررات قابل پرداخت داشته باشد و شرایطی برای ریسک منبع در نظر بگیرد، دست به گریبانند. در چنین شرایطی، EGRIF به کم کردن فقدان سیاست‌های بیمه‌ای برای ریسک منبع و آسان کردن سرمایه‌گذاری در پروژه-های زمین‌گرمایی کمک می‌کند.

برنامه EGRIF با به کارگیری محرک‌های اقتصادی زیر، به تامین مالی پروژه‌های زمین‌گرمایی کمک می‌کند:

- امتیازهایی برای اولین حفاری (بین ۱۰ تا ۱۵ میلیون یورو به ازای هر چاه برای EGS)
- بیمه ریسک زمین‌گرمایی
- [۲۱] Feed-in Tariff / Feed-in Premium / Premium



^۱Letter of comfort

^۲European Geothermal Risk Insurance Fund

شکل (۲-۲۳) - کاهش هزینه ترازشده برای هزینه های فناوری برق زمین گرمایی [۲۱]

سطح و نوع حمایت های مالی باید به بلوغ فناوری ها بستگی داشته باشد. جدول ۲-۱۱، کاهش تعرفه ها و پیشنهادی برای در پیش گرفتن یک متدولوژی محاسبه سطح حمایت لازم را برای فناوری های مختلف زمین گرمایی ارائه می کند. معیارهایی که در اینجا ذکر شده اند شامل بعضی از عناصر کلیدی هزینه اند که برای محاسبه تعرفه مورد استفاده قرار گرفته اند [۲۱]:

جدول (۲-۱۱) - پراکندگی تعرفه برای برق زمین گرمایی [۲۱].

Market Maturity	Juvenile	Intermediate	Mature	After 2020
Criteria	0-6 deep geothermal wells are existing < than 3 plants are operational	6-60 deep geothermal wells exist < than 10 plants are operational	Both geoelec & geoDH systems are developed all over the country	Costs reach grid parity with around 10 €ct/kWh
Level of risk	Very high	high	medium	Low
Costs: High temperature Low temperature and small high T° plants EGS	na 18 30	7 16 25	6 15 23	5 10 12
Support schemes	(repayable) Grants for seismic exploration, slimholes, and the 1 st well	Feed-in Tariff	Feed-in Premium	Grid premium
Flanking measures	Public Risk insurance	Public or Private Risk insurance	Public & private Risk insurance	Private Risk insurance

چارچوب های حمایتی باید بر اساس سطح توسعه بازار زمین گرمایی عمیق و بر اساس فناوری (دمای بالا، دمای پایین و نیروگاه های کوچک دمای بالا، EGS) تطبیق یابند. با حفاری چاه های عمیق تر و کسب اطلاعات در مورد دما، جریان، وضع جغرافیایی و ...، بازارها بالغ تر خواهند شد. همچنین هزینه های تولید کاهش خواهند یافت.

حمایت های مالی باید از طریق دادن امتیازهای قابل پرداخت برای پوشش ریسک های اولیه و سرمایه لازم برای اولین حفاری در بازارهای جوان، اول از همه، به راه افتادن اولین پروژه های زمین گرمایی عمیق کمک کنند. ریسک های زمین شناختی، تا

زمانی که پروژه‌های اندکی در حال انجام هستند، تنها می‌تواند توسط بخش عمومی به عهده گرفته شود. وقتی تعداد پروژه‌ها به تعداد کافی رسید، یک معافیت تعرفه‌ای برای توسعه آن‌ها در ترکیب با یک بیمه ریسک عمومی یا خصوصی، پیشنهاد می‌شود (مانند کشور آلمان).

هرچه هزینه‌ها رقابتی‌تر و بازارها بالغ‌تر می‌شوند، حمایت‌های مالی کمتری مورد نیاز است و دادن امتیاز خرید با قیمت بالاتر، مناسب‌تر خواهد بود.

با در نظر گرفتن بیمه ریسک، در یک بازار بالغ با تعداد زیادی پروژه، بیمه‌های خصوصی می‌توانند راه حل‌های رقابتی ایجاد کنند [۲۱].

منابع

- گزارش هزینه نیروگاه‌های تجدیدپذیر، سازمان انرژی های نو ایران (۱۳۹۲)

- [1] "Building a regulatory framework for geothermal energy development in the NWT", the PEMBINA Institute, (2011), 51 pages
- [2] "Competitive Role of Geothermal Energy near Hydrocarbon Fields", Evans & Peck Group Pty Ltd, (2014), 57pages
- [3] "EGEC policy paper on the European Commission's Energy Roadmap 2050", European Geothermal Energy Council (EGEC), (2012), 20 pages
- [4]"Factsheets on Geothermal Electricity", European Geothermal Energy Council (EGEC), (2014), 12 pages.
- [5]"Geothermal: International Market Overview Report", Geothermal Energy Association (GEA), (2012), 26 pages
- [6]Rybach, L. "Geothermal Power Growth 1995-2۰۱۳ - Comparison with Other Renewables", *Energies*,(2014), 7, 4802-4812
- [7] Renewable energy technologies: cost analysis series, International Renewable Energy Agency (IRENA), (2012), 60 pages
- [8] "The Values of Geothermal Energy", Geothermal Energy Association (GEA), (2013), 19 pages
- [9] "Technology Roadmap, Geothermal Heat and Power", International Energy Agency (IEA), (2011), 52 pages
- [10] "The Status of Geothermal Power in Emerging Economies", Geothermal Energy Association (GEA), (2014), 12 pages
- [11] "The Economic Costs and Benefits of Geothermal Power", Geothermal Energy Association (GEA), (2014), 9 pages
- [12] Technology-specific cost and performance parameters, International Panel on Climate Change (IPCC), (2014), 48 pages
- [13] Updated Capital Cost Estimates for Utility Scale Electricity Generating Plants, Energy Information Association (eia), (2013), 201 pages
- [14]Wei, M., Patadia, Sh., and Kammen, M., "Putting renewables and energy efficiency to work: How many jobs can the clean energy industry generate in the US?", *Energy Policy*, (2010), 38, 919-931
- [15] "2013 Geothermal Power: International Market Overview", Geothermal Energy Association (GEA), 2013, 35 pages
- [16]Renewable Power Generation Costs in 2012: An Overview, IRENA, 2013, 92 pages
- [17] Renewable Energy and Jobs Annual Review 2014, IRENA, MAY 2014, 12 pages
- [18]RENEWABLE ENERGY SOURCES AND CLIMATE CHANGE MITIGATION, International Panel on Climate Change (IPCC), 2012, 246 pages

- [19] RENEWABLES 2014 GLOBAL STATUS REPORT, Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN21), 2014, 216 pages
- [20] Ngugi, P. K., RISKS AND RISK MITIGATION IN GEOTHERMAL DEVELOPMENT, Presented at "Short Course VI on Utilization of Low- and Medium Enthalpy Geothermal Resources and Financial Aspects of Utilization", organized by UNU-GTP and LaGeo, in Santa Tecla, El Salvador, March 23-29, 2014, ۱۱ صفحات
- [21] Financing Geothermal Energy, European Geothermal Energy Council (EGEC), 2013, 27 pages
- [22] Preliminary Technical Risk Analysis for the Geothermal Technologies Program, National Renewable Energy Laboratory (NREL), 2007, 107 pages
- [23] GEOTHERMAL HANDBOOK: PLANNING AND FINANCING POWER GENERATION, Energy Sector Management Assistance Program (ESMAP, The World Bank), 2012, 164 pages
- [24] Bravi and Basosi, "Environmental impact of electricity from selected geothermal powerplants in Italy", Journal of Cleaner Production, 2014, 66, 301-308

فهرست مطالب

۱	۱-فهرست اسناد بالادستی
۱	۱-۱-مقدمه
۵	۲-متن تفصیلی اسناد
۵	۲-۱-سیاست های کلان کشور در بخش انرژی مصوب در مجمع تشخیص مصلحت نظام
۵	۲-۲-مجموعه برنامه پنج ساله پنجم توسعه جمهوری اسلامی ایران
۹	۲-۳-قانون برنامه چهارم توسعه جمهوری اسلامی ایران
۱۴	۲-۴-اسناد ملی توسعه بخشی ماده ۱۵۵ قانون برنامه چهارم توسعه
۲۴	۲-۵-قانون تنظیم بخشی از مقررات مالی دولت
۲۷	۲-۶-برنامه راهبردی وزارت نیرو در افق ۱۴۰۴
۲۹	۲-۷-سند نقشه راه تحقیقات صنعت برق
۳۰	۲-۸-نقشه جامع علمی کشور
۳۳	۲-۹-قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی (پیرو اجرای اصل ۱۲۳ قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران)
۳۸	۲-۱۰-سند راهبرد انرژی کشور
۴۰	۲-۱۱-سند راهبرد انرژی های نو کشور
۴۱	۲-۱۲-قانون بودجه سال ۱۳۹۳
۴۷	۲-۱۳-سازمان انرژی های تجدید پذیر و بهره وری انرژی (ساتبا)
۵۲	۲-۱۴-قانون عضویت دولت جمهوری اسلامی ایران در آژانس بین المللی انرژی های تجدید پذیر (IRENA)
۵۳	۲-۱۵-لایحه الحاق دولت جمهوری اسلامی ایران به پروتکل کیوتو
۵۹	۲-۱۶-لایحه دریافت عوارض برق تجدید پذیر
۶۱	۲-۱۷-ابلاغیه پایه نرخ خرید برق از نیروگاههای انرژی نو و پاک
۶۲	۲-۱۸-تصویب نامه در خصوص خرید برق تولیدی بخش های غیر دولتی از منابع انرژیهای نو

- ۶۳ ۱۹-۲-قانون هدفمند کردن یارانه ها
- ۶۴ ۲۰-۲-ابلاغیه اتصال به شبکه نیروگاه های تجدید پذیر
- ۶۵ ۲۱-۲-ابلاغیه اصلاح روند صدور موافقت نامه اولیه احداث نیروگاه های برق تجدید پذیر
- ۶۶ ۲۲-۲-طرح نیروگاه های انرژی نو
- ۶۷ ۲۳-۲-مصوبه شورای عالی اداری در خصوص انجام مطالعات و تحقیقات درباره انرژی های نو (تجدیدپذیر) و بهره برداری مؤثر از آن در کشور
- ۶۹ ۲۴-۲-قوانین بودجه
- ۷۲ ۲۵-۲-برنامه کاهش آلودگی هوا در هشت شهر بزرگ کشور
- ۷۳ ۲۶-۲-پروژه طراحی و استقرار پایگاه تحلیلی قوانین و مقررات علم، فن آوری و نوآوری کشور
- ۷۵ ۲۷-۲-مصوبه هیئت وزیران درباره الزام دستگاههای اجرایی برای مقابله مؤثر با آلودگی هوا
- ۷۶ ۲۸-۲-اولویت های تحقیقاتی و فن آوری مصوب کمیسیون های تخصصی شورای عالی علوم، تحقیقات و فن آوری (عتف)
- ۷۹ ۳-سند راهبرد ملی و نقشه راه توسعه فناوری های مرتبط با زیست توده در ایران
- ۷۹ ۱-۳-نتیجه گیری
- ۸۳ مراجع



فهرست اشکال

شکل (۱-۳) - نمودار درصد تحقق اهداف دوره های متمایز برنامه توسعه ایران در زمینه احداث علمی

۸۰

نیروگاه های تجدید پذیر

فهرست جداول

۱	جدول (۱-۱)- فهرست اسناد بالادستی در حوزه انرژی
۱۸	جدول (۲-۱)- اهداف کمی بخش برق طی سال های برنامه چهارم توسعه
۲۳	جدول (۲-۲)- اقدامات اجرایی سند فرابخشی مدیریت انرژی - ساختمان
۵۱	جدول (۲-۳)- ماتریس ارزیابی عوامل خارجی ساتبا (EFE)
۷۵	جدول (۲-۴)- پیوست یک مصوبه هیئت وزیران درباره الزام دستگاه های اجرایی برای مقابله مؤثر با آلودگی هوا
۷۷	جدول (۲-۵)- سایر اولویت های پژوهش و فناوری به تفکیک رشته و صنایع
۸۲	جدول (۳-۱)- مشخصات اجرایی پروژه

۱- فهرست اسناد بالادستی

۱-۱- مقدمه

مجموعه قوانین، دستورکارها و آیین نامه هایی که فهرست آن ها تقدیم می گردد، هر یک به نوعی با موضوع انرژی های تجدیدپذیر در کشور ایران ارتباط می یابند. چگونگی این رابطه ها ممکن است مستقیم بوده و یا آن که پیوندی با زمینه های اقتصادی، زیست محیطی، اجتماعی یا اداری مرتبط با گسترش انرژی های تجدیدپذیر داشته باشند. تمرکز کاوش بر اسناد مصوب دهه ۱۳۸۰، به این سو بوده است تا بتوان روزآمدترین اسنادی که به هرگونه با بحث انرژی های تجدیدپذیر و به ویژه انرژی زمین گرمایی ارتباط دارند را یافت.

برای شروع، آرشیو اسناد پژوهشگاه نیرو، وزارتخانه های نیرو، نفت و جهاد کشاورزی و سازمان حفاظت محیط زیست مورد مطالعه قرار گرفتند.

در یک نگاه کلی می توان این اسناد را به دو دسته بخش کرد: یک دسته اسنادی که بحث تولید انرژی از منابع تجدیدپذیر را بطور مستقیم مورد خطاب قرار می دهند و دسته دوم، اسنادی که بحث انرژی های تجدیدپذیر در عنوان آن ها جایی ندارد، اگرچه تولید انرژی از منابع تجدیدپذیر به نوعی با آن ها در ارتباط است.

جدول (۱-۱) - فهرست اسناد بالادستی در حوزه انرژی

تاریخ	ماده/ بند مربوطه	عنوان سند بالادستی
۱۳۷۹	سیاست های کلی سایر منابع انرژی	سیاست های کلان کشور در بخش انرژی مصوب در مجمع تشخیص مصلحت نظام
۱۳۸۹	برق- ماده ۱۳۳ انرژی های پاک- ماده ۱۳۹ کشاورزی- ماده ۱۴۸ حمل و نقل- ماده ۱۶۲ و ۱۶۳ محیط زیست- ماده ۱۹۲ و ۱۹۳	مجموعه برنامه پنج ساله پنجم توسعه جمهوری اسلامی ایران
۱۳۸۷	سند چشم انداز در افق ۱۴۰۴ و سیاست های کلی برنامه چهارم	مجموعه برنامه پنج ساله چهارم توسعه جمهوری اسلامی ایران
۱۳۸۳	ماده ۷- (م)	
۱۳۸۴	ماده ۲۵ و آیین نامه اجرایی شرایط و تضمین برق	

تاریخ	ماده/ بند مربوطه	عنوان سند بالادستی
	موضوع بند "ب" ماده (۲۵) قانون برنامه چهارم توسعه	
۱۳۸۳	ماده ۳۰ بند ب- ۷	
۱۳۸۶	آیین نامه اجرایی ماده ۶۶	
	سند ملی توسعه بخش "برق و انرژی های نو" - موضوع بند (الف) ماده ۱۵۵	اسناد ملی توسعه بخشی ماده ۱۵۵ قانون برنامه چهارم توسعه
	سند ملی توسعه بخش "نفت و گاز" - موضوع بند (ه) ماده ۱۵۵	
	سند ملی توسعه ویژه فرابخشی "مدیریت انرژی" - موضوع بند (ج) ماده ۱۵۵	
۱۳۸۰	ماده ۲۵ ماده ۶۲ و دستورالعمل اجرایی آن	قانون تنظیم بخشی از مقررات مالی دولت
۱۳۹۰	وزارت نیرو بخش برق و انرژی بخش آموزش، پژوهش و فن آوری بخش پشتیبانی صنعت آب و برق	برنامه راهبردی وزارت نیرو در افق ۱۴۰۴
	بندهای ۳، ۲۳ و ۲۴	سند نقشه راه تحقیقات صنعت برق
۱۳۹۰	فصل سوم اولویت الف- اولویت های علم و فن آوری	نقشه جامع علمی کشور
۱۳۸۹	فصل اول: کلیات و تعاریف- ماده ۱ و ۲ فصل دوم: سیاست ها و خط مشی های اساسی- ماده ۴ فصل سوم: ساختار و تشکیلات- ماده ۵، ۶، ۸ و ۹ فصل نهم: تولیدکنندگان و توزیع کنندگان انرژی- ماده ۴۴، ۴۵، ۴۸ و ۵۲ فصل دهم: انرژی های تجدیدپذیر و هسته ای- ماده ۶۱ و ۶۲	قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی
در دست تدوین		سند راهبرد انرژی کشور
در دست تدوین		سند راهبرد انرژی های نو کشور
۱۳۹۳	تبصره ۲- بندهای م، ق تبصره ۴- الف تبصره ۵- ن تبصره ۶- الف	قانون بودجه

تاریخ	عنوان سند بالادستی	ماده/ بند مربوطه
		تبصره ۹- ز، ح تبصره ۱۱- ه، و تبصره ۲۱- د، ه
۱۳۹۲	سازمان انرژی های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی ایران (ساتبا)	اساسنامه بیانیه مأموریت بیانیه چشم‌انداز بیانیه ارزش‌ها اهداف سطح سازمان (اصلی) اهداف سطح بخشی- بخش انرژی های نو
۱۳۹۱	قانون عضویت دولت جمهوری اسلامی ایران در آژانس بین‌المللی انرژی های تجدیدپذیر	
۱۳۸۳	لایحه الحاق دولت جمهوری اسلامی ایران به پروتکل کیوتو	
۱۳۹۱	لایحه دریافت عوارض برق تجدیدپذیر	
۱۳۹۲	ابلاغیه پایه نرخ خرید برق از نیروگاه‌های انرژی نو و پاک	
۱۳۸۷ و ۱۳۹۳	تصویب‌نامه در خصوص نرخ خرید برق تولیدی بخش‌های غیردولتی از منابع انرژی های نو	
	قانون هدفمند کردن یارانه‌ها	ماده ۸
۱۳۹۱	ابلاغیه اتصال به شبکه نیروگاه‌های تجدیدپذیر	
۱۳۹۱	ابلاغیه اصلاح روند صدور موافقت‌نامه اولیه احداث نیروگاه‌های برق تجدیدپذیر	
۱۳۹۱	طرح نیروگاه‌های انرژی های نو	
۱۳۸۳	مصوبه شورای عالی اداری در خصوص انجام مطالعات و تحقیقات درباره انرژی های نو (تجدیدپذیر) و بهره‌برداری مؤثر از آن در کشور	
۱۳۸۴ و ۱۳۸۳	قانون بودجه در رابطه با تولید و مصرف	بند الف تبصره ۱۲

تاریخ	عنوان سند بالادستی	ماده/ بند مربوطه
	انرژی با تأکید بر بهینه سازی مصرف انرژی	
۱۳۹۲	قانون بودجه سال ۱۳۹۲	ماده ۱۹ ماده ۲۶ ماده ۶۹
۱۳۹۰	برنامه کاهش آلودگی هوا در هشت شهر بزرگ کشور	
۱۳۹۲	پروژه طراحی و استقرار پایگاه تحلیلی قوانین و مقررات علم، فن آوری و نوآوری کشور	
۱۳۹۳	مصوبه هیئت وزیران درباره الزام دستگاه های اجرایی برای مقابله موثر با آلودگی هوا	
۱۳۹۰	اولویت های تحقیقاتی و فن آوری مصوب کمیسیون های تخصصی شورای عالی علوم، تحقیقات و فن آوری (عتف) و ۱۷	۱- کمیسیون تخصصی انرژی الف: اولویت های کمیسیون تخصصی انرژی - بندهای ۷ و ۱۷ ب: طرح کلان ملی کمیسیون تخصصی انرژی • برق و انرژی - بند ۸ • فرابخشی و محیط زیست - بندهای ۱، ۲
	۳- کمیسیون تخصصی صنایع، معادن و ارتباطات الف: اولویت های راهبردی پژوهش و فناوری • صنعت آب و برق ب: سایر اولویت های پژوهشی • محیط زیست • صنعت آب و برق	
	۵- کمیسیون تخصصی کشاورزی آب و منابع طبیعی اولویت های تحقیقاتی و فن آوری کمیسیون تخصصی کشاورزی آب و منابع طبیعی • حوزه مشترک - بندهای ۲ و ۷ • ماشین آلات و تجهیزات - بند ۲	

۲- متن تفصیلی اسناد

۲-۱- سیاست های کلان کشور در بخش انرژی مصوب در مجمع تشخیص مصلحت نظام

نوع سند: سیاست کلی

تصویب کننده: مجمع تشخیص مصلحت نظام

شماره: ۷۶۲۳۰/۱

تاریخ: ۱۳۷۷/۱۰/۲۳

سیاست های کلی سایر منابع انرژی

- ایجاد تنوع در منابع انرژی کشور و استفاده از آن با رعایت مسائل زیست محیطی و تلاش برای افزایش سهم انرژی های تجدیدپذیر با اولویت انرژی های آبی.
- تلاش برای کسب فن آوری و دانش هسته ای و ایجاد نیروگاه های هسته ای به منظور تأمین سهمی از انرژی کشور و تربیت نیروهای متخصص.
- گسترش فعالیت های پژوهشی و تحقیقاتی در امور انرژی های گداخت هسته ای و مشارکت و همکاری علمی و تخصصی در این زمینه.
- تلاش برای کسب فن آوری و دانش فنی انرژی های نو و ایجاد نیروگاه ها از قبیل بادی و خورشیدی و پیل های سوختی و زمین گرمایی در کشور.

۲-۲- مجموعه برنامه پنج ساله پنجم توسعه جمهوری اسلامی ایران

بخش دوم- قانون برنامه پنج ساله پنجم توسعه جمهوری اسلامی ایران (۱۳۹۴-۱۳۹۰)

نوع سند: قانون

تصویب کننده: معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور

شماره: ۲۴۶۶۹۸

تاریخ: ۱۳۸۹/۱۰/۱۵

فصل پنجم: اقتصادی

برق (ماده ۱۳۴ - ۱۳۳)

ماده ۱۳۳

به منظور تنوع در عرضه انرژی کشور، بهینه‌سازی تولید و افزایش راندمان نیروگاه‌ها، کاهش اتلاف و توسعه تولید همزمان برق و حرارت، شرکت توانیر و شرکت‌های وابسته و تابعه وزارت نیرو موظفند:

الف) با استفاده از منابع حاصل از فروش نیروگاه‌های موجود یا در دست اجرا و سایر اموال و دارایی‌های شرکت‌های مذکور و با رعایت قانون نحوه اجرای سیاست‌های کلی اصل چهل و چهارم (۴۴) نسبت به پرداخت یارانه خرید برق از تولیدکنندگان برق پراکنده با مقیاس کوچک و ظرفیت‌های تولید برق مشترکین از عقد قراردادهای بلندمدت و همچنین تبدیل تا دوازده هزار (۱۲۰۰۰) مگاوات نیروگاه گازی به سیکل ترکیبی اقدام نمایند.

تبصره: در صورت تمایل بخش‌های غیردولتی به تبدیل نیروگاه‌های گازی موجود خود به سیکل ترکیبی، شرکت توانیر و شرکت‌های وابسته و تابعه وزارت نیرو می‌توانند از محل منابع بند الف) این ماده نسبت به پرداخت تسهیلات در قالب وجوه اداره شده به آن‌ها اقدام نمایند.

ب) به شرکت توانیر و شرکت‌های وابسته و تابعه وزارت نیرو اجازه داده می‌شود نسبت به انعقاد قراردادهای بلندمدت خرید تضمینی برق تولیدی از منابع انرژی‌های نو و انرژی‌های پاک با اولویت خرید از بخش‌های خصوصی و تعاونی اقدام نمایند. قیمت خرید برق از نیروگاه‌ها علاوه بر هزینه‌های تبدیل انرژی در بازار رقابتی شبکه سراسری بازار برق، با لحاظ متوسط سالانه ارزش وارداتی یا صادراتی سوخت مصرف نشده، بازدهی، عدم انتشار آلاینده‌ها و سایر موارد به تصویب شورای اقتصاد می‌رسد. تبصره: وزارت نیرو مجاز است با رعایت قانون نحوه اجرای سیاست‌های کلی اصل چهل و چهارم (ص ۵۶۰) منابع مورد نیاز این جزء را از محل منابع حاصل از فروش نیروگاه‌ها و سایر دارایی‌ها از جمله اموال منقول و غیر منقول، سهام و سهم‌الشرکه خود و سایر شرکت‌های تابعه و وابسته و بنگاه‌ها، تأمین و تمهیدات لازم را برای این نیروگاه‌ها جهت استفاده در شبکه سراسری برق فراهم نماید.

ج) از توسعه نیروگاه‌های با مقیاس کوچک تولید برق توسط بخش‌های خصوصی و تعاونی حمایت نماید.

د) وزارت نیرو مجاز است در طول برنامه نسبت به افزایش توان تولیدی برق تا بیست و پنج هزار (۲۵۰۰۰) مگاوات از طریق سرمایه گذاری بخش های عمومی، تعاونی و خصوصی اعم از داخلی و خارجی و یا منابع داخلی شرکت های تابعه و یا به صورت روش های متداول سرمایه گذاری از جمله ساخت، بهره برداری و تصرف (BOO) و ساخت، بهره برداری و انتقال (BOT) اقدام نماید.

تبصره: سهم بخش های خصوصی و تعاونی از میزان بیست و پنج هزار (۲۵۰۰۰) مگاوات مذکور در این بند، حداقل ده هزار (۱۰۰۰۰) مگاوات است.

ه) وزارت نیرو حسب درخواست نسبت به صدور مجوز صادرات و عبور (ترانزیت) برق از نیروگاه های با سوخت غیرپارانه ای متعلق به بخش های خصوصی و تعاونی اقدام نماید.

و) وزارت نیرو مکلف است در صورت نیاز با حفظ مسئولیت تأمین برق، به منظور ترغیب سایر مؤسسات داخلی به تولید هرچه بیشتر نیروی برق از نیروگاه های خارج از مدیریت آن وزارتخانه، بر اساس دستورالعملی که به تأیید شورای اقتصاد می رسد، نسبت به خرید برق این نیروگاه ها اقدام نماید.

ز) چنانچه بخش خصوصی با سرمایه خود تلفات انرژی برق را در شبکه انتقال و توزیع کاهش دهد، وزارت نیرو موظف است نسبت به خرید انرژی بازیافت شده با قیمت و شرایط در دوره زمانی که به تصویب شورای اقتصاد می رسد، اقدام و یا مجوز صادرات به همان میزان را صادر نماید.

تبصره: آیین نامه اجرایی مربوط به این بند باید ظرف سه ماه پس از تصویب این قانون به تصویب وزیر نیرو برسد.

ح) قیمت انرژی برای واحدهایی که مصرف سالانه سوخت آن ها بیش از دو هزار مترمکعب معادل نفت کوره و یا قدرت مورد استفاده آن ها بیش از دو مگاوات است، در صورت عدم رعایت معیارها و ضوابط موضوع دستورالعمل های این ماده، که به تصویب شورای اقتصاد می رسد، با ارائه فرصت مناسب افزایش می یابد.

انرژی های پاک (ماده ۱۳۹ - ۱۳۵)

ماده ۱۳۹

به منظور ایجاد زیرساخت های تولید تجهیزات نیروگاه های بادی و خورشیدی و توسعه کاربرد/انرژی های پاک و افزایش سهم تولید این نوع انرژی ها در سبد تولید انرژی کشور، دولت مجاز است با حمایت از بخش های خصوصی و تعاونی از طریق وجوه اداره شده و یارانه سود تسهیلات، زمینه تولید تا پنج هزار مگاوات انرژی بادی و خورشیدی در طول برنامه متناسب با تحقق تولید را فراهم سازد.

کشاورزی (۱۴۳ - ۱۴۹)

ماده ۱۴۸

دولت مکلف است جهت اصلاح الگوی بهره برداری از جنگل ها، مراتع و آب و خاک اقدام زیر را انجام دهد:

الف) جایگزینی سوخت فسیلی و *انرژی های تجدیدپذیر* به جای سوخت هیزمی

حمل و نقل (ماده ۱۶۶ - ۱۶۱)

ماده ۱۶۲

اجرای قانون توسعه حمل و نقل عمومی و مدیریت سوخت مصوب ۱۳۸۶/۰۹/۱۸ (ص ۳۲۵) تا پایان برنامه تمدید می شود.

ماده ۱۶۳

و) به منظور بهره برداری بهینه از ظرفیت ها و موقعیت جغرافیایی کشور:

۲- طرح جامع حمل و نقل کشور با هدف پاسخگویی به تقاضاهای بالفعل و بالقوه و دستیابی به جایگاه مناسب در حوزه های ایمنی، انرژی، اقتصاد، حمل و نقل و محیط زیست تا پایان سال سوم برنامه به تصویب هیئت وزیران می رسد. از زمان تصویب طرح جامع، شروع کلیه طرح های جدید توسعه و ساخت زیربنای حمل و نقل، فقط بر اساس این طرح و در قالب بودجه سنواتی قابل اجرا است.

فصل ششم: توسعه منطقه ای

محیط زیست

ماده ۱۹۲

به منظور کاهش عوامل آلوده کننده و مخرب محیط زیست کلیه واحدهای بزرگ تولیدی، صنعتی، عمرانی، خدماتی و زیربنایی موظفند:

ج) مشخصات فنی خود را به نحوی ارتقاء دهند که با ضوابط و استانداردهای محیط زیست و کاهش آلودگی و تخریب منابع پایه بالاخص منابع طبیعی و آب تطبیق یابد.

تبصره ۱: دولت مکلف است ارزش اقتصادی منابع زیست محیطی و جداول و حساب های مربوطه را در حساب های ملی محاسبه و ملحوظ نماید.

تبصره ۲: معاونت مکلف است با همکاری سازمان حفاظت محیط زیست و سایر دستگاه های مرتبط به منظور برآورد کردن ارزش های اقتصادی منابع طبیعی و زیست محیطی و هزینه های ناشی از آلودگی و تخریب محیط زیست در فرآیند توسعه و محاسبه آن در حساب های ملی، نسبت به تنظیم دستورالعمل های محاسبه ارزش ها و هزینه های موارد دارای اولویت از قبیل: جنگل، آب، خاک، انرژی، تنوع زیستی و آلودگی های زیست محیطی در نقاط حساس اقدام و در مراجع ذیربط به تصویب برساند. ارزش ها و هزینه هایی که دستورالعمل آن ها به تصویب رسیده، در امکان سنجی طرح های تملک دارایی های سرمایه ای در نظر گرفته خواهد شد.

۳-۲- قانون برنامه چهارم توسعه جمهوری اسلامی ایران

نوع سند: قانون

تصویب کننده: معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور

تاریخ: ۱۳۸۳/۰۶/۱۱

بخش اول- سند چشم انداز جمهوری اسلامی ایران در افق ۱۴۰۴ (سند چشم انداز بیست ساله) و سیاست های کلی برنامه

چهارم

نوع سند: ابلاغیه

تصویب کننده: مقام معظم رهبری

تاریخ: ۱۳۸۷/۱۰/۲۱

۱- سیاست های کلی برنامه چهارم توسعه اقتصادی، فرهنگی و اجتماعی

۱-۱- سیاست های کلی در بخش امور اجتماعی، سیاسی، دفاعی و امنیتی

بند ۱۹: آمایش سرزمینی مبتنی بر اصول حفاظت محیط زیست و احیاء منابع طبیعی

۲- سیاست های کلی نظام در بخش مشارکت بخش های تعاونی و خصوصی در اقتصاد و حدود فعالیت بخشی دولتی

۱-۲- سیاست های کلی نظام در خصوص انرژی

۲-۱-۲- سیاست های کلی سایر منابع انرژی

بند ۱: ایجاد تنوع در منابع انرژی کشور و استفاده از آن با رعایت مسایل زیست محیطی و تلاش برای افزایش سهم انرژی های تجدیدپذیر با اولویت انرژی های آبی.

بند ۴: تلاش برای کسب فن آوری و دانش فنی انرژی های نو و ایجاد نیروگاه ها از قبیل بادی، خورشیدی، پیل های سوختی و زمین گرمایی در کشور.

۳- سیاست های کلی نظام در اصلاح الگوی مصرف

بند ۷: صرفه جویی در مصرف انرژی با اعمال مجموعه ای متعادل از اقدامات قیمتی و غیرقیمتی به منظور کاهش مستمر «شاخص شدت انرژی» کشور به حداقل دو سوم میزان کنونی تا پایان برنامه پنجم توسعه و به حداقل یک دوم میزان کنونی تا پایان برنامه ششم توسعه با تأکید بر سیاست های مرتبط زیر:

- اولویت دادن به افزایش بهره‌وری در تولید، انتقال و مصرف انرژی در ایجاد ظرفیت های جدید تولید انرژی؛
- انجام مطالعات جامع و یکپارچه سامانه انرژی کشور به منظور بهینه سازی عرضه و مصرف انرژی؛
- تدوین برنامه ملی بهره‌وری انرژی و اعمال سیاست های تشویقی نظیر حمایت مالی و فراهم کردن تسهیلات بانکی برای اجرای طرح های بهینه سازی مصرف و عرضه انرژی و شکل گیری نهادهای مردمی و خصوصی برای ارتقاء کارایی انرژی؛
- بازنگری و تصویب قوانین و مقررات مربوط به عرضه و مصرف انرژی، تدوین و اعمال استانداردهای اجباری ملی برای تولید و واردات کلیه وسایل و تجهیزات انرژی بر و تقویت نظام نظارت بر حسن اجرای آنها و الزام تولیدکنندگان به اصلاح فرآیندهای تولیدی انرژی بر؛

- افزایش بازدهی نیروگاه‌ها، متنوع‌سازی منابع تولید برق و افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر و نوین؛
- گسترش تولید برق از نیروگاه‌های تولید پراکنده، کوچک مقیاس و پر بازده برق و تولید همزمان برق و حرارت.

۴- سیاست‌های کلی نظام در خصوص آمایش سرزمین

بند ۴۳: پایدارسازی فرآیند توسعه با تکیه بر حفاظت از محیط زیست و بهره‌برداری بهینه از منابع

بند ۴۴: تحقق توسعه پایدار، مبتنی بر دانایی در عرصه‌های اجتماعی، اقتصادی، فرهنگی و زیست‌محیطی کشور، به نحوی که ضمن ارتقای کیفیت زندگی، حقوق نسل‌های کنونی و آینده نیز محفوظ بماند.

بند ح: حفظ، احیاء و بهره‌برداری بهینه از سرمایه‌ها، منابع طبیعی تجدیدشونده و حفظ محیط زیست در طرح های توسعه

سایر بندهای مرتبط

بند ۹: سازمان‌دهی و بسیج امکانات و ظرفیت‌های کشور در جهت افزایش سهم کشور در تولیدات علمی جهان:

- کسب فن‌آوری بویژه فن‌آوری‌های نو شامل: ریز فن‌آوری و فن‌آوری‌های زیستی، اطلاعات و ارتباطات، زیست

محیطی، هوا فضا و هسته‌ای

بخش دوم - قانون برنامه پنج ساله چهارم توسعه جمهوری اسلامی ایران (۱۳۸۸ - ۱۳۸۴)

ماده ۷

م) دولت موظف است منابع لازم جهت اجرای بخش انرژی های نو موضوع ماده ۶۲ قانون بخشی از مقررات مالی دولت مصوب ۱۳۸۰/۱۱/۲۷ را از محل بند الف ماده ۳ برنامه تأمین نماید.

ماده ۲۵

الف) دولت موظف است با حفظ مالکیت خود ده درصد (۱۰٪) از ظرفیت انجام فعالیت مربوط به اکتشاف، استخراج و تولید نفت و گاز، پالایش، پخش و حمل و نقل مواد نفتی و گازی با رعایت قانون نفت مصوب ۱۳۶۶/۰۷/۰۹ و همچنین حداقل ده درصد (۱۰٪) از انجام فعالیت مربوط به تولید و توزیع برق را با حفظ مسئولیت دولت در تأمین برق به نحوی که موجب انحصار در بخش غیردولتی نشود و استمرار ارائه خدمات فوق الذکر تضمین گردد، به اشخاص حقیقی و حقوقی داخلی واگذار نماید.

ب) دولت مکلف است با حفظ مسئولیت تأمین برق، به منظور ترغیب سایر مؤسسات داخلی به تولید هرچه بیشتر نیروی برق از نیروگاه های خارج از مدیریت و نظارت وزارت نیرو، شرایط و قیمت های تضمینی خرید برق را تا پایان سال اول برنامه چهارم، تعیین و اعلام کند.

آیین نامه اجرایی شرایط و تضمین برق موضوع بند "ب" ماده (۲۵) قانون برنامه چهارم توسعه

نوع سند: آیین نامه

تصویب کننده: هیأت وزیران

شماره: ۱۶۸۲۵ ت ۳۳۱۸۸

تاریخ: ۱۳۸۴/۰۴/۰۸

ماده ۹

چنانچه نرخ سوخت تحویلی به نیروگاه (اعم از دولتی و غیردولتی) برای تولید و عرضه برق از طریق شبکه و برای مصرف داخل کشور بیش از نرخ سوخت نیروگاهی باشد (از جمله در مواردی که سوخت مصرفی نیروگاه از انشعاب غیرنیروگاهی تأمین می شود)، مابه التفاوت آن بر اساس متوسط بازده نیروگاه های حرارتی از محل اعتبارات یارانه انرژی در بودجه های سالانه، موضوع ردیف یارانه حامل های انرژی مندرج در جدول شماره (۴) قانون برنامه چهارم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی

جمهوری اسلامی ایران - مصوب ۱۳۸۳ - تأمین و به تولیدکننده پرداخت خواهد شد. این مابه‌التفاوت از سال ۱۳۸۵ قابل پرداخت است.

تبصره ۱: گاز طبیعی سوخت اصلی نیروگاه‌های حرارتی محسوب می‌شود.

در مواقع کمبود گاز و یا بروز دلایل فنی در شبکه گاز، مابه‌التفاوت نرخ سوخت مایع مصرفی با نرخ نیروگاهی آن از محل اعتبارات این ماده به شرح یاد شده پرداخت می‌شود.

تبصره ۲: مسئولیت عقد قرارداد برای تأمین سوخت و پرداخت هزینه‌های مربوط، به جز در مورد قراردادهای بلند مدت تبدیل انرژی، برعهده عرضه‌کننده می‌باشد.

تبصره ۳: نیروگاه‌های حرارتی که بازده آن‌ها بیشتر (کمتر) از متوسط بازده نیروگاه‌های حرارتی باشد، مشمول پاداش (جریمه) برای صرفه‌جویی در مصرف سوخت (مصرف مازاد سوخت) خواهند شد.

میزان پاداش (جریمه) بر اساس مابه‌التفاوت نرخ موضوع بند "ب" ماده (۱۰) و نرخ نیروگاهی محاسبه و توسط مدیریت شبکه پرداخت (دریافت) می‌شود.

ماده ۱۰

به منظور ترغیب و تشویق بخش خصوصی به سرمایه‌گذاری در زمینه نیروگاه‌هایی که از انرژی تجدیدپذیر و یا بازیافت حرارت استفاده می‌کنند:

الف) بابت عدم انتشار آلاینده‌ها و حفاظت از محیط زیست مبلغ تعیین شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست به ازای هر کیلووات ساعت برق تولیدی توسط این قبیل نیروگاه‌ها از محل اعتبار شماره ۴۰۴۰۴۰۰۲ در بودجه‌های سنواتی با تأیید سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور و توسط سازمان حفاظت محیط زیست پرداخت خواهد شد.

ب) معادل ارزش سوخت صرفه‌جویی شده به وسیله این قبیل نیروگاه‌ها، بر اساس نرخ سوخت گاز طبیعی وارداتی و با احتساب متوسط بازده نیروگاه‌های حرارتی از محل اعتبارات مذکور در ماده (۹) این آیین‌نامه پرداخت خواهد شد.

ماده ۳۰

بند ۷ -

وزارتخانه‌های نفت، نیرو، ارتباطات و فناوری اطلاعات و شرکت‌های تابعه مکلفند با استفاده از آخرین فناوری‌ها، سیستم خدماتی آب، برق، گاز، مخابرات، و سوخت‌رسانی را به‌گونه‌ای ایمن سازند که در اثر بروز حوادث، خدمات‌رسانی مختل نگردد.

ماده ۶۶

آیین نامه اجرایی ماده ۶۶ قانون برنامه چهارم توسعه

نوع سند: آیین نامه اجرایی

تصویب کننده: هیأت وزیران

شماره: ۱۰۰/۹۹۷۴۳

تاریخ: ۱۳۸۶/۰۴/۰۳

ماده ۱- کلیه دستگاه های اجرایی و مؤسسات و نهادهای عمومی غیردولتی موظفند اعتبار مندرج در تبصره ۱ ماده ۱ این آیین نامه را صرف اجرای فعالیت های مدیریت سبز به شرح زیر نمایند:

- پ- مصرف بهینه حامل های انرژی از طریق ترمیم ساختمان ها و استفاده از وسایل و تجهیزات کم مصرف، انرژی های نو، اصلاح روش های حمل و نقل با هدف کاهش مصرف سوخت و استفاده از گاز طبیعی.
- خ- بازیافت ضایعات، تصفیه و بازچرخان آب در جهت ایجاد فضای سبز و سایر موارد.
- د- استفاده از تکنولوژی های پاک و سازگار با محیط زیست برای کنترل و بهینه سازی مصرف.
- ر- جایگزینی سوخت مناسب در مناطق روستایی و عشایری به جای هیزم.

ماده ۲- سازمان حفاظت محیط زیست موظف است به منظور انتقال سریع تجربه های موفق داخلی و خارجی، در اختیار گذاردن روش ها و فن آوری های مناسب، تدوین برنامه های اجرایی موارد مرتبط با مدیریت سبز، سامانه دولت سبز را به هنگام نماید.

۴-۲- اسناد ملی توسعه بخشی ماده ۱۵۵ قانون برنامه چهارم توسعه

نوع سند: سند ملی

تصویب کننده: سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور

سند ملی توسعه بخش "برق و انرژی های نو" - موضوع بند (الف) ماده ۱۵۵

۱- وظایف، ویژگی ها و ساختار کلی بخش

۱-۱- برق

۱-۲- انرژی های نو- این بخش شامل اقداماتی در خصوص استفاده از انرژی های تجدیدپذیر شامل: احداث نیروگاه های برق آبی کوچک، برق بادی، نیروگاه های زمین گرمایی و تجهیز ساختمان ها به سیستم های آبگرمکن خورشیدی است.

۲- وضعیت بخش در رابطه با مضامین دوازده گانه برنامه چهارم توسعه و چشم انداز

۲-۴- حفظ محیط زیست

• استفاده اقتصادی از انرژی های پاک

۳- امکانات، قابلیت ها، محدودیت ها و تنگناهای توسعه بخش

۳-۱- منابع طبیعی و محیطی

- وجود پتانسیل های قابل توجه برق آبی با هدف جایگزینی با نفت مصرفی
- امکان تأمین سوخت برای تولید برق در کشور
- وجود منابع عمده قابل توجه انرژی های نو، انرژی های تجدیدپذیر و زغال سنگ

۳-۵- فن آوری و توسعه علمی

- بالا بودن تلفات در تولید، تبدیل و مصرف انرژی به علت عدم به کارگیری فن آوری های پیشرفته
- وجود دانش فنی احداث شبکه ها، نیروگاه های حرارتی و تأسیسات برق آبی در کشور

۵- اهداف کلی و راهبردهای کلان توسعه بخش در تحقق چشم انداز بلندمدت توسعه

۵-۱- اهداف کلی توسعه بخش

- ایجاد بازار برق در سطح ملی و منطقه ای و تجدید ساختار در صنعت برق کشور

۵-۲- راهبردهای کلان توسعه بخش

- افزایش سهم اقتصادی انرژی های تجدیدپذیر در سبد انرژی مصرفی کشور

۶- سیاست های اجرایی و اهداف کمی بخش

۶-۱- سیاست های اجرایی

- توسعه و گسترش استفاده اقتصادی از سیستم های تولید انرژی های تجدیدپذیر
- ایجاد زمینه های تحقیقاتی در انرژی های تجدیدپذیر به منظور دستیابی به دانش فنی
- فراهم آوردن زمینه گسترش احداث نیروگاه با منابع انرژی تجدیدشونده توسط بخش غیردولتی
- شفاف سازی هزینه های انرژی بخش عمومی و دولتی از طریق اعمال نرخ های منطقه ای حامل های انرژی

۶-۲- اهداف کمی بخش

هدف اصلی در بخش برق، تأمین برق مطمئن برای مشترکین و عدم بروز خاموشی با ایجاد ظرفیت نیروگاهی مورد نیاز است. در این راستا، ابتدا حداکثر نیاز مصرف برق کشور برآورده شده و سپس بر اساس این نیاز به مصرف، ظرفیت نیروگاهی مورد نیاز (اسمی و عملی) حاصل شده است. با توجه به اختصاص تسهیلات حساب ارزی در سال های اخیر به صنایع و تقاضای روزافزون برق توسط آن ها، کل نیاز بخش صنعت با رشد سالانه $16/8$ درصد برآورد شده است که $6/8$ درصد آن الزاماً بایستی با به کارگیری تکنولوژی جدید و کم مصرف جبران شود و برای تأمین 10 درصد آن، برنامه ریزی لازم در این سند صورت گرفته است. اهداف کمی بخش برق طی سال های برنامه چهارم در جدول (۱-۲) ارائه شده است.

۸- اقدامات مهم و اساسی

۸-۱- بخش برق

- واقعی کردن تعرفه های برق مصرفی
- پرهیز از احداث نیروگاه ها تحت تأثیر عوامل غیراقتصادی (مانند نیروگاه های زغال سنگی با هزینه خیلی زیاد، نیروگاه خورشیدی و بعضی نیروگاه های آبی)

۸-۲- بخش انرژی های نو

- تمرکز سیاست گذاری انرژی های تجدیدپذیر در سازمان واحد
- توسعه استفاده از انرژی های تجدیدپذیر در سبد انرژی از طریق مشارکت بخش خصوصی در قالب خرید تضمینی برق



جدول (۱-۲) - اهداف کمی بخش برق طی سال های برنامه چهارم توسعه

متوسط نرخ رشد سالانه (درصد)	سال های برنامه چهارم					سال پایه (۱۳۸۳) برآورد	واحد هدف کمی	عناوین هدف های کمی	عناوین برنامه
	۱۳۸۳	۱۳۸۷	۱۳۸۶	۱۳۸۵	۱۳۸۴				
۹/۸	۵۲۵۶۰	۴۷۸۵۰	۴۳۶۰۸	۳۹۸۱۷	۳۶۳۴۴	۳۲۹۵۳	مگاوات	کل ظرفیت عملی نیروگاهها*	راهبری امور برق
۷/۱	۴۶۵۰۶	۴۲۲۹۶	۳۸۳۷۲	۳۶۳۷۷	۳۵۲۱۴	۳۲۹۵۳	مگاوات	دولتی	
-	۶۰۵۴	۵۵۵۴	۵۲۳۶	۳۴۴۰	۱۱۳۰	۰	مگاوات	غیر دولتی	
۷/۳	۴۰۴۴۳	۳۶۱۲۱	۳۵۰۸۶	۳۲۳۴۲	۲۹۷۵۵	۲۸۴۵۸	مگاوات	الف - حرارتی	
۳/۹	۳۴۳۸۹	۳۰۵۶۷	۲۹۸۵۰	۲۸۹۰۲	۲۸۶۲۵	۲۸۴۵۸	مگاوات	دولتی	
-	۶۰۵۴	۵۵۵۴	۵۲۳۶	۳۴۴۰	۱۱۳۰	۰	مگاوات	غیر دولتی	
۱۹/۵	۱۰۸۳۸	۱۰۵۱۸	۷۳۵۸	۶۳۵۸	۵۵۰۸	۴۴۵۲	مگاوات	ب - آبی	
۴۵/۴	۲۷۹	۲۱۱	۱۶۴	۱۱۷	۸۱	۴۳	مگاوات	ج - تجدید پذیر	
-	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۰	مگاوات	د - هسته ای	
۸/۵	۲۴۲/۲	۲۲۲/۳	۲۰۵/۸	۱۸۹/۷	۱۷۴/۹	۱۶۱/۲	میلیاردکیلو وات ساعت	تولید انرژی برق*	
۸/۹	۱۹۲/۲	۱۷۶/۵	۱۶۲/۱	۱۴۸/۸	۱۳۶/۶	۱۲۵/۵	میلیاردکیلو وات ساعت	مصروف برق	
۸/۸	۴۲۸۰۰	۴۰۳۰۰	۳۷۱۰۰	۳۴۲۰۰	۳۱۵۰۰	۲۸۷۸۹	مگاوات	حداکثر نیاز مصرف	
-۷/۸	۲/۰۹	۲/۳۰	۲/۵۰	۲/۷۱	۲/۹۲	۳/۱۴	دقیقه در شبانه روز به ازای هر مشترک	مدت خاموشی*	
-۲/۲	۱۳۷/۷	۱۴۰/۸	۱۴۳/۹	۱۴۷/۲	۱۵۰/۵	۱۵۳/۹	ریال به ازای کیلو وات ساعت	متوسط هزینه تمام شده برق	
-	۳۱۸	۴۷۷	۶۳۶	۱۲۷۲	۱۵۹	-	مگاوات	افزایش ظرفیت (اسمی) نیروگاهی از طریق مشارکت با بخش خصوصی	
۱۲/۱	۲۳	۲۱	۱۹	۱۷	۱۵	۱۳	تعداد	آزمایشگاه های تدوین استاندارد	
۱۸	۲۲	۳۰	۲۶	۲۲	۱۸	۱۴	مورد	استانداردهای تدوین شده تجهیزات و فرآیندهای انرژی بر	

* در صورتی می توان به شاخص های مورد نظر برنامه رسید که میزان سرمایه گذاری پیش بینی شده در جدول ۲ این سند محقق گردد و ضمناً "امکان برداشت از محل حساب ذخیره ارزی برای سال های ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶ همانند سال ۱۳۸۴ به میزان ۱۰۰۰۰ میلیارد ریال فراهم گردد.

سند توسعه بخشی "نفت و گاز" - موضوع بند (ه) ماده ۱۵۵

۵- اهداف کلی و راهبردهای کلان توسعه بخش در تحقق چشم انداز بلندمدت توسعه

۵-۱- اهداف کلی توسعه بخش نفت و گاز

- تبدیل ثروت های طبیعی (مانند نفت و گاز) به دارایی های مالی و سرمایه های ملی درازمدت

۵-۲- راهبردهای کلان توسعه بخش نفت و گاز

- کاهش سهم نفت خام در سبد مصرف انرژی کشور در راستای افزایش صادرات
- © هدفمند و عادلانه کردن یارانه های انرژی در جهت کاهش مصرف و صرفه جویی ملی
- حذف تدریجی یارانه فرآورده های نفتی و برقراری عوارض زیست محیطی (مالیات بر کربن) بر مصرف آن
- تأمین بهینه انرژی مناطق مختلف کشور با توجه به جایگزینی اقتصادی حامل های انرژی، پتانسیل های محلی، ظرفیت های موجود و سیستم های عرضه انرژی.

۶- سیاست های اجرایی و اهداف کمی بخش

- جایگزینی و بهینه سازی مصرف حامل های انرژی در مناطق و بخش های مختلف اقتصادی کشور با توجه به ملاحظات زیست محیطی، پتانسیل های محلی و ظرفیت های موجود سیستم های عرضه انرژی
- گسترش تحقیقات در جهت پیوند علم و فناوری با فرآیند تولید و عرضه انرژی
- تدوین الگوی بهینه جایگزینی اقتصادی بین حامل های انرژی

سند توسعه ویژه فرابخشی "مدیریت انرژی" - موضوع بند (ج) ماده ۱۵۵

۲- امکانات، قابلیت ها، محدودیت ها و تنگناهای توسعه بخش

۲-۱- امکانات و قابلیت ها

- استفاده از منابع فراوان انرژی در کشور به عنوان یک مزیت نسبی در توسعه کشور و به خصوص توسعه صنایع انرژی بر

- امکان افزایش کارایی تولید و عرضه انرژی از طریق پیاده کردن سازوکار بازار رقابتی در این بخش و افزایش مشارکت بخش خصوصی و توانایی افزایش کارایی مصرف انرژی در کشور از طریق اصلاح قیمت ها
- وجود پتانسیل های زیاد/انرژی های تجدیدپذیر در کشور و سازماندهی برای بهره برداری اقتصادی از آنها
- وجود پتانسیل زیاد برای جایگزینی گاز طبیعی (CNG) با سایر حامل های انرژی و به خصوص فرآورده های نفتی در بخش های حمل و نقل و صنعت

۲-۲- تنگناها

- انحصاری بودن تولید و عرضه انرژی در کشور به بخش دولتی و پیامدهای ناکارایی آن
- ناهماهنگی در سیاست گذاری و اجرای آن ها به دلیل تعدد دستگاهها و سازمان های مسئول در تامین انرژی کشور

۳- اهداف کلی و راهبردهای کلان توسعه بخش در تحقق چشم انداز بلندمدت توسعه

۳-۱- اهداف کلی

- تحویل ارزش افزوده بالاتر از حامل های انرژی در کشور
- تقویت، توانمندسازی و توسعه بازار انرژی در کشور
- هدفمندسازی یارانه های انرژی
- توسعه و بهره برداری از پتانسیل های موجود/انرژی های تجدیدپذیر در کشور
- کاهش ضایعات و تلفات در انتقال و توزیع انرژی
- دستیابی به فن آوری های نوین و کارای انرژی
- اصلاح نظام اقتصادی بخش انرژی کشور
- کاهش نقش دولت در تصدی گری امور چرخه انرژی و حمایت و تشویق بخش غیردولتی (شامل خصوصی و تعاونی) در جهت افزایش سهم آن در فعالیتهای مختلف بخش انرژی.
- حداقل کردن اثرات منفی زیست محیطی ناشی از دفع زائدات بخش انرژی

۳-۲- راهبردهای کلان توسعه بخش

- حمایت از بازار انرژی و افزایش سهم بخش غیردولتی (شامل خصوصی و تعاونی)
- افزایش امنیت عرضه انرژی و بهبود کیفیت حاملهای انرژی عرضه شده
- افزایش سهم انرژی های تجدیدپذیر و پاک در سبد انرژی کشور و کاهش آلودگی های زیست محیطی
- ایجاد تمرکز در سیاست گذاری و برنامه ریزی انرژی کشور
- اصلاح نظام قیمت گذاری حامل های انرژی
- توسعه هرچه بیشتر بهره برداری اقتصادی از منابع تجدیدشونده انرژی

۴- سیاست های اجرایی و اهداف کمی

۴-۱- سیاست های اجرایی

- تدوین و اجرای معیارهای مصرف انرژی و کاهش مستمر مصرف ویژه انرژی نهایی در سرمایش و گرمایش
- انجام مطالعات امکان سنجی و اجرای طرح های پایلوت در صنایع در زمینه تولید برق در محل و بازیافت حرارت (CHP)
- تسهیل انتقال منابع مالی بین زیربخش های انرژی به منظور حداکثر استفاده اقتصادی از منابع انرژی کشور و افزایش راندمان حرارتی نیروگاه ها، و تنوع بخشی به سوخت نیروگاه ها، جانمایی بهینه نیروگاه ها و غیره
- استفاده مؤثر از انرژی های نو در ساختمان ها

۵- اقدامات مهم و اساسی

- حمایت از انجام مطالعات و فعالیت های مهندسی در زمینه ارتقای کارایی انرژی
- تدوین و اعمال دستورالعمل های دفع و بازیافت زائدات بخش های تولیدکننده انرژی
- تدوین و بازنگری مستمر الگوی مصرف انرژی در بخش ساختمان با توجه به مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان و شرایط اقلیمی و اجتماعی مناطق مختلف کشور
- حمایت از نوآوری های بخش انرژی از طریق تدوین قوانین حمایتی
- حمایت از تحقیقات در بخش انرژی با هدف کاهش هزینه تمام شده و کاهش ارزبری با تأکید بر انرژی های نو و پاک

- ایجاد، تقویت و توسعه شرکت های خدمات انرژی (ESCO) شامل تمام فعالیت های مدیریت فنی-مهندسی، ممیزی و ... مانند مدیریت بار، صرفه جویی انرژی و جایگزینی بین حامل ها
- ایجاد انگیزه اقتصادی برای ارتقای فن آوری و ایجاد ظرفیت های لازم برای جایگزینی سوخت های پاک (مانند گاز طبیعی) و منابع تجدیدشونده انرژی
- تأمین برق روستاهای دور از شبکه با استفاده از منابع تجدیدپذیر انرژی
- معرفی و ترویج احداث نیروگاه های تجدیدشونده با اجرای پروژه های نمونه صنعتی توسط دولت به منظور اطمینان بخشی به بخش غیردولتی (شامل خصوصی و تعاونی)
- اطلاع رسانی، آگاه سازی و ایجاد فرهنگ عمومی جهت استفاده از منابع تجدیدپذیر انرژی

اقدامات اجرایی سند فرابخشی مدیریت انرژی در بخش ساختمان مربوط به انرژی های تجدیدپذیر طی سال های برنامه چهارم در جدول (۲-۲) ارائه شده است.

جدول (۲-۲) - اقدامات اجرایی سند فرابخشی مدیریت انرژی - ساختمان

فعالیت‌هایی که باید انجام گیرند	دستگاه‌های مسئول - همکار	برنامه تامین مالی	وظایف	زمان بندی اجرا
۱) اجرای مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان	وزارت مسکن و شهرسازی	-	نظارت عالی بر اجرای مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان و به هنگام سازی و ارائه گزارش سالیانه این مقررات به هیات دولت	طی برنامه چهارم
	وزارت نیرو	بهبته سازی	کمک به اجرای مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان در راستای صرفه جویی مصرف برق	طی برنامه چهارم
	وزارت نفت (سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت کشور)	بهبته سازی	کمک به اجرای مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان در راستای صرفه جویی سوخت	طی برنامه چهارم
	سازمان تهررداری‌های کشور	-	نظارت بر اجرای مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان در بخش غیردولتی و انتشار آذوقی عملکرد تهررداریها در تحقق این امر	طی برنامه چهارم
	سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور	-	نظارت بر اجرای مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان در بخش دولتی	طی برنامه چهارم
۲) تدوین و اجرای میابرها، مصرف انرژی و کاهش مستمر مصرف ویژه انرژی نهایی در سرمایش و گرمایش	وزارت مسکن و شهرسازی	-	۱- تدوین و ابلاغ الگوی مصرف انرژی با رعایت شرایط اقلیمی و انحصاسی مناطق مختلف کشور - ۲- تدوین گزارش آذوقی مصرف انرژی در بخش ساختمان و ارائه آن به هیات دولت	طی برنامه چهارم
	وزارت نفت (سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت کشور)	بهبته سازی	همکاری در تدوین الگوی مصرف انرژی و ملحوظ نمودن الگوی مصرف انرژی در تعیین میزان مصرف مشمول ترخه‌های مختلف	طی برنامه چهارم
	وزارت نیرو	بهبته سازی	همکاری در تدوین الگوی مصرف انرژی و ملحوظ نمودن الگوی مصرف انرژی در تعیین میزان مصرف مشمول ترخه‌های مختلف	طی برنامه چهارم
	سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور	-	همکاری در تدوین الگوی مصرف انرژی و ابلاغ برنامه‌های کشور برای کاهش سالیانه مصرف ویژه انرژی نهایی	طی برنامه چهارم
	وزارت مسکن و شهرسازی	-	همکاری در تدوین استاندارد تاسیسات و تجهیزات مصرف‌کننده انرژی و طراحی دستورالعمل ایمنی گاز و برق ساختمان در برابر زلزله	طی برنامه چهارم
۳) تدوین میابره‌های طراحی و اجرای تاسیسات و تولید تجهیزات و مصالح مورد استفاده در بخش ساختمان و مدیریت بحران در برابر زلزله	وزارت نفت (سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت کشور)	بهبته سازی	تدوین میابرها و استاندارد تاسیسات و تجهیزات مصرف‌کننده سوخت و حمایت‌های فنی و اعتباری از تولید تجهیزات و مصالح ساختمانی که به کاهش مصرف انرژی در بخش ساختمان کمک می‌کند	طی برنامه چهارم
	وزارت نیرو	بهبته سازی	تدوین استاندارد تاسیسات و تجهیزات مصرف‌کننده برق و حمایت‌های فنی و اعتباری از تولید تجهیزات و مصالح ساختمانی که به کاهش مصرف انرژی در بخش ساختمان کمک می‌کند	طی برنامه چهارم
	وزارت صنایع	-	مشارکت در تدوین میابرها و استاندارد تجهیزات و کمک‌های فنی و اعتباری به کارخانجات تولیدکننده تجهیزات و مصالح ساختمانی	طی برنامه چهارم
	مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران	-	ابلاغ و نظارت بر اجرای استانداردها	طی برنامه چهارم
	وزارت نفت (سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت کشور)	بهبته سازی	کمک به توسعه استفاده از فن‌آوری‌های نوین (لیگامکتهای خورتندیدی و کانتورهای هوا و DHC)	طی برنامه چهارم
۴) توسعه استفاده از فن‌آوری‌های نوین با کارایی اقتصادی (واجد توجیه اقتصادی)	وزارت نیرو	بهبته سازی	کمک به توسعه استفاده از فن‌آوری‌های نوین (ذخیره‌سازی سرما، سیستم‌های مدیریت انرژی در ساختمان (BMS) و سیستم‌های سرمایش و گرمایش منطقه‌ای با استفاده از بازافت حرارت)	طی برنامه چهارم
	وزارت مسکن و شهرسازی	-	هماهنگی در ایجاد تهرکها و احداث و بازسازی مناطق مسکونی با وزارت نیرو در خصوص سیستم‌های DHC	طی برنامه چهارم

۵-۲- قانون تنظیم بخشی از مقررات مالی دولت

نوع سند: قانون

تاریخ: ۱۳۸۰/۱۱/۲۷

ماده ۲۵

بنابر بند "الف" ماده (۱۰) آیین نامه اجرایی بند "ب" ماده (۲۵) قانون تنظیم بخشی از مقررات مالی دولت در برنامه چهارم توسعه، به منظور ترغیب و تشویق بخش خصوصی به سرمایه گذاری در زمینه نیروگاههایی که از انرژی تجدیدپذیر استفاده می نمایند، بابت عدم انتشار آلاینده ها و حفاظت از محیط زیست مبلغ تعیین شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست برای هر کیلووات ساعت برق تولیدی توسط این قبیل نیروگاهها از محل اعتبار طرح شماره ۴۰۴۰۴۰۰۲ در بودجه های سنواتی با تأیید سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور و توسط سازمان حفاظت محیط زیست پرداخت خواهد شد.

ماده ۶۲ (مصوب در برنامه سوم و تنفیذ شده در برنامه چهارم توسعه)

وزارت نیرو مکلف است انرژی برق تولیدی توسط نیروگاهها و تولیدکنندگان بخش های خصوصی و دولتی را با قیمت های تضمینی خریداری نماید. نرخ تضمینی به پیشنهاد سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور به تصویب شورای اقتصاد خواهد رسید. در مورد نرخ برق تولیدی بخش های غیردولتی از منابع انرژی های نو با توجه به جنبه های مثبت زیست محیطی و صرفه جویی های ناشی از عدم مصرف منابع انرژی فسیلی و به منظور تشویق سرمایه گذاری در این نوع تولید به ازای هر کیلووات ساعت برای ساعات اوج و عادی حداقل ششصد و پنجاه (۶۵۰) ریال و برای ساعات کم باری حداقل چهارصد و پنجاه (۴۵۰) ریال (حداکثر چهار ساعت در شبانه روز) در محل تولید مورد عمل قرار گیرد.

این قانون در سال ۱۳۸۸ اصلاح گردید و عدد ۶۵۰ ریال به ۱۳۰۰ ریال و عدد ۴۵۰ ریال به ۹۰۰ ریال تغییر یافت.

دستورالعمل اجرایی ماده ۶۲ قانون تنظیم بخشی از مقررات مالی دولت

۱- هدف:

۱-۱- جلب مشارکت و حمایت از سرمایه گذاری بخش غیردولتی در تولید برق از منابع انرژی های نو

۱-۲- ایجاد هماهنگی و رویه واحد و تشریح وظایف و اختیارات بخش های مختلف وزارت نیرو در اجرای ماده ۶۲ قانون تنظیم

بخشی از مقررات مالی دولت

۲- محدوده اجرا:

۱-۲- صنعت برق کشور

۲-۲- احداث نیروگاه و تولید برق از منابع تجدیدپذیر

۳- مسئولیت اجرا

سازمان انرژی های نو ایران (سانا)

بر اساس این دستورالعمل، گردش کار و مراحل در فرایند خرید برق تجدیدپذیر از تولیدکنندگان غیر دولتی موضوع ماده ۶۲ قانون بخشی از مقررات مالی دولت و دستورالعمل اجرایی آن به شرح زیر است:

- مرحله اول - تشکیل پرونده: این مرحله با ارسال رسمی متقاضی یا ارائه کاربرگها به سانا شروع و با صدور مطالعه توسط سانا به پایان می رسد.
- مرحله دوم - مطالعه امکان سنجی: در این مرحله متقاضی مطالعات خود را شروع می کند و پس از اتمام، گزارش آن را جهت بررسی به سانا تحویل می دهد.
- مرحله سوم - بررسی و تأیید مطالعه: در این مرحله سانا گزارش مطالعات را بررسی نموده و نواقص احتمالی را به متقاضی اطلاع میدهد. پس از تکمیل شدن مطالعات، سانا نامه تأیید را به معاونت امور انرژی وزارت نیرو ارسال می نماید.

- مرحله چهارم - صدور مجوز احداث: معاونت امور انرژی بر اساس تأیید سانا و در صورت صلاحدید بنام متقاضی مجوز احداث نیروگاه صادر می نماید.
- مرحله پنجم - مذاکره و تنظیم قرارداد: بر اساس مجوز احداث صادره، سانا مذاکره برای تنظیم قرارداد خرید برق را شروع و تا تهیه متن نهایی آن را ادامه می دهد.
- مرحله ششم - مبادله قرارداد: قرارداد تهیه شده توسط طرفین امضا و رسماً مبادله می گردد.
- مرحله هفتم - دوره احداث نیروگاه: متقاضی پس از انجام کارهای مقدماتی به لحاظ مالی، بانکی و اداری و غیره عملیات اجرایی احداث نیروگاه را شروع و تا مرحله تکمیل آن و اتصال ظرفیت کامل نیروگاه به شبکه ادامه می دهد. سانا در این مرحله نسبت به تأمین بودجه برای خرید برق و نیز مبادله قرارداد با مدیریت شبکه اقدام می نماید.
- مرحله هشتم - دوره بهره برداری: تولیدکننده تا پایان مدت قرارداد، بهره برداری و تحویل برق به شبکه را ادامه می دهد و سانا قیمت برق تحویلی را پرداخت می نماید.

فصل اول - تعاریف

- ۱- انرژی های نو: منظور از انرژی های نو، منابع تجدیدپذیر انرژی هستند که از جمله شامل انرژی های بادی، خورشیدی، زمین گرمایی، آبی کوچک، زیست توده (بیوماس)، و دریایی می شود. نیروگاه آبی کوچک به نیروگاهی اطلاق می شود که مجموع ظرفیت تولید برق ساختگاه آن، ۱۰ مگاوات یا کمتر از آن باشد.
- ۲- برق تجدیدپذیر: منظور انرژی الکتریکی تولیدی از منابع انرژی های نو می باشد.

فصل دوم - ضوابط اجرایی

ماده ۱

سانا ظرف مدت ۳ ماه از تاریخ تصویب این دستورالعمل، نسبت به تهیه مجموعه ای از اطلاعات شامل راهنمای مراحل انجام کار، کاربرگ هایی که باید تکمیل شوند، متن قرارداد خرید برق، نحوه تهیه گزارش امکان سنجی، فهرست استانداردهای لازم و اطلاعات موجود از پتانسیل منابع انرژی های نو مورد نظر در کشور اقدام می نماید و پس از اخذ تصویب معاونت امور انرژی در خصوص مندرجات مجموعه، آن را به نحو مقتضی و یکسان در دسترس همگان قرار می دهد.

۲-۶- برنامه راهبردی وزارت نیرو در افق ۱۴۰۴

نوع سند: برنامه راهبردی

تصویب کننده: معاونت برنامه ریزی و امور اقتصادی، دفتر برنامه ریزی تلفیقی و راهبردی، گروه برنامه ریزی راهبردی

تاریخ: ۱۳۹۰/۱۰/۲۱

مأموریت، چشم انداز و راهبردهای وزارت نیرو

مأموریت وزارت نیرو

وزارت نیرو عهده دار مدیریت عرضه و تقاضای آب، برق، انرژی، خدمات آب و فاضلاب و همچنین ارتقاء سطح آموزش، پژوهش و فن آوری و بسترسازی توسعه بازار کالا و خدمات صنعت آب و برق می باشد و نقش محوری خود را به نحو مؤثر در صیانت از منابع ملی، حفظ محیط زیست، ارتقاء بهداشت عمومی، رفاه اجتماعی و خوداتکایی برای توسعه پایدار کشور ایفا می کند.

راهبردهای وزارت نیرو

۱- تقویت توان و ارتقاء سطح سیاست گذاری و برنامه ریزی با تأکید بر:

۱-۱- گسترش تعاملات و ارتقاء مشارکت ذینفعان در امر سیاست گذاری و برنامه ریزی

۷- ارتقاء سطح کارآمدی صنعت برق کشور با تأکید بر:

۷-۴- ارتقاء توانمندی در تولید برق از انرژی های نو و تجدیدپذیر

۱۰- ارتقاء سطح دانش، پژوهش و فن آوری در صنعت آب و برق با تأکید بر:

۱۰-۷- شناسایی فن آوری های نوین و انتقال و بومی سازی فن آوری های دارای مزیت نسبی

۱۰-۹- توسعه شبکه خبرگان، نخبگان و متخصصین

مأموریت، چشم انداز و راهبردهای بخش برق و انرژی

مأموریت بخش برق و انرژی

وزارت نیرو در بخش های برق و انرژی عهده دار سیاست گذاری و برنامه ریزی کلان انرژی و ایجاد تعادل بین عرضه و تقاضای برق و حفظ کیفیت آن در راستای توسعه پایدار و امنیت عرضه انرژی کشور می باشد.

وزارت نیرو در این بخش با ارتقاء بهره وری و بهره گیری از فن آوری های نوین، سازگار با محیط زیست و متناسب با زیرساخت های حال و آینده و توسعه مشارکت و بهره وری منابع انسانی متخصص و خلاق به عنوان ارزشمندترین دارایی، نقشی مؤثر در رفاه اجتماعی و تبادل برق با کشورهای منطقه ایفا نموده و در راستای کاهش شدت انرژی، افزایش خوداتکایی و توسعه کاربرد/انرژی های تجدیدپذیر اقدام می کند.

چشم انداز بخش برق و انرژی

وزارت نیرو در بخش برق با استفاده از منابع متنوع و در دسترس انرژی، مدیریت تقاضا، تکیه بر ساختاری منسجم و متخصصین توانمند و خلاق به گونه ای عمل می کند تا کشور در عرضه برق مطمئن و پایا و با کیفیت مناسب (در حد استانداردهای جهانی) سرآمد کشورهای منطقه گردد و با ایجاد بسترهای لازم، دسترسی آزاد به شبکه و رقابت منصفانه در بازار برق را میسر نموده و جمهوری اسلامی ایران به عنوان مرکز راهبردی شبکه برق در منطقه تثبیت گردد.

راهبردهای بخش برق و انرژی

۵- ارتقاء سطح تحقیق و توسعه و فن آوری بخش برق و انرژی:

۵-۳- شناسایی، انتقال و بومی سازی فن آوری های نوین و سازگار با محیط زیست

۷- افزایش بهره وری تولید برق و ارتقاء بازده نیروگاه ها:

۷-۶- تنوع بخشی در سوخت نیروگاه ها و توسعه ظرفیت های قانونی برای اولویت بخشی به تأمین سوخت نیروگاه ها

۹- ارتقاء توانمندی در تولید برق از انرژی های نو و تجدیدپذیر:

۹-۱- تمرکز بر تحقیق و پژوهش و بومی سازی فن آوری در فعالیتهای مربوط به تولید برق از انرژی خورشیدی و بادی در کشور

۹-۲- تخصیص درصد معین و فزاینده ای از اعتبارات تحقیقاتی به بومی سازی فن آوری های مرتبط با/انرژی های نو و

تجدیدپذیر

۹-۳- تعریف و اجرای پروژه های نمونه در زمینه انرژی های نو و تجدیدپذیر و تجاری سازی آنها

۹-۴- بسترسازی، حمایت و جلب مشارکت بخش غیردولتی برای توسعه انرژی های نو و تجدیدپذیر

۹-۵- جلب مشارکت مردم برای حمایت از تولید برق از انرژی های نو و تجدیدپذیر

۹-۶- تنظیم قوانین مناسب در بازار برق به منظور توسعه استفاده از انرژی های نو و تجدیدپذیر

۱۰- توسعه مبادلات منطقه ای برق:

۱۰-۴- اعطای مجوز صادراتی به تولیدکنندگان برق از منابع انرژی نو و تجدیدپذیر

۱۵- تقویت قدرت بازدارندگی و کاهش آسیب پذیری بخش با رویکرد استمرار ارائه خدمات:

۱۵-۴- تنوع بخشی به منابع اولیه انرژی و فن آوری های تولید برق

مأموریت، چشم انداز و راهبردهای بخش آموزش، پژوهش و فن آوری

راهبردهای بخش آموزش، پژوهش و فن آوری

۱۰- ایفای نقش مؤثر در نقشه راه فن آوری های جدید و انتقال و بومی سازی آنها

مأموریت، چشم انداز و راهبردهای بخش پشتیبانی صنعت آب و برق

راهبردهای بخش پشتیبانی صنعت آب و برق

۶- استفاده از ظرفیت های قانونی به منظور مشارکت با بخش خصوصی در فن آوری های نوین و سرمایه گذاری های پر خطر

مورد نیاز صنعت آب و برق

۱۰- حمایت از انتقال و بومی سازی فن آوری های نو مورد نیاز و بکارگیری فن آوری های دارای مزیت نسبی بالا

۷-۲- سند نقشه راه تحقیقات صنعت برق

نوع سند: نقشه راه

تصویب کننده: پژوهشگاه نیرو

در بندهای ۳، ۲۳ و ۲۴ سند مربوطه، به انرژی های تجدیدپذیر به صورت مستقیم اشاره شده است و نتیجه مطالعات در نهایت در قالب یک نقشه راه با عنوان «نقشه راه تحقیقات صنعت برق» ارائه شده است.

۸-۲- نقشه جامع علمی کشور

نوع سند: نقشه جامع

تصویب کننده: شورای عالی انقلاب فرهنگی

شماره: ۹۰/۱۷۷۹/دش

تاریخ: ۹۰/۰۲/۲۴

فصل سوم: اولویت های علم و فن آوری کشور

۳-۱- اهداف اولویت بندی و رویکرد پشتیبانی از اولویت ها

استخراج اولویت های علم و فن آوری کشور در سند حاضر حاصل ترکیب رویکردهای مزیت محور، نیازمحور، مرز شکن و آینده نگر است. بر این اساس به منظور تحقق اولویت ها، نوع پشتیبانی از آن ها بسته به وضع موجود علم و فن آوری های مرتبط و نوع توسعه کمی و تحول و ارتقای کیفی مورد نظر در طیف وسیعی از پشتیبانی های فکری، مالی، قانونی، منابع انسانی و مدیریتی متغیر خواهد بود. برخی رویکردهای پشتیبانی از اولویت های علم و فن آوری عبارتند از:

- هدایت سرمایه گذاری ها از طریق برنامه های پنج ساله و بودجه های سالیانه و ردیف ها و تسهیلات مالی متمرکز،
- هدایت نظام آموزش برای تأمین و جذب نیروهای نخبه و متخصص مورد نیاز در حوزه های اولویت دار،
- اصلاح و ایجاد ساختارها و فرآیندها، تنظیم و تدوین و تصویب سیاست ها و ضوابط تشویقی خاص برای رشد سریع (میانبر) در حوزه های اولویت دار،

۳-۲- اولویت های علم و فن آوری کشور

از آن جا که حصول اطمینان از رشد و شکوفایی در برخی از اولویت ها نیازمند توجه و هدایت و پشتیبانی در سطوح کلان مدیریتی کشور است و در برخی دیگر رشد و توسعه با پشتیبانی مدیریت های میانی و تخصیص غیرمتمرکز منابع حاصل خواهد

شد، اولویت‌ها به ترتیب در سه سطح الف و ب و ج تنظیم شده‌اند. این دسته‌بندی ناظر بر نحوه و میزان تخصیص منابع، اعم از مالی و انسانی و توجه مدیران و مسئولان است.

اولویت‌های الف

در [حوزه] فن‌آوری: فن‌آوری هوافضا- فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات- فن‌آوری هسته‌ای- فن‌آوری نانو و میکرو- فن‌آوری‌های نفت و گاز- فن‌آوری زیستی- فن‌آوری‌های زیست‌محیطی (از جمله مدیریت و فن‌آوری آب، خاک و هوا- کاهش آلودگی آب، خاک و هوا- مدیریت پسماند- بیابان‌زدایی- مبارزه با خشکسالی و شوری)- فن‌آوری‌های نرم و فرهنگی.

در [حوزه] علوم پایه و کاربردی: ماده چگال- سلول‌های بنیادی و پزشکی مولکولی- گیاهان دارویی- بازیافت و تبدیل انرژی- انرژی‌های نو و تجدیدپذیر- رمزنگاری و کدگذاری- علوم شناختی و رفتاری.

اولویت‌های ج

در [حوزه] علوم پایه و کاربردی: مخاطرات زیست‌محیطی- علوم مرتبط با نقشه‌های زمین‌شناسی

فصل چهارم: راهبردها و اقدامات ملی برای توسعه علم و فن‌آوری در کشور

۴-۱- راهبردهای کلان توسعه علم و فن‌آوری در کشور

راهبرد کلان ۹: تعامل فعال و اثرگذار در حوزه علم و فن‌آوری با کشورهای دیگر به ویژه کشورهای منطقه و جهان اسلام

اقدامات ملی

۶- ایجاد و توسعه نمایندگی‌های علمی و فن‌آوری در سفارت‌خانه‌های جمهوری اسلامی ایران در حوزه‌های اولویت‌دار به منظور انتقال دستاوردها و تجارب جهانی در فن‌آوری‌های پیشرفته و صادرات دستاوردهای جمهوری اسلامی ایران در عرصه فن‌آوری به سایر کشورها؛

۸- ایجاد شبکه های پژوهشی در داخل و خارج از کشور برای انتشار و تبادل دانش و فن آوری متناسب با اولویت های ملی و بهره گیری از فرصت های جهانی؛

۱۲- سامان دهی تعامل و ارتباطات بین المللی در حوزه علم و فن آوری بین سازمان ها، مجامع، دانشمندان و متخصصان و افزایش برگزاری نشست های علمی مشترک؛

۱۳- حمایت از طرح های پژوهشی و فن آوری بین المللی با سرمایه گذاری مشترک و تسهیل همکاری های با مؤسسات فن آوری خارجی و گسترش تعاملات فن آورانه با کشورهای دارای فن آوری پیشرفته با روش هایی نظیر مشارکت در کنسرسیوم ها با رعایت سیاست های نظام؛

راهبرد کلان ۱۲: جهت دهی به چرخه علم و فن آوری و نوآوری برای ایفای نقش مؤثرتر در حوزه فنی و مهندسی

راهبردهای ملی

۱- توجه ویژه به توسعه نیازمحور علوم و فن آوری های مهندسی برای تولید و جذب فن آوری با توان رقابتی و ثروت آفرینی همراه با حفظ محیط زیست و الگوی صحیح مصرف و رعایت اخلاق حرفه ای؛

۲- تقویت ساختارهای حمایت از توسعه تقاضامحور فعالیت های فنی و مهندسی

اقدامات ملی

۱- تقویت شرکت های فنی و مهندسی به منظور کسب توان طراحی مفهومی و پایه

۲- حمایت از شرکت های طراحی و مهندسی برای مشارکت در طرح های بین المللی

۳- ایجاد سازوکارهای لازم به منظور تحصیل و تشویق صادرات و خدمات فنی و مهندسی

۴- واگذاری طرح های کلان ملی پژوهش و فن آوری به متخصصان داخلی به منظور ارتقای خودباوری و توانمندی ملی و در جهت تأمین نیازهای آتی کشور و جهان

۵- تدوین معیارهای اخلاق حرفه ای مهندسی و ترویج نظارت بر رعایت آن ها

۶- تشویق دانش آموختگان فنی و مهندسی به سمت ایجاد شرکت های دانش بنیان خصوصی و تعاونی در پارک ها و مراکز رشد علم و فن آوری از طریق ارائه تسهیلات خاص به آنها

۷- توسعه و سامان دهی نظام های مهندسی به منظور افزایش کارآمدی و پاسخگویی آنها

۸- حمایت از شرکت های طراحی و مهندسی به منظور کاربردی کردن دانش فنی تولید شده در پژوهشگاه ها و دانشگاه ها

۹-۲- قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی (پیرو اجرای اصل ۱۲۳ قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران)

نوع سند: قانون

تصویب کننده: مجلس شورای اسلامی

شماره: ۳۸۶/۸۵۰۱۱

تاریخ: ۱۳۸۹/۱۲/۰۴

فصل اول: کلیات و تعاریف

ماده ۱

کاربرد انواع انرژی‌هایی که در کشور تولید، وارد و مصرف می‌شود، به گونه‌ای که بدون کاستن از سطح تولید ملی و رفاه اجتماعی، از اتلاف انرژی از نقطه تولید تا پایان مصرف جلوگیری نماید و افزایش بازدهی و بهره‌وری، استفاده اقتصادی از انرژی، بهره‌برداری بهتر، کمک به توسعه پایدار و حفاظت از محیط‌زیست را باعث شود، براساس این قانون مدیریت و بهینه‌سازی می‌گردد.

ماده ۲

در این قانون اصطلاحات به کار رفته در معانی مشروح زیر به کار برده می‌شود:

ث) تولید همزمان برق و حرارت: فناوری ویژه ای که در آن تلفات حرارتی ناشی از تبدیل سوخت به انرژی مکانیکی یا الکتریکی، بازیافت شده و به مصرف حرارتی مراکز صنعتی، تجاری، مسکونی، کشاورزی و عمومی می‌رسد و در اثر آن بازدهی کل سامانه به مقدار قابل ملاحظه ای افزایش می‌یابد.

ج) تولید همزمان پراکنده برق و حرارت: روشی که در آن با توجه به توسعه مولدهای مقیاس کوچک، همزمان برق و حرارت در محل مصرف تولید می‌شود و بدون نیاز به انتقال، حرارت تولید شده به مصرف می‌رسد.

چ) حامل‌های انرژی: مواد و عناصر طبیعی اعم از فسیلی و غیرفسیلی یا فرآورده‌های آنها مانند نفت خام، فرآورده‌های نفتی، گاز طبیعی، زغال سنگ و منابع تجدیدشونده/انرژی که قابلیت انرژی‌زایی دارند و می‌توان با انجام عملیات خاصی، از انرژی نهفته در آنها به صورت‌های مختلف استفاده نمود.

ف) گرمایش و سرمایش ناحیه ای: توزیع انرژی حرارتی و برودتی از یک منبع مرکزی تبدیل انرژی به طوری که نیازهای گرمایشی و سرمایشی در یک ناحیه تأمین شود.

فصل دوم: سیاست‌ها و خط‌مشی‌های اساسی

ماده ۴

راهکارهای اجرایی مناسب به منظور حمایت و تشویق برای ارتقاء نظام تحقیق و توسعه درباره فن آوری های جدید از طریق تأمین اعتبارات تحقیقاتی موردنیاز تا مرحله ساخت نمونه و تجاری سازی، توسط وزارتخانه های نفت و نیرو در قالب بودجه سنواتی تدوین و به تصویب هیأت وزیران می رسد.

فصل سوم: ساختار و تشکیلات

ماده ۵

سیاست گذاری در بخش انرژی کشور از جمله انرژی های نو و بهینه سازی تولید و مصرف انواع حامل های انرژی فقط برعهده شورای عالی انرژی است.

تبصره: ساختار شورای عالی انرژی باید به گونه ای اصلاح شود که امکان حضور منظم طرف های عرضه و تقاضای انرژی در جلسات شورا و سیاست گذاری مشترک آن ها در بخش انرژی فراهم شود.

ماده ۶

وزارتخانه های نیرو، نفت، کشاورزی و صنایع و معادن موظفند کلیه فن آوری های موردنیاز حوزه تخصصی برای عرضه و مصرف انرژی در بیست سال آینده را در حیطه تخصصی خود شناسایی و تمهید کنند و امکان طراحی و بهبود آن ها برای به کارگیری توسط سازندگان و تولیدکنندگان داخلی را فراهم نمایند.

ماده ۸

وزارت نیرو می تواند در چهارچوب قانون برنامه پنج ساله و قانون مدیریت خدمات کشوری جهت ارتقاء بهره وری و استفاده هر چه بیشتر از منابع تجدیدپذیر، نسبت به تأسیس یک سازمان با شخصیت حقوقی مستقل اقدام نماید. اساسنامه و وظایف این سازمان توسط وزارت نیرو تهیه می شود و حداکثر شش ماه پس از تصویب این قانون با تأیید هیأت وزیران جهت تصویب به مجلس شورای اسلامی ارائه می گردد. وزارت نیرو می تواند ردیف های بودجه مربوط به امور مذکور را از سازمان های زیر مجموعه خود به سازمان جدید انتقال دهد.

ماده ۹

وزارت نفت مکلف است؛ به منظور مدیریت تقاضا و اجرای سیاست های مرتبط با بهینه سازی مصرف سوخت در بخش های مختلف مصرف، کمک به توسعه کاربرد انواع فن آوری های نوین تبدیل انرژی در بخش های مختلف مصرف، کاهش هزینه های درازمدت ناشی از تقاضای انرژی، تدوین معیارها، ضوابط و دستورالعمل های مرتبط با بهینه سازی مصرف انرژی، جایگزینی اقتصادی حامل های انرژی همراه با توسعه به کارگیری ظرفیت های محلی انرژی و/انرژی های تجدیدپذیر پیشنهاد اصلاح اساسنامه و وظایف شرکت بهینه سازی مصرف سوخت را تهیه و برای تصویب به هیأت وزیران ارائه دهد.

فصل نهم: تولیدکنندگان و توزیع کنندگان انرژی

ماده ۴۴

وزارت نیرو از طریق شرکتهای تابعه موظف است خرید برق از تولیدکنندگان آن را در محل تحویل و به اندازه ظرفیتهای تولید برق تضمین کند و به این منظور از طریق عقد قراردادهای پنج ساله یا بیشتر، مطابق شرایط زیر اقدام نماید:

الف) اتصال مولدهای موضوع این ماده به شبکه بدون دریافت هزینه های عمومی برقراری انشعاب، صورت می گیرد.

ب) در مواقع خروج اضطراری و یا خروج برای تعمیرات، با تشخیص وزارت نیرو از انشعاب برقرار شده برای تأمین برق مشترک تا سطح ظرفیت مولد بدون پرداخت هزینه اشتراک، استفاده می گردد.

پ) مشترکینی که اقدام به احداث مولد در محل مصرف می نمایند، از اولویت قطع برق در زمانهای کمبود در شبکه سراسری خارج می شوند.

ماده ۴۵

وزارتخانه های نفت و نیرو موظفند واحدهای صنعتی، ساختمانی، کشاورزی و عمومی را که به تولید همزمان برق و حرارت و برودت در محل مصرف اقدام می کنند، از امکانات و تسهیلاتی که به صورت عمومی اعلام می شود بهره مند سازند.

ماده ۴۸

وزارت نیرو موظف است نسبت به حمایت از تشکیل شرکتهای غیردولتی توزیع و فروش حرارت و گسترش آن در کل کشور به منظور خرید حرارت بازیافتی از نیروگاههای تولید برق و فروش آن به واحدهای صنعتی و ساختمانی اقدام نماید.

ماده ۵۲

به منظور ارتقاء بهره وری، افزایش امنیت تأمین انرژی و مشارکت گسترده بخش غیردولتی در عرضه انرژی، (الف) وزارت نفت مکلف است با همکاری وزارت نیرو نسبت به حمایت مؤثر از تحقیقات، سرمایه گذاری، ترویج و توسعه واحدهای تولید همزمان برق و حرارت و برودت از طریق بخش غیردولتی اقدام نماید.

(ب) وزارت صنایع و معادن موظف است با حمایت از مراکز تحقیقاتی و صنایع مربوطه، برای توسعه دانش فنی بومی و خوداتکائی کشور در تأمین تجهیزات تولید همزمان برق، حرارت و برودت اقدام نماید. کلیه ضوابط و آئین نامه های اجرائی این ماده سه ماه پس از تصویب این قانون با پیشنهاد وزارتخانه های نفت، نیرو و صنایع و معادن به تصویب هیأت وزیران می رسد.

فصل دهم: انرژی های تجدیدپذیر و هسته ای

ماده ۶۱

وزارت نیرو موظف است به منظور حمایت از گسترش استفاده از منابع تجدیدپذیر/انرژی، شامل انرژی های بادی، خورشیدی، زمین گرمایی، آبی کوچک (تا ده مگاوات)، دریایی و زیست توده (مشمول بر ضایعات و زائدات کشاورزی، جنگلی، زباله ها و فاضلاب شهری، صنعتی، دامی، بیوگاز و بیومس) و با هدف تسهیل و تجمیع این امور، از طریق سازمان ذیربط نسبت به عقد قرارداد بلند مدت خرید تضمینی از تولیدکنندگان غیردولتی برق از منابع تجدیدپذیر اقدام نماید.

تبصره ۱: قیمت و شرایط خرید برق تولیدی از منابع تجدیدپذیر به پیشنهاد وزارت نیرو و تصویب هیأت وزیران تعیین می شود.

تبصره ۲: شرکت های تابعه وزارت نیرو اعم از شرکت های برق منطقه ای و نیز شرکت های توزیع موظفند با هماهنگی شرکت مدیریت شبکه برق ایران نسبت به تحویل و خرید برق از سازمان مربوطه اقدام نمایند.

تبصره ۳: منابع مالی مورد نیاز برای خرید تضمینی برق تولیدی از منابع تجدیدپذیر از محل ارزش سوخت صرفه جویی شده براساس سوخت های وارداتی مایع و قیمت های صادراتی گاز و منافع حاصل از عدم تولید آلاینده ها و حفاظت از محیط زیست به ازاء برق تولیدی این قبیل نیروگاه ها تأمین و به وزارت نیرو پرداخت می شود.

آیین نامه اجرائی این ماده شش ماه پس از تصویب این قانون به پیشنهاد مشترک وزارتخانه های نیرو و نفت به تصویب هیأت وزیران می رسد.

ماده ۶۲

وزارتخانه های نیرو و نفت موظفند به منظور ترویج کاربرد اقتصادی منابع تجدیدشونده / انرژی در سامانه های مجزای از شبکه از قبیل آبگرمکن خورشیدی، حمام خورشیدی، تلمبه بادی، توربین بادی، سامانه های فتوولتائیک، استحصال گاز از منابع زیست توده و صرفه جویی در هزینه های تأمین و توزیع سوخت های فسیلی، حمایت لازم را به صورت عمومی اعلام و از محل بودجه های مصوب سالانه خود یا منابع مذکور در ماده (۷۳) این قانون تأمین و پرداخت نمایند [ماده ۷۳- به منظور حمایت از اجرای راهکارهای بهینه سازی مصرف و ارتقاء کارایی انرژی در چهارچوب اهداف و مواد این قانون به وزارتخانه های نفت و نیرو اجازه داده می شود از محل صرفه جویی های ناشی از اجرای این قانون، بودجه های سنواتی و منابع داخلی شرکت های دولتی تابعه، تسهیلات مالی لازم را تأمین نمایند. مقدار تسهیلات مالی این ماده توسط شورای عالی انرژی تعیین می شود].

۱۰-۲- سند راهبرد انرژی کشور

نوع سند: سند راهبردی

تصویب کننده: معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری

تاریخ: مراحل نهایی تدوین را طی می کند.

معرفی سند

به علت نقش بخش انرژی در اقتصاد ایران و سهم عمده درآمدهای نفتی از بودجه های سالیانه، از دیرباز نیاز به برنامه ای بلندمدت و نقشه راه، برای استفاده از همه ظرفیت های موجود در بخش انرژی به طور جدی احساس می شد تا اینکه در ۲۵ آبان سال ۱۳۸۹ نمایندگان مجلس شورای اسلامی در ادامه بررسی لایحه برنامه پنجم توسعه، ماده ۱۱۸ از بخش نفت و گاز برنامه پنجم را تصویب کردند. براساس بند الحاقی به این ماده (که از سوی دکتر حمیدرضا کاتوزیان - رئیس کمیسیون انرژی مجلس - مطرح شد) با هدف رفع مشکلات حوزه انرژی و افزایش قدرت نظارتی مجلس در بسیاری از حوزه های انرژی، دولت مکلف شد بر مبنای سند چشم انداز ۲۰ ساله کشور و سیاست های کلی نظام در بخش انرژی ابلاغی از سوی مقام معظم

رهبری، سند ملی راهبرد انرژی کشور را به عنوان سند بالادستی بخش انرژی برای یک دوره زمانی ۲۵ ساله ارائه دهد. لذا قرار شد سند ملی راهبرد انرژی در سال نخست برنامه پنجم یعنی تا پایان سال ۱۳۹۰ در دو بخش طرح جامع انرژی و فعالیت های راهبردی توسط دولت تدوین شود که براساس آن، راهکارهای کلی در حوزه انرژی مشخص خواهد شد. این سند، چشم انداز کشور در بخش اصلی درآمدهای کشور خواهد بود، مدیریت بخش انرژی در ایران براساس آن صورت می گیرد، و همچنین باتوجه به اجرای قانون هدفمندی یارانه ها (از تاریخ ۲۷ آذرماه سال ۱۳۸۹) سند حاضر نشان می دهد با اجرای این قانون، وضعیت مصرف حامل های انرژی بعد از ۵ سال و در سال ۱۳۹۴ چگونه خواهد شد. بر اساس تبصره این ماده، وزارتخانه های نفت و نیرو موظفند با همکاری سایر دستگاه های ذیربط و هماهنگی معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری «برنامه اجرایی سند ملی راهبرد انرژی کشور» را در مدت یک سال پس از تهیه سند به تصویب هیئت وزیران برسانند.

در این راستا، سند جامع راهبردی انرژی کشور پس از دو هزار ساعت کار کارشناسی در وزارت نفت تدوین و برای تصویب به معاونت راهبردی رئیس جمهوری ارسال شد و پس از تصویب در مجلس شورای اسلامی (مبتنی بر اطلاعات موجود، تا پایان سال اول برنامه پنجم توسعه) مبنای اجرایی طرح جامع انرژی کشور قرار خواهد گرفت. این سند بر اساس ماده ۱۲۵ قانون برنامه پنجم توسعه تدوین و به عنوان سند بالادستی انرژی کشور برای یک دوره ۲۵ ساله طراحی شده است. سند راهبردی انرژی مبتنی بر مزیت ها و زیرساخت های دائمی کشور تدوین شده است و برای تهیه این سند از اسناد بالادستی از جمله قانون اساسی جمهوری اسلامی، سند چشم انداز توسعه، سیاست های اصل ۴۴، قانون برنامه پنجم توسعه، قانون اصلاح الگوی مصرف، سند توسعه ویژه ناظر بخشی انرژی، سند ملی امنیت انرژی، پیش نویس سند راهبردی دیپلماسی انرژی کشور و نظرهای همه خبرگان استفاده شده است. تأمین پایدار انرژی مورد نیاز کشور برای حفظ منافع ملی، رفاه اجتماعی و رشد اقتصادی، بهبود سیاست گذاری و مدیریت انرژی، ارتقای جایگاه بین المللی انرژی و امنیت ملی، افزایش کیفی کارایی اقتصادی و کاهش شدت مصرف انرژی همچنین توسعه انرژی کشور با رویکرد ملاحظات زیست محیطی، از اهداف کلان تدوین سند راهبردی انرژی کشور است که بر مبنای این اهداف راهبردهای این سند نیز طراحی و تنظیم شده است. سند راهبرد ملی انرژی به عنوان نقشه راه تدوین و اجرای طرح جامع انرژی در کشور است، و تدوین این طرح یکی از اقدامات مهم وزارت نفت با هدف ترسیم آینده انرژی در یک دوره ۲۵ ساله است.

عدم تهیه سند ملی راهبرد انرژی کشور در سال ۱۳۹۲

با توجه به متن ماده ۱۲۵ برنامه پنجم توسعه، تصویب طرح جامع انرژی کشور در گرو تصویب سند ملی راهبرد انرژی کشور است، اگرچه در سال های ۹۰، ۹۱ و ۹۲ نیز محقق نشده است.

همانطور که از تأکید ماده ۱۲۵ برنامه پنجم توسعه مشخص است، لایحه «سند ملی راهبرد انرژی کشور» می‌بایست در نیمه نخست سال ۱۳۹۰ به مجلس ارائه می‌شد و به تصویب مجلس می‌رسید. اما این سند با یکسال تأخیر در نیمه سال ۱۳۹۱ با تکمیل بررسی‌های دولت به مجلس ارائه شد و تاکنون در مجلس شورای اسلامی در حال بررسی بوده و بازنگری بر روی سیاست‌های کلان انرژی کشور در مرکز تحقیقات استراتژیک مجمع تشخیص مصلحت نظام آغاز خواهد شد. و بر طبق اظهارات معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری با اشاره به کاهش ضریب جینی در طول برنامه پنجم توسعه، سند راهبرد ملی انرژی نیز مراحل نهایی تدوین را طی می‌کند.

۱۱-۲- سند راهبردی انرژی‌های نو کشور

نوع سند: سند راهبردی

تصویب کننده: معاونت فناوری ریاست جمهوری

تاریخ: مراحل نهایی تدوین را طی می‌کند.

در راستای تأکید رئیس جمهور وقت، محمود احمدی نژاد، در دیدار اخیر خود با مدیران ارشد صنعت برق کشور بر ضرورت استفاده از انرژی‌های نو کشور و ضرورت توجه هرچه بیشتر به این زمینه، وزارت نیرو تدوین سند راهبردی انرژی‌های نو کشور و استراتژی‌های اجرایی آن را در دستور کار قرار داده است و پس از تدوین به معاونت فن‌آوری ریاست جمهوری ارسال خواهد شد. سند راهبردی انرژی‌های نو کشور از سوی سازمان انرژی‌های نو کشور به وزارت نیرو و معاونت فناوری ریاست جمهوری ارائه شده است و می‌بایست برای تصویب نهایی به هیأت دولت ارائه شود.

اولویت این سند بر استفاده از انرژی باد در کشور است چرا که بر طبق مطالعات، بیش از ۱۰ هزار مگاوات انرژی باد در کشور شناسایی شده که در این راستا، بر بومی کردن ساخت مبدل‌های آنها مانند ساخت انواع توربین‌های بادی با ظرفیت‌های مختلف تأکید شده است. زیست‌توده نیز از دیگر اولویت‌های این سند است و در حال حاضر، گام‌هایی برای توسعه این فن‌آوری برداشته شده است که از آن جمله می‌توان به ایجاد و راه‌اندازی پایلوت زیست‌توده در مشهد و شیراز در راستای تولید برق و حرارت از زباله اشاره کرد. گام بعدی توسعه این فناوری در کل کشور است.

براساس اطلاعات دریافتی از این سند، ایجاد نیروگاه های آبی کوچک در برنامه های این سند برای استفاده از انرژی های نو در کشور در دستور کار قرار گرفته است؛ چراکه این نیروگاه ها توانایی تولید برق کمتر از ۱۰ مگاوات را دارند و بخش خصوصی به راحتی می تواند در صنعت مربوطه سرمایه گذاری کند.

از سوی دیگر، کشور ایران به دلیل زلزله خیز بودن دارای گسله ها و چشمه های آب گرم فراوانی است که در این زمینه لازم است مطالعات جدی صورت گیرد تا پتانسیل های موجود در زمینه انرژی زمین گرمایی در کشور به دست آید. فلذا توجه به انرژی زمین گرمایی نیز در این سند لحاظ شده است. در این سند راهبردی، همچنین به اقتصادی کردن استفاده از انرژی خورشیدی نیز تأکید شده که در این زمینه تولید و بومی سازی مبدل های فتوولتائیک در حجم و راندمان بالا با توجه به سادگی و سرمایه اندک مورد نیاز از میان سایر فن آوری های ممکن در اولویت قرار گرفته است. همچنین در زمینه پیل های سوختی گام های مناسبی در وزارت نیرو و بعد از آن در کل کشور در قالب کمیته راهبردی پیل سوختی برداشته شده است. در این زمینه سندی برای پیل سوختی در طی دو سال تهیه گردید که پس از تصویب هیئت دولت، عملیاتی شده است.

در تدوین این برنامه سعی شده است تا اهداف بر اساس توانمندی های کشور تعریف شود، ضمن این که این برنامه در برنامه های توسعه ای کشور مانند برنامه توسعه پنجم و برنامه های آتی دیده شده است. سند جامع انرژی های نو نقشه راه کشور را در مسیر توسعه انرژی های نو ترسیم می کند. اگرچه ایران به لحاظ برخورداری از منابع گاز طبیعی در جایگاه دوم جهان و از نظر منابع نفتی در رتبه سوم جهان قرار دارد، اما توسعه انرژی های نو با وجود هزینه های سنگین آن ضروری است زیرا در افق ۱۴۰۴، باید جمهوری اسلامی ایران جایگاه نخست منطقه و رتبه پنجم آسیا را در این بخش کسب کند ضمن آن که برای دستیابی به رشد اقتصادی بالای هشت درصد، باید منابع انرژی متنوع و فراوانی را در دسترس داشته باشیم. یکی از ویژگی های انرژی های نو برخلاف انرژی های فسیلی، پاک بودن و میزان آلاینده گی پایین این نوع انرژی ها بوده و همین مزیت موجب جلب توجه بیشتر کشورهای جهان به توسعه انرژی های نو شده است.

معاون علمی و فن آوری رییس جمهوری با بیان این که براساس قانون برنامه پنجم توسعه کشور باید پنج هزار مگاوات ظرفیت جدید انرژی های نو در کشور ایجاد شود، گفت: این معاونت آماده پشتیبانی فنی و علمی از وزارت نیرو برای تحقق این هدف است. ضمن آن که عملیاتی شدن این موضوع، حضور پررنگ بخش خصوصی را می طلبد.

۱۲-۲- قانون بودجه سال ۱۳۹۳

تبصره ۲

م - دولت موظف است در ازای برقی کردن چاههای کشاورزی با منابع انرژی نوین از جمله انرژی خورشیدی به جای استفاده از سوختههای سنگواره‌ای (فسیلی)، (نفت گاز) مبلغ معادل پرداختی بابت یارانه سوخت را به شرکتهای تولیدی برق از جمله خورشیدی پرداخت نماید و تجهیزات مربوطه را به کشاورزان تحویل دهد.

ق- در سال ۱۳۹۳ اجازه داده می‌شود:

۱- وزارت نفت از طریق شرکتهای دولتی تابعه ذیربط برای اجرای طرحهای نفت و گاز از جمله افزایش ظرفیت تولید نفت خام و گاز با اولویت مخازن مشترک و افزایش ظرفیت پالایش نفت خام و میعانات گازی و محصولات پتروشیمی، رشد صادرات فرآوردههای نفتی و جلوگیری از سوختن گازهای همراه نفت و جایگزینی گاز داخلی یا وارداتی به جای فرآوردههای نفتی ذیربط تا سقف یکصد میلیارد (۱۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰) دلار به صورت ارزی یا معادل ریالی آن با رعایت قانون اجرای سیاستهای کلی اصل چهل و چهارم (۴۴) قانون اساسی اقدام به سرمایه‌گذاری به روش بیع متقابل، ساخت، بهره‌برداری و تحویل (BOT) و یا روشهای موضوع بند (ب) ماده (۲۱۴) قانون برنامه پنج ساله پنجم توسعه جمهوری اسلامی ایران با تضمین خرید محصول، اجازه به فروش داخلی یا صادرات برای بلندمدت (حداقل ده سال)، قرارداد منعقد و یا مجوزهای لازم را برای سرمایه‌گذاری صادر نماید و همچنین به منظور اجرای طرحهای بهینه‌سازی، کاهش گازهای گلخانه‌ای و کاهش مصرف انرژی در بخشهای مختلف از جمله صنعت (با اولویت صنایع انرژی‌بر) و حمل و نقل عمومی و ریلی درون و برون شهری، ساختمان، توسعه استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، گسترش استفاده از CNG (با اولویت شهرهای بزرگ و مسیر راههای اصلی بین شهری) و تولید خودروهای کم‌مصرف، به وزارت نفت اجازه داده می‌شود با رعایت قانون اجرای سیاستهای کلی اصل چهل و چهارم (۴۴) قانون اساسی با متقاضیان و سرمایه‌گذاران بخش خصوصی و عمومی با اولویت استفاده از تجهیزات ساخت داخل، قرارداد منعقد نماید.

توجه فنی و اقتصادی و زیست‌محیطی، زمان‌بندی اجراء و بازپرداخت و سقف تعهد دولت در هریک از طرحها با پیشنهاد وزارت نفت به تصویب شورای اقتصاد می‌رسد.

تعهد بازپرداخت اصل سرمایه گذاری های موضوع این بند به عهده دولت بوده و شرکت ملی نفت ایران منابع ناشی از صادرات سوخت صرفه جویی حاصل شده (نفت خام معادل) را در هر پروژه پس از اعلام وزارت نفت در سالهای سررسید به سرمایه گذار پرداخت و همزمان به حساب بدهکار دولت (خزانه داری کل کشور) منظور و تسویه حساب می نماید.

به شرکتهای تابعه و وابسته وزارت نفت اجازه داده می شود با رعایت قانون اجرای سیاستهای کلی اصل چهل و چهارم (۴۴) قانون اساسی با سرمایه گذار بخش غیردولتی مشارکت نمایند.

طرحهای موضوع این بند تا سقف تعهد دولت تا پانصد میلیون (۵۰۰,۰۰۰,۰۰۰) دلار یا معادل ریالی آن به تأیید وزیر نفت و بیش از آن با پیشنهاد وزیر نفت به تأیید شورای اقتصاد می رسد.

تبصره ۴

الف- استفاده دستگاههای اجرائی و بخشهای خصوصی و تعاونی با سپردن تضمینهای لازم به بانکهای عامل از تسهیلات تأمین مالی خارجی (فاینانس) در سال ۱۳۹۳ علاوه بر باقی مانده سهمیه سالهای قبل معادل ریالی سی و پنج میلیارد (۳۵,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰) دلار تعیین می گردد تا توسط شورای اقتصاد براساس مفاد ماده (۸۲) قانون برنامه پنج ساله توسعه جمهوری اسلامی ایران به طرحهای دارای توجیه فنی، اقتصادی، مالی و زیست محیطی اختصاص یابد.

تسهیلات تأمین مالی خارجی (فاینانس) موضوع این تبصره به تناسب شاخصهای جمعیت، محرومیت و شاخصهای مناطق غیربرخوردار، بین استانها با اولویت تکمیل و اتمام پروژههای نیمه تمام توزیع می شود. در صورتی که تا پایان آبان ماه سال ۱۳۹۳ کلیه مراحل اداری و بانکی آنها توسط استانها انجام نشود معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور می تواند رأساً نسبت به جابه جایی و اختصاص آن به پروژههایی که مراحل اداری و بانکی آنها به انجام رسیده، اقدام کند.

کلیه طرحهای مصوب که منابع آنها از محل تسهیلات تأمین مالی خارجی (فاینانس) تأمین می گردد باید با تأیید دستگاه اجرائی ذیربط و وزارت امور اقتصادی و دارایی و بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران و معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور دارای توجیه فنی، اقتصادی، مالی و زیست محیطی باشد و بازپرداخت اصل و سود منابع طرح صرفاً از محل عایدات طرح در دوران بهره برداری و یا منابع پیش بینی شده طرح در قانون بودجه در زمان تصویب طرح و در صورت عدم کفایت از سهم اعتبارات آتی استان محل اجرای طرح قابل پرداخت باشد و از محل منابع موجود جمهوری اسلامی ایران نزد کشور تأمین کننده مالی (فاینانس) برداشت و پرداخت نشود.

تبصره ۵

ن - صندوق توسعه ملی و بانکهای عامل مکلفند در پرداخت سرمایه در گردش تسهیلات موضوع بندهای (د) و (ه) این تبصره به بخشهای خصوصی و تعاونی، استفاده از ظرفیت کامل واحدهای موجود و آماده بهره برداری و سپس طرحهای با پیشرفت فیزیکی نزدیک به بهره برداری و نهایتاً طرحهای دارای توجیه فنی و اقتصادی و زیست محیطی مرتبط با تولید و صادرات نفت و گاز، پتروشیمی، معدن و آب و برق را در اولویت قرار دهند.

تبصره ۶

الف - به شرکتهای وابسته و تابعه وزارتخانه های نیرو، نفت، راه و شهرسازی، دفاع و پشتیبانی نیروهای مسلح، ارتباطات و فناوری اطلاعات، صنعت، معدن و تجارت و جهاد کشاورزی اجازه داده می شود با رعایت قانون نحوه انتشار اوراق مشارکت مصوب ۱۳۷۶/۶/۳۰ تا سقف یکصد و پنجاه هزار میلیارد (۱۵۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰) ریال برای اجرای طرحهای انتفاعی دارای توجیه فنی، اقتصادی و مالی خود با اولویت اجرای پروژه ها و طرحهای میادین نفت و گاز مشترک با همسایگان و مهار آبهای مرزی، طرحهای حمل و نقل، طرحهای آبرسانی و تأمین آب، احداث و تکمیل طرحهای آب شیرین کن، تصفیه خانه های آب و فاضلاب، نیروگاههای برق و همچنین مناطق محروم و کمتر توسعه یافته، اوراق مشارکت ریالی و یا صکوک اسلامی و با رعایت ماده (۸۸) قانون تنظیم بخشی از مقررات مالی دولت مصوب ۱۳۸۰/۱۱/۲۷ و برای طرحهایی که به تصویب شورای اقتصاد می رسد، با تضمین خود در خصوص اصل و سود، منتشر نمایند.

تبصره ۹

ز - وزارت نیرو موظف است علاوه بر دریافت بهای برق به ازای هر کیلووات ساعت برق فروخته شده، مبلغ سی (۳۰) ریال به عنوان عوارض برق در قبوض مربوطه درج و از مشترکین برق به استثنای مشترکین خانگی روستایی و چاههای کشاورزی دریافت نماید. وجوه حاصله به حساب خاصی نزد خزانه داری کل کشور واریز و حداکثر تا سقف چهار هزار میلیارد (۴,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰) ریال صرفاً بابت حمایت از توسعه و نگهداری شبکه های روستایی و تولید برق تجدید پذیر و پاک توسط شرکت توانیر هزینه می شود.

ح - به وزارت کشور (سازمان شهرداری ها و دهیاری ها) اجازه داده می شود در سال ۱۳۹۳ بیست درصد (۲۰٪) از وجوه تبصره (۲) ماده (۳۹) قانون مالیات بر ارزش افزوده معادل شش هزار میلیارد (۶,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰) ریال که در اختیار آن وزارتخانه

قرار می گیرد را برای کمک و تأمین ماشین آلات خدماتی و عمرانی شهرهای زیر پنجاه هزار نفر جمعیت و دهیاری ها هزینه نماید.

تبصره ۱۱

هـ - به وزارت نیرو اجازه داده می شود:

- ۱- به منظور اجرای طرحهای افزایش بازدهی نیروگاهها با اولویت نصب بخش بخار در نیروگاههای چرخه (سیکل) ترکیبی، توسعه استفاده از انرژی های تجدیدپذیر، کاهش تلفات، بهینه سازی و صرفه جویی در مصرف سوخت مایع، جایگزینی مصرف برق به جای گاز یا فرآورده های نفتی در مناطقی که توجیه اقتصادی دارد و افزایش سهم صادرات برق تا سقف یکصد و بیست هزار میلیارد (۱۲۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰) ریال به روش بیع متقابل، با سرمایه گذاران بخشهای خصوصی و عمومی با اولویت استفاده از تجهیزات ساخت داخل قرارداد منعقد نماید. دولت مکلف است در قبال این تعهد، سوخت صرفه جویی شده یا معادل آن نفت خام را با محاسبه میزان صرفه جویی حاصله در مدت حداکثر دو سال به سرمایه گذاران تحویل نماید.
- ۲- برای اجرای طرحهای آب و فاضلاب، بهینه سازی و صرفه جویی مصرف آب، مهار و بهره برداری از آبهای مشترک و مرزی، اجرای طرحهای جمع آوری و دفع بهداشتی فاضلاب و طرحهایی که به مدیریت تقاضای آب می انجامد و زهکشی اراضی کشاورزی، تا سقف ده میلیارد (۱۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰) دلار یا معادل ریالی آن به روش بیع متقابل یا ساخت و بهره برداری و تحویل (BOT) و سایر روشهای مشابه موضوع بند(ب) ماده (۲۱۴) قانون برنامه پنجساله پنجم توسعه جمهوری اسلامی ایران و تضمین خرید آب با سرمایه گذار خصوصی یا تعاونی قرارداد منعقد یا مجوز صادر نماید.

و - در اجرای مواد (۱۳۳) و (۱۳۹) قانون برنامه پنج ساله پنجم توسعه جمهوری اسلامی ایران در خصوص توسعه انرژی های نو و با هدف امنیت بخشی به انرژی کشور و کاهش آلاینده های، دولت مجاز است در سال ۱۳۹۳ طرح نصب نیروگاههای کوچک و پیش گرم کن های خورشیدی بر فراز بامها، بوستانها و معابر کشور را اجراء نماید. این طرح به صورت مشارکت پنجاه درصد (۵۰٪) با متقاضیان و از محل منابع حاصل از بند (ز) تبصره (۹) این قانون اجراء می شود.

تبصره ۲۱

در اجرای قانون هدفمند کردن یارانه ها مصوب ۱۳۸۸/۱۰/۱۵ به دولت اجازه داده می شود در سال ۱۳۹۳ منابع مالی حاصل از اصلاح قیمت کالاها و خدمات موضوع قانون مذکور و منابع یارانه ای آن را با استفاده از انواع روشهای پرداخت نقدی و غیرنقدی و خدمات بیمه ای بین خانوارهای هدف و نیازمند توزیع و با اولویت بخش تولید، به شرح زیر اجراء نماید:

د - صددرصد (۱۰۰٪) منابع حاصل از افزایش قیمت برق در سال ۱۳۹۳ تا مبلغ سی و پنج هزار میلیارد (۳۵,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰) ریال به حساب خاصی نزد خزانه داری کل کشور واریز و براساس مفاد ماده (۸) قانون هدفمند کردن یارانه ها به صنعت برق اختصاص می یابد.

ه- در شهرهای با جمعیت بالای یک میلیون نفر و یا آلوده به تشخیص سازمان حفاظت محیط زیست، عوارض خاصی به منظور مقابله با آلودگی محیط زیست و کمک به توسعه حمل و نقل عمومی توسط هیأت وزیران وضع و درآمد حاصله به ردیف درآمدی ۱۶۰۱۴۹ جدول شماره (۵) این قانون واریز می شود. صددرصد (۱۰۰٪) مبالغ وصولی تا سقف یازده هزار میلیارد (۱۱,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰) ریال از محل ردیف ۱۳۹-۵۳۰۰۰۰-۱۳۹ جدول شماره (۹) این قانون به نسبت به وصولی هریک از شهرهای موصوف در اختیار همان شهر قرار می گیرد.

۱۳-۲- سازمان انرژی های تجدیدپذیر و بهره وری انرژی (ساتبا)

اساسنامه

نوع سند: اساسنامه

تصویب کننده: مجلس شورای اسلامی

شماره: ۴۶۸۵۰ / ۱۳۶۸۲۸

تاریخ: ۱۳۹۲/۰۸/۱۳

نظر به این که طبق ماده ۸ قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی- مصوب ۱۳۸۹- به وزارت نیرو اجازه داده شده در چارچوب قانون پنجم توسعه و قانون مدیریت خدمات کشوری جهت ارتقای بهره وری و استفاده هر چه بیشتر از منابع تجدیدپذیر، نسبت به تأسیس یک سازمان با شخصیت حقوقی مستقل اقدام نماید و ردیف های بودجه مربوط به امور مذکور را از سازمان های

زیرمجموعه خود به سازمان جدید انتقال دهد و اساسنامه و وظایف سازمان یاد شده توسط وزارت مذکور تهیه و پس از تأیید هیأت وزیران به مجلس شورای اسلامی ارائه گردد، لذا به منظور ادغام سازمان های بهره‌وری انرژی ایران و انرژی های نو ایران و ایجاد سازمان انرژی های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی، لایحه زیر برای طی تشریفات قانونی تقدیم می‌گردد.

لایحه اساسنامه سازمان انرژی های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی (ساتبا)

فصل دوم- وظایف و اختیارات

۲- ارتقاء و توسعه کاربرد/انرژی های تجدیدپذیر، توسعه مدیریت تقاضای انرژی های الکتریکی به منظور استفاده کارآمد و بهینه از منابع انرژی

۶- سیاست گذاری، تنظیم مقررات مربوط نظارت بر موضوع خرید برق حاصل از انرژی های تجدیدپذیر به شکل تضمینی و به صورت بلندمدت

۷- حمایت از طراحی، ساخت و آزمایش طرح های آزمایشی (پایلوت) به منظور کسب تجربیات نوین در حوزه اهداف سازمان

۱۲- مطالعه ظرفیت های منابع انرژی های تجدیدپذیر در کشور و تهیه اطلس های ملی

بیانیه مأموریت

سازمان انرژی های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی ایران (ساتبا) به منظور ایفای نقش مؤثر در توسعه پایدار از طریق حفظ و صیانت از منابع انرژی کشور و محیط زیست ایجاد شده است. ساتبا با تحقیقات و مدیریت استراتژیک (سیاست گذاری، اجرا و نظارت) در دو حوزه انرژی های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی، بر آنست تا رضایت ذینفعان خود از جمله شهروندان، دولت، مؤسسات، دانشگاه ها و مراکز تحقیقاتی را تأمین نماید.

ما بر این باوریم ساتبا سازمانی است پیشگام که با تکیه بر سه عامل فن آوری نوین، نیروی انسانی کارآمد و نظام تحقیق و توسعه اثربخش، دستیابی به چشم انداز خود را تحقق خواهد بخشید.

بیانیه چشم انداز

ساتبا با استفاده از نوآوری های علمی، توان مدیریتی و نیروی انسانی خلاق خود به گونه ای عمل خواهد کرد تا کشور با توجه به شاخص بهره‌وری انرژی و سهم منابع تجدیدشونده در تأمین انرژی مصرفی، سرآمد کشورهای در حال توسعه باشد.

ما بر آنیم با گسترش فعالیت های خود در عرصه های بین المللی به عنوان سازمانی معتبر در توسعه کاربرد انرژی های نو و ارتقای بهره وری انرژی شناخته شویم.

بیانیه ارزش ها

توسعه مشارکت بخش خصوصی مهم ترین رکن گسترش کاربرد انرژی های تجدید پذیر و ارتقای بهره وری انرژی به شمار می رود.

اهداف سطح سازمان (اصلی)

- ۲- توسعه کاربرد انرژی های تجدید پذیر در کشور به نحوی که تا پایان برنامه چهارم توسعه، ۱ درصد از نیاز برق کشور از انرژی های نو تأمین گردد.
- ۳- جلب مشارکت بخش خصوصی تا ۵۵ درصد در سرمایه گذاری های مربوط به انرژی های نو و بهره وری انرژی
- ۴- توسعه بازار فن آوری های مربوط به بهره وری انرژی و انرژی های نو با اجرای قوانین موجود و تصویب قوانین جدید به گونه ای که حداقل ۳ فناوری در هر حوزه به بازار کسب و کار کشور وارد شده باشد.
- ۵- توسعه آگاهی و فرهنگ سازی به منظور مصرف بهینه انرژی و توسعه کاربرد انرژی های نو با پوشش ۷۵ درصد مردم کشور
- ۶- ایجاد زمینه های مناسب انتقال و توسعه فن آوری با افزایش ارتباطات بین المللی و بسترسازی جهت شکوفایی استعدادهای خلاق به منظور ارتقای سطح نوآوری علمی سازمان تا سطح سازمان های مشابه در کشورهای پیشرو.

اهداف سطح بخشی

بخش انرژی های نو

- ۱- سنجش ظرفیت و تهیه اطلس کامل کشور برای منابع تجدید پذیر با اولویت انرژی های باد، خورشید، زیست توده و زمین گرمایی
- ۲- تدوین سند توسعه انرژی های تجدید پذیر در راستای برنامه های توسعه و سند چشم انداز ۲۰ ساله کشور به منظور تعیین اهداف کمی مربوط به هر یک از منابع تجدید پذیر
- ۳- تلاش در جهت مدیریت و اجرای ماده ۱۲۱ قانون برنامه چهارم توسعه کشور و ماده ۶۲ قانون بخشی از مقررات



مالی دولت و تشویق سرمایه گذاران بخش خصوصی به حضور در صنایع انرژی های تجدید پذیر
۴- ایجاد حداقل یک نمونه فعال سیستم تولید انرژی از منابع تجدیدشونده در خصوص هر یک از انرژی های نو به منظور توسعه آگاهی و تشویق بخش خصوصی

جدول (۲-۳) - ماتریس ارزیابی عوامل خارجی ساتبا (EFE)

رتبه	عوامل خارجی	رتبه	ضریب اهمیت	امتیاز
فرصتها				
۱	رشد تقاضا برای انرژی های نو در کشور	۳.۰	۰.۱۳	۰.۰۵۸
۲	رشد بودجه دولت در زمینه های مرتبط با انرژی های نو و ارتقای بهره وری انرژی	۳.۰	۰.۱۳	۰.۰۵۵
۳	افزایش شدت مصرف انرژی در ایران	۳.۰	۰.۱۳	۰.۰۵۵
۳	پتانسیل مناسب انرژی باد، خورشیدی، زمین گرمایی و ... در کشور	۳.۰	۰.۱۳	۰.۰۵۰
۵	افزایش هزینه های اجتماعی استفاده از انرژی های فسیلی (آلودگی محیط زیست و...)	۳.۰	۰.۱۷	۰.۰۶۶
۶	گسترش اختیارات داده شده به ساتبا در زمینه انرژی های نو و ارتقای سطح بهره وری انرژی	۳.۰	۰.۲۵	۰.۰۹۹
۷	پهلود تکنولوژی ساخت نیروگاه های برق با منبع انرژی های نو در کشور	۳.۰	۰.۶۸	۰.۲۷۱
۸	کمبود منابع فسیلی در جهان	۳.۰	۰.۲۲	۰.۰۹۰
۹	نگرش مناسب قوه مقننه به نقش سازمان در مدیریت تامین انرژی کشور	۳.۰	۰.۳۸	۰.۱۵۳
۱۰	نگرش مناسب سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور به عملکرد سازمان	۳.۰	۰.۳۸	۰.۱۵۳
۱۱	افزایش سرمایه گذاری بخش خصوصی در زمینه های مرتبط با ارتقای سطح بهره وری انرژی در کشور	۳.۷	۰.۱۳	۰.۰۵۱
۱۲	افزایش سرمایه گذاری بخش خصوصی در زمینه های مرتبط با انرژی های نو در کشور	۳.۷	۰.۱۵	۰.۰۵۶
۱۳	رشد قیمت جهانی نفت	۳.۷	۰.۱۱	۰.۰۳۱
۱۳	افزایش سهم انرژی های نو در تولید برق ایران	۳.۷	۰.۱۳	۰.۰۳۸
۱۵	کاهش سطح بهره وری انرژی در کشور	۳.۷	۰.۱۲	۰.۰۳۵
۱۶	گسترش تمایل مصرف کنندگان انرژی به استفاده از سیستم های ارتقاء دهنده سطح بهره وری در کشور	۳.۷	۰.۱۸	۰.۰۶۵
۱۷	پهلود آشنایی مردم نسبت به استانداردهای مصرف انرژی	۳.۷	۰.۱۲	۰.۰۳۲
۱۸	قوانین محیط زیست در ایران	۳.۷	۰.۱۹	۰.۰۶۹
۱۹	افزایش حمایت های قانونی از بخش خصوصی برای سرمایه گذاری در انرژی های نو	۳.۷	۰.۱۵	۰.۰۵۷
۲۰	افزایش حمایت های قانونی از بخش خصوصی برای سرمایه گذاری در جهت ارتقای سطح بهره وری انرژی در کشور	۳.۷	۰.۱۵	۰.۰۵۷
۲۱	افزایش عرضه تکنولوژی های نوین جهان در زمینه انرژی های نو و ارتقای سطح بهره وری	۳.۷	۰.۵۷	۰.۲۰۸
۲۲	توجه مناسب دانشگاه ها و مراکز علمی به توسعه تکنولوژی های انرژی های نو و ارتقای سطح بهره وری انرژی در کشور	۳.۷	۰.۳۹	۰.۱۷۹
۲۳	گسترش رابطه با کشورهای پیشرو در زمینه انرژی های نو و بهره وری انرژی	۳.۷	۰.۲۲	۰.۰۸۰
۲۳	گسترش حمایت های بین المللی در زمینه انرژی های نو و بهره وری انرژی	۳.۷	۰.۲۲	۰.۰۷۹
۲۵	گسترش همکاری ساختار برق کشور با ساتبا	۳.۷	۰.۳۱	۰.۱۱۵
۲۶	افزایش تقاضای برق در کشور	۳.۳	۰.۱۰	۰.۰۳۳
۲۷	رشد اقتصادی ایران	۳.۳	۰.۰۹	۰.۰۳۰
۲۸	پهلود میزان آگاهی جامعه در زمینه انواع انرژی های نو	۳.۳	۰.۱۵	۰.۰۳۹
۲۹	رشد علاقه صنعت به استفاده از انرژی های نو	۳.۳	۰.۱۰	۰.۰۳۵
۳۰	رشد علاقه متخصصان به همکاری با ساتبا	۳.۳	۰.۱۳	۰.۰۳۲
۳۱	پیمان کیوتو	۳.۳	۰.۱۶	۰.۰۵۵
۳۲	نگرش مناسب برنامه چهارم و چشم انداز بیست ساله به ارتقای سطح بهره وری انرژی در کشور	۳.۳	۰.۱۵	۰.۰۵۰
۳۳	نگرش مناسب برنامه چهارم و چشم انداز بیست ساله به توسعه انرژی های نو در کشور	۳.۳	۰.۱۵	۰.۰۵۰
۳۳	افزایش جریمه های مربوط به مصرف غیر اصولی سوخت و انرژی	۳.۳	۰.۱۵	۰.۰۵۱
۳۵	مصرف فزاینده انرژی های اولیه در جهان	۳.۳	۰.۱۶	۰.۰۵۳
۳۶	رشد بهره وری انرژی در جهان	۳.۳	۰.۱۳	۰.۰۳۷

رتبه	ضریب اهمیت	امتیاز	عوامل خارجی	ردیف
۳۰	۰.۰۰۷	۰.۰۲۲	پیوستن ایران به WTO	۳۷
۳۰	۰.۰۰۸	۰.۰۲۳	زیربناهای مناسب انتقال و توزیع برق در کشور	۳۸
۳۰	۰.۰۱۷	۰.۰۵۱	دسترسی آسان به نیروهای متخصص و تحصیل کرده در کشور در زمینه انرژی های تجدید پذیر و بهره وری انرژی	۳۹
۳۰	۰.۰۰۹	۰.۰۲۷	رشد فعالیت مخترعان و طراحان صنعتی کشور در زمینه های مرتبط با بهینه سازی مصرف سوخت و انرژی و انرژی های نو	۳۰
۳۰	۰.۰۲۰	۰.۰۵۹	افزایش تمایل دانشگاه ها به همکاری با ساتبا	۳۱
۲۷	۰.۰۰۷	۰.۰۱۸	دسترسی محدود بخش خصوصی به اعتبارات به منظور انجام فعالیتهای مرتبط با انرژی های نو و ارتقای سطح بهره وری انرژی در کشور	۳۲
۲۷	۰.۰۱۲	۰.۰۳۳	جایگاه مناسب منابع انرژی فسیلی ایران در جهان	۳۳
۲۷	۰.۰۲۵	۰.۰۶۶	رابطه سیاسی- اقتصادی ایران با سایر کشورها	۳۳
تهدیدها				
۲۳	۰.۰۱۹	۰.۰۳۳	سیاست های انرژی تجدید پذیر کشور (وزارت نفت)	۳۵
۲۳	۰.۰۲۲	۰.۰۵۲	توجه سیاستگذاری نامناسب انرژی در کشور	۳۶
۲۰	۰.۰۰۷	۰.۰۱۳	افزایش ظرفیت نیروگاه های برقی کشور و ترکیب آن	۳۷
۲۰	۰.۰۱۸	۰.۰۳۵	فرهنگ نامناسب مصرف انرژی در خانوارهای ایرانی	۳۸
۲۰	۰.۰۱۷	۰.۰۳۳	فرهنگ نامناسب مصرف بنزین و سایر سوخت های فسیلی در کشور	۳۹
۲۰	۰.۰۱۶	۰.۰۳۲	فرهنگ نامناسب مصرف انرژی و سوخت در بخش صنعت و کشاورزی ایران	۵۰
۱۷	۰.۰۱۰	۰.۰۱۶	افزایش کسری بودجه دولت (ناشی از یارانه های انرژی)	۵۱
۱۷	۰.۰۱۱	۰.۰۱۸	ذخایر عظیم نفت و گاز ایران	۵۲
۱۳	۰.۰۲۶	۰.۰۳۳	فعالیت ها موازی سازمان های مرتبط در زمینه انرژی های نو و بهینه سازی مصرف و تولید انرژی	۵۳
۱۰	۰.۰۱۳	۰.۰۱۳	افزایش یارانه انرژی در کشور	۵۳
جمع			۲,۱۳۰	۱

۱۴-۲- قانون عضویت دولت جمهوری اسلامی ایران در آژانس بین المللی انرژی های تجدید پذیر (IRENA)

نوع سند: قانون

تصویب کننده: مجلس شورای اسلامی

شماره: ۸۲۳۰/۵۴۶

تاریخ: ۱۳۹۱/۰۱/۲۹

ماده واحده - به دولت اجازه داده می شود در «آژانس بین المللی انرژی های تجدید پذیر» عضویت یابد و نسبت به پرداخت حق عضویت مربوط، اقدام نماید.

تبصره در مورد ماده (۱۶) «حل و فصل اختلافات» با رعایت اصل یکصد و سی و نهم (۱۳۹) قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران اقدام می شود.

۱۵-۲- لایحه الحاق دولت جمهوری اسلامی ایران به پروتکل کیوتو

نوع سند: لایحه

تصویب کننده: مجلس شورای اسلامی

شماره: ۸۵۹۳۶/۲۰۷

تاریخ: ۱۳۸۴/۳/۱۰

مقدمه

تغییر اقلیم در عصر حاضر به عنوان مهمترین تهدید برای توسعه پایدار مطرح است که به منابع طبیعی، منابع پایه، محیط زیست، سلامت انسان، امنیت غذایی، فعالیت های اقتصادی و ... آسیب می رساند. این مبحث با اهمیت، در دهه ۱۹۷۰ میلادی در محافل علمی در پی افزایش میزان غلظت گازهای گلخانه ای جو در اثر فعالیت های انسانی مورد توجه قرار گرفت، پس از آن در سال ۱۹۹۲ در اجلاس ریو معاهده ای تحت عنوان "کنوانسیون تغییر آب و هوا" مطرح شد و با امضای ۱۵۴ کشور جهان از سال ۱۹۹۴ لازم الاجرا گردید. جمهوری اسلامی ایران نیز در سال ۱۹۹۶ (۶ خردادماه ۱۳۷۵) به عضویت این کنوانسیون درآمد. پس از گذشت چند سال برای تقویت تعهدات کشورهای توسعه یافته پروتکلی تحت عنوان پروتکل کیوتو در سال ۱۹۹۷ برای امضای کشورهای عضو آماده شد که در سال ۲۰۰۴ اجرایی گردید. با لازم الاجرا شدن این پروتکل کشورهای توسعه یافته ملزم به کاهش انتشار گازهای گلخانه ای طی سال های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۲ به میزان ۵/۲ درصد نسبت به سال ۱۹۹۰ شدند. ولیکن باید اذعان داشت که تاکنون در جهت کاهش میزان انتشار گازهای گلخانه ای توسط کشورهای عضو و کشورهای بزرگ صنعتی اقدامات مؤثرتری صورت نپذیرفته است، به طوری که سرانه انتشار گازهای گلخانه در کشورهای صنعتی حدود ۱۰ برابر کشورهای در حال توسعه می باشد و ادامه این روند در طی سال های آتی موجب به زیر آب رفتن برخی کشورها، افزایش بلایای طبیعی مثل طوفان، گردباد، سیل، انقراض بیش از ۳۰ درصد گونه های جانوری و گیاهی و ... خواهد شد. بنابراین با عنایت به

وضعیت فعلی انتشار گازهای گلخانه‌ای و عدم اجرای تعهد کشورهای عضو (و پیرو آن افزایش میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای)، بررسی درخواست‌های رسمی و مکرر دولت جمهوری بلاروس برای پیشبرد اهدافش در الحاق به ضمیمه (ب) پروتکل کیوتو برای بهره‌مندی از اجرای مکانیسم مشترک و با توجه به محدودیت دوره اجرای مکانیسم یاد شده (در فاصله زمانی ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۲) و فوریت امر ضروری است.

دولت جمهوری اسلامی ایران نیز برای الحاق کشور به پروتکل کیوتو در مورد تغییرات آب و هوا در چارچوب کنوانسیون سازمان ملل متحد لایحه‌ای را به مجلس شورای اسلامی ارسال کرد که در دی‌ماه سال ۱۳۸۳ با حضور رییس سازمان حفاظت محیط زیست وقت «خانم معصومه ابتکار» به تصویب مجلس رسید و برای تصویب نهایی به شورای نگهبان ارسال شد. بر اساس ماده واحده این لایحه به دولت جمهوری اسلامی ایران اجازه داده می‌شود نسبت به الحاق به پروتکل کیوتو از ملحقات کنوانسیون تغییر آب و هوا سال ۱۳۷۱ مشتمل بر یک مقدمه، ۲۷ ماده و ۲ ضمیمه اقدام و اسناد مربوطه در این زمینه را تسلیم سازمان‌های متولی کند. همچنین دولت تنها در صورتی مجاز به استفاده از ماده ۱۸ پروتکل و ماده ۱۴ کنوانسیون در مورد اختلاف است که مراتب به تصویب مجلس شورای اسلامی برسد. شورای نگهبان در ابتدا پذیرش پروتکل کیوتو را مغایر اصل ۱۳۹ و بند سیزدهم اصل سوم قانون اساسی تشخیص داد و این لایحه را با توجه به دو ایراد ذیل رد کرد:

۱- نظر به اینکه در ماده (۲۵) پروتکل تصریح شده است که هیچ‌گونه حق شرطی را نمی‌توان برای پروتکل منظور نمود، لذا تحفظ مذکور در متن ماده واحده بلااثر بوده و از این جهت پذیرش پروتکل مغایر اصل (۱۳۹) قانون اساسی است [اصل (۱۳۹) قانون اساسی: صلح دعاوی راجع به اموال عمومی و دولتی یا ارجاع آن به داوری در هر مورد موکول به تصویب هیأت وزیران است و باید به اطلاع مجلس برسد. در مواردی که طرف دعوی خارجی باشد و در موارد مهم داخلی باید به تصویب مجلس نیز برسد. موارد مهم را قانون تعیین می‌کند].

۲- با تأکید بر این که دولت در کلیه فعالیت‌های اقتصادی مطابق اصل (۵۰) قانون اساسی موظف به حفاظت محیط زیست و مبارزه با هر نوع فعالیت مخرب محیط زیست و آلوده شدن آن است، مع‌الوصف از این جهت که پذیرش پروتکل موجب محدودیت استفاده از سوخت‌های موجود در کشور است و استفاده از سوخت جایگزین نیز بالفعل مسلم نیست، الحاق به این پروتکل موجب اخلال در فعالیت‌های کشور در جهت استقلال اقتصادی، صنعتی و خودکفایی است و لذا مغایر بند سیزدهم اصل سوم قانون اساسی شناخته شده است.

در جلسه مربوط به بررسی مجدد، با توافق کمیسیون و شورای نگهبان و با ایراد اصلاحیه در متن ماده واحده (در سطر اول ماده واحده بعد از عبارت "اجازه داده می شود" عبارت "با رعایت اصول (۵۰) و (۱۳۹) قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران" اضافه گردید) لایحه مربوطه تصویب گردید و در حال حاضر ایران با تصویب پروتکل کیوتو در تاریخ ۲۳ اوت ۲۰۰۵ به عنوان یکی از کشورهای غیرعضو محسوب می گردد.

پروتکل کیوتو، اهداف و مکانیسم های موجود در آن

پروتکل کیوتو در سومین اجلاس متعهدین در کیوتو ژاپن تصویب و به مدت یک سال جهت امضای کشورهای و اعضای کنوانسیون باز گذاشته شد. از اهداف اساسی پروتکل، ایجاد ساختار اجرایی مناسب برای حصول به اهداف کنوانسیون و نیز تقویت تعهدات کشورهای ضمیمه (I) کنوانسیون در کاهش انتشار و کمک های فنی و مالی به کشورهای در حال توسعه و کشورهایی که به شدت متأثر از آثار اقلیم هستند (ماده (۴/۸) تا (۴/۱۰) کنوانسیون) می باشند.

هریک از اعضا ضمیمه (I) به طور مستقل یا مشترک توسط پروتکل کیوتو متعهد شده اند تا انتشار گازهای گلخانه ای را کاهش دهند به طوری که میزان انتشار ۶ گاز گلخانه ای کشورهای توسعه یافته در محدوده سال های ۲۰۱۲-۲۰۰۸ به ۵ درصد زیر سطح انتشار سال ۱۹۹۰ کاهش یابد. از طرفی، برای تعدادی از کشورهای ضمیمه (I)، تعهدات معینی در خصوص کاهش گازهای گلخانه ای در قالب ضمیمه (B) لحاظ شده است که محدوده این تعهدات از ۸ درصد کاهش (کشورهای اتحادیه اروپا) تا ۱۰ درصد افزایش (ایسلند) نسبت به سطح انتشار سال ۱۹۹۰ می باشد. جدول ۲ ماده (۲) پروتکل، اعضای متعهد به پروتکل را جهت حصول به تعهدات کاهش انتشار خود در سطح ملی به گسترش اقدامات زیر ترغیب کرده است. این اقدامات عبارت است از:

- بهینه سازی مصرف سوخت،
- استفاده بیشتر از انرژی های تجدیدناپذیر،
- گسترش فناوری های جدید،
- اصلاح روش های جنگلداری و کشاورزی.

همچنین کشورها، سیاست ها و اقدامات مختلفی را مانند مالیات بر کربن، برنامه های بهبود فن آوری، تدوین نظام نامه ها و برنامه

تجارت انتشار در سطح ملی پیگیری می نمایند. از طرفی، پروتکل کیوتو جهت کاهش انتشار و تسهیل انجام تعهدات کشورهای توسعه یافته مکانیسم های انعطاف پذیری تحت عنوان مکانیسم های مبتنی بر بازار در ماده (۱۲) و سایر مواد تنظیم کرده است، به طوری که براساس پروتکل کیوتو، اعضای متعهد می توانند با اجرای پروژه ها در سایر کشورها، سیاست های کاهش انتشار را از لحاظ اقتصادی توجیه پذیر نمایند. بدین منظور پروتکل کیوتو جهت ایجاد ساختار مبتنی بر نظام بازار سه مکانیسم زیر را تعیین کرده است:

- مکانیسم توسعه پاک (CDM): پروژه هایی که کشورهای توسعه یافته جهت تحقق تعهدات خود در کاهش انتشار و همچنین کمک به توسعه پایدار در کشورهای در حال توسعه، اجرا می کنند و به ازای کاهش انتشار، گواهی کاهش انتشار (CER) دریافت می نمایند.
- اجرای مشترک (JI): پروژه هایی هستند که با توجه به تجارب فن آورانه سایر کشورها، به منظور اجرای تعهد یا اخذ گواهی توسط برخی از کشورهای صنعتی در سایر کشورهای توسعه یافته اجرا می گردند.
- تجارت انتشار (ET): با توجه به این که کشورهای صنعتی تحت پروتکل کیوتو متعهد به کاهش انتشار گازهای گلخانه ای هستند (هر کشور تعهد مستقلی دارد)، در راستای این تعهدات اگر کشوری نتواند سهم تعهدات خود را در کاهش انتشار برآورده نماید، می تواند از کشورهای صنعتی دیگر که بیش از سهم تعهد خود کاهش انتشار داشته اند، مجوز انتشار را خریداری نماید که این موضوع را تجارت انتشار می گویند.

لازم به ذکر است که برای کشورهای غیرعضو ضمیمه (I) (ایران نیز به عنوان یکی از کشورهای غیرعضو محسوب می گردد) تعهدی در خصوص کاهش گازهای گلخانه ای منظور نشده است. لیکن این کشورها از کمک های مالی و فنی و انتقال فن آوری از طرف کشورهای توسعه یافته ضمیمه I به منظور دسترسی به بخشی از تعهداتشان می توانند بهره مند گردند.

نکات کلیدی در خصوص منافع عضویت دولت بلاروس در پیوست (ب) پروتکل کیوتو

۱- کنوانسیون تغییرات آب و هوا دارای دو ضمیمه می باشد که در ضمیمه (۱) آن فهرست کشورهای است که متعهد کاهش انتشار گازهای گلخانه ای هستند. در ضمیمه (۲) آن از بین کشورهای ضمیمه (۱) کنوانسیون، کشورهایی که تعهد مالی نیز دارند، فهرست شده اند.

۲- پروتکل کیوتو که حدود پنج سال پس از کنوانسیون به تصویب رسید، نیز دارای دو پیوست می باشد. در پیوست (الف) فهرست گاز گلخانه ای که قابلیت کاهش در تعهدات کشورهای ضمیمه (۱) کنوانسیون است، ذکر شده اند. در پیوست (ب) فهرست کشورهای عضو ضمیمه (۱) کنوانسیون و میزان درصد مجاز آن ها برای کاهش یا افزایش انتشار گازهای گلخانه ای تا قبل از سال ۲۰۱۲ میلادی نسبت به سال پایه ۱۹۹۰ می باشد، ذکر شده اند.

۳- جمهوری بلاروس که در پیوست (ب) فهرست نشده است، در سال ۲۰۰۶ در اجلاس کنفرانس اعضای کنوانسیون در نیروبی تقاضا کرده است که به عضویت پیوست (ب) درآید و با این هدف که دست کم مجاز باشد تا سال ۲۰۱۲ معادل ۹۲ درصد میزان انتشار گازهای گلخانه ای سال ۱۹۹۰ را داشته باشد. این خواسته درحالی است که هم اکنون میزان انتشار جمهوری بلاروس ۳۸ درصد کمتر از سطح سال ۱۹۹۰ آنها می باشد. به عبارتی فقط می خواهد ۸ درصد متعهد شود و از الباقی ۳۰ درصد بهره دیگری ببرد.

۴- براساس مفاد بند «۴» مواد (۲۰) و (۲۱) پروتکل کیوتو برای اصلاح پیوست (ب) پروتکل در ابتدا اجماع و در صورت عدم حصول اجماع حداقل سه چهارم کشورهای عضو و حاضر در اجلاس باید در دو مرحله موافقت خود را با پیوستن کشوری یا هرگونه اعمال اصلاحی به پروتکل موافقت نمایند که هم اکنون جمهوری بلاروس خواهان موافقت جمهوری اسلامی ایران به عنوان عضوی از سه چهارم اعضای پروتکل می باشد.

۵- در صورت عضویت جمهوری بلاروس به پیوست (ب) امکان فروش مجوز انتشار و یا فعالیت اجرایی مشترک با کشورهای ضمیمه (۱) کنوانسیون به میزان ۳۰ درصد مازاد از گازهای گلخانه ای برای آن ها فراهم می گردد که این پذیرش به مفهوم ایجاد حدود ۴ میلیارد دلار (حدود ۲/۹ میلیارد یورو) درآمد برای آن ها خواهد بود.

۶- از منظر حفاظت از اتمسفر جهانی و در چارچوب نظرات تخصصی موضوع، فراهم کردن زمینه انتشار بیشتر گازهای گلخانه ای، حتی به صورت مجاز و در چارچوب کنوانسیون و پروتکل، توجیهی در حمایت از اقدام ندارد.

۷- این پیشنهاد هرچند که در سال ۲۰۰۶ در اجلاس اعضای پروتکل کیوتو مورد تأیید قرار گرفته، لیکن تا به امروز چندان مورد پذیرش دولت ها نبوده است و تنها ۲۳ کشور بدان ملحق شده اند.

۸- با توجه به اینکه کشور بلاروس به دنبال این است که با قرار گرفتن در فهرست کشورهای غیرعضو ضمیمه (ب)، از مزایای کشورهای عضو این ضمیمه در قالب مکانیسم های مبتنی بر نظام بازار برخوردار شود، رأی مثبت ایران به الحاق بلاروس به ضمیمه (ب) پروتکل کیوتو، در راستای تقویت مناسبات بین دو کشور توجیه پذیر است. اما در مورد میزان تعهد بلاروس در ضمیمه (ب) ابهام وجود دارد. به عبارت دیگر عضویت در ضمیمه (ب) با درصد مشخص معنا پیدا می کند که در این لایحه به این موضوع اشاره ای نشده است.

اظهارنظر کارشناسی درباره لایحه پذیرش اصلاحیه ضمیمه «ب» پروتکل کیوتو

ماده واحده

به دولت اجازه داده می شود با توجه به ماده (۱۹) و بند «۴» ماده (۲۰) پروتکل کیوتو در مورد کنوانسیون چارچوب سازمان ملل متحد در مورد تغییر آب و هوا، اصلاحیه ضمیمه (ب) آن در مورد افزودن نام «بلاروس» به ضمیمه یاد شده را بپذیرد و سند پذیرش را نزد امین اسناد تودیع نماید.

ارزیابی لایحه از دیدگاه حقوقی

با توجه به نکات مطرح شده و روابط دوستانه دولت جمهوری اسلامی ایران و دولت جمهوری بلاروس و نظر به درخواست های رسمی و مکرر دولت جمهوری بلاروس برای پیشبرد اهدافش در الحاق به ضمیمه (ب) پروتکل کیوتو به نظر می رسد که رأی مثبت ایران در راستای تقویت مناسبات دو کشور توجیه پذیر است. لیکن این امر نیازمند اصلاحات زیر در لایحه پیشنهادی می باشد:

۱- میزان درصد تعهد کاهش گازهای گلخانه ای توسط دولت بلاروس معین گردد.

۲- با توجه به اینکه لایحه فوق اصلاحیه پروتکل است و در غالب یک ماده واحده ارائه شده است و متن اصلاحیه به عنوان ضمیمه نیامده است، این شیوه مورد ایراد شورای محترم نگهبان خواهد بود. بنابراین پیشنهاد می شود با رایزنی با دولت محترم، دولت لایحه را اصلاح و مجلس شورای اسلامی نیز نسبت به تصویب آن اقدام کند.

۱۶-۲- لایحه دریافت عوارض برق تجدیدپذیر

نوع سند: لایحه

تصویب کننده: هیأت وزیران

شماره: ۴۲۷۳۵/۱۰۲۰۸۰

تاریخ: ۱۳۹۱/۰۳/۰۷

مقدمه

بر اساس ماده (۶۲) قانون تنظیم بخشی از مقررات مالی دولت، وزارت نیرو مکلف به خرید تضمینی برق تولیدی از منابع تجدیدپذیر (برق تجدیدپذیر) از بخش غیردولتی با نرخهای هزار و سیصد (۱۳۰۰) ریال بر کیلووات ساعت در ساعات اوج بار و میان باری و نهصد (۹۰۰) ریال در ساعات کمباری شده است. این اعداد در سالهای بعد از ۱۳۸۷ نیز بر اساس فرمول مصوب در آیین نامه اجرایی بند (ب) ماده (۲۵) قانون برنامه چهارم توسعه افزایش یافته است. از طرف دیگر، قیمت آزاد برق که توسط دولت پرداخت می شود (حتی پس از اجرای قانون هدفمندی یارانهها) تفاوت فاحشی با قیمت های مذکور دارد و این در حالی است که تأمین مابه التفاوت این نرخها (نرخ تکلیفی خرید تضمینی برق تجدیدپذیر از بخش غیردولتی و قیمت آزاد برق) برای تحقق اهداف چهل و چهارم (۴۴) قانون اساسی، قانون هدفمند کردن یارانهها و چشم انداز تولید (۵۰۰۰) مگاوات انرژی تجدیدپذیر و ماده (۱۲۶) قانون برنامه پنج ساله پنجم توسعه جمهوری اسلامی ایران ضروری می باشد. با عنایت به ضرورتها و دلایل توجیهی یاد شده، لایحه دریافت عوارض برق تجدیدپذیر تنظیم شده است.

متن لایحه

ماده واحده

وزارت نیرو موظف است علاوه بر دریافت بهای برق، به ازای هر کیلووات ساعت برق فروخته شده مبلغ بیست (۲۰) ریال به عنوان عوارض برق تجدیدپذیر در قبوض مربوط درج و از مشترکین برق که خارج از الگوی مصرف تعیین شده مصرف می کنند، دریافت نماید. وجوه حاصله به حساب شرکت توانیر واریز و عین وجوه دریافتی با قابلیت امکان انتقال به سنوات بعد صرفاً بابت پرداخت به عنوان وجوه اداره شده یا یارانه سود تسهیلات و یا بهای خرید تضمینی برق از منابع انرژی های تجدیدپذیر از بخش های تعاونی و خصوصی هزینه می گردد. منابع مذکور به عنوان درآمد شرکت های ذیربط محسوب نمی گردد.

کمیسیون های ارجاعی

اصلی:

کمیسیون اقتصادی - با حضور مسئولین، کارشناسان دستگاه های اجرایی ذیربط و همچنین کارشناسان مرکز پژوهش های مجلس مورد بحث و تبادل نظر قرار گرفت و در جلسه مورخ ۱۳۹۱/۰۸/۰۲ با اصلاحاتی به تصویب رسید.

فرعی:

کمیسیون های انرژی، برنامه و بودجه و محاسبات

در جلسه مورخ ۱۳۹۱/۰۷/۱۶ با حضور کارشناسان و مسئولین وزارتخانه های نیرو، نفت و معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور مورد بحث قرار گرفت و با اکثریت آراء رد گردید.

نتیجه گیری

متن ماده واحده به خودی خود، ایرادی ندارد و کمک به تولید انرژی از منابع تجدیدپذیر باید همواره در تمام برنامه های دولت جمهوری اسلامی ایران منظور شود. لیکن عددی که در متن لایحه ارائه شده و نارضایتی که ممکن است در بخشی از افکار عمومی به وجود آورد و همچنین درآمدی که از این میزان عوارض عاید می شود، آورده ناچیزی است که برای حل مشکلات، اتفاق قابل توجهی رخ نخواهد داد.

در عین حال هرگونه تصمیم گیری در خصوص برقراری عوارض پیشنهادی آن هم خارج از قانون هدفمند کردن یارانه ها مورد تجویز نیست. بالاخص که در حال حاضر کلیه مشترکینی که خارج از الگوی مصرف و بالاتر از آن مصرف می نمایند، با نرخ های اعمال شده در قبوض مبالغ بیشتری را بابت برق مصرفی پرداخت می کنند. ضمن این که مشخص نیست چه بخشی از درآمدهای فوق صرف خرید برق از عرضه کنندگان تعاونی و خصوصی برق از منابع تجدیدپذیر خواهد شد.

بنابراین تصویب لایحه فوق توصیه نمی شود و پیشنهاد می شود به دولت توصیه شود در لایحه بودجه سال ۱۳۹۲ منابع لازم و کافی جهت سرمایه گذاری در استفاده از منابع تجدیدپذیر را منظور نموده و ارائه کند و کسب مبلغ پیش بینی شده ۵۰ میلیارد تومانی از محل اجرای هدف این لایحه در بهترین حالت هم نمی تواند مشکل موجود را مرتفع سازد.

۱۷-۲- ابلاغیه پایه نرخ خرید برق از نیروگاههای انرژی نو و پاک

نوع سند: مصوبه

تصویب کننده: وزیر نیرو (حمید چیت چیان)

شماره: ۹۲/۳۷۵۳۴/۲۰/۱۰۰

تاریخ: ۱۳۹۲/۰۸/۲۸

در اجرای مفاد بند (ب) ماده (۱۳۳) قانون برنامه پنج ساله پنجم توسعه جمهوری اسلامی ایران و مصوبه شماره ۱۰۰/۳۷۷۳۲ مورخ ۹۱/۰۵/۰۸ شورای محترم اقتصاد، بدین وسیله پایه نرخ خرید برق از نیروگاههای موضوع ماده یک این دستورالعمل در سال ۱۳۹۳ برای نیروگاههای مشمول ماده (۴) دستورالعمل مزبور معادل ۴۴۴۲ ریال و برای نیروگاههای غیرمشمول این ماده، معادل ۴۳۷۱ ریال به ازای هر کیلووات ساعت تعیین می گردد. قرارداد خرید تضمینی برق از این نیروگاهها برای یک دوره حداکثر ۵ ساله و غیرقابل تمدید منعقد می گردد. ضمناً پس از دوره ۵ ساله، سرمایه گذار موظف به فروش برق در قالب قرارداد دوجانبه، بورس انرژی و بازار برق خواهد بود.

ضروری است شرکت توانیر گزارش عملکرد قراردادهای منعقد شده با سرمایه گذاران بخش های خصوصی و تعاونی را برای اعلام به معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور به منظور درج منابع لازم برای پرداخت مابه التفاوت (مطابق ماده ۶ دستورالعمل مذکور) در مقاطع زمانی شش ماهه تهیه و به معاونت برنامه ریزی و امور اقتصادی وزارت نیرو ارسال نماید.

نرخ جدید برق از نیروگاههای انرژی تجدیدپذیر

نوع سند: مصوبه

تصویب کننده: وزیر نیرو (حمید چیت چیان)

تاریخ: ۱۳۹۳/۰۵/۱۴



بر اساس مصوبه اخیر وزیر نیرو، در اجرای مفاد بند (ب) ماده ۱۳۳ قانون برنامه پنجم توسعه و مصوبه مورخ ۱۳۹۱/۰۵/۰۸ شورای اقتصاد، پایه نرخ خرید برق از نیروگاه های انرژی های تجدید پذیر موضوع ماده یک این دستورالعمل در سال ۱۳۹۳ معادل ۴۴۸۰ ریال به ازای هر کیلووات ساعت تعیین می شود.

قرارداد خرید تضمینی برق از این نیروگاه ها برای یک دوره حداکثر ۵ ساله و غیرقابل تمدید منعقد می شود. همچنین پس از دوره ۵ ساله، سرمایه گذار موظف به فروش برق در قالب قرارداد دوجانبه، بورس انرژی و بازار برق خواهد بود.

۱۸-۲- تصویب نامه در خصوص خرید برق تولیدی بخش های غیردولتی از منابع انرژی های نو

نوع سند: مصوبه

تصویب کننده: هیأت وزیران

تاریخ: ۱۳۸۷/۰۸/۰۱

هیأت وزیران در جلسه مورخ ۱۳۸۷/۰۸/۰۱ بنا به پیشنهاد شماره ۷۵۴۰۸/۳۰/۱۰۰ مورخ ۱۳۸۷/۷/۲۲ وزارت نیرو و به استناد اصل یکصد و سی و هشتم قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران تصویب نمود:

۱- نرخ خرید برق تولیدی بخش های غیردولتی از منابع انرژی های نو به ترتیب از ششصد و پنجاه (۶۵۰) ریال در ساعات اوج و عادی به هزار و سیصد (۱۳۰۰) ریال و برای ساعات کمباری از چهارصد و پنجاه (۴۵۰) ریال به نهمصد (۹۰۰) ریال تغییر می یابد. این ارقام برای سال ۱۳۸۷ تعیین شده و در سال های بعد بر اساس فرمول مصوب در آیین نامه اجرایی شرایط و تضمین خرید برق موضوع بند «ب» ماده (۲۵) قانون برنامه چهارم توسعه، موضوع تصویب نامه شماره ۱۶۸۲۵/ت/۳۳۱۸۸ هـ مورخ ۱۳۸۴/۴/۸ اصلاح خواهد شد.

۲- مابه التفاوت ناشی از اجرای این تصویب نامه از محل اعتبارات بند (۷) ماده واحده قانون بودجه سال ۱۳۸۷ کل کشور و با تصویب کارگروه مربوط در وجه شرکت توانیر به صورت هر سه ماه یکبار پرداخت می شود و در سال های بعد نیز در بودجه های سالیانه پیش بینی می شود.

۱۹-۲- قانون هدفمند کردن یارانه ها

نوع سند: قانون

تصویب کننده: مجلس شورای اسلامی

تاریخ: ۱۳۸۸/۱۰/۱۵

ماده ۸

ب) دولت مکلف است سی درصد (۳۰٪) خالص وجوه حاصل از اجرای این قانون را برای پرداخت کمک های بلاعوض، یا یارانه سود تسهیلات و یا وجوه اداره شده برای اجرای موارد زیر هزینه کند:

اصلاح ساختار فن آوری واحدهای تولیدی در جهت افزایش بهره‌وری انرژی، آب و توسعه تولید برق از منابع تجدیدپذیر

۲۰-۲- ابلاغیه اتصال به شبکه نیروگاه‌های تجدیدپذیر

نوع سند: ابلاغیه

تصویب کننده: توانیر

شماره: ۱۱/۳۹۳۳

تاریخ: ۱۳۹۱/۰۹/۱۹

شرایط مجوز اتصال به شبکه به شرح زیر ابلاغ می‌گردد:

- ۱- نیروگاه‌های کمتر از ۲۰ کیلووات نیاز به هماهنگی با شرکت توزیع برق دارد.
- ۲- نیروگاه‌های بین ۲۰ کیلووات تا ۲ مگاوات از شرکت توزیع برق مربوطه مجوز دریافت نماید.
- ۳- نیروگاه‌های ۲ مگاوات و بیشتر که به فیدر توزیع متصل می‌شود، پس از تأیید توسط شرکت توزیع از طریق معاونت هماهنگی توزیع مجوز دریافت نمایند.

۴- برای نیروگاه‌هایی که مستقیماً و یا از طریق فیدر اختصاصی به پست فوق توزیع و نیروگاه‌های ۷ مگاوات و بالاتر تا ۱۵ مگاوات که به ولتاژ اولیه و یا ثانویه پست‌های فوق توزیع متصل می‌گردند، پس از انجام مطالعات و تأیید شرکت برق منطقه‌ای ذیربط، مجوز از معاونت برنامه‌ریزی و توسعه شبکه دریافت گردد.

۵- برای نیروگاه‌های تجدیدپذیر ۱۵ مگاوات و بالاتر و یا نیروگاه‌هایی که به شبکه انتقال (بیشتر از ۱۳۲ کیلووات و با هر ظرفیتی حتی کمتر از ۱۵ مگاوات) متصل می‌گردند، پس از انجام مطالعات، مجوز معاونت برنامه‌ریزی و توسعه شبکه دریافت گردد.

۶- مطالعات مربوط به اتصال نیروگاه‌های تجدیدپذیر به شبکه پس از صدور موافقت اولیه و در مطالعات امکان‌سنجی، توسط سرمایه‌گذار و یا مشاور انتخابی سرمایه‌گذار انجام گیرد.

۷- معاونت برنامه‌ریزی و توسعه شبکه و یا شرکت‌های زیرمجموعه، اطلاعات پایه برای انجام مطالعات را در اختیار سرمایه‌گذار و یا مشاور انتخابی ایشان مطابق قوانین و مقررات قرار خواهند داد.

۸- موارد لازم برای انجام مطالعات شبکه به شرح زیر می‌باشد:

۸-۱- بررسی وضعیت موجود و طرح‌های آینده شرکت برق ذیربط (شامل نیروگاه، پست و خط)

۸-۲- مشخصات واحدهای نیروگاه تجدیدپذیر که برای انجام مطالعات اتصال به شبکه لازم می‌باشند (نظیر مگاوات و مگاوار تولیدی هر واحد، سال بهره‌برداری کل واحدها و ...)

۸-۳- بررسی موقعیت نیروگاه و ارائه طرح‌های اتصال نیروگاه به شبکه

۸-۴- مطالعات فنی شامل مطالعات پخش بار، اتصال کوتاه، پایداری و ...

۸-۵- آرایه طرح نهایی اتصال نیروگاه به شبکه و پیشنهادات لازم برای اتصال به شبکه

۸-۶- مطالعات مربوط به هارمونیک (به خصوص قبل از بهره‌برداری و اتصال نیروگاه به شبکه) جهت رعایت استانداردهای

وزارت نیرو

۲۱-۲- ابلاغیه اصلاح روند صدور موافقت‌نامه اولیه احداث نیروگاه‌های برق تجدیدپذیر

نوع سند: ابلاغیه

تصویب کننده: دفتر خصوصی‌سازی صنعت برق (وزارت نیرو)

شماره: ۹۱۵/۴۲۳۳۴/۳۹۰

تاریخ: ۱۳۹۱/۱۰/۱۳

به منظور تسریع در انجام مراحل صدور پروانه احداث نیروگاه های برق تجدیدپذیر و سهولت در کار متقاضیان، مقتضی است روند صدور موافقت نامه اولیه و پروانه احداث نیروگاه های برق تجدیدپذیر به شرح ذیل اصلاح می شود:

(۱) پس از بررسی صلاحیت متقاضیان در کمیته ارزیابی توانمندی متقاضیان غیردولتی و نیز مشخص شدن ساختگاه و

صدور مجوز انجام مطالعات امکان سنجی، بلافاصله موافقت نامه اولیه احداث توسط آن دفتر صادر شود.

(۲) برای صدور پروانه احداث نیروگاه های برق تجدیدپذیر، ارائه مدارک ذیل الزامی است:

- اسنادی مبنی بر اجازه استفاده از زمین از مراجع ذیربط
- مجوز زیست محیطی از سازمان حفاظت محیط زیست
- تأییدیه طرح اتصال به شبکه
- تأییدیه مطالعات امکان سنجی طرح از نظر طراحی فنی نیروگاه و میزان انرژی قابل استحصال
- برای نیروگاه های برق آبی کوچک: اخذ مجوزهای لازم (در صورت نیاز از قبیل «مجوز تخصیص آب» و «مجوز ساخت و ساز در حریم بستر رودخانه») از مراجع ذیربط.

ضمناً به پیوست متن جدید فرم موافقت نامه اولیه احداث ارسال می شود.

بدیهی است، از تاریخ صدور این ابلاغیه، ابلاغیه های شماره ۴۹۲۳/۳۵۰ به تاریخ ۱۳۸۹/۰۱/۲۴ و شماره ۳۱۷۰/۳۵۰ به تاریخ ۱۳۸۹/۰۱/۲۱ فاقد اعتبار هستند.

۲-۲۲- طرح نیروگاه های انرژی های نو

نوع سند: طرح

تصویب کننده: مجموعه شرکت توانیر

تاریخ شروع طرح: ۱۳۹۱/۰۲/۳۱

شرح وظایف

۱- اطلاع رسانی، بسترسازی و برنامه ریزی جهت توسعه نیروگاه های تجدیدپذیر و طرح تولید پراکنده

۲- انجام هماهنگی لازم با ارگانهای ذیربط جهت تسهیل در امور متقاضیان احداث نیروگاههای تجدیدپذیر و طرح تولید پراکنده

۳- ارائه اطلاعات و همکاری در تدوین اهداف، لوایح قانونی، مقررات، سیاستها و ...

۴- تدوین و ایجاد رویه های اجرایی مورد نیاز

۵- ایجاد هماهنگی لازم با شرکت های برق منطقه ای و توزیع نیروی برق

۶- پیش بینی بودجه و اعتبارات مورد نیاز

۷- بررسی مدارک و مستندات جهت صدور موافقتنامه و پروانه احداث

۸- آماده سازی قراردادهای خرید تضمینی برق

۹- نظارت عالیه بر قراردادهای خرید تضمینی برق

۱۰- همکاری در تدوین استاندارد و معیارهای فنی مرتبط با نیروگاه های تجدیدپذیر و طرح تولید پراکنده

هدف

در سال های اخیر روند رو به رشد مصرف انرژی پدیده بحران انرژی را در جهان به وجود آورده است. مطالعات نشان می دهد منابع انرژی فسیلی بعد از سال ۲۱۰۰ میلادی عملاً قابل استفاده نیستند یا هزینه بالای استخراج، اجازه بهره برداری از آن را نمی دهد. از سوی دیگر خطرات ناشی از آلودگی محیط زیست از جمله عللی است که استفاده از منابع انرژی فسیلی را محدود می سازد؛ لذا برنامه ریزی جهت افزایش راندمان و بهره گیری از انرژی های تجدیدپذیر به عنوان سیاست های راهبردی صنعت برق مورد توجه می باشد.

طرح تولید پراکنده و انرژی های نو به منظور توسعه تولید پراکنده در کشور و همچنین افزایش سهم تولید برق کشور از انرژی های تجدیدپذیر در شرکت توانیر ایجاد گردیده است.

۲۳-۲- مصوبه شورای عالی اداری در خصوص انجام مطالعات و تحقیقات درباره انرژی های نو (تجدیدپذیر) و بهره برداری مؤثر از آن در کشور

نوع سند: مصوبه

تصویب کننده: وزیر نیرو (حمید چیت چیان)

شماره: ۹۲/۳۷۵۳۴/۲۰/۱۰۰

تاریخ: ۱۳۸۳/۰۹/۲۱

شورای عالی اداری در صد و بیست و یکمین جلسه مورخ ۱۳۸۳/۰۹/۲۱ بنا به پیشنهاد سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور و به منظور ایجاد انسجام تشکیلاتی در ساختار دولت و استفاده بهینه از منابع مالی، فیزیکی، انسانی و اطلاعاتی در رابطه با انجام مطالعات و تحقیقات درباره انرژی های نو (تجدیدپذیر) و بهره برداری مؤثر از آن در کشور و جلوگیری از تداخل وظایف بین دستگاه های آرایبی و در اجرای بند «ش» تبصره ۱۲ قانون بودجه سال ۱۳۸۳ کل کشور، تصویب نمود:

۱- کلیه مأموریت ها و فعالیت های قانونی مربوط به انرژی های نو (تجدیدپذیر) و امور سیاست گذاری، برنامه ریزی نظارت و حمایت از فعالیت های مربوط در بخش غیردولتی در وزارت نیرو متمرکز می گردد.

تبصره ۱: وزارت نیرو مکلف است برای انجام تصدی های مربوط به استفاده از انرژی های نو با حمایت از بخش خصوصی، زمینه را برای واگذاری این گونه امور به بخش غیردولتی فراهم نماید و پروژه های عملیاتی و توسعه فن آوری خود را از طریق عقد قرارداد با بخش غیردولتی انجام دهد.

تبصره ۲: وزارت نیرو می تواند برای تقویت پژوهش های مربوط به انرژی های نو (تجدیدپذیر) از طریق عقد قرارداد با دانشگاه ها و مراکز و مؤسسات پژوهشی دولتی و غیردولتی و سایر سازمان ها نسبت به انجام مطالعات و تحقیقات لازم درباره انرژی های نو (تجدیدپذیر) اقدام نماید.

تبصره ۳:

۱- امور مربوط به حمایت از بهینه سازی مصرف سوخت های فسیلی مانند تولید آبگرمکن های خورشیدی، حمام های روستایی و پمپ های بادی آبکش، با رویکرد سفارش کار به بیرون کماکان در وزارت نفت (سازمان بهینه سازی مصرف سوخت) انجام خواهد شد.

۲- کلیه وظایف، فعالیتها، مسئولیت‌های قانونی، اعتبارات، نیروی انسانی و امکانات و تجهیزات سازمان انرژی اتمی ایران، وزارت جهاد کشاورزی در رابطه با امور انرژی‌های نو (تجدیدپذیر) به وزارت نیرو منتقل می‌شود.

۳- برای تعیین تکلیف اعتبارات، نیروی انسانی، امکانات و تجهیزات دستگاههایی که در اجرای این مصوبه قابل انتقال به وزارت نیرو می‌باشند، کمیته‌ای متشکل از نمایندگان تام‌الاختیار وزارت نیرو، سازمان انرژی اتمی ایران، وزارت جهاد کشاورزی، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور و وزارت امور اقتصادی و دارایی تشکیل و ظرف مدت سه ماه نسبت به آن تصمیم‌گیری خواهند نمود.

۴- به منظور اجرای این مصوبه، در صورتی که نیاز به اصلاحات در ساختار سازمانی دستگاه‌های وابسته به وزارت نیرو باشد، وزارت مذکور می‌تواند با رعایت سیاست‌های تعیین شده، ساختار سازمانی مناسب را تنظیم و به سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور پیشنهاد نماید. این پیشنهاد نباید منجر به گسترش تشکیلات شود.

۵- سازمان انرژی اتمی ایران و وزارت جهاد کشاورزی موظفند متناسب با مفاد این مصوبه حداکثر ظرف مدت ۳ ماه نسبت به بازنگری و تحدید تشکیلات مربوط، اقدام و پیشنهاد لازم را برای تأیید به سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور ارائه نمایند.

۶- سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور موظف است گزارش اجرای این مصوبه را ظرف مدت ۴ ماه به شورای عالی اداری ارائه نماید.

۲۴-۲- قوانین بودجه

الف) قانون بودجه سال‌های ۱۳۸۳ و ۱۳۸۴ کشور در رابطه با تولید و مصرف انرژی با تأکید بر بهینه‌سازی مصرف انرژی

نوع سند: قانون دائمی

تصویب کننده: مجلس شورای اسلامی

تاریخ: ۱۳۸۴-۱۳۸۳

بند الف تبصره ۱۲- به منظور تشویق صنایع در امر بهینه‌سازی مصرف انرژی و همچنین ترویج انرژی‌های تجدیدپذیر، طرحی تحت عنوان یارانه سود تسهیلات برای کاهش شدت انرژی در نظر گرفته شود.

ب) قانون بودجه سال ۱۳۹۲

نوع سند: قانون

تصویب کننده: مجلس شورای اسلامی

تاریخ: ۱۳۹۲/۰۳/۱۹

عطف به نامه شماره ۲۴۱۶۵۰ مورخ ۱۳۹۱/۱۲/۰۹ در اجرای اصل یکصد و بیست و سوم (۱۲۳) قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران، قانون بودجه سال ۱۳۹۲ کل کشور که به عنوان لایحه به مجلس شورای اسلامی تقدیم گردیده بود، با تصویب در جلسه علنی روز یکشنبه مورخ ۱۳۹۲/۰۳/۱۹ و تأیید شورای محترم نگهبان، به پیوست ابلاغ می گردد.

ماده ۱۹

به منظور اجرای طرح های افزایش بازدهی نیروگاه ها با اولویت نصب بخش بخار در نیروگاه های سیکل ترکیبی، توسعه استفاده از انرژی های تجدید پذیر، کاهش تلفات، بهینه سازی مصرف، صرفه جویی در مصرف سوخت مایع و افزایش سهم صادرات سوخت، به وزارت نیرو اجازه داده می شود تا سقف یکصد و بیست هزار میلیارد (۱۲۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰) ریال به روش بیع متقابل با سرمایه گذاران بخش های خصوصی و عمومی قرارداد اجرای طرح های افزایش بازدهی و تولید نیروگاه های بخش دولتی و خصوصی، توسعه نیروگاه های تجدید پذیر، کاهش تلفات و بهینه سازی مصرف انرژی با اولویت استفاده از تجهیزات ساخت داخل منعقد نماید.

دولت مکلف است در قبال این تعهد، سوخت مایع (نفت گاز) صرفه جویی شده یا معادل آن نفت خام را با محاسبه میزان صرفه جویی حاصله در مدت حداکثر دو سال به سرمایه گذاران تحویل نماید. آیین نامه اجرائی این بند توسط وزارتخانه های نیرو و نفت حداکثر دو ماه پس تصویب این قانون با تأیید معاونت به تصویب هیأت وزیران می رسد.

ماده ۲۶

دولت موظف است در ازای برقی کردن چاه های کشاورزی با منابع انرژی نوین (از جمله انرژی خورشیدی) به جای استفاده از سوخت های فسیلی (نفت گاز) مبلغ معادل پرداختی بابت یارانه سوخت را به شرکت های تولیدی سیستم برق از جمله خورشیدی پرداخت نماید و تجهیزات مربوطه را به کشاورزان تحویل نماید.

ماده ۶۹

وزارت نیرو موظف است علاوه بر دریافت بهای برق به ازای هر کیلووات ساعت برق فروخته شده مبلغ سی (۳۰) ریال به عنوان عوارض برق در قبوض مربوطه درج و از مشترکین برق به استثنای مشترکین خانگی روستایی دریافت نماید. وجوه حاصله به حساب شرکت توانیر نزد خزانه داری کل کشور واریز و عین وجوه دریافتی صرفاً بابت حمایت از توسعه و نگهداری شبکه های روستایی و تولید برق تجدیدپذیر و پاک هزینه می شود. منابع مذکور به عنوان درآمد شرکت های ذیربط محسوب نمی شود.

وضعیت پرداخت از محل صورت وضعیت های ارایه شده

- صورت وضعیت شماره ۱ به مبلغ ۲۳۸۹۳ میلیون ریال به شرکت توزیع مازندران پرداخت شد.
- صورت وضعیت شماره ۲ به مبلغ ۲۱۱۷۳ میلیون ریال به شرکت های توزیع اردبیل، استان اصفهان، کهگیلویه و بویراحمد پرداخت شد.
- صورت وضعیت شماره ۳ به مبلغ ۱۳۹۵۸۸ میلیون ریال به شرکت های توزیع همدان، لرستان، اهواز، کردستان، فارس، شمال کرمان، جنوب کرمان و گیلان پرداخت شد.
- صورت وضعیت شماره ۴ به مبلغ ۲۳۷۱۱۷ میلیون ریال به شرکت های توزیع آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، استان اصفهان، شهرستان اصفهان، چهارمحال و بختیاری، مرکزی، نواحی تهران، خراسان رضوی، خراسان جنوبی، خراسان شمالی، کهگیلویه و بویراحمد، زنجان، کرمانشاه، سیستان و بلوچستان، شیراز، غرب مازندران، گلستان و هرمزگان در دست پیگیری و پرداخت می باشد.
- صورت وضعیت شماره ۵ به مبلغ ۱۶۷۳۷۷ میلیون ریال به شرکت های توزیع تبریز، قم، مشهد، خوزستان، کهگیلویه و بویراحمد، زنجان، ایلام، فارس، هرمزگان و یزد در دست پیگیری و پرداخت می باشد.
- صورت وضعیت شماره ۶ به مبلغ ۱۴۵۹۵۰ میلیون ریال به شرکت های توزیع نیروی برق آذربایجان غربی، مشهد، خراسان رضوی، اهواز، کهگیلویه و بویراحمد، زنجان، سمنان، بوشهر، استان مازندران، گلستان و هرمزگان در دست پیگیری و پرداخت می باشد.

۲۵-۲- برنامه کاهش آلودگی هوا در هشت شهر بزرگ کشور

نوع سند: مصوبه

تصویب کننده: هیئت وزیران

شماره: ت/۴۶۳۲۰

تاریخ: ۱۳۹۰/۱۲/۱۶

۱۱- به منظور جایگزینی انرژی های فسیلی با انرژی های نو و تجدیدپذیر در کلیه اماکن شهری، وزارت کشور (سازمان شهرداری ها و دهیاری ها) مکلف است با همکاری وزارت نیرو و سازمان حفاظت محیط زیست، سازوکارهای اجرایی و تشویقی لازم را ظرف مدت سه ماه پس از ابلاغ این تصویب نامه تهیه و اجرا نماید.

۱۵- فرایند احتراقی تمام کارخانه ها، کارگاه ها و واحدهای تولیدی مستقر در محدوده و حریم شهرها از ابتدای سال ۱۳۹۲ باید با انرژی های تجدیدپذیر یا گاز انجام شود. وزارت صنعت، معدن و تجارت مسئول اجرای این بند می باشد.
تبصره ۱- وزارتخانه های نیرو و نفت مکلفند نسبت به تأمین انرژی یا گاز مورد نیاز اقدام کنند.

۱۶- وزارتخانه های نفت و نیرو مکلفند نسبت به تأمین سوخت گاز نیروگاه ها با اولویت نیروگاه های شازند اراک، اسلام آباد و شهید منتظری اصفهان و شهید منتظر قائم کرج اقدام نمایند.

تبصره - وزارت نیرو مکلف است با تسریع در احداث نیروگاه های برق تجدیدپذیر از فعالیت های اجبای نیروگاه های یادشده با سوخت مازوت جلوگیری نموده و همزمان نسبت به نصب تجهیزات کاهش دهنده آلاینده های زیست محیطی در آنها اقدام نمایند.

۲۶-۲- پروژه طراحی و استقرار پایگاه تحلیلی قوانین و مقررات علم، فن آوری و نوآوری کشور

نوع پروژه: کاربردی

حوزه کاری: مطالعات راهبردی فن آوری

مجری: گروه مطالعات راهبردی پژوهشکده مطالعات فن آوری - ریاست جمهوری

تاریخ: شهریورماه ۱۳۹۲

شرح مختصر

تقابل آراء در موارد مختلف حقوقی مرتبط با علم و فن آوری، مثل حمایت از مالکیت فکری، حمایت از شرکت های دانش بنیان و از طرفی تدوین قوانین و مقررات علم و فن آوری توسط نهادهای مختلف که آراء متفاوت و بعضاً متقابلی نسبت به یکدیگر دارند، باعث شکل گیری بدنه ای از قوانین و مقررات و اسناد علم و فن آوری کشور در سطوح مختلف شده است که بعضاً از یکپارچگی برخوردار نیستند و در برابر یکدیگر قرار می گیرند.

تنقیح موارد اختلاف و رفع چنین وضعیت نامطلوبی تنها با ایجاد تعامل بین مکاتب و نهادهای مرتبط صورت خواهد گرفت. از این رو به نظر می رسد علاوه بر سیاست پژوهی مستمر برای رصد، ارزیابی و تولید گزینه های سیاستی جدید، ایجاد یک شبکه از بازیگران مرتبط و تسهیل گری برای ایجاد گفتمان بین آنها و رفع تضادها و تقابل های نامطلوب در حال حاضر راهگشای حرکت به سمت وضعیت بهتر خواهد بود.

پژوهش حاضر بر اساس دو محور اقدام پژوهی و شبکه سازی، سعی در جمع آوری و به اشتراک گذاری قوانین و مقررات مرتبط با علم و فن آوری کشور، و سپس تلاش برای تنقیح و رفع تقابل های نامطلوب خواهد داشت. طراحی و استقرار وبسایت جامع قوانین و مقررات علم و فن آوری، تکمیل و نمایه داده های مربوطه در وبسایت، گردآوری و ایجاد تعامل بین بازیگران حوزه حقوق و سیاست گذاری علم و فن آوری از مهم ترین ارکان این طرح خواهند بود.

ضرورت و اهداف

- فقدان بستر اطلاعاتی برای مراجعه کنشگران علم و فن آوری کشور
- نبود نهاد تخصصی برای تحلیل و تنقیح قوانین علم و فن آوری (نگاه ملی به تدوین قوانین)
- نبود سازوکاری برای بازخورد و اصلاح قوانین مصوب (یادگیری)
- لزوم ایجاد تعامل و تضارب آراء درباره ی قوانین علم و فناوری

مراحل انجام پروژه

الف) طراحی مدل اجرایی پروژه

- ۱- بررسی پیشینه فعالیت های انجام شده
- ۲- طراحی سازوکارهای لازم مثل بازاریابی سایت، پایایی، ایجاد تعامل، انگیزه بخشی برای مراجعه به پایگاه، سیاست های انتشار

ب) گردآوری و تجزیه قوانین و مقررات (موجود و یا در حال تدوین و تصویب)

- ۱- اسناد سیاستی ملی / قوانین مجلس / مصوبات شوراهای عالی در سطح ملی نظیر:
 - قانون حمایت از شرکتها و مؤسسات دانش بنیان و تجاری سازی نوآوری ها و اختراعات
 - سند نقشه جامع علمی کشور
 - فصل دوم از برنامه پنجم توسعه
 - بندهای مرتبط از قانون بودجه در حوزه علم و فن آوری
 - سیاست های کلان ابلاغی از سوی مقام معظم رهبری نظیر سیاست های تولید ملی و حمایت از کار و سرمایه ایرانی
- و....
- اسناد موضوعی و بخشی که در سطح ملی تأثیرگذارند همچون: نظام جامع فن آوری اطلاعات کشور (سند راهبردی)، سند راهبردی توسعه فن آوری نانو، سند راهبردی پژوهش و فن آوری صنعت نفت، سند جامع توسعه هوافضای کشور، سند علوم شناختی، سند زیست فن آوری

- ۲- مصوبات دولت در سطح هیأت وزیران نظیر ضوابط اجرایی قوانین بودجه و غیره.
- ۳- مصوبات معاونت علمی، مصوبات وزارت علوم، مصوبات وزارت صنایع (تا ۳۰ مصوبه کلیدی)
- ۴- مصوبات قوه قضائیه مرتبط با ثبت اختراع همچون قانون ثبت اختراعات کشور

ج) تحلیل، نقد و بررسی

۲-۲۷- مصوبه هیأت وزیران درباره الزام دستگاه های اجرایی برای مقابله مؤثر با آلودگی هوا

نوع سند: مصوبه

تصویب کننده: هیأت وزیران

شماره: ۱۳۷۸۲/ت/۴۹۹۵۲ه

تاریخ: ۱۳۹۳/۲/۱۰

هیأت وزیران در جلسه ۱۳۹۳/۱/۲۴، به پیشنهاد شماره ۹۲/۴۴۹۶۱ مورخ ۱۳۹۲/۱۱/۲۷ سازمان حفاظت محیط زیست و به استناد اصل یکصد و سی و هشتم قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران تصویب کرد:

۱- دستگاه های اجرایی موظفند با توجه به لزوم اهتمام جدی برای مقابله مؤثر با آلودگی هوا، اقدامات مندرج در جدول

پیوست ۱ را که تأیید شده به مهر «دفتر هیأت دولت» است طی زمان بندی تعیین شده محقق نمایند.
جدول (۲-۴) - پیوست یک مصوبه هیأت وزیران درباره الزام دستگاه های اجرایی

برای مقابله مؤثر با آلودگی هوا

ردیف	نام فعالیت	مجری	ناظر	زمان بندی
سوخت				
۵-۱	اختصاص حداقل ۱۰ درصد از ظرفیت های جدید تولید برق به نیروگاه های بادی، خورشیدی، زیست توده و زمین گرمایی و حمایت از توسعه شبکه هوشمند انرژی	وزارت نیرو با همکاری معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری	سازمان حفاظت محیط زیست	۶۰ ماه
منابع ساکن				

زمان بندی	ناظر	مجری	نام فعالیت	ردیف
۶ ماه	سازمان حفاظت محیط زیست	وزارت نیرو- وزارت نفت	توسعه استفاده از واحدهای تولید همزمان برق، برودت و گرمایش به میزان حداقل سالانه ۲۰۰ مگاوات	۴-۳

۲-۲۸- اولویت های تحقیقاتی و فن آوری مصوب کمیسیون های تخصصی شورای عالی علوم، تحقیقات و فن آوری (عتف)

۱- کمیسیون تخصصی انرژی

الف) اولویت های کمیسیون تخصصی انرژی

۷- توسعه فناوری های تبدیل انرژی های تجدیدپذیر

۱۷- فناوری های کاهش آلاینده ها و گازهای گلخانه ای در جانب عرضه و تقاضای انرژی

ب) طرح کلان ملی کمیسیون تخصصی انرژی

برق و انرژی

۸- توسعه فناوری ذخیره سازی برق

فرابخشی و محیط زیست

۱- تدوین راهبرد جامع انرژی و یکپارچه سازی اسناد پیشین با تأکید بر افزایش سهم ایران در بازار جهانی انرژی

۲- برنامه جامع کاهش آلاینده های ناشی از تولید و مصرف انرژی

۳- کمیسیون تخصصی صنایع، معادن و ارتباطات

الف) اولویت های راهبردی پژوهش و فناوری

صنعت آب و برق

ایجاد تنوع در منابع انرژی کشور و استفاده از آن با رعایت مسائل زیست محیطی و تلاش برای افزایش انرژی های تجدید پذیر با اولویت انرژی های آبی

سیاست های تشویقی برای توسعه نیروگاه های با مقیاس کوچک تولید توسط بخش غیردولتی

(ب) سایر اولویت های پژوهشی

جدول (۵-۲) - سایر اولویت های پژوهش و فناوری به تفکیک رشته و صنایع

<ul style="list-style-type: none"> ✓ افزایش سهم انرژی های (نولسته ای، خورشیدی، بادی، زمین گرمایی، امواج و ...) با توجه به وجود پتانسیل مناسب اینگونه انرژی ها در کشور ✓ کنترل آلودگی هوا در کلیه واحدهای صنعتی به نحوی که در سال ۱۴۰۴ واحد صنعتی آلاینده نداشته باشیم ✓ ارتقاء سطح استانداردها و آلودگی در خودروهای تولید داخل به حدود استانداردهای جهانی ✓ احداث نیروگاه های با سوخت پاک مانند نیروگاه هیدروژن پیل سوختی و نیروگاه هسته ای و جایگزینی نیروگاه های سوخت فسیلی با آنها ✓ تدوین و ارائه استانداردهای مربوط به حد مجاز آلاینده ها در منابع مختلف 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ حذف استفاده از ازیست و سایر آلاینده های جوی در کارخانجات و استفاده از جایگزین های مناسب و سازگار با محیط زیست ✓ بهره گیری افزونتر از فناوری های نوین و پاک برای کاهش تولید گازهای گلخانه ای ✓ ایجاد ظرفیت های لازم در صنایع کشور جهت بهبود جذب پروژه های CDM در راستای توانمندسازی کشور، کاهش انتشار و به حداقل رساندن آسیب های ناشی از آن ✓ جایگزینی مکانیسم های کنونی با مکانیسم های تولید پاک ✓ نظام یکپارچه حمل و نقل ایمن مواد شیمیایی خطرناک در کشور 	<p>محیط زیست</p>
<ul style="list-style-type: none"> ✓ ایجاد زمینه های لازم برای توسعه روش های آبیاری نوین ✓ مطالعه و هماهنگی در اجرای طرح های آبخیزداری جهت جلوگیری از فرسایش و تخریب خاک و رسوب گذاری در مخازن سدها، آبراه ها، سواحل و رودخانه ها و تنظیم رژیم روان آبها. ✓ استفاده از فن آوری های جدید و انتقال تکنولوژی ✓ احداث نیروگاه توسط بخش غیردولتی ✓ اولویت در تکمیل و اجرای طرحها و پروژه های مکمل در بخش آب و اجرای همزمان تأسیسات ذخیره سازی با شبکه و خطوط انتقال ✓ دستیابی به روش ها و فناوری های نوین جهانی (انتقال فناوری و دانش فنی به کشور) و همگام سازی با روند سریع پیشرفت جهانی ✓ به روزسازی آموزش های مرتبط با فناوری های جدید 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ آموزش و تحقیق در بخش علوم مهندسی آب در استحصال، بهره برداری و مصارف آب ✓ طرحهای انتقال بین حوضه های منابع آب با توجه به طرحهای در دست اجرا از دیدگاه توسعه پایدار و تأمین نیازهای شرب و یا صنایع با کارایی زیاد و آلودگی کم ✓ ارتقاء دانش علمی و فنی و آگاهی های عمومی در جهت توسعه، بهره برداری و حفاظت کمی و کیفی منابع آب سطحی و زیرزمینی و سواحل دریا و دریاچه ها، ذخیره های آبی طبیعی و مصنوعی و اکوسیستم های آبی برای بهره برداری بهینه از منابع آب ✓ احداث نیروگاه ها با راندمان بالاتر مانند نیروگاه های سیکل ترکیبی ✓ انجام عملیات سازمانی، تعمیر و نگهداری پیشرفته و به روز مبتنی بر مهندسی 	<p>صنعت آب و برق</p>
<ul style="list-style-type: none"> ✓ معرفی و اشاعه فناوری های افزایش بازده و بازیافت انرژی در بخش عرضه ✓ توسعه و ترویج سیستم های تولید همزمان برق، حرارت و پروت ✓ انتقال فن آوری و دانش فنی به کشور در عرصه هایی که هنوز نیاز به ورود فن آوری خارجی می باشد ✓ بهره گیری از فن آوری نوین در راستای بازچرخانی پساب های در چرخه مصرف ✓ استفاده از فناوری های جدید در زمینه باروری ابرها و جمع آوری باران در مناطق مستعد کشور ✓ بهره گیری از فناوری نوین در راستای بازچرخانی پساب ها و بهره برداری صحیح از پساب های تصفیه شده در چرخه مصرف ✓ ظرفیت سازی در صنعت آب کشور به منظور همگام سازی پژوهش با روند پیشرفت های جهانی ✓ توجه به تولید برق آبی (به عنوان یکی از منابع انرژی پاک و تجدید پذیر) حاصله از سدهای ساخته شده و در دست احداث با رعایت توجیه اقتصادی و زیست محیطی ✓ ارتقا و انتقال دانش فنی در بخش طراحی و مهندسی 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ ارزش ✓ طرحهای انتقال آب بین حوضه ای از دیدگاه توسعه پایدار، با رعایت حقوق ذی نفعان و برای تأمین نیازهای مختلف مصرف، مشروط به توجهات فنی، اقتصادی، اجتماعی و منافع ملی مورد نظر قرار گیرد. ✓ تهیه و اجرای برنامه های مدیریت خشکسالی و سیلاب با مشارکت کلیه دستگاه های ذی ربط و با تکیه بر مدیریت پیشگیری (ریسک) انجام پذیرد. ✓ ارتقاء توانایی ها و دانش علمی و فنی جهت دستیابی به روش های نوین تولید و استحصال آب شربین (باروری ابرها بهره برداری از رطوبت هوا، آب شربین کن های خورشیدی، ... به روش تیخیر و تعرق و ...) ✓ ایجاد سامانه های نوین تأمین و توزیع آب شرب (نظیر سیستم های دوگانه و آب بسته بندی در مناطق فاقد آب با کیفیت بالا) ✓ اولویت بخشی به اعمال روش های فراگیر مدیریت تقاضا و مصرف آب نسبت به مدیریت تأمین آب در تخصیص منابع مالی ✓ دستیابی به روش ها و فناوری نوین جهانی (انتقال فناوری و دانش فنی به کشور) و همگام سازی با روند سریع پیشرفت های جهانی ✓ مکانیزه کردن سیستم کنترل و توزیع برق 	<p>صنعت آب و برق</p>

۵- کمیسیون تخصصی کشاورزی آب و منابع طبیعی

اولویت های تحقیقاتی و فن آوری کمیسیون تخصصی کشاورزی آب و منابع طبیعی

حوزه مشترک

۲- توسعه و استفاده از فناوری های نوین در کشاورزی، آب، فاضلاب، محیط زیست و منابع طبیعی

۷- شناسایی الگوهای پدافند غیرعامل و مدیریت بحران در بخش کشاورزی، آب، منابع طبیعی و محیط زیست

ماشین آلات و تجهیزات

۲- توسعه فناوری های نوین، بهبود مکانیزاسیون و روش های کاهش مصرف انرژی با تأکید بر انرژی های تجدیدپذیر

۳- سند راهبرد ملی و نقشه راه توسعه فن آوری های مرتبط با زمین گرمایی در ایران

۱-۳- نتیجه گیری

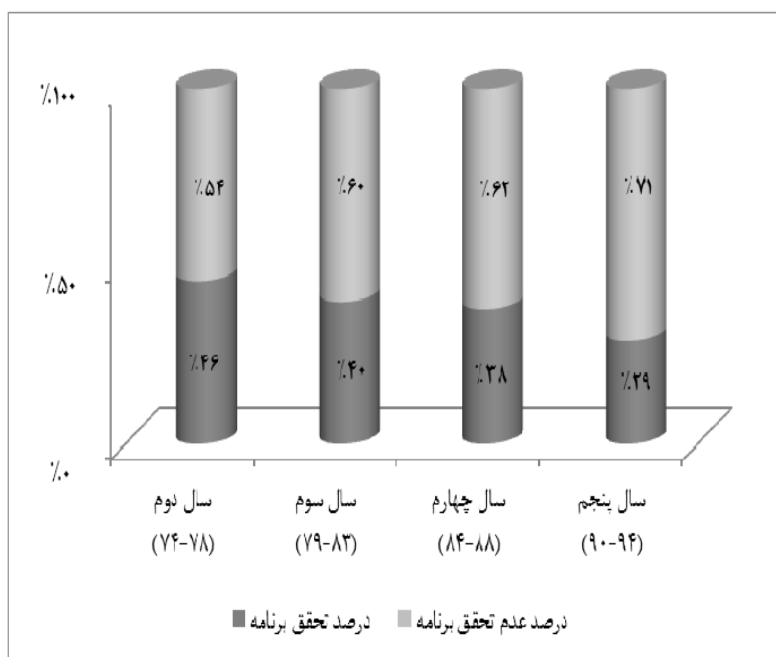
انرژی یک نیاز اساسی در استمرار توسعه اقتصادی و تأمین رفاه زندگی بشری است. این در حالی است که امروزه با توجه به مسائلی نظیر ازدحام جمعیت، رشد اقتصادی و ضریب مصرف، و در مقابل محدودیت دوام ذخایر فسیلی و نگرانی های زیست محیطی دیگر نمی توان به الگوهای متداول مصرف انرژی متکی بود [۱]. با توجه به وابستگی بسیار زیاد پشتوانه اقتصادی و سیاسی کشورها به میزان بهره‌وری آنان از منابع فسیلی، محدودیت و در عین حال مرغوبیت منابع فسیلی، تأکید بر اهمیت کاربرد منابع مذکور در مصارفی بهتر از احتراق دارد. ایران نیز از این قاعده مستثنی نیست. این در حالی است که سیاست انرژی ایران عمدتاً بر رشد تأمین انرژی مورد نیاز از طریق نفت و در سالیان اخیر بر توسعه گاز طبیعی متمرکز شده است، و روند موجود در کشور می تواند ایران را با وجود منابع غنی نفت و گاز تا قبل از افق ۱۴۰۰ از یک کشور صادرکننده انرژی به یک کشور واردکننده تبدیل کند [۲]. لذا، با توجه به نقش حیاتی انرژی برای جوامع بشری و تضمین حضور بلندمدت ایران در بازارهای بین المللی انرژی، اصلاح الگوی مصرف و اجرای راهکارهای بهینه سازی مصرف انرژی امری ضروری است.

راهکارهای اجرایی بهبود و ارتقاء کارایی انرژی را می توان در دو بخش عمده راهکارهای قیمتی و غیرقیمتی بررسی کرد. دسته اول، سیاست های قیمت گذاری را در بردارد که با توجه به پیچیدگی های خاص اقتصاد ایران کمتر مورد توجه قرار می گیرد. از این حیث، شناسایی راهکارهای غیرقیمتی گزینه مناسب تر و سهل الوصول تری به نظر می رسد. یکی از انواع این راهکارها،

بهره گیری از منابع تجدیدپذیر شامل انرژی خورشیدی، بادی، زیست توده، انرژی هیدروژنی (پیل سوختی)، زمین گرمایی، آبی و دریایی می باشد که در صورت وجود پتانسیل در منطقه و اقتصادی بودن استفاده از آن، بهترین جایگزین برای انرژی های فسیلی به شمار می رود [۳].

با توجه به پتانسیل بالای منابع تجدیدپذیر در ایران و حرکت تدریجی به سمت واقعی شدن قیمت حامل های انرژی، انتظار می رود با توسعه بهره برداری از انرژی های نو در جمهوری اسلامی ایران بتوان بسیاری از چالش ها را شناسایی و راهکارهای مناسب را تبیین نمود. با وجود تدوین اسناد بالادستی متعدد در این حوزه که در فصول قبل به بررسی آن ها پرداخته شد، وضعیت کنونی کشور حاکی از آن است که سهم انرژی های تجدیدپذیر از سبد انرژی کشور بسیار ناچیز بوده و با توجه به آمار موجود، تنها ۳۸٪ از برنامه چهارم توسعه (۱۳۸۸-۱۳۸۴) در بخش ساخت، تولید و احداث نیروگاه های تجدیدپذیر محقق شده است. میزان تحقق اهداف دوره های دوم تا پنجم برنامه توسعه کشور در نمودار (۱-۳) نشان داده شده است [۴].

مهم ترین علت در عدم دستیابی به اهداف تعیین شده به ویژه در برنامه های توسعه ایران در حوزه انرژی های تجدیدپذیر را می توان منوط به نبود برنامه ریزی تفصیلی برای هر یک از منابع مذکور به صورت مجزا دانست و با توجه به محدودیت منابع پروژه ای موجود در کشور (شامل سرمایه مالی، دانش و نیروی متخصص) ضرورت اولویت بندی فن آوری های متعدد موجود برای هر یک با در نظر گرفتن مجموعه ای از معیارهای اثرگذار شامل عوامل اجتماعی، اقتصادی، سیاسی، فن آوری، سوانح طبیعی، و زیست محیطی احساس می شود.



شکل (۱-۳) - نمودار درصد تحقق اهداف دوره های متمایز برنامه توسعه ایران در زمینه احداث عملی نیروگاه های تجدیدپذیر

با تکیه بر مطالب یاد شده و به منظور سیاست گذاری متمرکز، جهت‌دهی و نیز هماهنگی فعالیت‌های توسعه فن‌آوری و تخصیص بهینه منابع، گروه انرژی‌های نو پژوهشکده انرژی و محیط زیست در پژوهشگاه نیرو مبادرت به تدوین نقشه راه و سند راهبرد ملی توسعه فن‌آوری زمین‌گرمایی کشور به عنوان سند بالادستی در این حوزه نموده است.

نقشه‌های راهی که در ابعاد ملی ترسیم می‌شوند، عموماً با هدف آینده‌نگری و به منظور برنامه‌ریزی در یک دوره زمانی بلندمدت (حداقل ۱۰ سال) تدوین می‌گردند. در توضیح بیشتر، این افق زمانی در اغلب موارد وابسته به افق زمانی چشم‌انداز است چرا که نقشه راه مسیری را جهت رسیدن به چشم‌انداز مشخص می‌نماید [۵]. از این حیث و در راستای تحقق چشم‌انداز بیست ساله کشور (سند ملی چشم‌انداز جمهوری اسلامی ایران در افق ۱۴۰۴)، افق زمانی ۱۰ ساله برای سند حاضر متصور می‌باشد و اهداف کلی آن عبارت است از:

- بررسی اهمیت فن‌آوری زمین‌گرمایی در ایران و تعیین نحوه برخورد کشور با آن
- تعیین اولویت‌های تحقیقاتی، پژوهشی و اجرایی در حوزه فن‌آوری‌های زمین‌گرمایی
- جلوگیری از فعالیت‌های موازی و ارائه ارکان جهت‌ساز در این خصوص
- تعیین راهکارهای اجرایی توسعه زمین‌گرمایی و تدوین مکانیزم ارزیابی در جهت نظارت بر روند پیشرفت آن در کشور

همچنین شرح اجمالی مراحل اجرایی پروژه تعریف شده در راستای تدوین سند راهبرد ملی توسعه فن‌آوری زمین‌گرمایی کشور، در جدول (۳-۱) خلاصه شده است.

جدول (۱-۳) - مشخصات اجرایی پروژه

شماره مرحله	عنوان / توضیحات
۱	تدوین مبانی سند توسعه فن آوری های مرتبط با انرژی زمین گرمایی ۱-۱- تبیین ابعاد موضوع و محدوده مطالعات ۱-۲- تبیین مشخصه های فن آوری های مرتبط با انرژی زمین گرمایی
۲	هوشمندی فن آوری های مرتبط با انرژی زمین گرمایی ۲-۱- شناسایی حوزه های فن آوران انرژی زمین گرمایی ۲-۲- آینده پژوهی فن آوری های مرتبط با انرژی زمین گرمایی
۳	تدوین ارکان جهت ساز ۳-۱- تدوین چشم انداز فن آوری های مرتبط با انرژی زمین گرمایی ۳-۲- تعیین اهداف کلان توسعه فن آوری های مرتبط با انرژی زمین گرمایی ۳-۳- تدوین راهبردهای توسعه فن آوری های مرتبط با انرژی زمین گرمایی ۳-۴- تدوین سیاست های کلان توسعه فن آوری های مرتبط با انرژی زمین گرمایی
۴	تدوین برنامه اقدامات و سیاست ها ۴-۱- تدوین اهداف خرد (کمی و کیفی) ۴-۲- تدوین اقدامات ۴-۳- تدوین سیاست های اجرایی
۵	تدوین ره نگاشت (نقشه راه) و برنامه عملیاتی ۵-۱- تدوین پروژه های اجرایی ۵-۲- بودجه ریزی و زمان بندی ۵-۳- تقسیم کار ملی (نگاشت نهادی مطلوب) ۵-۴- ترسیم ره نگاشت
۶	تدوین برنامه ارزیابی و به روز رسانی ۶-۱- تدوین شاخص های عملکردی و اثر بخشی، مکانیزم ارزیابی و ساختار نظارت و به روز رسانی

مراجع

مراجع مورد استفاده در گزارش حاضر علاوه بر اسناد بالادستی اشاره شده، شامل موارد ذیل می باشد:

1. British Petroleum, *Statistical review of world energy* June 2012.
2. Baños, R., et al., Optimization methods applied to renewable and sustainable energy: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2011. **15**(4): PP. 1753-1766.
3. Fadai, D., Z.S. Esfandabadi, and A. Abbasi, Analyzing the causes of non-development of renewable energy-related industries in Iran. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2011. **15**(6): PP. 2690-2695.
4. Ghorashi, A.H. and A. Rahimi, Renewable and non-renewable energy status in Iran: Art of know-how and technology-gaps. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2011. **15**(1): PP. 729-736.

۵. حسینی نسب، سید محمدرضا، و همکاران: مرور و مقایسه پاره‌ای از کاربردهای نقشه راه فن‌آوری، فصل‌نامه توسعه تکنولوژی صنعتی، ۱۳۸۹، شماره ۱۶.

فهرست مطالب

۱	۱- مقدمه
۴	۲- فناوری های مرتبط با اکتشاف منابع انرژی زمین گرمایی
۶	۲-۱- مطالعات اکتشافی مقدماتی
۶	۲-۱-۱- تهیه نقشه زمین شناسی رقومی و بررسی آن
۹	۲-۱-۲- مطالعات هیدروژئوشیمیایی
۱۰	۲-۱-۳- مطالعات هیدرولوژیکی و هیدروژئولوژیکی
۱۱	۲-۱-۴- مطالعات دورسنجی
۱۲	۲-۱-۵- بررسی داده های مغناطیس سنجی هوایی
۱۳	۲-۱-۶- تفسیر یکپارچه داده ها و شناسایی مناطق امیدبخش
۱۴	۲-۱-۷- متخصصین مورد نیاز برای مطالعات اکتشافی مقدماتی
۱۶	۲-۱-۸- ابزار، تجهیزات، نرم افزارها و آزمایشگاه های مورد نیاز برای فناوری اکتشاف مقدماتی
۱۷	۲-۲- فناوری های مرتبط با اکتشاف تکمیلی منابع انرژی زمین گرمایی
۱۸	۲-۲-۱- مطالعات زمین شناسی
۱۹	۲-۲-۱-۱- مطالعات زمین شناسی سطح الارضی
۲۷	۲-۲-۱-۲- مطالعات زمین شناسی تحت الارضی
۳۸	۲-۲-۲- مطالعات ژئوشیمیایی منابع انرژی زمین گرمایی
۳۹	۲-۲-۱-۲-۲- معرفی مراحل مطالعات ژئوشیمیایی منابع انرژی زمین گرمایی
۴۹	۲-۲-۲-۲- نرم افزارها و کارشناسان مورد نیاز در مطالعات ژئوشیمیایی
۴۹	۲-۲-۳- مطالعات ژئوفیزیکی
۵۱	۲-۲-۳-۱- مطالعات ژئوفیزیکی سطح الارضی
۱۱۳	۲-۲-۳-۲- مطالعات ژئوفیزیکی تحت الارضی
۱۱۵	منابع

فهرست اشکال

- ۱ شکل (۱-۱)- مراحل مختلف توسعه یک میدان گرمایی
- ۳ شکل (۱-۲)- تقسیم بندی فناوری های مرتبط با انرژی زمین گرمایی
- ۳ شکل (۱-۳)- نحوه تقسیم بندی فناوری های مرتبط با انرژی زمین گرمایی در کشورهای اتحادیه اروپا
- ۵ شکل (۲-۱)- درخت فناوری های مرتبط با اکتشاف منابع انرژی زمین گرمایی
- ۸ شکل (۲-۲)- نحوه موزاییک نمودن نقشه های زمین شناسی در استان آذربایجان غربی
- ۱۰ شکل (۲-۳)- نحوه پراکندگی چشمه های آبگرم در استان آذربایجان غربی
- ۱۲ شکل (۲-۴)- نحوه پراکندگی نواحی دگرسان شده در منطقه زمین گرمایی سیه چشمه در استان آذربایجان غربی
- ۱۵ شکل (۲-۵)- نحوه پراکندگی نواحی دگرسان شده در منطقه زمین گرمایی سیه چشمه در استان آذربایجان غربی
- ۱۷ شکل (۲-۶)- درخت فناوری مربوط به مطالعات اکتشافی تکمیلی منابع انرژی زمین گرمایی
- ۱۸ شکل (۲-۷)- درخت فناوری مطالعات زمین شناسی منابع انرژی زمین گرمایی
- ۲۰ شکل (۲-۸)- درخت فناوری مطالعات زمین شناسی سطح الارضی منابع انرژی زمین گرمایی
- ۲۳ شکل (۲-۹)- نقشه زمین شناسی منطقه زمین گرمایی محلات
- ۲۴ شکل (۲-۱۰)- مدل مفهومی مخزن زمین گرمایی در منطقه محلات
- ۲۸ شکل (۲-۱۱)- درخت فناوری مطالعات زمین شناسی تحت الارضی منابع انرژی زمین گرمایی
- ۳۲ شکل (۲-۱۲)- نمایی از بررسی مغزه های حفاری یک چاه زمین گرمایی
- ۳۳ شکل (۲-۱۳)- نمونه ای از خرده سنگ های بدست آمده از عملیات حفاری چاه های زمین گرمایی
- ۳۷ شکل (۲-۱۴)- نمونه ای از نمودار تهیه شده بر اساس اطلاعات بدست آمده از حفاری یک چاه زمین گرمایی
- ۳۹ شکل (۱۵-۲)- درخت فناوری مربوط به مطالعات ژئوشیمیایی منابع انرژی زمین گرمایی
- ۴۰ شکل (۱۶-۲)- نمایی از عملیات نمونه برداری از یک چشمه آب گرم
- ۴۱ شکل (۲-۱۷)- نمایی از دستگاه pH متر
- ۴۲ شکل (۲-۱۸)- نمایی از دستگاه EC متر

- ۴۲ شکل (۱۹-۲) - نمایی از دستگاه اندازه گیری درجه حرارت و فشار هوا
- ۴۵ شکل (۲۰-۲) - نمودار مثلثی $Cl-SO_4-HCO_3$ به منظور بررسی خانواده آب های زمین گرمایی در یک منطقه نمونه
- ۴۶ شکل (۲۱-۲) - نمودار مثلثی $Na-K-Mg$ به منظور بررسی آمیختگی سیال و شرایط تعادل در مخزن زمین گرمایی
- ۴۸ شکل (۲۲-۲) - نمودار نسبت دوتریوم به اکسیژن ۱۸ در چشمه های آبگرم یک منطقه مطالعاتی
- ۵۰ شکل (۲۳-۲) - درخت فناوری مطالعات ژئوفیزیکی منابع انرژی زمین گرمایی
- ۵۱ شکل (۲۴-۲) - درخت فناوری مطالعات ژئوفیزیکی سطح الارضی
- ۵۵ شکل (۲۵-۲) - بالگرد مخصوص برداشت های ژئوفیزیک هوایی سازمان زمین شناسی ایران
- ۵۸ شکل (۲۶-۲) - نحوه انجام تصحیح Lag و محاسبه مقدار زمانی لازم برای این تصحیح با استفاده از نمودار
- ۵۹ شکل (۲۷-۲) - نحوه انجام تصحیح Lag با استفاده از شکل زیگزاگی نقشه آنومالی های مغناطیسی
- ۶۰ شکل (۲۸-۲) - نمونه ای از محل طراحی شده برای تست F.O.M
- ۶۰ شکل (۲۹-۲) - پروفیل نویز مانور قبل و بعد از تصحیح Compensation آزمون صفر درجه
- ۶۱ شکل (۳۰-۲) - مسیر حرکت بالگرد در ارتفاع زیاد به منظور اعمال تصحیح Heading
- ۶۲ شکل (۳۱-۲) - نمونه ای از نقشه میدان مغناطیسی قبل و بعد از تصحیح Heading
- ۶۵ شکل (۳۲-۲) - نمایی از مغناطیس سنج پروتونی و اپراتور در حال برداشت داده های زمینی
- ۶۹ شکل (۳۳-۲) - نمای شماتیکی از مقادیر داده برداری در مطالعات گرانی سنجی
- ۷۳ شکل (۳۴-۲) - پروفیل نتلتون الف - توپوگرافی یک تپه را نشان می دهد. ب- آنومالی بوگه برای چگالی های مختلف محاسبه شده است.
- ۷۴ شکل (۳۵-۲) - اثر یک تپه و یک دره در نزدیکی نقطه برداشت
- ۷۷ شکل (۳۶-۲) - نقشه شدت میدان گرانی باقی مانده در یک منطقه زمین گرمایی در ژاپن
- ۷۸ شکل (۳۷-۲) - نمای شماتیکی از نحوه نفوذ جریان الکتریکی به زمین توسط جهت الکتروود AB و اندازه گیری

جریان توسط الکترودهای گیرنده MN

- ۸۲ شکل (۲-۳۸) - دستگاه ها و تجهیزات لازم برای برداشت داده ژئوالکتریک
- ۸۳ شکل (۲-۳۹) - عملیات برداشت داده ژئوالکتریک
- ۸۴ شکل (۲-۴۰) - ساختار الکتریکی دوبعدی زیرسطحی در منطقه زمین گرمایی در ترکیه
- ۸۶ شکل (۲-۴۱) - طیف امواج EM و باند فرکانسی برخی روشهای ژئوفیزیکی
- ۸۷ شکل (۲-۴۲) - تجهیزات لازم برای برداشت داده MT
- ۸۹ شکل (۲-۴۳) - نمای شماتیکی از یک ایستگاه مگنتوتلوریک
- ۸۹ شکل (۲-۴۴) - داده برداری MT در یکی از مناطق ایران
- ۹۰ شکل (۲-۴۵) - سری های زمانی مؤلفه های میدان EM ثبت شده در یک ایستگاه MT
- ۹۳ شکل (۲-۴۶) - مقطع رسانایی زیرسطحی تا عمق ۸ کیلومتر در نتیجه وارون سازی داده های مگنتوتلوریک در جزیره Montserrat در دریای کارائیب
- ۹۸ شکل (۲-۴۷) - بازتاب موج لرزه ای از یک لایه شیبدار
- ۹۹ شکل (۲-۴۸) - نمایش هندسی پدیده شکست مرزی بحرانی
- ۱۰۱ شکل (۲-۴۹) - دستگاه لرزه نگاری Geometric
- ۱۰۳ شکل (۲-۵۰) - نقشه سرعت امواج لرزه ای در یکی از مناطق زمین گرمایی در کنیا
- ۱۰۵ شکل (۲-۵۱) - مدل کلی سیستم های گرمایی با جریان همرفتی شامل یک سیستم حرارت پایین در سمت چپ و یک سیستم حرارت بالا در سمت راست
- ۱۰۷ شکل (۲-۵۲) - نمودار شیب حرارتی در حضور یک لایه با تراوایی بالا
- ۱۰۷ شکل (۲-۵۳) - تصویر نور مرئی (A) و نقشه مادون قرمز (B) در منطقه ای زمین گرمایی در نیوزلند
- ۱۰۸ شکل (۲-۵۴) - پروب - دمایی
- ۱۰۸ شکل (۲-۵۵) - دماسنج مادون قرمز
- ۱۰۹ شکل (۲-۵۶) - دوربین مادون قرمز دستی

- ۱۰۹ شکل (۲-۵۷) - ذوب برف در نواحی حرارتی Reykir در شمال شرق ایسلند
- ۱۱۰ شکل (۲-۵۸) - دوربین مادون قرمز هوابرد
- ۱۱۴ شکل (۲-۵۹) - تجهیزات و دستگاه های قابل استفاده در مطالعات ژئوفیزیکی تحت الارضی
- ۱۱۴ شکل (۲-۶۰) - درخت فناوری مطالعات ژئوفیزیکی تحت الارضی

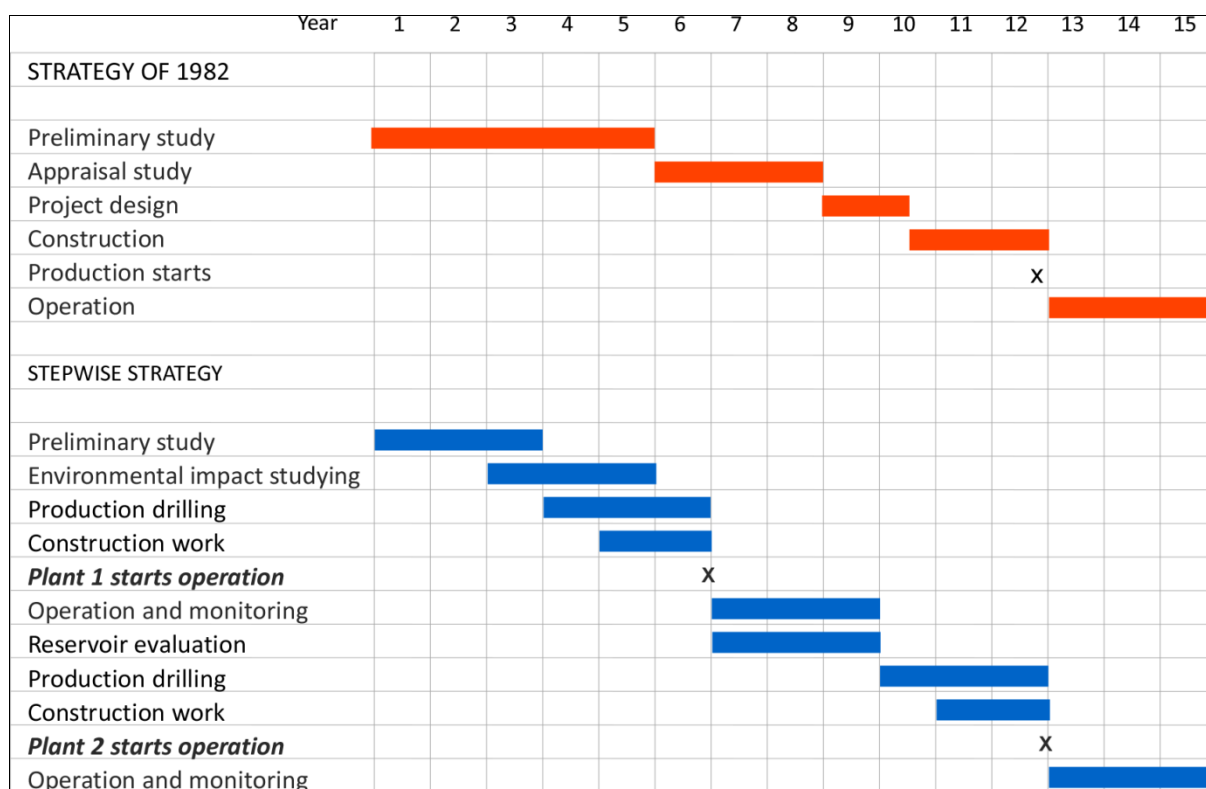
فهرست جداول

۱۴	جدول (۱-۲) - متخصصین مورد نیاز برای انجام مطالعات مقدماتی منابع انرژی زمین گرمایی
۱۶	جدول (۲-۲) - مشخصات، ابزارها، تجهیزات، نرم افزارها و خدمات آزمایشگاهی مورد استفاده در فناوری های اکتشاف مقدماتی منابع انرژی زمین گرمایی
۲۵	جدول (۲-۳) - متخصصین مورد نیاز برای انجام مطالعات زمین شناسی سطح الارضی
۲۶	جدول (۲-۴) - مشخصات، ابزارها، تجهیزات، نرم افزارها و خدمات آزمایشگاهی مورد نیاز در مطالعات زمین شناسی سطح الارضی
۳۸	جدول (۲-۵) - مشخصات وسایل، تجهیزات، آزمایشگاه ها و نرم افزارهای مخصوص جهت اجرای مطالعات زمین شناسی تحت الارضی
۴۴	جدول (۲-۶) - روش های آنالیز عوامل شیمیایی موجود در سیال زمین گرمایی
۴۹	جدول (۲-۷) - تجهیزات، نرم افزارها و خدمات آزمایشگاهی مورد نظر برای مطالعات ژئوشیمیایی
۴۹	جدول (۲-۸) - کارشناسان مورد نیاز جهت اجرای مراحل مختلف مطالعات ژئوشیمیایی
۶۷	جدول (۲-۹) - نرم افزارهای مورد نیاز در مراحل مطالعات مغناطیس سنجی
۶۷	جدول (۲-۱۰) - نیروهای انسانی مورد نیاز جهت انجام یک مطالعه مغناطیس سنجی زمینی
۷۰	جدول (۲-۱۱) - چند نمونه کاربردی از مطالعات گرانی سنجی با هدف اکتشاف منابع انرژی زمین گرمایی در کشورهای مختلف جهان
۷۷	جدول (۲-۱۲) - نرم افزارهای مورد نیاز در مطالعات گرانی سنجی
۷۷	جدول (۲-۱۳) - کارشناسان مورد نیاز جهت انجام یک مطالعه گرانی سنجی
۸۵	جدول (۲-۱۴) - نرم افزارهای مورد نیاز در مراحل مطالعات ژئوالکتریک
۸۵	جدول (۲-۱۵) - نیروی مورد نیاز جهت انجام یک مطالعه ژئوالکتریکی
۸۸	جدول (۲-۱۶) - انواع تجهیزات مگنتوتلوریک

- ۹۳ جدول (۱۷-۲) - جدول راهنمای تفسیر کیفی مقاطع مگنتوتلوریک مرتبط با سیستم های زمین گرمایی
- ۹۴ جدول (۱۸-۲) - نرم افزارهای مورد نیاز در مطالعات مگنتوتلوریک
- ۹۴ جدول (۱۹-۲) - نیروی مورد نیاز جهت انجام یک مطالعه مگنتوتلوریک
- ۹۷ جدول (۲۰-۲) - سرعت سیر امواج P و S در محیط های مختلف
- ۱۰۳ جدول (۲۱-۲) - نرم افزارهای مورد نیاز در مطالعات لرزه نگاری
- ۱۰۳ جدول (۲۲-۲) - نیروی انسانی مورد نیاز جهت انجام یک مطالعه گرانی سنجی با هدف اکتشاف زمین گرمایی
- ۱۰۵ جدول (۲۳-۲) - هدایت حرارتی انواع مختلف سنگ ها در درجه حرارت متعارف
- ۱۱۲ جدول (۲۴-۲) - تجهیزات مورد نیاز در مطالعات حرارت سنجی
- ۱۱۲ جدول (۲۵-۲) - نرم افزارهای مورد نیاز در مطالعات حرارت سنجی
- ۱۱۲ جدول (۲۶-۲) - نیروی انسانی مورد نیاز جهت انجام یک مطالعه حرارت سنجی با هدف اکتشافات زمین گرمایی

۱- مقدمه

بیش از ۱۰۰ سال است که بشر از انرژی زمین گرمایی جهت تولید برق استفاده می نماید. با توجه به گذشت بیش از یک قرن از پیدایش صنعت انرژی زمین گرمایی، دانش و فناوری های مرتبط با آن به میزان قابل توجهی رشد و توسعه یافته اند. در واقع، از مرحله شناسایی منابع انرژی زمین گرمایی تا احداث نیروگاه و آغاز بهره برداری از آن، مدت زمان نسبتاً طولانی سپری می گردد. این زمان معمولاً بیش از ۷ سال می باشد. البته، چنانچه هدف از اجرای پروژه های زمین گرمایی، بهره برداری کامل از پتانسیل مخزن زمین گرمایی مورد بررسی باشد، در آن صورت، این بازه زمانی به بیش از ۱۲ سال نیز افزایش خواهد یافت، (Steingrimsson, 2008). همان گونه که در شکل (۱-۱) مشاهده می شود، از نقطه آغاز تا پایان توسعه یک میدان زمین گرمایی، مراحل مطالعاتی و اجرایی زیادی صورت می پذیرد.



شکل (۱-۱) - مراحل مختلف توسعه یک میدان زمین گرمایی (Steingrimsson, 2008)

علاوه بر این، پمپ های حرارتی زمین گرمایی نیز جزء سیستم های تهویه مطبوعی هستند که از یک سو با منابع زمین گرمایی متعارف، تفاوت های بنیادین داشته و از سوی دیگر به سرعت در حال توسعه می باشند. لذا، می بایست این سیستم ها را هم جزء فناوری های حوزه انرژی زمین گرمایی در نظر گرفته و به بررسی آنها نیز پرداخت.

با توجه به ماهیت منابع زمین گرمایی مختلف، می‌توان فناوری‌های مرتبط با این منبع انرژی را بر حسب عمق آنها تقسیم بندی نمود، شکل (۱-۲). بر این اساس، فناوری‌های مرتبط با انرژی زمین گرمایی به دو دسته فناوری‌های مرتبط با منابع زمین گرمایی عمیق و کم عمق تقسیم می‌شوند.

فناوری‌های مرتبط با منابع عمیق خود به سه زیر رده اکتشاف، نصب و راه اندازی سیستم‌های بهره برداری و سیستم‌های بهره برداری تقسیم بندی می‌شوند. فناوری‌های مرتبط با منابع کم عمق نیز شامل پمپ‌های حرارتی زمین گرمایی می‌گردند.

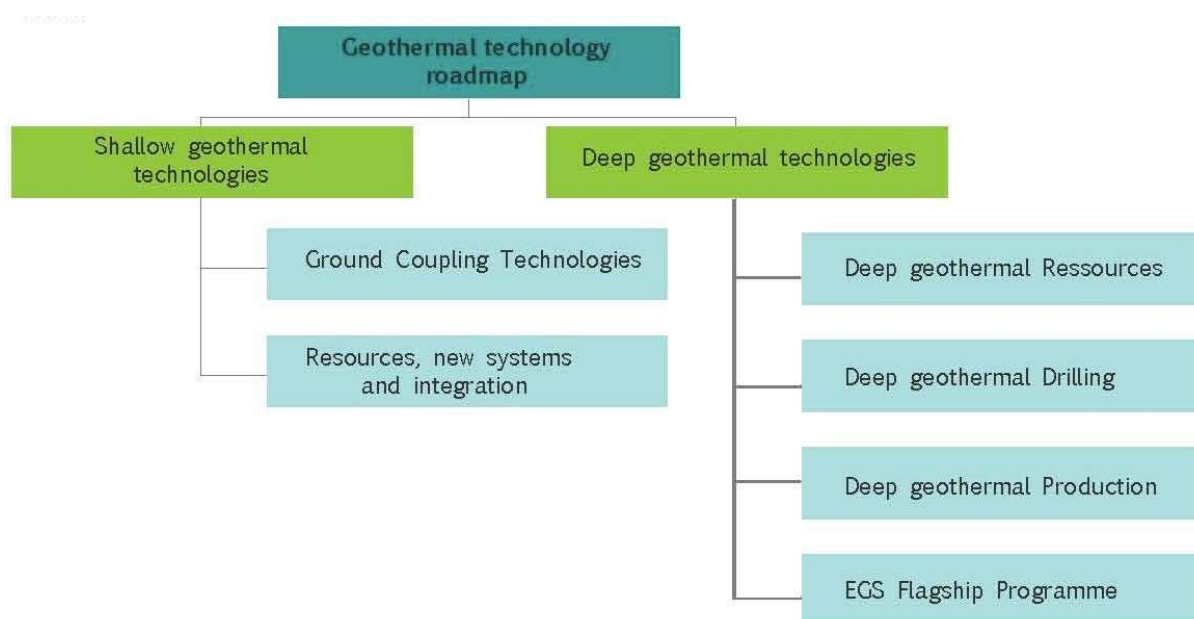
نکته جالب آنکه، تقسیم بندی فوق که پس از رایزنی‌های طولانی حاصل گردید توسط یکی از مراجع موجود در خصوص "نقشه راه فناوری انرژی زمین گرمایی در اتحادیه اروپا" نیز تأیید گردید، شکل (۱-۳). همان طور که در شکل نشان داده شده است تقسیم بندی ارائه شده با آنچه که در این گزارش مورد بررسی قرار می‌گیرد تفاوت‌های کمی دارد. در واقع، ملاک تقسیم بندی-ها متفاوت بوده است اما سرفصل‌های مطرح شده در تقسیم بندی اروپایی نیز به شکلی دیگر در تقسیم بندی مورد نظر این گزارش، ارائه شده است، (Renewable Energy House, 2014).

در گزارش حاضر سعی شده است حتی المقدور معرفی فناوری‌ها به صورت هم وزن باشد و توضیحات ارائه شده در خصوص هر فناوری متناسب با موارد مطرح شده در زمینه سایر فناوری‌ها باشد.

در ادامه گزارش، فناوری‌های یاد شده در شکل (۱-۲) به طور کامل معرفی می‌گردند. همان گونه که قبلاً اشاره شد، فناوری‌های مرتبط با انرژی زمین گرمایی بسیار گسترده می‌باشند. با این وجود، در این گزارش سعی شده است توضیحات فشرده‌ای در خصوص هر یک از فناوری‌ها ارائه گردد. ضمن معرفی فناوری‌ها، علاوه بر تشریح هر فناوری به مواردی نظیر درخت فناوری مربوطه، کارشناسان و نرم افزارهای مورد نیاز آن نیز اشاره خواهد شد.



شکل (۲-۱) - تقسیم بندی فناوری های مرتبط با انرژی زمین گرمایی



شکل (۱-۳) - نحوه تقسیم بندی فناوری های مرتبط با انرژی زمین گرمایی در کشورهای اتحادیه اروپا (Renewable)

(Energy House, 2014)

۲- فناوری های مرتبط با اکتشاف منابع انرژی زمین گرمایی

اکتشاف، نخستین گام جهت توسعه منابع انرژی زمین گرمایی به شمار می رود. گامی که طی آن موقعیت مخازن زمین گرمایی و همچنین محل حفر چاه ها جهت تولید سیال زمین گرمایی (آبداغ یا بخار) مشخص می گردد. اکتشاف شامل کاربرد روش ها و

فنون مختلف در زمینه علمی چون زمین شناسی، ژئوشیمی و ژئوفیزیک می‌گردد که همراه آن از دانش هیدرولوژی و به ویژه فن‌آوری حفاری نیز استفاده می‌شود.

هر یک از روش‌های اکتشافی یاد شده، بسیار تخصصی بوده و از آنجایی که مقوله اکتشاف، عملیاتی گران و ریسک پذیر می‌باشد بنابراین، ضروری است که سرمایه گذار انرژی زمین گرمایی بهترین استفاده ممکن را از این روش‌ها بنماید. سرمایه گذاری که در زمینه اکتشاف انرژی زمین گرمایی فاقد تجربه کافی است می‌بایست مشاورین یا پیمانکارانی را که هم دانش کافی و هم تجربه زیادی در خصوص اکتشاف منابع زمین گرمایی دارند به خدمت گیرد. اکتشاف انرژی زمین گرمایی به دو نوع مهم تقسیم بندی می‌گردد:

- اکتشاف ذخایر زمین گرمایی که پس از اجرای آن، مخازن جدیدی شناسایی می‌گردند.

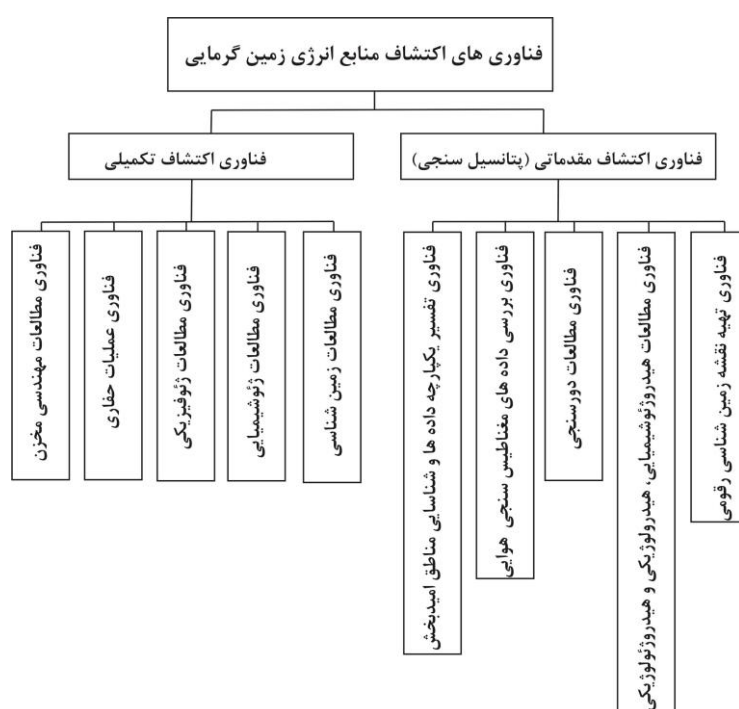
- اکتشافی که در خصوص ذخایر زمین گرمایی موجود انجام می‌شود و طی آن مرزهای جانبی و قائم مخزن و همچنین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن نیز مشخص می‌گردد.

در هر مورد خاص، موضوع اصلی اکتشاف، مشخص نمودن محل چاه‌ها است به نحوی که ذخیره زمین گرمایی را قطع نماید. به دلیل گران بودن عملیات حفاری چاه‌ها، طراحی و اجرای مراحل اکتشافی بایستی به صورتی انجام شود که حداکثر بهره وری و بازده ممکن را داشته باشد.

اصولاً تعیین محل حفر چاه‌ها در مطالعات اکتشافی منابع زمین گرمایی امری آسان نیست. حتی در مناطق زمین گرمایی که به خوبی شناخته شده اند نظیر گیزرز (امریکا) که در آن، تجربه مکان یابی و حفاری صدها چاه در دسترس می‌باشد نیز، میزان موفقیت برای حفر یک چاه تولیدی جدید، حدود ۸۰٪ می‌باشد. برای حفر نخستین چاه اکتشافی در مناطق نسبتاً ناشناخته، میزان موفقیت خیلی کمتر است. گاهی اوقات این نرخ به حدود ۱۰ تا ۲۰٪ نیز کاهش می‌یابد. معمولاً در حفاری زمین گرمایی، هدف اصلی، یافتن منبع حرارت نیست بلکه کشف نواحی نفوذپذیر و نهایتاً سیال زمین گرمایی و آن هم در ابعادی است که کاربرد آن از نظر اقتصادی قادر باشد هزینه‌های حفاری، آزمایش چاه‌ها، نصب نیروگاه‌ها، تعمیر و نگهداری تجهیزات و سایر موارد را جبران نماید.

متخصصین اکتشاف بایستی موقعیت چاه‌ها را به نحوی تعیین نمایند که لایه‌های نفوذپذیر مرتبط با مخزن زمین گرمایی را قطع نمایند. اگرچه توده‌های بزرگ سنگی در طبیعت معمولاً به وسیله گسل‌ها شکسته شده‌اند ولی با این وجود اکثر این شکستگی‌ها به اندازه کافی طویل نیستند که با منبع سیال زمین گرمایی مرتبط باشند و بنابراین خارج از محدوده مخزن که احتمالاً به وسیله آبداغ پر شده است قرار دارند. در حال حاضر روش شناخته شده‌ای وجود ندارد که بتوان به کمک آن از روی سطح زمین، نواحی نفوذپذیری را که در اعماق چند صد یا هزاران متری واقع شده و با مخزن ارتباط دارند را به دقت کشف نمود. روش‌های اکتشافی اکثراً غیر مستقیم بوده و فقط شواهدی کلی از حضور و موقعیت یک مخزن زمین گرمایی را ارائه می‌دهند.

جهت بررسی دقیق مطالعات اکتشافی منابع انرژی زمین گرمایی، می‌توان مطالعات اکتشافی را به دو دسته اصلی مطالعات اکتشافی مقدماتی و مطالعات اکتشافی تکمیلی تقسیم بندی نمود. در شکل (۱-۲)، درخت فناوری‌های اصلی مرتبط با اکتشاف منابع انرژی زمین گرمایی نمایش داده شده است.



شکل (۱-۲) - درخت فناوری‌های مرتبط با اکتشاف منابع انرژی زمین گرمایی

۱-۲- مطالعات اکتشافی مقدماتی

مطالعات مقدماتی که آنرا مطالعات پتانسیل سنجی یا ظرفیت یابی منابع انرژی زمین گرمایی نیز می‌نامند، نخستین مرحله از مطالعات اکتشافی منابع زمین گرمایی می‌باشند. مهم‌ترین اختلاف مطالعات مقدماتی با مطالعات تکمیلی، ابعاد منطقه مورد بررسی و میزان دقت مطالعات اکتشافی است. در اکتشاف مقدماتی معمولاً محدوده یک کشور/ استان/ ایالت و یا یک شهرستان مورد بررسی قرار می‌گیرد. معمولاً ابعاد محدوده‌ای که در این دسته از مطالعات اکتشافی ارزیابی می‌شود بیش از چند هزار کیلومتر مربع می‌باشد. البته به تدریج با پیشرفت مراحل اکتشافی، فهرست اولویت بندی شده‌ای از نواحی امیدبخش شناسایی می‌گردد که نواحی مذکور متعاقباً به وسیله روش‌های اکتشافی دقیق‌تر بررسی می‌شوند و نهایتاً عملیات حفاری مورد ارزیابی دقیق قرار می‌گیرند. همان‌گونه که در شکل (۱-۲) نشان داده شده است، مطالعات اکتشافی مقدماتی خود به هفت زیرفناوری تقسیم می‌گردند که عبارت هستند از:

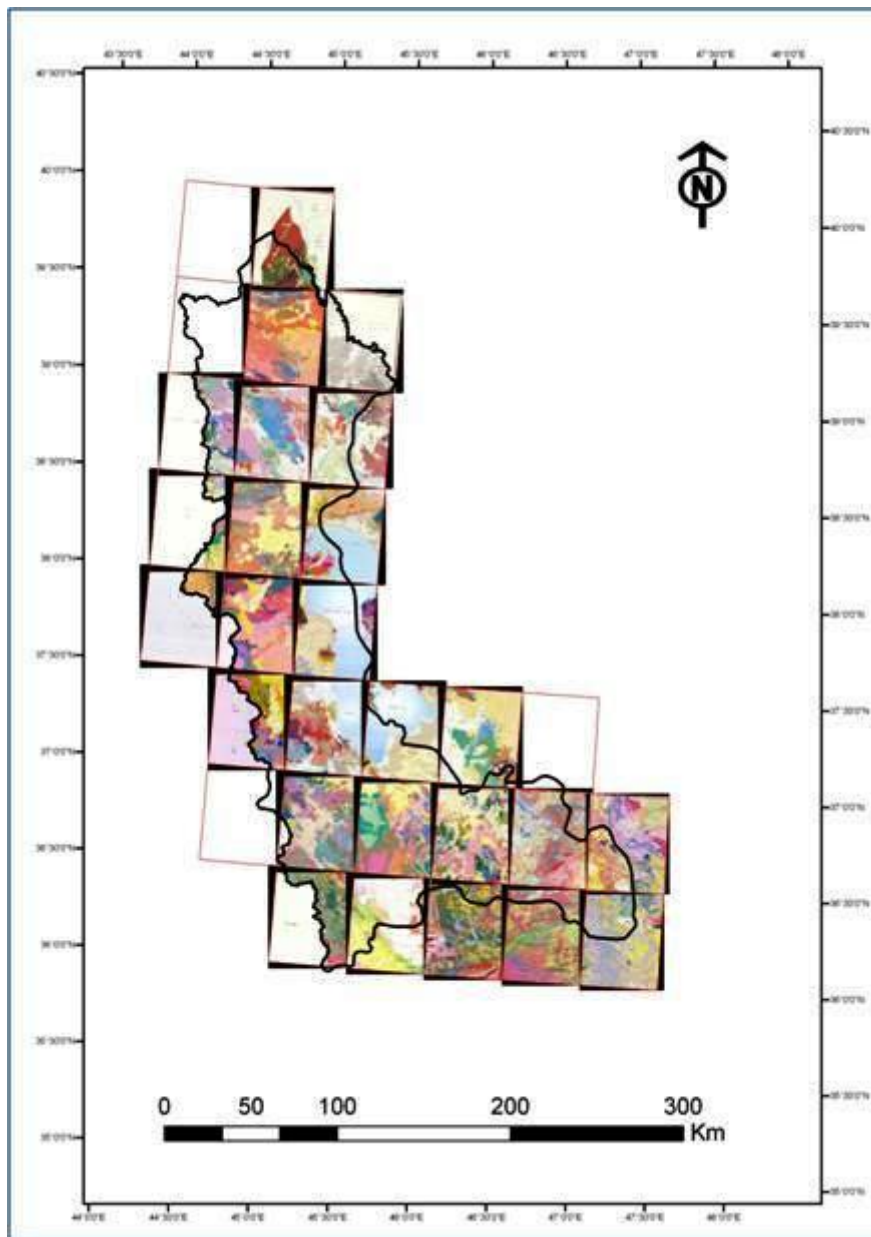
- تهیه نقشه زمین شناسی رقومی و بررسی آن
- مطالعات هیدروژئوشیمیایی
- مطالعات هیدرولوژیکی و هیدروژئولوژیکی
- مطالعات دورسنجی
- بررسی داده‌های مغناطیس سنجی هوایی
- تفسیر یکپارچه داده‌ها و شناسایی مناطق امیدبخش

در ادامه هر یک از موارد فوق الذکر با شرح بیشتری معرفی می‌گردند.

۱-۱-۲- تهیه نقشه زمین شناسی رقومی و بررسی آن

یکی از ابزارهای مهم جهت شناسایی منابع انرژی زمین گرمایی در یک منطقه ناشناخته، نقشه‌های زمین شناسی هستند. به کمک این نقشه‌ها می‌توان وجود گسل‌ها، سنگ‌های آتشفشانی جوان و سایر نشانه‌های سطحی انرژی زمین گرمایی در منطقه اکتشافی پی برد. از آنجایی که در مطالعات اکتشافی مقدماتی، ابعاد محدوده‌ی مورد مطالعه بسیار بزرگ است، بنابراین برای

مطالعه مناطق بزرگ، می بایست تعداد زیادی نقشه زمین شناسی را به صورت همزمان مورد بررسی قرار داد. برای این منظور، ابتدا از نقشه های چاپی تهیه شده توسط سازمان زمین شناسی کشور، تصویربرداری (اسکن) نموده و آنها را به طور مجزا و به کمک نرم افزارهای مخصوص (مانند ArcGIS) رقومی می نمایند. سپس، نقشه ها را در کنار یکدیگر موزائیک نموده و با استفاده از نرم افزارهای یاد شده، لایه های اطلاعاتی مناسب برای پتانسیل سنجی منابع انرژی زمین گرمایی از نقشه های زمین شناسی رقومی شده استخراج می گردند. در شکل (۲-۲) نمونه ای از نحوه ی موزائیک نمودن نقشه های زمین شناسی در استان آذربایجان غربی نشان داده شده است.



شکل (۲-۲) - نحوه موزائیک نمودن نقشه های زمین شناسی در استان آذربایجان غربی

۲-۱-۲- مطالعات هیدروژئوشیمیایی

یکی از مهمترین نشانه های وجود منابع انرژی زمین گرمایی در هر منطقه ناشناخته ای، چشمه های آبگرم هستند. بنابراین بررسی آنها اهمیت بسیار زیادی دارد. طی مطالعات هیدروژئوشیمیایی، نخست موقعیت تقریبی چشمه های آبگرم از منابع اطلاعاتی مختلف مشخص می گردد و سپس طی یک برنامه زمان بندی از یکایک آنها بازدید و نمونه برداری به عمل می آید.

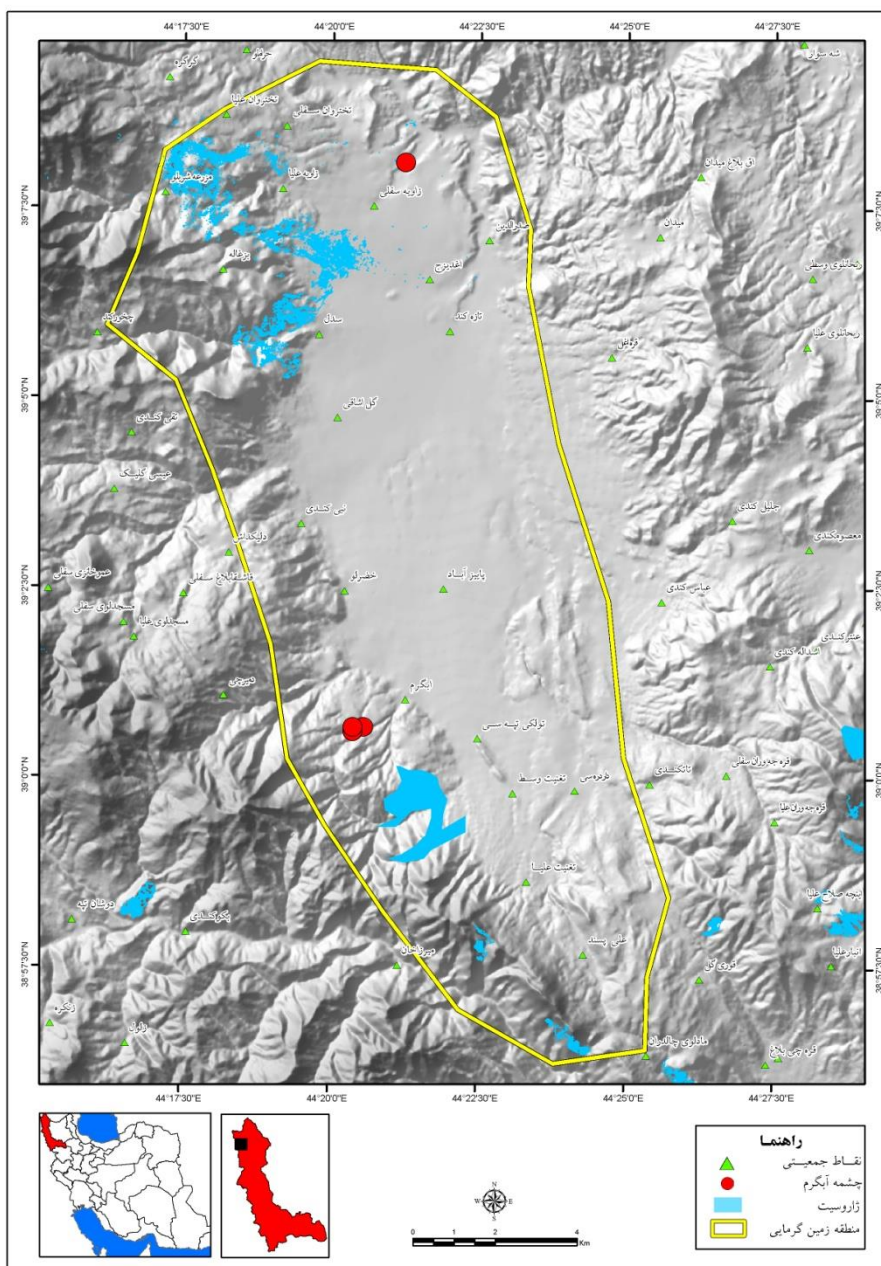
۳-۱-۲- مطالعات هیدرولوژیکی و هیدروژئولوژیکی

از جمله داده های اطلاعاتی که جهت شناسایی مناطق امیدبخش زمین گرمایی مورد مطالعه و بررسی قرار می گیرند، اطلاعات مربوط به چشمه های آب سرد و چاه های آب حفر شده در منطقه اکتشافی می باشد. بر اساس تجربه، مشخص شده است که واحد مطالعات پایه شرکت های آب منطقه ای سراسر کشور، هرچند سال یک بار، کلیه اطلاعات مربوط به موارد فوق الذکر در سطح هریک از استان های کشور را گردآوری و مستندسازی می نماید. هر رکورد مربوط به چشمه های آب سرد و یا چاه، دارای موقعیت مکانی دقیق، درجه حرارت و ... می باشد که با استفاده از آنها می توان مناطق امیدبخش زمین گرمایی در هر استان و یا هر محدوده دیگری در هر نقطه ای از کشور را شناسایی نمود.

۴-۱-۲- مطالعات دورسنجی

این دسته از مطالعات اکتشافی مقدماتی منابع زمین گرمایی، همان بررسی تصاویر ماهواره ای با هدف شناسایی منابع مذکور می باشد. با استفاده از تصاویر ماهواره ای می توان نواحی دگرسان شده در مناطق اکتشافی را شناسایی نمود. نواحی دگرسانی یکی از نشانه های سطحی منابع انرژی زمین گرمایی هستند که در مطالعات اکتشافی مقدماتی، مورد بررسی دقیق قرار می گیرند. در مطالعات دورسنجی، پس از تهیه تصاویر ماهواره ای، انواع تصحیحات هندسی و رادیومتری در خصوص آنها صورت گرفته و سپس به کمک نرم افزارهای تخصصی، نواحی دگرسان شده و همچنین خطواره های تکتونیکی موجود در منطقه اکتشافی از تصاویر ماهواره ای استخراج می گردند.

معمولاً به منظور کنترل زمینی داده های بدست آمده از تصاویر ماهواره ای، از نواحی دگرسان شده بازدید صحرایی و نمونه برداری بعمل می آید. از نمونه های تهیه شده مقاطع نازک سنگی تهیه می گردد که می توان با استفاده از میکروسکوپ پلاریزان آنها را مورد بررسی قرار داد. علاوه بر این، جهت بررسی دقیق تر نمونه های سنگی، با استفاده از روش XRD نیز آنها را مورد مطالعه دقیق قرار می دهند. نهایتاً، تمامی داده های بدست آمده به نقشه در آمده و به صورت یک یا چند لایه اطلاعاتی در محیط نرم افزار GIS، مستندسازی و ذخیره می گردند. در شکل (۴-۲) نقشه پراکندگی نواحی دگرسان شده در منطقه زمین گرمایی سیه چشمه واقع در استان آذربایجان غربی نشان داده شده است.



شکل (۴-۲) - نحوه پراکندگی نواحی دگرسان شده در منطقه زمین گرمایی سیه چشمه در استان آذربایجان غربی

۵-۱-۲- بررسی داده های مغناطیسی سنجی هوایی

داده های مغناطیسی سنجی هوایی، اطلاعات ژئوفیزیکی مربوط به شدت میدان مغناطیسی در منطقه اکتشافی می باشند. این اطلاعات توسط سازمان زمین شناسی کشور تهیه شده و در اختیار محققین و پژوهشگران قرار می گیرد. یکی از مهم ترین و مؤثرترین موارد کاربرد داده های مغناطیسی سنجی هوایی، شناسایی ناهنجاری های مغناطیسی، گسل ها و توده های نفوذی

مدفون می‌باشد. معمولاً مناطق امیدبخش زمین گرمایی، از شدت میدان مغناطیسی پایین تری نسبت به نواحی پیرامونی خود برخوردار هستند. بنابراین، به کمک این روش اکتشافی، می‌توان منطقه وسیعی را در زمانی نسبتاً کوتاه مورد مطالعه قرار داد. رئوس فعالیت‌هایی که در مطالعات مغناطیس سنجی هوایی انجام می‌شود عبارت هستند از:

- جمع‌آوری داده‌ها و موزاییک نمودن آنها
- پردازش مقدماتی داده‌ها
- اعمال فیلترهای مختلف ژئوفیزیکی روی داده‌ها
- ایجاد نقشه‌های مربوطه
- تعبیر و تفسیر داده‌ها (تشخیص خطواره‌ها، گسل‌ها و توده‌های نفوذی مدفون)
- زون بندی ناهنجاری‌های مغناطیسی

نهایتاً پس از خاتمه بررسی‌ها، نتایج بدست آمده از مطالعات مغناطیس سنجی هوایی، در قالب یک گزارش به همراه نقشه‌های مربوطه ارائه خواهد شد. علاوه بر این، اطلاعات بدست آمده به صورت لایه‌های اطلاعاتی در محیط نرم افزار GIS مستندسازی و ذخیره خواهد شد. در شکل (۵-۲)، نقشه شدت میدان مغناطیسی در منطقه زمین گرمایی شاهین دژ نشان داده شده است.

۶-۱-۲- تفسیر یکپارچه داده‌ها و شناسایی مناطق امیدبخش

پس از خاتمه تمامی مراحل مطالعاتی فوق‌الذکر، با پردازش کلیه داده‌ها و اطلاعات بدست آمده می‌توان مناطقی را که دارای بیشترین استعداد انرژی زمین گرمایی هستند شناسایی نمود. بدین ترتیب با استفاده از کلیه داده‌های بدست آمده از فازهای قبلی مطالعات اکتشافی می‌توان بخش‌هایی از منطقه اکتشافی را که دارای نشانه‌های سطحی انرژی زمین گرمایی می‌باشند شناسایی نمود. علاوه بر این، احتمال آن می‌رود که به کمک داده‌های زمین شناسی، دورسنجی و مغناطیس سنجی، بخش‌هایی از منطقه مطالعاتی را که در آنها پتانسیل انرژی زمین گرمایی وجود داشته ولی فاقد نشانه‌های سطحی می‌باشند نیز شناسایی نمود. این دسته از منابع انرژی زمین گرمایی را منابع احتمالی می‌نامند.

پس از شناسایی مناطق امیدبخش، تمامی مناطق شناسایی شده به صورت کامل معرفی می‌گردند. این معرفی شامل کلیه خصوصیات منطقه زمین گرمایی مورد نظر می‌باشد. خصوصیات یاد شده شامل وضعیت توپوگرافی، هیدرولوژی، زمین شناسی، چشمه‌های آبگرم و مشخصات مخزن زمین گرمایی مربوطه می‌باشد. با توجه به نتایج آنالیز شیمیایی چشمه‌های آبگرم، می‌توان محاسبات زمین دماسنجی را انجام داده و درجه حرارت تقریبی مخازن زمین گرمایی موجود در منطقه اکتشافی را برآورد نمود. با توجه به مشخصات مناطق مذکور می‌توان انرژی حرارتی ذخیره شده در هر منطقه را نیز برآورد کرد. این مشخصات شامل ابعاد منطقه، ضخامت تقریبی سنگ پوشش و غیره می‌باشند.

بدیهی است که به دلیل مشخص بودن ویژگی‌های کلیه مناطق امیدبخش شناسایی شده، می‌توان آنها را با یکدیگر مقایسه کرده و اولویت بندی نمود. در خاتمه این مرحله از مطالعات اکتشافی، کلیه نتایج بدست آمده در قالب یک گزارش تهیه خواهد شد.

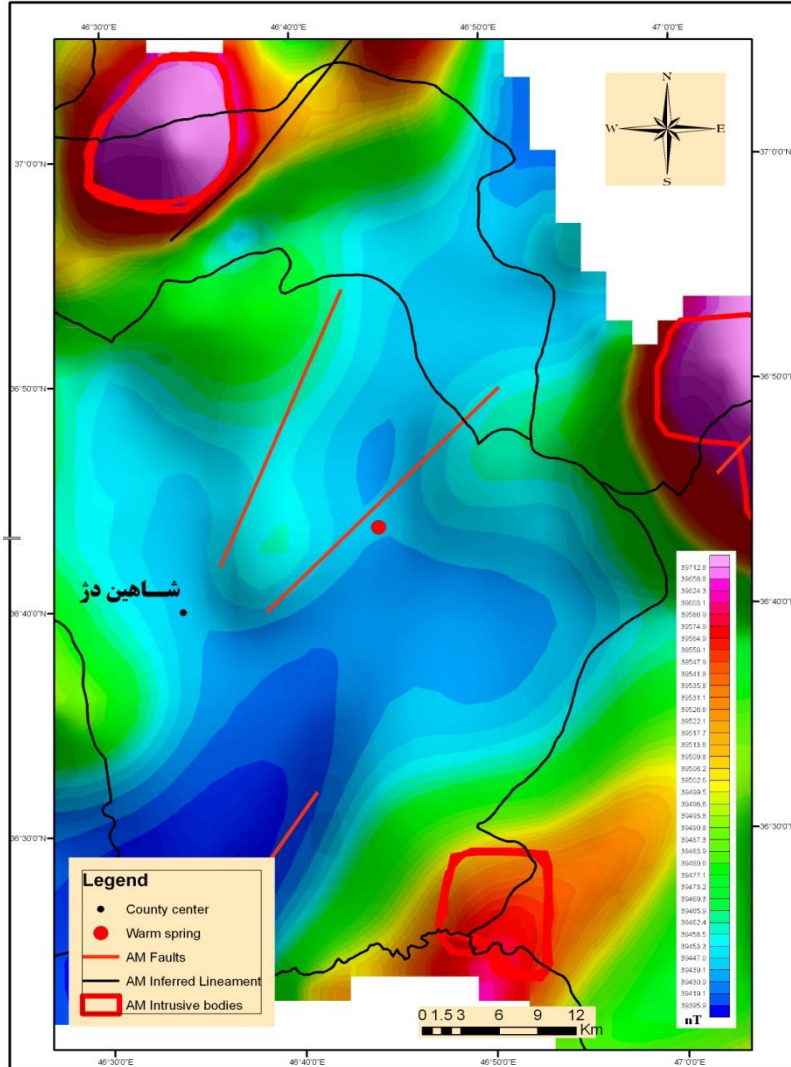
۷-۱-۲- متخصصین مورد نیاز برای مطالعات اکتشافی مقدماتی

با توجه به این نکته که منابع انرژی زمین گرمایی درون زمین واقع شده‌اند، لذا کارشناسان زمین شناس، نقش بسیار مهمی در شناسایی منابع مذکور ایفاء می‌نمایند. البته در حین اجرای مطالعات اکتشافی مقدماتی از کارشناسان سایر رشته‌ها نیز کمک گرفته می‌شود که در جدول (۲-۱) به آنها اشاره شده است.

جدول (۲-۱) - متخصصین مورد نیاز برای انجام مطالعات اکتشاف مقدماتی منابع انرژی زمین گرمایی

ردیف	نام زیرفناوری	متخصص مورد نیاز
۱	مطالعات کتابخانه ای	زمین شناسی
۲	تهیه نقشه زمین شناسی رقومی و بررسی آن	متخصص GIS و زمین شناس
۳	مطالعات هیدروژئوشیمیایی	شیمیست - ژئوشیمیست
۴	مطالعات هیدرولوژیکی و هیدروژئولوژیکی	زمین شناس
۵	مطالعات دورسنجی	کارشناس دورسنجی - کارشناس زمین شناسی اقتصادی
۶	بررسی داده‌های مغناطیس سنجی هوایی	ژئوفیزیک
۷	تفسیر یکپارچه داده ها و شناسایی مناطق امیدبخش	زمین شناسی





شکل (۵-۲) - نحوه پراکندگی نواحی دگرسان شده در منطقه زمین گرمایی سیه چشمه در استان آذربایجان غربی

۸-۱-۲- ابزار، تجهیزات، نرم افزارها و آزمایشگاه های مورد نیاز برای فناوری اکتشاف مقدماتی

جهت اکتشاف مقدماتی منابع انرژی زمین گرمایی، از مجموعه ای از ابزارها، تجهیزات، نرم افزارها، خدمات و آزمایشگاه ها استفاده می شود که در جدول (۲-۲) جزئیات بیشتری در خصوص آنها ارائه شده است.

جدول (۲-۲) - مشخصات ابزارها، تجهیزات، نرم افزارها و خدمات آزمایشگاهی مورد استفاده در فناوری های اکتشاف

مقدماتی منابع انرژی زمین گرمایی

ردیف	نام زیرفناوری	ابزارها و تجهیزات	نرم افزارها	خدمات آزمایشگاهی
۱	مطالعات کتابخانه ای	اسکنر	Arc GIS	-
۲	تهیه نقشه زمین شناسی و بررسی آن	اسکنر	Arc GIS Envi Geomatica	-
۳	مطالعات هیدروژئوشیمیایی	pH متر - Ec متر - ترمو متر - فلومتر - ظروف نمونه برداری آب و گاز	WATCH Aquachem	- آزمایشگاه تجزیه دستگاه های آب و بخار - آزمایشگاه آنالیز گاز - آزمایشگاه ایزوتوپی آب
۴	مطالعات هیدرولوژیکی و هیدروژئولوژیکی	-	Arc GIS	-
۵	مطالعات دورسنجی	-	Geomatica Envi ERDAS Arc GIS	- آزمایشگاه تهیه مقطع نازک سنگی - آزمایشگاه بررسی - های پترولوژیکی - آزمایشگاه XRD
۶	بررسی داده های مغناطیس سنجی هوایی	-	Geosoft Montaj OASIS Arc GIS Gm- SYS	-
۷	تفسیر یکپارچه داده ها و شناسایی مناطق امیدبخش	-	Arc GIS	-

۲-۲- فناوری های مرتبط با اکتشاف تکمیلی منابع انرژی زمین گرمایی

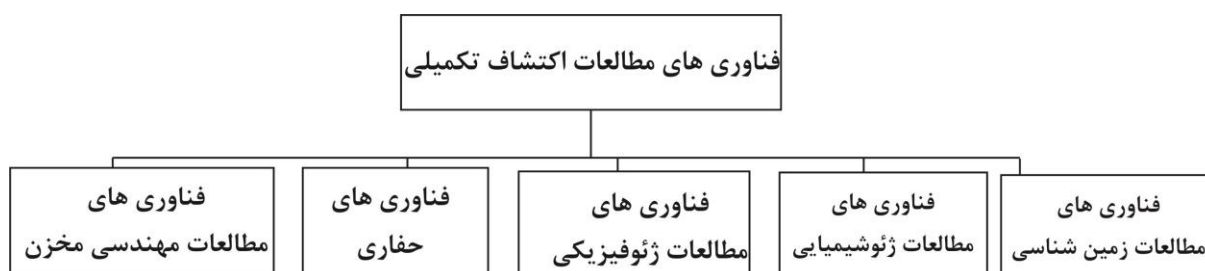
مهمترین هدف از انجام مطالعات اکتشافی تکمیلی، شناسایی موقعیت مخزن و مشخصات فیزیکی و شیمیایی آن می باشد. در واقع با طراحی و اجرای مطالعات فوق الذکر و به ویژه با انجام عملیات حفاری می توان به طور مستقیم، سیال مخزن را مورد بررسی قرار داد.

پس از انجام مطالعات اکتشافی تکمیلی، مخزن زمین گرمایی شناخته شده به همراه برنامه بهره برداری از آن به بهره بردار تحویل می گردد. معمولاً ابعاد منطقه اکتشافی جهت انجام مطالعات تکمیلی کمتر از 200 km^2 می باشد.

مطالعات اکتشافی تکمیلی شامل ۵ زیرفناوری می گردد که به ترتیب عبارت هستند از شکل (۶-۲):

- مطالعات زمین شناسی
- مطالعات ژئوشیمیایی
- مطالعات ژئوفیزیکی
- حفاری چاه های اکتشافی
- مطالعات مهندسی مخزن

ذکر این نکته ضروری است که ترتیب اجرای زیرفناوری ها مطابق با تقدم و تأخر یاد شده می باشد. بدین ترتیب که برای تفسیر مطالعات ژئوفیزیکی به نتایج مطالعات زمین شناسی و ژئوشیمیایی نیاز است. همچنین برای اجرای مطالعات مهندسی مخزن وجود داده های بدست آمده از مطالعات زمین شناسی، ژئوشیمیایی، ژئوفیزیکی و حفاری چاه های اکتشافی بسیار ضروری است. در حقیقت، بدون وجود داده های یاد شده، نمی توان مطالعات مهندسی مخزن را انجام داد.



شکل (۶-۲) - درخت فناوری مربوط به مطالعات اکتشافی تکمیلی منابع انرژی زمین گرمایی

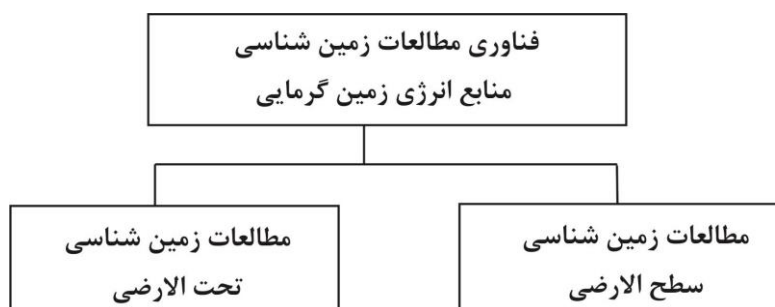
در ادامه توضیحات کامل تری در خصوص هر یک از فناوری های یاد شده ارائه می گردد.

۱-۲-۲- مطالعات زمین شناسی

منابع انرژی زمین گرمایی همانند ذخایر نفت و گاز و مواد معدنی، زمین شناسی محور می باشند. زیرا ذخایر این انرژی نیز همانند منابع سوخت های فسیلی و مواد معدنی در اعماق زمین واقع شده اند. بنابراین، نخستین گام جهت شناسایی منابع مذکور، انجام مطالعات زمین شناسی در منطقه در برگیرنده ی آنها می باشد.

به عبارت دیگر با شناخت وضعیت زمین شناسی منطقه اکتشافی، می توان به نحو مؤثرتر و بعضاً اقتصادی تری از ذخایر طبیعی موجود در منطقه، بهره برداری نمود. منابع انرژی زمین گرمایی نیز از این قاعده مستثنی نبوده و مشابه ذخایر یاد شده در اعماق زمین قرار دارند. در واقع، برای هر مخزن زمین گرمایی، چه حرارت بالا و چه حرارت پایین، شناخت وضعیت زمین شناسی، زمین ساختاری و رژیم تکتونیکی منطقه در برگیرنده ی مخزن و همچنین مشخصات زیرزمینی مخزن بر اساس مطالعات ژئوفیزیک سطحی و مطالعات ژئوشیمیایی صورت گرفته در خصوص سیال و گازهای مخزن، امری بسیار مهم می باشد. در حقیقت، با انجام این مطالعات می توان مکان دقیق حفر چاه های عمیق اکتشافی یا تولیدی را مشخص نمود و عملاً هزینه ی حفر چاه ها را کاهش داد.

مطالعات زمین شناسی منابع زمین گرمایی به دو دسته مطالعات زمین شناسی سطح الارضی و تحت الارضی تقسیم می گردد. همان گونه که از نام مطالعات فوق الذکر مشخص می باشد، به ترتیب مربوط به سطح زمین و درون چاه زمین گرمایی می باشند، شکل (۷-۲).



شکل (۲-۷) - درخت فناوری مطالعات زمین شناسی منابع زمین گرمایی

در ادامه، هر یک از انواع مطالعات زمین شناسی با تفصیل بیشتری معرفی می گردند.

۱-۱-۲-۲- مطالعات زمین شناسی سطح الارضی

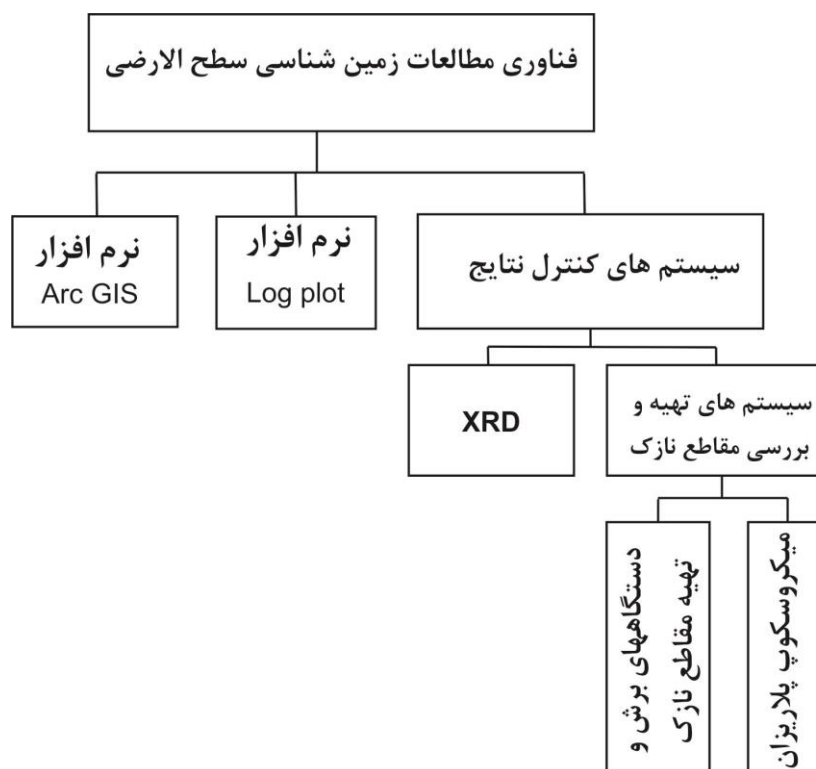
منابع انرژی زمین گرمایی در محیط های زمین شناسی متفاوتی از نظر شرایط زمین شناسی و تکتونیکی به وجود می آیند. شناسایی وضعیت زمین شناسی منطقه یا مخزن زمین گرمایی مورد بررسی، موجب افزایش درک محققین از مخزن می شود. بنابراین، با توجه به مطالب فوق، اهمیت و نقش مطالعات زمین شناسی در اکتشاف منابع زمین گرمایی مشخص می گردد. مطالعات زمین شناسی خود شامل بخش های جزئی تری می شود که ذیلاً ارائه شده اند:

- تهیه نقشه توپوگرافی پایه
- فتوژئولوژی
- کنترل صحرایی واحدها
- مطالعات چینه شناسی
- مطالعات زمین شناسی ساختمانی
- بررسی محدوده های دگرسان شده
- تهیه نقشه زمین شناسی منطقه به همراه گزارش مربوطه
- تهیه مدل مفهومی مخزن

در ادامه به اختصار توضیحاتی در خصوص هر یک از موارد فوق ارائه می‌گردد. در شکل (۸-۲) درخت فناوری مطالعات زمین شناسی سطح الارضی منابع زمین گرمایی نشان داده شده است.

تهیه نقشه توپوگرافی پایه

هدف اصلی از تهیه این نقشه، آگاهی یافتن از وضعیت عمومی منطقه اکتشافی می‌باشد. مهم‌ترین مشخصه‌ی این نقشه، معرفی وضعیت توپوگرافی منطقه مورد بررسی است. البته علاوه بر این، موقعیت شهرها، روستاها، جاده‌ها، خطوط انتقال برق، خطوط انتقال گاز و منطقه‌ی اکتشافی نیز در نقشه‌های توپوگرافی پایه مشخص می‌گردد. یادآور می‌گردد که جهت تهیه نقشه‌ی توپوگرافی پایه معمولاً از نقشه‌های توپوگرافی تهیه شده توسط سازمان نقشه برداری کشور استفاده می‌شود.



شکل (۸-۲) - درخت فناوری مطالعات زمین شناسی سطح الارضی منابع انرژی زمین گرمایی

فتوژئولوژی

در مطالعات فتوژئولوژیکی، با استفاده از عکس های هوایی و یا تصاویر ماهواره ای، واحدهای سنگ چینه ای منطقه اکتشافی شناسایی می گردند. در واقع، نقشه های بدست آمده از مطالعات فتوژئولوژیکی، پیش نیاز تهیه نقشه زمین شناسی منطقه مورد بررسی هستند. امروزه به دلیل دقت و سهولت در استفاده، به کارگیری تصاویر ماهواره ای متداول تر از عکس های هوایی می باشد. زیرا با استفاده از نرم افزارهای مخصوص دورسنجی، می توان اطلاعات ذیقیمی از تصاویر یاد شده استخراج نمود. نکته قابل ذکر آنکه، عملیات تهیه نقشه فتوژئولوژیکی عاری از خطا نبوده و می بایست اطلاعات آن با انجام بازدیدها و نمونه برداری های صحرائی، صحت سنجی گردد.

کنترل صحرائی واحدها

پس از تهیه نقشه های توپوگرافی پایه و فتوژئولوژی منطقه اکتشافی، می بایست داده های بدست آمده از منطقه، مورد بررسی دقیق قرار گیرند. در واقع، هدف از این بررسی ها، کنترل میزان تطابق داده های به دست آمده از تصاویر ماهواره ای با مشاهدات زمینی در منطقه می باشد. برای این منظور، موقعیت و لیتولوژی واحدهای سنگی معرفی شده در نقشه ی فتوژئولوژی مورد بررسی قرار می گیرند. بدیهی است که پس از بازدید و نمونه برداری از منطقه، می بایست نقشه ی فتوژئولوژی آن نیز تصحیح گردد.

مطالعات چینه شناسی

از جمله مهم ترین زیر مرحله های مطالعات زمین شناسی منابع زمین گرمایی می باشد. در حقیقت، مطالعات چینه شناسی علم بررسی واحدهای سنگ چینه ای رخنمون یافته در منطقه ی اکتشافی است. در این مطالعات، ارتباط بین واحدهای سنگی مختلف نیز مورد بررسی دقیق قرار می گیرد. در مطالعات چینه شناسی، زمین شناسان به مطالعه و تجزیه و تحلیل رخنمون های سطحی پرداخته و می توانند سازندهایی را در منطقه اکتشافی بیابند که قادر هستند در عمق زمین، نقش سنگ مخزن و سنگ پوشش مخزن زمین گرمایی را ایفا نمایند. بدین معنی که سازندهای مورد نظر دارای نفوذپذیری اولیه کافی می باشند یا اینکه ممکن است در آنها نفوذپذیری ثانویه گسترش یابد.

مطالعات زمین شناسی ساختمانی

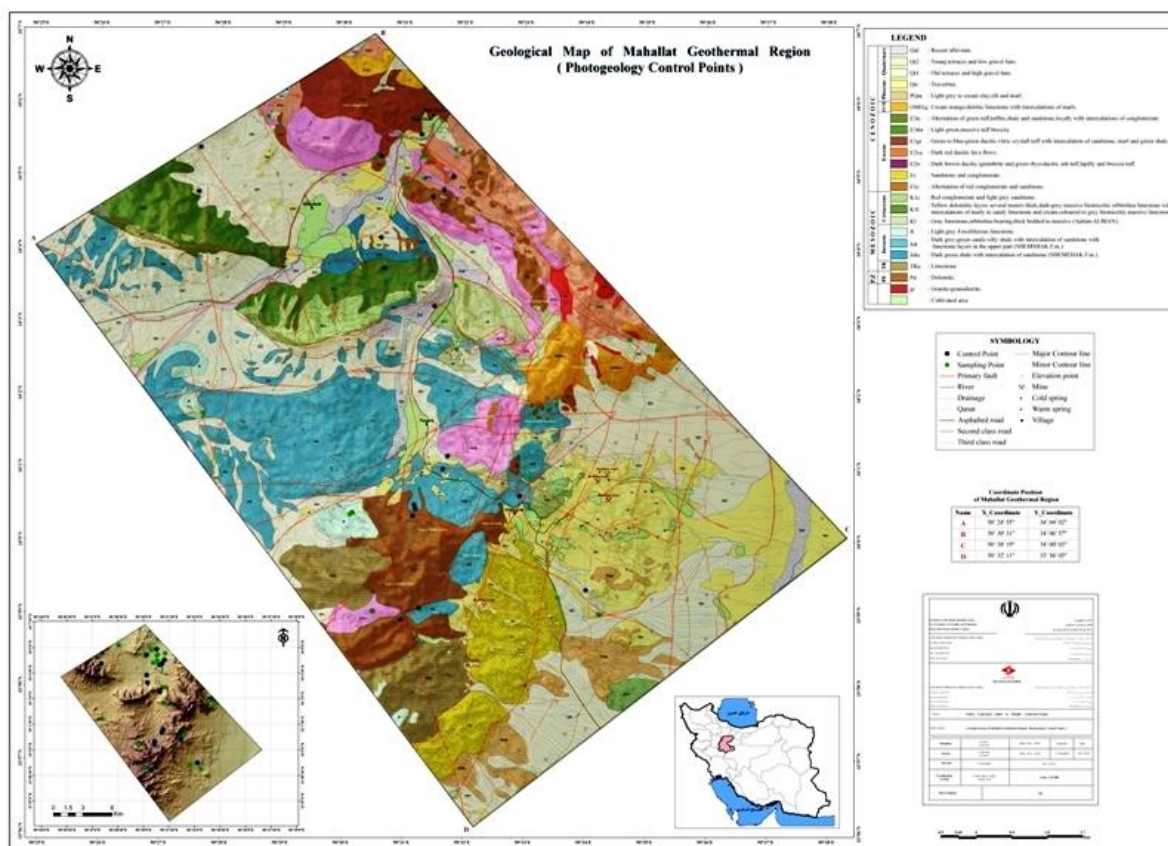
این دسته از مطالعات زمین شناسی به همراه بررسی‌های چینه شناسی جزء ارکان اصلی مطالعات زمین شناسی یک منبع زمین-گرمایی می‌باشند. در مطالعات زمین شناسی ساختمانی، گسل‌ها، شکستگی‌ها و چین خوردگی‌های واقع در منطقه اکتشافی با دقت بسیار زیاد مورد بررسی قرار می‌گیرند. در ادامه مطالعات، ارتباط بین عوامل زمین ساختاری و نشانه‌های سطحی منابع انرژی زمین گرمایی مطالعه می‌شوند. جهت تهیه نقشه‌ی زمین شناسی ساختمانی از عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای استفاده می‌شود.

بررسی محدوده‌های دگرسان شده

در ادامه مطالعات زمین شناسی، محدوده‌های دگرسان شده گرمایی نیز مورد بررسی قرار می‌گیرند. برای شناسایی این محدوده‌ها که یکی از نشانه‌های سطحی منابع زمین گرمایی هستند از تصاویر ماهواره‌ای کمک گرفته می‌شود. محدوده‌های دگرسان شده یکی از نشانه‌های سطحی منابع انرژی زمین گرمایی هستند که با تحقیق پیرامون آنها می‌توان اطلاعات ارزشمندی در خصوص منطقه زمین گرمایی مورد بررسی به دست آورد. برای شناسایی محدوده‌های مذکور از تصاویر ماهواره‌ای استفاده می‌شود. بدین ترتیب که پس از تهیه تصویر یاد شده، با استفاده از نرم افزارهای تخصصی، ابتدا تصحیحات هندسی و رادیومتری در خصوص آنها انجام شده و سپس به کمک نرم افزار، محدوده‌های دگرسان شده در منطقه اکتشافی، شناسایی می‌گردند.

بدیهی است که جهت صحت سنجی نتایج بدست آمده، می‌بایست بازدید صحرایی و کنترل زمینی نیز انجام شود. یادآوری می‌گردد که در حین بازدیدهای صحرایی، از محدوده‌های دگرسان شده منطقه نیز می‌توان نمونه برداری نمود. همانند هر نقشه‌ی زمین شناسی استاندارد، نقشه‌ی مذکور نیز دارای علائم قراردادی خاصی بوده و در آن، تمامی واحدهای سنگ چینه‌ای منطقه اکتشافی، نشان داده می‌شوند. علاوه بر این، به منظور آشنایی با نحوه‌ی استقرار واحدهای سنگی در زیرزمین، معمولاً در نقشه‌های زمین شناسی یک یا دو نیمرخ زمین شناسی نیز ترسیم می‌گردد. در مطالعات اکتشافی منابع انرژی زمین گرمایی مقیاس نقشه‌های زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰، ۱:۱۵۰۰۰ و یا بزرگتر از مقیاس‌های مذکور می‌باشند. غالباً به همراه نقشه‌ی زمین شناسی منطقه، گزارش کاملی از کلیه اطلاعات مطرح شده در نقشه نیز ارائه می‌گردد. در شکل (۹-۲) نقشه‌ی زمین شناسی یک منطقه زمین گرمایی نمونه نمایش داده شده است.





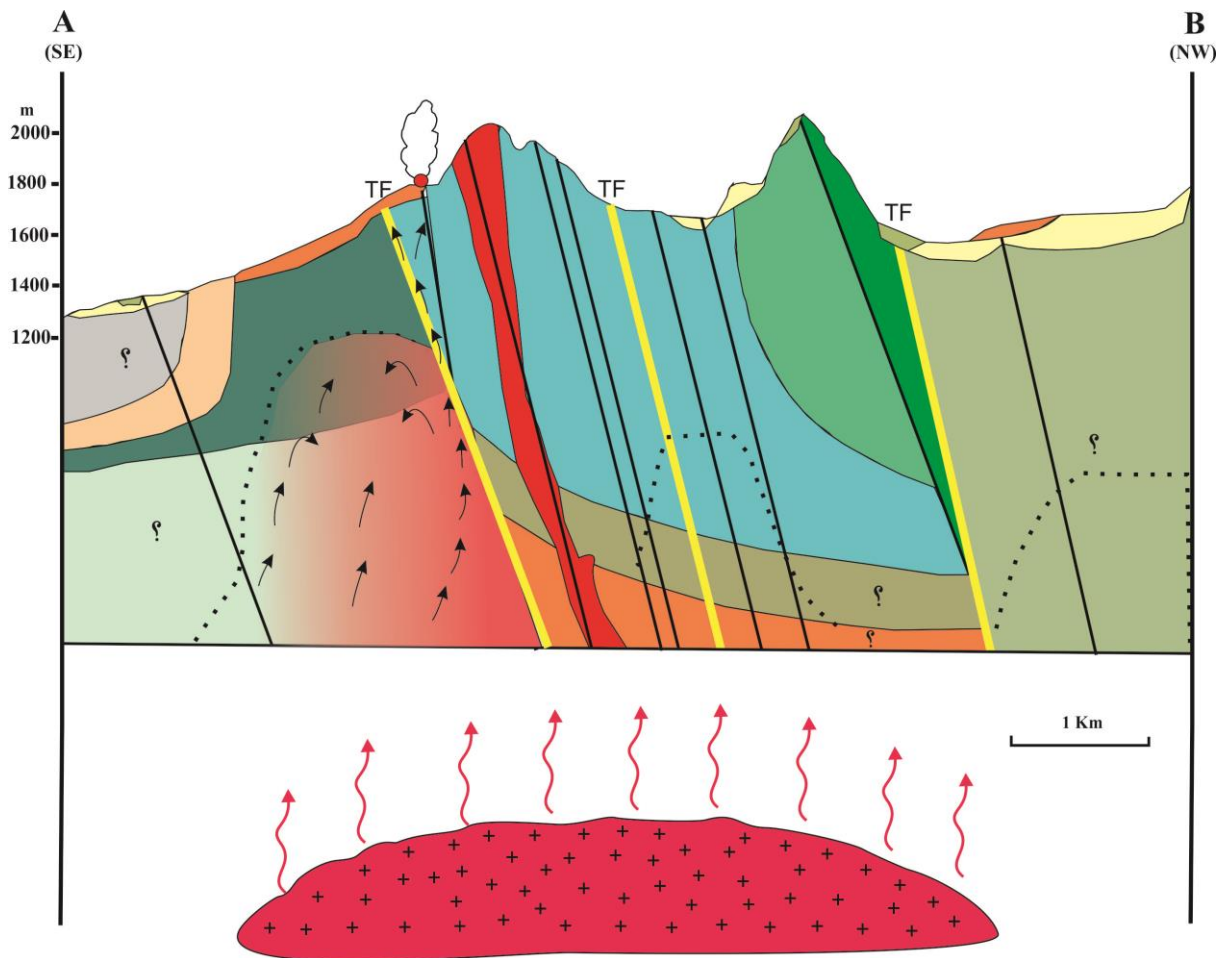
شکل (۹-۲) - نقشه زمین شناسی منطقه زمین گرمایی محلات

تهیه مدل مفهومی مخزن

با پایان یافتن مراحل مطالعات زمین شناسی، حجم قابل توجهی داده از وضعیت چینه شناسی و زمین ساختاری منطقه اکتشافی بدست می‌آید. بنابراین، با در نظر گرفتن چگونگی ارتباط نشانه‌های سطحی انرژی زمین گرمایی با عوامل زمین ساختاری و واحدهای سنگ چینه‌ای منطقه، می‌توان نخستین مدل مفهومی مخزن زمین گرمایی موجود در منطقه اکتشافی را تهیه نمود.

در مدل مذکور، معمولاً به طور شماتیک، موقعیت مخزن زمین گرمایی، سنگ مخزن، سنگ پوشش و محل نفوذ آب‌های جوی به مخزن مشخص می‌گردد. البته همان‌گونه که اشاره شد، مدل یاد شده بسیار ابتدایی بوده و می‌بایست که با داده‌های ژئوشیمیایی، ژئوفیزیکی و به ویژه حفاری به روز رسانی گردد. در شکل (۱۰-۲)، مدل مفهومی یک مخزن زمین گرمایی نمونه نمایش داده شده است.

بدیهی است که اجرای مطالعات زمین شناسی سطح الارضی در هر منطقه اکتشافی، مستلزم وجود کارشناسانی با تجربه و بهره مندی از تجهیزات و نرم افزارهای ویژه ای می باشد. بنابراین، به منظور آشنایی بیشتر با موارد فوق الذکر، در جداول (۲-۳) و (۲-۴) به ترتیب کارشناسان، تجهیزات و نرم افزارهای مورد نیاز برای اجرای مطالعات زمین شناسی ارائه شده اند.



شکل (۱۰-۲) - مدل مفهومی مخزن زمین گرمایی واقع در منطقه محلات

جدول (۲-۳) - متخصصین مورد نیاز برای انجام مطالعات زمین شناسی سطح الارضی

ردیف	نام زیرمرحله	متخصصین مورد نیاز
۱	تهیه نقشه توپوگرافی پایه	زمین شناس آشنا با نرم افزار Arc GIS
۲	فتوژئولوژی	زمین شناس
۳	کنترل صحرائی	زمین شناس
۴	مطالعات چینه شناسی	زمین شناس (با گرایش چینه شناسی، فسیل شناسی)
۵	مطالعات زمین شناسی ساختمانی	زمین شناس (با گرایش تکنونیک)
۶	بررسی محدوده های دگرسان شده	زمین شناس (با گرایش پترولوژی)
۷	تهیه نقشه زمین شناسی	زمین شناس
۸	تهیه مدل مفهومی مخزن	زمین شناس (مسلط به مباحث مرتبط با انرژی زمین گرمایی)

جدول (۴-۲) - مشخصات ابزارها، تجهیزات، نرم افزارها و خدمات آزمایشگاهی مورد استفاده در مطالعات زمین شناسی

سطح الارضی

ردیف	نام زیرمرحله	ابزارها و تجهیزات	نرم افزارها	خدمات آزمایشگاهی
۱	تهیه نقشه توپوگرافی پایه	- فایل نقشه های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه برداری کشور	Arc GIS, Auto CAD, Google earth	-
۲	فتوژئولوژی	- تصاویر ماهواره ای ETM - تصاویر ماهواره ای Aster - تصاویر ماهواره ای Geoeye	ENVI, Arc GIS, Google earth	-
۳	کنترل صحرایی	چکش زمین شناسی، میکروسکوپ، کمپاس، GPS، شیشه اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال، دوربین عکاسی، دفترچه یادداشت، دستگاه برش مقطع نازک	Arc GIS, Google earth	XRD
۴	مطالعات چینه شناسی	چکش زمین شناسی، میکروسکوپ، کمپاس، GPS، شیشه اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال، دوربین عکاسی، دفترچه یادداشت، دستگاه برش مقطع نازک، متر فلزی/پارچه ای، دوربین دوچشمی، دفترچه یادداشت	Log plot, Arc GIS	-
۵	مطالعات زمین شناسی ساختمانی	چکش زمین شناسی، میکروسکوپ، کمپاس، GPS، شیشه اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال، دوربین عکاسی، دفترچه یادداشت، دستگاه برش مقطع نازک، متر فلزی/پارچه ای، دوربین دوچشمی، دفترچه یادداشت	Arc GIS	-
۶	بررسی محدوده های دگرسان شده	چکش زمین شناسی، میکروسکوپ، کمپاس، GPS، شیشه اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال، دوربین عکاسی، دفترچه یادداشت، دستگاه برش مقطع نازک، متر فلزی/پارچه ای، دوربین دوچشمی، دفترچه یادداشت	Arc GIS	XRD XRF
۷	تهیه نقشه زمین شناسی	پلاتر	Arc GIS, Corel Draw, Photo shop, Auto CAD	-
۸	تهیه مدل مفهومی مخزن		Arc GIS, Corel Draw, Photo shop, Auto CAD, Google earth	-

۲-۱-۲-۲- مطالعات زمین شناسی تحت الارضی

این علم، بخشی از مطالعات زمین شناسی منابع انرژی زمین گرمایی است که به گردآوری، پردازش و بررسی اطلاعات به دست آمده از چاه های زمین گرمایی می پردازد. به عبارت دیگر، متخصص این دانش، قبل از حفاری، در حین حفاری و بعد از آن مجموعه ای از اقدامات و فعالیت ها را انجام می دهد که هدف اصلی از اجرای اقدامات یاد شده، شناخت بیشتر منبع انرژی زمین-گرمایی و ارزیابی مشخصات آن می باشد. همان گونه که از نام این دسته از مطالعات زمین شناسی مشخص می باشد، انجام وظایف مرتبط با این شاخه از فناوری های اکتشافی بر عهده ی کارشناسان زمین شناس است.

به طور کلی مراحل مطالعات زمین شناسی تحت الارضی را می توان به سه قسمت زیر تقسیم بندی نمود:

- فعالیت های قبل از حفاری

- فعالیت های همزمان با حفاری

- فعالیت های بعد از حفاری

در ادامه، جزئیات بیشتری در خصوص هر یک از فعالیت های فوق الذکر ارائه می گردد. در شکل (۱۱-۲)، درخت فناوری برای مطالعات زمین شناسی تحت الارضی منابع زمین گرمایی نشان داده شده است.

فعالیت های قبل از حفاری

پیش از حفر چاه، فعالیت هایی صورت می گیرد که منجر به طراحی چاه می گردد. این فعالیت ها مشترکاً توسط زمین شناس سطح الارضی و تحت الارضی انجام می شود. اقدامات قبل از حفاری به چهار زیر رده جزئی تر تقسیم می گردد که به ترتیب اولویت زمانی عبارت هستند از:

- مشارکت در ارزیابی و برآورد داده ها

- مشخص نمودن هدف عملیات حفاری

- مقایسه داده ها و اطلاعات به دست آمده و بررسی نحوه ی ارتباط آنها با یکدیگر

- طراحی چاه و پیش بینی شرایط آن



شکل (۱۱-۲) - درخت فناوری مطالعات زمین شناسی تحت الارضی منابع انرژی زمین گرمایی

در ادامه توضیحات مختصری درباره هر یک از موارد یاد شده ارائه می گردد.

- مشارکت در ارزیابی و برآورد داده ها شامل:

- تهیه یک مدل از منبع زمین گرمایی
- مشخص نمودن محدودیت های منطقه هدف
- توسعه برنامه بلند مدت حفاری در منطقه
- مشخص نمودن نقاط حفر چاه

- مشخص نمودن هدف عملیات حفاری که ممکن است یکی از موارد زیر باشد:

- اکتشاف
- تأیید اطلاعات قبلی / توصیفی
- تولیدی
- تزریق مجدد / تزریقی
- حفاری مجدد

- مقایسه داده ها و اطلاعات به دست آمده و بررسی نحوه ارتباط آنها با یکدیگر شامل موارد زیر:

- چاه اکتشافی

هدف اصلی این دسته از چاه ها، بررسی و ارزیابی اطلاعات است که از روش های مختلف اکتشافی سطحی به دست آمده است. داده های مذکور از مطالعات زمین شناسی، ژئوشیمیایی، ژئوفیزیکی و هیدرولوژیکی به دست آمده اند.

+ چاه تولیدی، توصیفی و یا تزریقی

▪ بررسی زمین شناسی تحت الارضی

▪ بررسی مشخصه های حفاری

▪ اندازه گیری عوامل مختلف در چاه

- طراحی چاه و پیش بینی شرایط آن که شامل موارد زیر می گردند:

+ طراحی و تشخیص عوامل زیر:

▪ محل تقاطع ساختارهای هدف

▪ طراحی لوله ی جداری

▪ تعیین عمق نهایی چاه

▪ محدودیت های قابل انتظار در حین حفاری

- پیش بینی موارد زیر:

❖ وضعیت چینه شناسی چاه

❖ وضعیت دگرسانی گرمایی

❖ نحوه ی توزیع زون های نفوذ پذیر

❖ وضعیت درجه حرارت سازندها

- تفسیر داده ها از نقطه نظر:

❖ سختی سازندها

❖ درجه حرارت مخزن

❖ زون های هدررفت آب

❖ مشکلات احتمالی در حین حفاری

- ارائه پیشنهاد، توصیه و مشاوره در خصوص موارد زیر:

❖ روش شناسی نمونه برداری

❖ ذخیره سازی داده های مربوط به حفاری، گل حفاری و آزمایشات چاه ها

فعالیت های همزمان با حفاری

این فعالیت ها بلافاصله پس از شروع حفاری، آغاز گردیده و تا لحظه ای که عملیات حفاری ادامه دارد، تداوم می یابند. فعالیت -

های مذکور به شش گروه اصلی تقسیم می شوند که عبارت هستند از:

- مستند سازی داده ها
- تفسیر داده های بدست آمده
- همکاری با پرسنل حفاری
- همکاری با پرسنل گروه مهندسی مخزن و آزمایش چاه
- همکاری با مدیریت پروژه
- همکاری با کارکنان آزمایشگاه حفاری

در ادامه توضیحات مختصری در خصوص هر یک از موارد فوق ارائه می گردد.

● مستند سازی داده ها

یکی از اقدامات مهمی که در حین مطالعات زمین شناسی تحت الارضی صورت می پذیرد، جمع آوری و مستند سازی داده ها و

اطلاعات در حین حفاری چاه ها می باشد. اطلاعات مستندسازی شده، طیف بسیار وسیعی داشته و شامل موارد زیر می گردند:

- داده های عملیات حفاری

این موارد شامل سختی سازندها، وضعیت ساختاری آنها، زون‌های نفوذپذیر و مرزهای لیتولوژیکی، سرعت حفاری، زمان-های افت فشار پمپ، زمان‌های توقف حفاری، مشکلات پیش آمده در حین حفاری و ... می‌گردند.

- مشخصات گل حفاری

این مشخصات، منعکس کننده‌ی درجه حرارت، زون‌های نفوذپذیر و مشخصات سیال درون چاه می‌باشند. در حین بررسی مشخصات گل حفاری، مواردی نظیر ویسکوزیته و وزن گل حفاری هم می‌بایست مورد بررسی قرار گیرند. علاوه بر این، در گزارش حفاری باید مقاطع زمانی که حفاری با آب صورت می‌پذیرد نیز ثبت گردند.

- مسیر واقعی چاه

در حین حفاری باید مسیر واقعی چاه، مشخص و پایش شده و بروز رسانی گردد. به عبارت دیگر در هر لحظه، می‌بایست عمق واقعی چاه و همچنین سایر نکات مهم (مانند برخورد چاه با گسل‌ها) ثبت گردد.

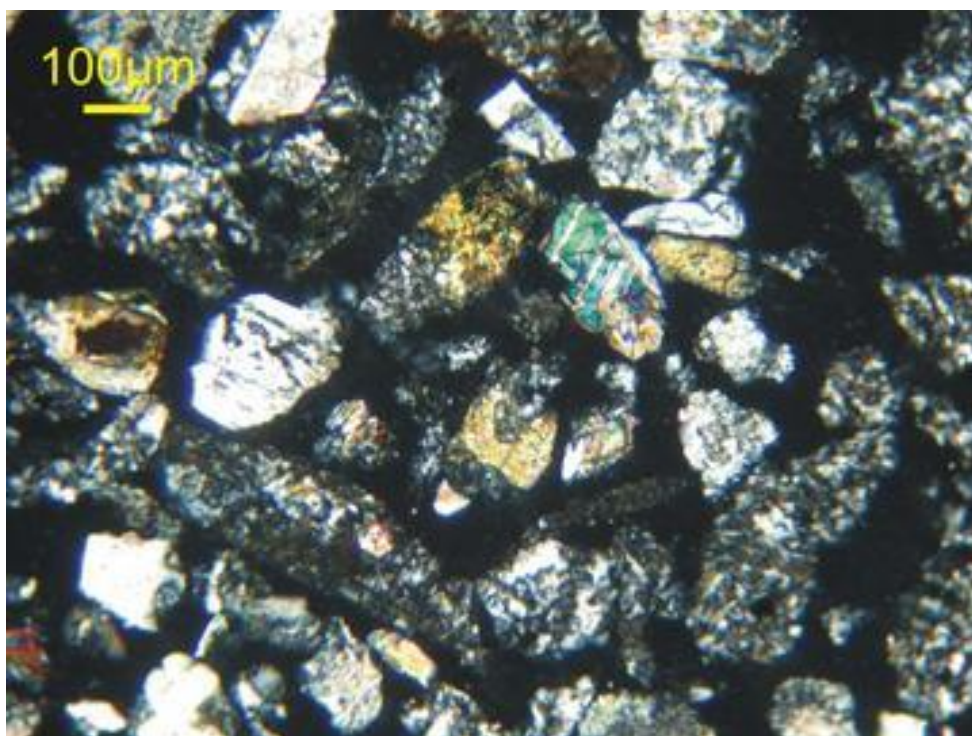
- زمین شناسی

یکی از وظایف مهم زمین شناس تحت الارضی، بررسی سازندها و وضعیت چاه است. برای این منظور، وی از مغزه‌ها یا خرده‌سنگهای حفاری کمک می‌گیرد، اشکال (۱۲-۲) و (۱۳-۲). زمین شناس به کمک موارد فوق الذکر، اطلاعات زیر را مورد بررسی قرار می‌دهد:

- جنس سنگ‌ها یا لیتولوژی، تشخیص وضعیت چینه‌شناسی و زمین ساختاری چاه
 - دگرسانی گرمایی، بررسی سیالات گرمایی، نفوذپذیری و درجه حرارت سازندها
 - بررسی کانی‌شناسی رگه‌ها و ریزساختارها و تشخیص پدیده‌های زمین ساختاری در چاه
- اطلاعات بدست آمده از مرحله تولید (آزمایش چاه)



شکل (۱۲-۲) - نمایی از بررسی مغزه های حفاری یک چاه زمین گرمایی



شکل (۱۳-۲) - نمونه ای از خرده سنگ‌های بدست آمده از عملیات حفاری چاه‌های زمین گرمایی

پس از حفر چاه و اتمام عملیات حفاری، می‌بایست به منظور بررسی مشخصات آن، آزمایشات چاه انجام شود. در حین اجرای آزمایشات، اطلاعات ارزشمندی از چاه بدست می‌آید که زمین شناس می‌بایست کلیه داده‌ها را مستندسازی نماید. این اطلاعات عبارت هستند از:

- نتایج آزمایش تعیین درجه حرارت استاتیکی سازندها
- اندکس تزریق پذیری و زون‌های نفوذپذیر چاه
- گرادیان فشار چاه
- زون‌های هدر رفت آب و دبی سیال خروجی از چاه
- عمق سطح ایستابی

• تفسیر داده‌های بدست آمده

پس از گردآوری و مستندسازی داده‌ها، می‌بایست اطلاعات بدست آمده تفسیر شوند. در واقع، تفسیر اطلاعات، جهت مشخص نمودن وضعیت چاه انجام می‌شود. اطلاعاتی که در حین حفاری بدست می‌آیند عبارت هستند از:

- شناسایی وضعیت چینه‌شناسی
- درجه حرارت سازندها
- وضعیت زمین ساختاری و نفوذپذیری
- نحوه توزیع کانی‌های دگرسانی

با تفسیر داده‌ها و اطلاعات فوق الذکر می‌توان به موارد زیر پی برد:

- پیش بینی مشکلات احتمالی که در حین حفاری چاه‌های آتی ممکن است به وجود آیند.

- برآورد شرایط چاه جهت ادامه‌ی عملیات حفاری یا خاتمه‌ی آن
- برنامه‌ریزی برای تهیه‌ی مغزه از سازندهای حفر شده
- مشخص کردن عمق مورد نظر برای استقرار لوله‌های جداری در چاه
- همکاری با پرسنل حفاری

زمین شناس مستقر در کنار چاه در حین عملیات حفاری با پرسنل مربوطه، همکاری تنگاتنگی دارد. مهم‌ترین مواردی که زمین شناس به یاری پرسنل مذکور می‌پردازد، عبارت هستند از:

- راهنمایی پرسنل حفاری در خصوص اطلاعات چینه شناسی چاه شامل سختی سازندها، ضخامت سازندها و تخلخل مخزن
- کمک به پرسنل حفاری در خصوص اطلاعات دگرسانی گرمابی شامل درجه حرارت، نفوذپذیری، تأثیر دگرسانی بر سختی سازندها و تعیین محل آبخوان‌ها
- کمک به پرسنل در خصوص سایر اطلاعات شامل زون‌های هدررفت آب، زون‌های شکستگی و توقف حفاری
- همکاری با پرسنل گروه مهندسی مخزن و آزمایش چاه

در حین حفر چاه، زمین شناس ارتباط نزدیکی نیز با کارشناسان گروه مهندسی مخزن و گروه آزمایش چاه دارد. مهم‌ترین مواردی که زمین شناس به نامبردگان یاری می‌رساند عبارت هستند از:

- ارائه‌ی اطلاعات در خصوص زون‌های نفوذپذیر احتمالی بر اساس مشخصه‌های زمین شناسی، حفاری و عملکرد فرآیند حفاری با تأکید بر زون‌هایی که احتمال آبخوان بودن آنها بسیار زیاد است.
- ارائه مشاوره در خصوص عمق سطح آب در چاه
- ارائه مشاوره در خصوص درجه حرارت تقریبی چاه بر اساس اطلاعات کانی شناسی
- همکاری با گروه مدیریت پروژه

زمین شناس تحت الارضی همکاری خوبی با گروه مدیریت پروژه نیز دارد. بدین ترتیب که وی مرتباً و طی فواصل زمانی مشخصی، اطلاعات بدست آمده از چاه را در اختیار افراد مذکور قرار می دهد. زمین شناس در خصوص موارد زیر با مدیران پروژه در ارتباط می باشد:

- ارائه گزارش روزانه
- ارائه نتایج بدست آمده از تفسیر داده ها
- ارائه پیشنهاد یا راهکار در خصوص رفع مشکلات ایجاد شده در حین عملیات حفاری
- درخواست همکاری در مورد اطلاعاتی که می تواند در بازنگری عملیات حفاری به وی کمک کند.
- پرسش از مدیران پروژه در خصوص دریافت تصمیمات یا راهکارهای اجرایی برای مشکلاتی که در حین عملیات حفاری بوجود می آیند.
- همکاری با کارکنان آزمایشگاه حفاری

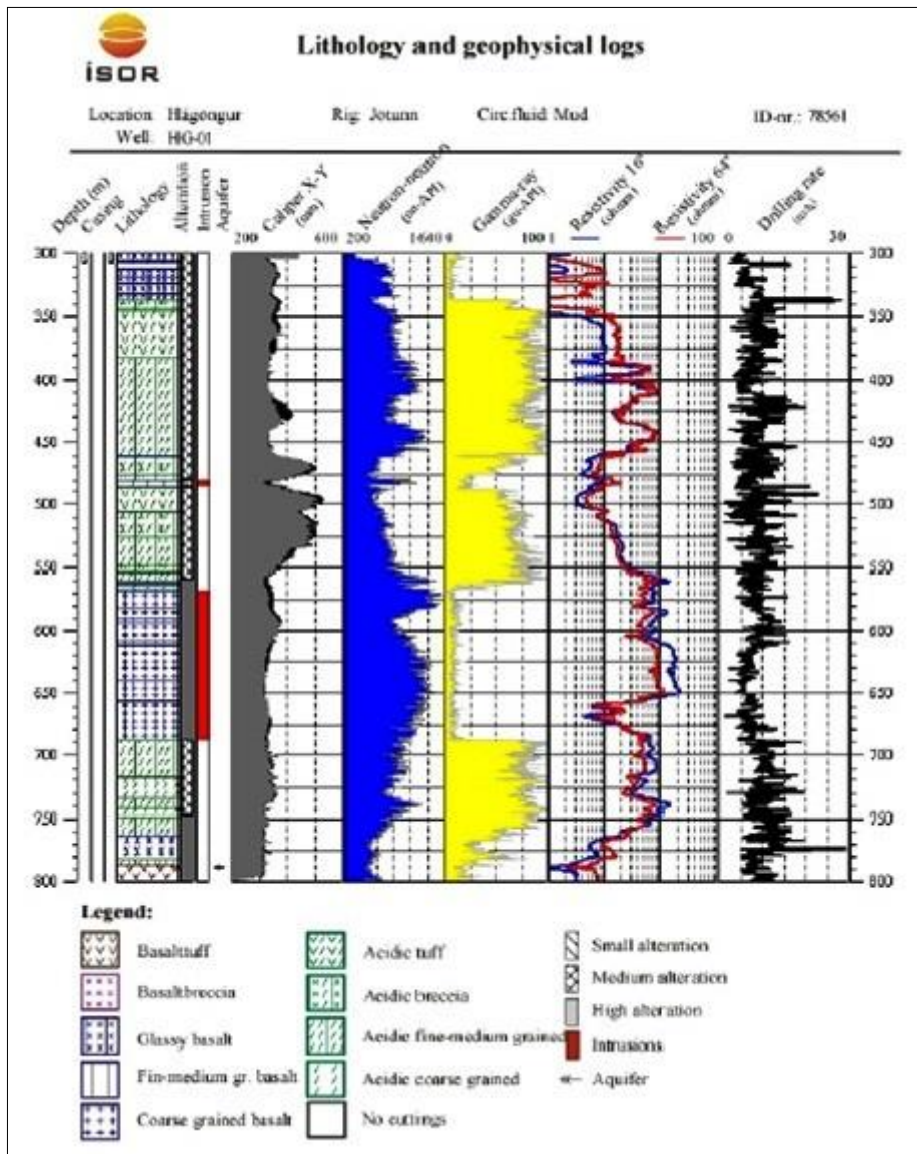
زمین شناس سرچاهی ارتباط نزدیکی نیز با تکنسین های آزمایشگاهی دارد. عمده ترین موارد همکاری زمین شناس با افراد یاد شده عبارت هستند از:

- گردآوری نمونه ها برای مطالعات پترولوژیکی، XRD و یا بررسی سیالات درگیر
- ارائه اطلاعات به طور مستمر در خصوص وضعیت زمین شناسی چاه
- دریافت اطلاعات اضافی و راهنمایی از تکنسین های آزمایشگاهی جهت تفسیر داده های زمین شناسی

اقدامات پس از حفاری

زمین شناس تحت الارضی، پس از خاتمه عملیات حفاری نیز وظایف خاصی بر عهده دارد. در این مرحله از مطالعات اکتشافی، زمین شناس، کلیه اطلاعات و داده های بدست آمده از چاه را در قالب یک یا چند گزارش برای مدیران پروژه ارسال می نماید. به طور خلاصه اهم فعالیت های زمین شناس سرچاهی پس از خاتمه حفاری به شرح زیر می باشد:

- جمع آوری اطلاعات در خصوص جزئیات عملیات حفاری و گل بکار رفته، وضعیت زمین شناسی چاه، نمودارهای ژئوفیزیکی و مشخصات شیمیایی چاه (در صورت وجود)
- تهیه و ارائه گزارشات شامل مستندسازی کلیه اطلاعات که معمولاً برای نمایش بهتر داده ها و اطلاعات چاه، از نمودارهای مختلف استفاده می کنند. در شکل (۱۴-۲) یک نمونه از این نمودارها نشان داده شده است. علاوه بر این، در گزارشات نهایی، نتایج حاصل از پردازش و تفسیر داده ها و همچنین پیشنهاداتی در خصوص حفاری سایر چاه ها در منطقه ی اکتشافی نیز ارائه می گردند.
- پایش پیشرفت عملیات حفاری
- تهیه مدل چاه حفر شده
- مقایسه ی اطلاعات چاه های یک میدان با یکدیگر
- تهیه ی مدل میدان زمین گرمایی در دست مطالعه



شکل (۲-۱۴) - نمونه ای از نمودار تهیه شده بر اساس اطلاعات بدست آمده از حفاری یک چاه زمین گرمایی

بدون شک جهت اجرای مطالعات زمین شناسی تحت الارضی به وسایل، دستگاه ها، آزمایشگاه ها و تجهیزات مخصوصی نیاز می باشد. در جدول (۲-۵) به طور خلاصه موارد مذکور معرفی شده اند.

جدول (۵-۲) - مشخصات وسایل، تجهیزات، آزمایشگاه ها و نرم افزارهای مخصوص جهت اجرای مطالعات زمین

شناسی تحت الارضی

ردیف	مرحله مقدماتی	وسایل، تجهیزات و اطلاعات	آزمایشگاهها	نرم افزار
۱	قبل از حفاری	- نقشه های توپوگرافی - نقشه های زمین شناسی - نقشه های ژئوشیمیایی - نقشه های ژئوفیزیکی - گزارش مطالعات فوق	-	Arc GIS
۲	همزمان با حفاری	- میکروسکوپ پلاریزان - میکروسکوپ دوچشمی - ظروف و جعبه های نگهداری مغزه و خرده سنگها - دستگاه تهیه ی مقطع نازک	- آزمایشگاه پترولوب	نرم افزار تولید کننده ی نمودارهای چاه
۳	پس از حفاری	-	-	- Grapher - Surfer - Arc GIS - Logplot

۲-۲-۲- مطالعات ژئوشیمیایی منابع انرژی زمین گرمایی

بررسی وضعیت شیمیایی سیال زمین گرمایی، بخشی از مطالعات اکتشافی سیستماتیک برای شناسایی منابع انرژی زمین گرمایی می باشد. در حقیقت در مطالعات ژئوشیمیایی، با بررسی چشمه های آبگرم و گازهای متصاعد شده در منطقه اکتشافی، می توان اطلاعات ارزشمندی را در خصوص سیستم زمین گرمایی بدست آورد. هدف از انجام مطالعات ژئوشیمیایی در خصوص یک منطقه ناشناخته، آگاهی از موارد زیر می باشد، (Arnorsson & Fridriksson, 2009):

- برآورد درجه حرارت مخزن زمین گرمایی

- منشا سیال مخزن

- جهت جریان سیال در مخزن

بنابراین، مطالعات ژئوشیمیایی، نقش مهمی در شناسایی منابع زمین گرمایی و توسعه آنها دارند. بدیهی است که به منظور تحلیل نتایج به دست آمده از مطالعات ژئوشیمیایی، وجود اطلاعات زمین شناسی منطقه اکتشافی نیز ضروری می باشد، لذا

معمولاً مطالعات ژئوشیمیایی یا همزمان با مطالعات زمین شناسی صورت می‌پذیرد و یا اینکه پس از مشخص شدن وضعیت زمین شناسی منطقه مطالعاتی انجام می‌شود.

۲-۱-۲-۲- معرفی مراحل مطالعات ژئوشیمیایی منابع زمین گرمایی

مطالعات ژئوشیمیایی یک منطقه زمین گرمایی شامل موارد ذیل می‌باشد:

- نمونه برداری
- آنالیز شیمیایی سیال زمین گرمایی و گازهای خروجی
- تفسیر ژئوشیمیایی
- زمین دماسنجی
- بررسی‌های ایزوتوپی

دسته بندی این مراحل در شکل (۲-۱۵) مشخص می‌باشد. با انجام هر یک از این مراحل می‌توان اطلاعات مهمی از ویژگی‌های یک منبع زمین گرمایی را بدست آورد.



شکل (۲-۱۵) - درخت فناوری مربوط به مطالعات ژئوشیمیایی منابع انرژی زمین گرمایی

- نمونه برداری

اولین گام در مطالعات ژئوشیمیایی نمونه برداری می باشد و شامل نمونه برداری از سیال و گازهای خروجی می باشد. این نمونه ها شامل چشمه های آبگرم، چشمه های آب سرد، آب چاه ها و سایر شواهد موجود می باشد.

در این مرحله بکارگیری اطلاعات حاصل از پتانسیل سنجی منابع زمین گرمایی که در محدوده مطالعاتی صورت گرفته است، بسیار مهم است. در مرحله پتانسیل سنجی، موقعیت تمامی چشمه های آبگرم، چشمه های آب سرد، چاه ها و سایر شواهد موجود مشخص می گردد و بر اساس این اطلاعات یک نقشه اولیه جهت نمونه برداری تهیه می گردد. این نقشه از آن جهت دارای اهمیت است که مکان های مناسبی که بیشترین اطلاعات ممکن را ارائه می دهند، از قبل مشخص می شوند. به عنوان مثال ممکن است در یک محدوده دارای پتانسیل انرژی زمین گرمایی تعداد زیادی چشمه آب سرد و یا چاه آب وجود داشته باشند و جهت انجام مطالعات ژئوشیمیایی نیاز به نمونه برداری از همه آنها نباشد. در نتیجه با استفاده از نقشه هایی که در مرحله پتانسیل سنجی تهیه گردیده است، می توان بهترین گزینه ها جهت نمونه برداری را انتخاب نمود. نمونه برداری از سیال زمین گرمایی و گازهای خروجی از منطقه، توسط کارشناس و تکنسین مربوطه با دقت بالا در محل چشمه ها و دیگر شواهد صورت می پذیرد، شکل (۱۶-۲).



شکل (۱۶-۲) - نمایی از عملیات نمونه برداری از یک چشمه آبگرم

همزمان با نمونه برداری بایستی تمامی پارامترها و موارد زیر اندازه گیری شوند.

- موقعیت مکانی چشمه بر حسب مختصات جغرافیایی و UTM

- ارتفاع چشمه از سطح دریا بر حسب متر

- دبی بر حسب لیتر بر ثانیه

- دمای چشمه

pH-

EC-

- درجه حرارت هوا

- فشار هوا

- تاریخ نمونه برداری

- ساعت نمونه برداری

دو عامل pH و EC را می توان به کمک دستگاه pH متر و کاندکتیویته متر اندازه گیری نمود، اشکال (۱۷-۲) و (۱۸-۲).

دستگاه کاندکتیویته متر میزان هدایت الکتریکی را نشان می دهد. در شکل (۱۹-۲) دستگاه های اندازه گیری درجه حرارت و

فشار هوا دیده می شوند.



شکل (۲-۱۷) - نمایی از دستگاه pH متر



شکل (۲-۱۸) - نمایی از دستگاه EC متر



شکل (۱۹-۲) - نمایی از دستگاه های اندازه گیری درجه حرارت و فشار هوا

- آنالیز شیمیایی سیال زمین گرمایی

پس از تهیه نمونه ها مطابق روش های استاندارد، بایستی به آزمایشگاه معتبر و مرجع انتقال داده شوند. از آنجایی که ممکن است برخی از عوامل شیمیایی با گذشت زمان دستخوش تغییر شوند، به منظور جلوگیری از بروز خطا در نتایج آنالیزهای شیمیایی، نمونه ها باید در کمترین زمان ممکن به آزمایشگاه انتقال داده شوند. آنالیز سیال زمین گرمایی شامل ۲۴ عامل (کاتیون، آنیون و...) می باشد نهایتاً این اطلاعات در قالب جداولی ارائه می گردد. روش آنالیز عوامل شیمیایی و مشخصات آزمایشگاه، به صورت پیوست در گزارش ژئوشیمیایی منابع زمین گرمایی قید می گردد. در جدول (۶-۲) مثالی از روش آنالیز شیمیایی یک سیال زمین گرمایی آورده شده است. با آنالیز شیمیایی نمونه ها می توان حجم قابل توجهی از اطلاعات را در خصوص منبع زمین گرمایی مربوطه بدست آورد. به کمک اطلاعات مذکور می توان به وجود یا عدم وجود یک منبع زمین گرمایی در اعماق منطقه اکتشافی پی برد. علاوه بر این می توان داده های مناسبی نیز از خود منبع زمین گرمایی بدست آورد.

جدول (۶-۲) - روش های آنالیز عوامل شیمیایی موجود در سیال زمین گرمایی

ردیف	عامل شیمیایی	روش تجزیه	شماره استاندارد
۱	NH ₃	روش نسلر (Nessler)	۴۵۰۰-۰۰۳
۲	Suspended Solids	Suspended Solid Dried at 103-1۰۵°C	۲۵۴۰-D
۳	HCO ₃	تیتراسیون	۲۳۲۰-B
۴	Ca	تیتراسیون EDTA	۳۵۰۰-Ca-B
۵	Mg	تیتراسیون EDTA	۳۵۰۰-۰۰-۰
۶	Na	Flame Photometry	۳۵۰۰-Na-B
۷	K	Flame Photometry	۳۵۰۰-K-B
۸	Cl	تیتراسیون	۴۵۰۰ Cl ⁻
۹	SO ₄	گرادیمتری	۴۵۰۰-SO ₄
۱۰	B	اسپکتروفتومتری	Photo Method
۱۱	Fe	اسپکتروفتومتری	۳۵۰۰-Fe
۱۲	SiO ₂	اسپکتروفتومتری	۴۵۰۰-SiO ₂
۱۳	TDS	Suspended Solid dried at 180°C	۲۵۴۰-C
۱۴	Li	Flame Photometry	Flame Photo manual
۱۵	S ²⁻	Methylene Blue	۴۵۰۰-S ₂ ⁻
۱۶	CO ₂	Titrimetric	۴۵۰۰-CO ₂
۱۷	As	اسپکتروفتومتری	Photo Method
۱۸	F ⁻	کلریمتری	۴۵۰۰-۰
۱۹	Al	کلریمتری	۳۵۰۰-Al

تفسیر ژئوشیمیایی

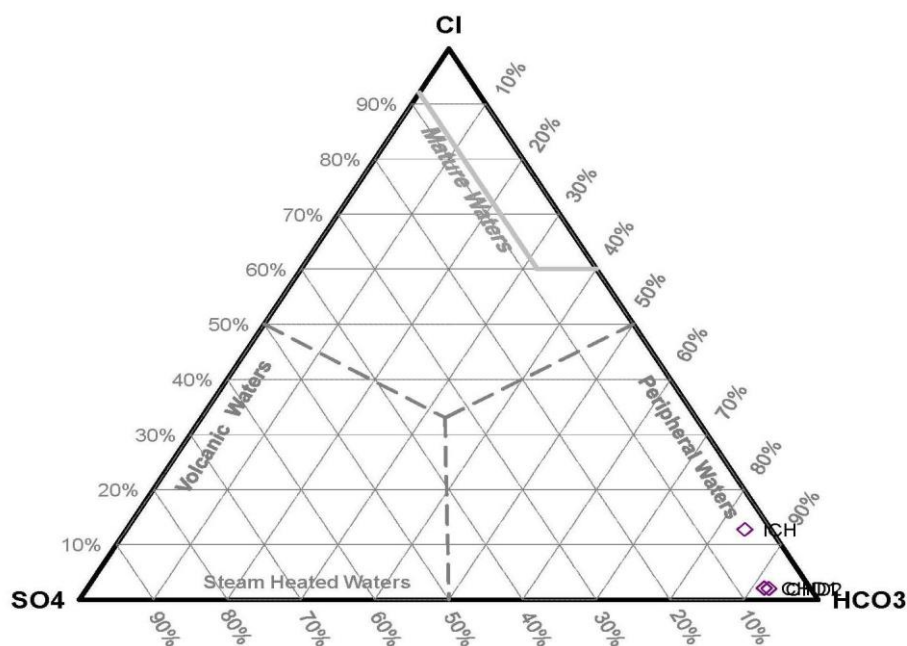
پس از مشخص شدن نتایج آنالیز شیمیایی نمونه ها، با استفاده از نرم افزارهای تخصصی، داده های ژئوشیمیایی مورد بررسی و تفسیر قرار می گیرند و وضعیت شیمیایی سیستم زمین گرمایی مشخص می گردد. برای این منظور نخست، نمودارهای Cl-SO₄

HCO_3 و Na-K-Mg مورد بررسی قرار می گیرند، اشکال (۲۰-۲) و (۲۱-۲). نهایتاً پس از مشخص شدن موقعیت چشمه ها و

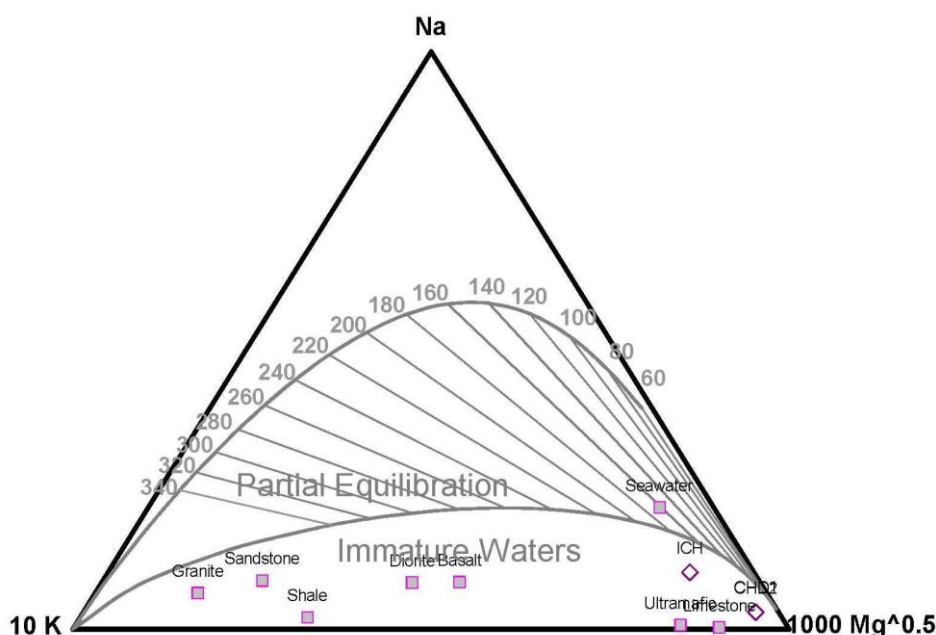
سیالات دیگر زمین گرمایی بر روی نمودارهای ژئوشیمیایی، می توان به موارد زیر پی برد:

- خانواده آب ها
- وضعیت تعادل شیمیایی
- آمیختگی
- نفوذپذیری
- درجه حرارت مخزن
- واکنش آب-سنگ
- جوشش و عدم جوشش در مخزن

پس از مشخص شدن هر یک از ویژگی های فوق، مشخصات شیمیایی و ژئوشیمیایی یک سیال و مخزن زمین گرمایی تا حدود زیادی نمایان می گردد و نهایتاً بر اساس ویژگی های سیال، گام های بعدی بر اساس نوع آن و ویژگی های موجود مشخص می گردد.



شکل (۲۰-۲) - نمودار مثلثی $\text{Cl-SO}_4\text{-HCO}_3$ به منظور بررسی خانواده آب های زمین گرمایی در یک منطقه نمونه



شکل (۲۱-۲) - نمودار مثلثی Na-K-Mg به منظور بررسی آمیختگی سیال و شرایط تعادل در مخزن زمین گرمایی

زمین دماسنجی

مطالعات زمین دماسنجی به منظور تعیین دمای تخمینی از یک مخزن زمین گرمایی انجام می گیرد. این اندازه گیری ها زمانی دارای اهمیت می باشد که اندازه گیری مستقیم به دلیل عدم وجود چاه های زمین گرمایی امکان پذیر نباشد.

زمین دماسنج ها به سه گروه تقسیم می شوند:

- زمین دماسنج های محلول

- زمین دماسنج های بخار و گاز

- زمین دماسنج های ایزوتوپی

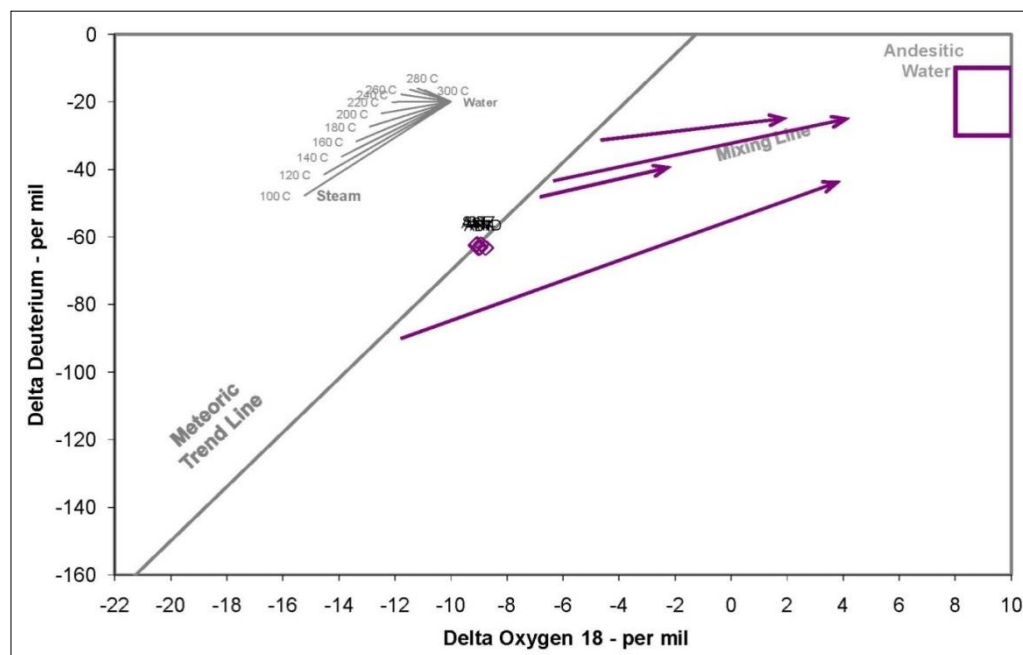
استفاده از هر یک از این روش‌ها دارای مزایا و معایبی می‌باشد اما روش زمین دماسنج محلول بیشترین کاربرد را دارد. نمونه برداری در این روش ساده تر و هزینه مطالعات آن نیز کمتر می‌باشد زیرا داده‌های لازم برای محاسبات تعیین دمای مخزن در مرحله آنالیز شیمیایی و تفسیر ژئوشیمیایی مهیا گردیده است.

با تجزیه و تحلیل شیمیایی سیال‌های زمین گرمایی می‌توان درجه حرارت مخزن زمین گرمایی را برآورد نمود. بدیهی است که پیش بینی درجه حرارت مخزن در حین اجرای مطالعات اکتشافی بسیار مهم می‌باشد، به ویژه در مواقعی که هنوز در منطقه چاهی حفر نشده و اطلاعات دقیقی در خصوص مخزن زمین گرمایی در دسترس محققین نمی‌باشد.

در صورتی که جهت برآورد درجه حرارت مخازن زمین گرمایی از سیال زمین گرمایی استفاده شود، چندین عامل شیمیایی به عنوان عناصر یا عوامل زمین دماسنج دارای کاربرد هستند، (Fournier, 1979). به عنوان مثال، سیلیس ماده‌ای است که غلظت آن در آب‌های گرم با تغییرات درجه حرارت به نحو مشخصی تغییر می‌نماید. بنابراین در مطالعات زمین دماسنجی اغلب از این ماده استفاده می‌شود. زمانی که سیلیس در سیال زمین گرمایی به مقدار کافی وجود نداشته باشد از زمین دماسنج‌های کاتیونی استفاده می‌گردد. در نتیجه انتخاب زمین دماسنج مناسب بر اساس نتایج آنالیز شیمیایی و تفسیر آن صورت می‌گیرد.

بررسی‌های ایزوتوپی

بررسی‌های ایزوتوپی در مطالعات منابع زمین گرمایی می‌تواند دارای کاربردهای گوناگونی باشد. یکی از این کاربردها تعیین سن سیال می‌باشد که با استفاده از تریتیوم یا همان ایزوتوپ رادیواکتیو هیدروژن صورت می‌گیرد. این روش ممکن است در مورد تمامی منابع زمین گرمایی کاربرد نداشته باشد و باید با دقت بالایی انجام گیرد. از دیگر کاربردهای مهم ایزوتوپی می‌توان به تعیین محل آب‌های نفوذی به داخل منبع زمین گرمایی اشاره کرد با نمونه برداری از چشمه‌های آب سرد و آب‌های سطحی صورت می‌گیرد، شکل (۲۲-۲). به کمک مطالعات ایزوتوپی می‌توان درجه حرارت مخزن زمین گرمایی را تعیین نمود. مطالعات زمین دماسنجی بر اساس مطالعات ایزوتوپی گرچه هزینه بیشتری نسبت به سایر روش‌ها دارد اما از دقت بالاتری برخوردار بوده و قابل استناد تر می‌باشد.



شکل (۲۲-۲) - نمودار نسبت ایزوتوپی دوتریوم به اکسیژن ۱۸ در چشمه های آبگرم یک منطقه مطالعاتی

-پایش تولید

همزمان با آغاز خروج سیال از یک چاه زمین گرمایی، باید نمونه هایی از سیال تهیه نموده و آنها را مورد آزمایش و آنالیز قرار داد. بدین ترتیب با جمع آوری اطلاعات و بررسی تاریخچه اطلاعات شیمیایی سیال تولیدی، می توان فرآیندها و تغییراتی را که ممکن است در مخزن به وجود بیاید را پیش بینی کرد. معمولاً در ابتدای مرحله تولید سیال از چاه، فواصل زمانی نمونه برداری -ها کم است ولی به مرور زمان و در صورتی که نتایج آزمایشات، تغییرات محسوسی را از خود نشان ندهند، فواصل زمانی نمونه برداری ها افزایش می یابد.

با پایش وضعیت شیمیایی سیال زمین گرمایی در سر چاه و یا در نیروگاه، می توان تغییرات شیمیایی را که سبب ایجاد پوسته گذاری در لوله ها و سایر تجهیزات نیروگاهی می شوند مشاهده نمود و در نتیجه پیش از ایجاد صدمه و آسیب به تجهیزات نیروگاهی و چاه، آنها را تشخیص داده و برطرف کرد. به طریق مشابه، با نمونه برداری از سیال خروجی از چاه می توان تغییرات ایجاد شده در غلظت گاز موجود در سیال زمین گرمایی را نیز مشخص نمود. این امر نیز ممکن است برای پیشگیری از بروز مشکلات زیست محیطی یا پوسته گذاری در تجهیزات نیروگاهی و یا طرح های کاربرد مستقیم، مهم باشد.

۲-۲-۲-۲- نرم افزارها و کارشناسان مورد نیاز در مطالعات ژئوشیمیایی

به منظور انجام مراحل مختلف مطالعات ژئوشیمیایی از ابزارها، تجهیزات و نرم افزارهای مرتبطی استفاده می گردد که فهرست آنها در جدول (۲-۷) آمده است. همچنین کارشناسانی که در مطالعات ژئوشیمی در مراحل مختلف بایستی همکاری داشته باشند در جدول (۲-۸) مشخص شده اند.

جدول (۲-۷) - تجهیزات، نرم افزارها و خدمات آزمایشگاهی مورد نظر برای مطالعات ژئوشیمیایی

ردیف	مرحله مطالعه	تجهیزات مورد نیاز	نرم افزارها	خدمات آزمایشگاهی
۱	نمونه برداری	pH، GPS، متر، و..	-	-
۲	آنالیز شیمیایی	-	-	آزمایشگاه تجزیه آب
۳	تفسیر ژئوشیمیایی و ژئوترموتری	-	Watch، Aquachem و..	-
۴	پایش تولید	pH، GPS، متر، و..	Watch، Aquachem و..	آزمایشگاه تجزیه آب

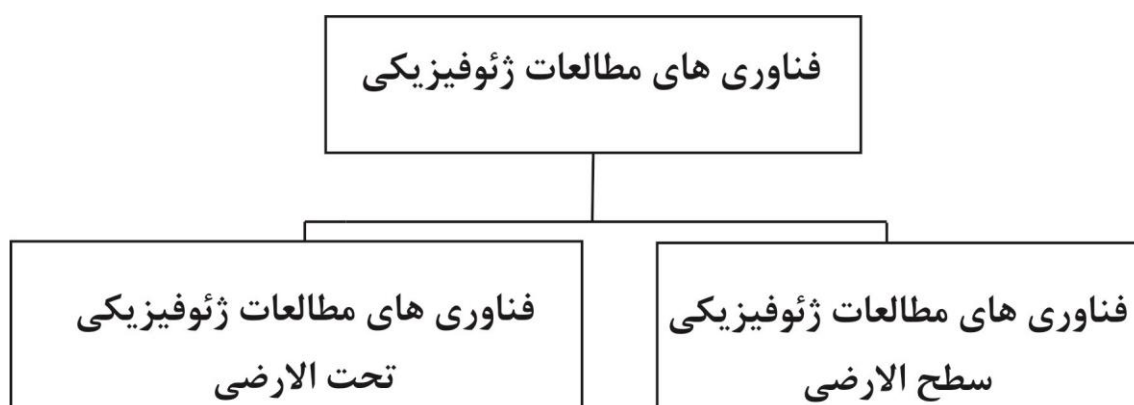
جدول (۲-۸) - کارشناسان مورد نیاز جهت اجرای مراحل مختلف مطالعات ژئوشیمیایی

ردیف	مرحله مطالعاتی	کارشناس مورد نیاز
۱	طراحی مطالعات و نمونه برداری از نشانه های سطحی	-ژئوشیمیست -تکنیسین نمونه برداری
۲	آنالیز شیمیایی	-کارشناس آزمایشگاه شیمی تجزیه -تکنیسین آزمایشگاه شیمی تجزیه
۳	تفسیر داده ها	-کارشناس ژئوشیمیست -کارشناس زمین شناس

۳-۲-۲- مطالعات ژئوفیزیکی

پس از انجام مطالعات زمین‌شناسی سطحی و جمع‌آوری اطلاعات ژئوشیمیایی، در منطقه اکتشافی، مطالعات ژئوفیزیکی صورت می‌پذیرد. این مطالعات به منظور کاوش و توصیف میدان‌های زمین گرمایی و همچنین تعیین محل حفر چاه‌های مختلف در مناطق اکتشافی انجام می‌شوند.

ژئوفیزیک، علم بررسی ترکیب و ساختار درونی زمین و شناخت فرآیندهایی است که سیمای بیرونی زمین را به وجود آورده است. کاربرد اصلی مطالعات ژئوفیزیکی در شناسایی، کنترل و بازنگری منابع زمین گرمایی می‌باشد. برای این منظور از روش‌های ژئوفیزیکی مختلفی در کلیه مراحل اکتشاف منابع زمین گرمایی استفاده می‌شود که اساس آنها اندازه‌گیری خواص فیزیکی زمین (سنگ‌ها و سیال‌ها) اعم از درجه حرارت، میزان هدایت حرارتی، مقاومت الکتریکی، سرعت امواج لرزه‌ای، میزان خودپذیری مغناطیسی و چگالی است. به کمک روش‌های مطالعاتی ژئوفیزیکی می‌توان به طور مستقیم یا غیرمستقیم به وضعیت ساختاری مناطق و موقعیت مخازن زمین گرمایی در آنها پی برد. امروزه اهمیت مطالعات ژئوفیزیکی در اکتشاف منابع زمین گرمایی به حدی است که بدون استفاده از نتایج مطالعات یاد شده نمی‌توان موقعیت یک چاه زمین گرمایی را تعیین نموده و آنرا حفر نمود. در شکل (۲-۲۳)، درخت فناوری مطالعات ژئوفیزیکی منابع انرژی زمین گرمایی نشان داده شده است.

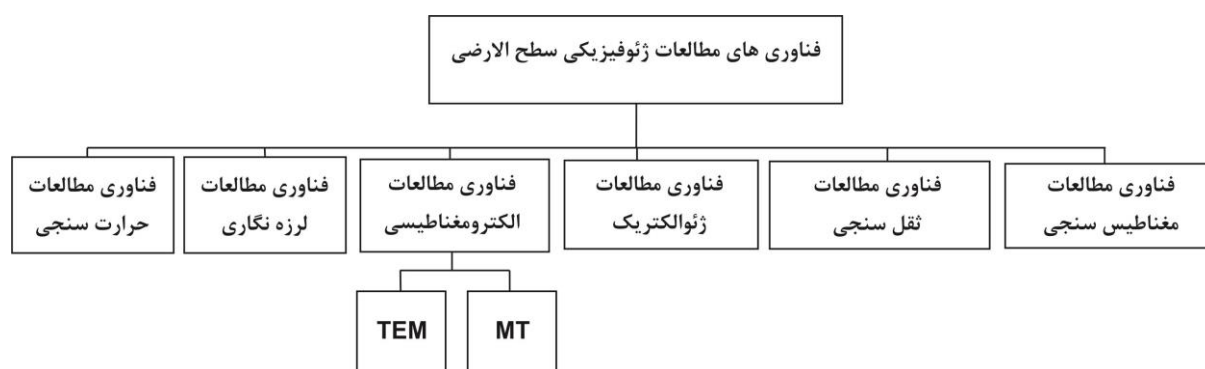


شکل (۲-۲۳) - درخت فناوری مطالعات ژئوفیزیکی منابع انرژی زمین گرمایی

همانطور که در شکل (۲-۲۳) مشاهده می شود مطالعات ژئوفیزیکی منابع انرژی زمین گرمایی به دو دسته اصلی مطالعات ژئوفیزیکی سطح الارضی و تحت الارضی تقسیم می شوند. مطالعات سطح الارضی همان گونه که از نامشان مشخص می باشد در سطح زمین انجام شده و در واقع شامل روش های ژئوفیزیکی می گردند که قبل از حفر چاه های اکتشافی در منطقه جهت شناسایی مشخصات مخزن زمین گرمایی واقع در منطقه مطالعاتی مورد استفاده قرار می گیرند.

حال آنکه مطالعات ژئوفیزیکی تحت الارضی شامل آزمایشات، بررسی ها و اندازه گیری مشخصه های فیزیکی مخزن درون چاه- های اکتشافی می گردد. بنابراین همان طور که مشخص گردید، این دسته از مطالعات ژئوفیزیکی منابع انرژی زمین گرمایی پس از حفر نخستین چاه اکتشافی در منطقه مطالعاتی آغاز می شوند. بدیهی است که تجهیزات مورد استفاده در مطالعات تحت الارضی با روش های سطحی تفاوت زیادی داشته و در واقع مخصوص اجرای مطالعات درون چاهی می باشند. نظر به اینکه مطالعات ژئوفیزیکی سطح الارضی بسیار گسترده تر از مطالعات ژئوفیزیکی تحت الارضی می باشد لذا در ادامه مطالعات سطحی با توضیحات مفصل تری معرفی می گردند.

۱-۳-۲- مطالعات ژئوفیزیکی سطح الارضی



شکل (۲-۲۴) - درخت فناوری مطالعات ژئوفیزیکی سطح الارضی

به طور کلی همان طور که در شکل (۲-۲۴) نشان داده شده است، روش های ژئوفیزیکی سطح الارضی که در شناسایی ذخایر انرژی زمین گرمایی به کار می روند شامل موارد زیر می گردند:

- روش‌های مغناطیس سنجی
- روش‌های گرانی سنجی
- روش‌های الکتریکی
- روش‌های الکترومغناطیسی
- روش‌های لرزه نگاری
- روش‌های حرارتی

در یک برنامه اکتشافی، به منظور افزایش ضریب اطمینان مطالعات تحقیقاتی بهتر است که همزمان از چند روش اکتشافی ژئوفیزیکی استفاده گردد. زیرا در این حالت، نتایج بدست آمده از روش‌های مختلف با یکدیگر تلفیق شده و بدین ترتیب، نتایج دقیق تری از مطالعات انجام شده بدست خواهد آمد.

• روش مغناطیس سنجی

روش مغناطیس سنجی یکی از رایج‌ترین و مقرون به صرفه‌ترین روش‌های ژئوفیزیکی در اکتشافات منابع انرژی زمین گرمایی به شمار می‌رود. اساس این روش تباین شدت میدان مغناطیسی است. خالق جهان به منظور حفاظت از زمین در مقابل ذرات باردار خورشیدی یک میدان مغناطیسی با شدت نسبتاً کم در اطراف زمین خلق کرده است. این میدان که از هسته فلزی زمین سرچشمه گرفته است در سنگ‌های پوسته زمین نیز یک میدان ثانویه القا می‌کند. ثبت این میدان ثانویه که شدت آن با مقدار خاصیت مغناطیس سنگ‌ها (Susceptibility) متناسب است، اساس اکتشافات مغناطیس سنجی در قرون اخیر را تشکیل داده است. دستگاه ثبت میدان مغناطیسی (مگنتومتر) در هر نقطه، شدت کل میدان مغناطیسی را ثبت می‌کند. این شدت میدان با خاصیت مغناطیسی سنگ‌ها متناسب است، به نحوی که با عیار کانی مگنتیت ارتباط پیدا می‌کند. به مرور زمان، سنگ‌های مگنتیت‌دار در سطح زمین در اثر عوامل مختلف دچار هوازدگی و دگرسانی شده و خاصیت مغناطیسی خود را کم و بیش از دست می‌دهند. هدف از برداشت‌های مغناطیس سنجی، بررسی وضعیت کانسارهای مگنتیتی سالم در مناطق عمیق تر می‌باشد.

پس از طراحی و برداشت داده‌های مغناطیسی، نوبت به پردازش این داده‌ها می‌رسد. در واقع، منظور از پردازش داده‌های ژئوفیزیکی انجام کلیه مراحل است که داده‌ها را برای مرحله تحلیل آماده می‌سازد. پردازش داده‌ها شامل همه اصلاحات لازم برای آماده‌کردن پروفیل‌ها و نقشه‌های بی‌هنجاری مغناطیسی برای تفسیر آنها از دیدگاه مغناطیسی و زمین‌شناسی است.

آنچه در روش مغناطیس سنجی اندازه‌گیری می‌شود، شدت کل میدان مغناطیسی است. شدت کل میدان مغناطیسی جمع جبری شدت میدان مغناطیسی هسته زمین، میدان مغناطیسی خارجی زمین و میدان ناشی از مغناطیس‌پذیری سنگ‌های پوسته زمین است. آنچه اهمیت دارد شدت میدان مغناطیسی ناشی از مغناطیس‌پذیری سنگ‌های پوسته زمین است که بی‌هنجاری یا آنومالی مغناطیسی نامیده می‌شود (Telford, 1982). برای رسیدن به این هدف در خصوص داده‌های برداشت شده باید یک سری تصحیحات مانند مختصات‌دار کردن داده‌ها، تصحیح تغییرات روزانه میدان و غیره اعمال شود. محصول نهایی پردازش داده‌ها، پروفیل‌ها و نقشه‌های کنتوری است که تغییرات آنومالی‌های شدت میدان کل را نشان می‌دهند.

بعد از پردازش داده‌ها و تهیه نقشه‌های کنتوری آنومالی مغناطیسی به منظور ارائه شکل و نمایش جدیدی از داده‌ها و تفسیر زمین‌شناسی دقیق‌تر، داده‌های مغناطیسی با استفاده از روش‌ها، تبدیلات و یا ابزارهای ریاضی مورد تحلیل کیفی قرار می‌گیرند. هر چند که این روش‌ها، معمولاً منجر به تشخیص دقیق نحوه توزیع منبع آنومالی‌های مشاهده شده نمی‌گردند، اما قطعاً می‌توانند در شناخت کلی و عمومی این منابع به محققین کمک کنند. برای تفسیر بهتر داده‌های برداشت شده و یافتن تفاسیر کلی از روند آنومالی‌های موجود، از تبدیلات معمول در ژئومغناطیس مانند تبدیل برگردان به قطب، مشتق‌های افقی و قائم مرتبه اول و دوم، سیگنال تحلیلی و ادامه فراسو استفاده می‌گردد. پس از تهیه نقشه‌های بدست آمده از روش مگنتومتري، ابتدا جدایش مناطق مثبت و منفی بر اساس مدل تهیه شده از برداشت‌های مغناطیسی انجام می‌گیرد و سپس به منظور رد یا تأیید آنومالی‌های به دست آمده از روش مذکور، پس از تلفیق روش‌های ژئوفیزیکی با زمین‌شناسی، حفاری اکتشافی پیشنهاد خواهد شد (نمکی، ۱۳۸۹).

در اکتشاف منابع زمین گرمایی از عملیات مغناطیس سنجی به منظور شناسایی ساختارهای زمین‌شناسی دارای تباين مغناطیسی استفاده می‌شود. در واقع با استفاده از این روش می‌توان ساختارهای مختلف زمین‌شناسی را به نقشه درآورد. به طور کلی عواملی که موجب پیدایش بی‌هنجاری‌های مغناطیسی می‌شوند عبارتند از (نورعلیئی و محمدزاده، ۱۳۹۱):

- ۱- کانسارها: کانسارهای مگنتیتی، ایلمنیتی، کرومیت‌های آهن دار و کانسارهای دارای تباین مغناطیسی با سنگ میزبان.
- ۲- اجسام مدفون: اجسام و تجهیزات فلزی، لوله‌ها و کابل‌ها، تجهیزات نظامی (مین، بمب و غیره)، مخازن فلزی، شفت‌ها و راهروهای معادن قدیمی و باستان‌شناسی.
- ۳- توده‌های نفوذی مانند دایک، سیل و غیره که توسط سنگ‌های رسوبی در برگرفته شده‌اند و باعث ایجاد تباین خودپذیری مغناطیسی شده است.
- ۴- گسل‌ها یا مرزهای زمین‌شناسی که دو طرف مرز یا گسل، سنگ‌های با خودپذیری متفاوت وجود دارد.
- ۵- دگرسانی‌های ژئوشیمیایی که سبب تغییر خودپذیری مغناطیسی سنگ‌ها می‌شود (نامغناطیدگی).

تجربیات بدست آمده از بکارگیری روش مغناطیس‌سنجی در اکتشاف منابع انرژی زمین گرمایی در مناطق مختلف، نشان می‌دهد که می‌توان از آن به عنوان یک روش تفصیلی پیش از اجرای سایر روش‌های ژئوفیزیکی (سونداژ الکتریکی و مگنتوتلوریک) و حفر گمانه‌های اکتشافی با طراحی دقیق شبکه برداشت، استفاده نمود. با استفاده از عملیات مغناطیس‌سنجی هوابرد می‌توان در مدت زمان کوتاهی مناطق وسیع و صعب‌العبور را مورد بررسی قرار داد. همچنین در یک منطقه اکتشافی با تفسیر بی‌هنجاری‌های مغناطیس‌بازماند می‌توان نحوه گسترش سنگ‌های نامغناطیده گرمایی و همچنین ساختارهای نفوذپذیر قدیمی و پنهان را نیز مشخص نمود.

به طور کلی، کاربردهای اصلی روش مغناطیس‌سنجی در مطالعات اکتشافی منابع انرژی زمین گرمایی شامل موارد زیر می‌گردند:

- شناسایی توده‌های آذرین نفوذی که احتمالاً منبع حرارت یک سیستم زمین گرمایی به شمار می‌روند.
- شناسایی محدوده‌های دگرسان شده و سیمان شدگی‌های ناشی از محلول‌های گرمایی در یک سیستم زمین گرمایی که معمولاً این فعل و انفعالات شیمیایی در سنگ مخزن رخ داده و توسط روش مغناطیس‌سنجی قابل شناسایی هستند.
- شناسایی پدیده‌های ساختاری مانند گسل‌ها، شکستگی‌ها، دایک‌ها، زون‌های خردشده تکتونیکی و کالدارها
- شناسایی مرزهای زمین‌شناسی و تغییرات لیتولوژی
- بررسی روند تغییرات عمق سنگ بستر

برداشت داده مغناطیس به دو روش هوایی و زمینی انجام می‌شود که در ادامه توضیح مختصری در خصوص هر یک از آنها ارائه می‌گردد.

– مغناطیس‌سنجی هوابرد

برداشت‌های ژئوفیزیکی را می‌توان در زمین، دریا و هوا انجام داد. در مناطقی که وسعت زیادی دارند (بیش از صد هزار کیلومتر مربع) غالباً از روش‌های هوابرد استفاده می‌شود. زیرا این روش با دقت و سرعت بیشتری انجام می‌گیرد. به طور کلی در برداشت هوابرد سه روش ژئوفیزیکی شامل: مغناطیس‌سنجی، رادیومتری و الکترومغناطیس انجام می‌شود که با توجه به بودجه و نیاز در هر برداشت هوابرد یک یا هر سه روش برداشت می‌شود. با استفاده از مغناطیس‌سنجی هوابرد می‌توان مناطق وسیع و صعب‌العبور را در مدت زمان کمی مورد بررسی قرار داد. بنابراین، در موارد مطالعات گسترده، استفاده از روش هوابرد بسیار مقرون به صرفه است. در روش مغناطیس‌سنجی هوابرد، سنسور مغناطیس‌سنج مانند یک پرنده توسط یک ریسمان به طول حدود ۲۰ متر از بالگرد آویزان می‌شود و یا این که این سنسور درون کابین بالگرد طوری تعبیه می‌شود که از تغییرات میدان مغناطیسی خود بالگرد در امان باشد. در شکل (۲-۲۵) بالگرد مخصوص برداشت داده‌های مغناطیسی هوابرد سازمان زمین شناسی ایران نشان داده شده است.



شکل (۲-۲۵) - بالگرد مخصوص برداشت‌های ژئوفیزیک هوایی سازمان زمین شناسی ایران

روش مغناطیس‌سنجی هوابرد نسبت به مغناطیس‌سنجی زمینی بسیار پیچیده‌تر و نیاز به تجهیزات و ملزومات بیشتری دارد که در ادامه به معرفی مختصر و جامع آن پرداخته می‌شود (آرش سبطی، ۱۳۹۲):

- عملیات قبل از برداشت مغناطیس هوابرد

الف- طراحی بلوک و خطوط پرواز و آماده‌سازی نقشه‌های اولیه

قبل از شروع پروژه با توجه به محدوده تعیین شده برای پرواز، یک بلوک بهینه با جهت خطوط پرواز مناسب برای line (پروفیل- های اصلی برداشت) و Tie Line (پروفیل‌های متقاطع بر پروفیل‌های اصلی جهت تصحیح داده‌ها) و همچنین خطی برای برداشت روزانه Test Line طراحی گردیده و سپس محل‌های مناسب برای انتخاب کمپ و ایستگاه مبنا پیشنهاد می‌گردد. لازم به ذکر است که فاصله خطوط پرواز اصلی و کنترلی، ارتفاع پرواز از سطح زمین و همچنین نرخ داده طبق قرارداد منعقد شده برای اجرای پروژه ژئوفیزیک هوایی از سوی کارفرما تعیین می‌شود. مختصات بلوک پرواز و کلیه خطوط و همچنین Test Line توسط اپراتور دستگاه‌ها در سیستم جمع آوری داده (DAS) به دقت مورد بررسی قرار گرفته تا مشکلی برای یافتن مسیرهای طراحی شده به منظور شروع برداشت داده وجود نداشته باشد.

ب- اقدامات اولیه و امکانات مورد نیاز پروژه مغناطیس هوابرد

۱- تأمین بالگرد مناسب

- کوچکتر بودن (حالت مینیمال) برای انجام کار و قدرت مانور مناسب
- لرزش کمتر برای کاهش اثر نویز مکانیکی بر روی سیستم
- دارا بودن بخش‌های کامپوزیتی به جای فلز برای کاهش نویز الکترومغناطیسی و اثرات مغناطیسی
- عدم وجود منابع رادیواکتیو در بالگرد برای کاهش اثر تداخل با سیستم رادیومتری
- فضای کافی (مینیمال) برای تجهیزات درون کابین و اپراتور یا اپراتورهای سیستم
- ظرفیت حمل درونی و Sling به مقدار مورد نیاز
- کمترین نیاز به نفرات پشتیبانی و سرویس دهی در محل
- داشتن کمترین آشفستگی هوا در سطح زیرین (Down wash)
- مصرف سوخت کمتر و ساعت پرواز بیشتر با یک باک پر

● قیمت مناسب

- ۲- تأمین مجوزهای لازم پروازی از مبادی ذیربط مانند: سازمان هواپیمایی، ستاد کل نیروهای مسلح و ..
- ۳- تأمین تجهیزات برداشت ژئوفیزیک هوایی
- ۴- تأمین خلبان آموزش دیده برای پروازهای ژئوفیزیک هوایی
- ۵- تأمین کادر مهندسين پرواز جهت سرویس و نگهداری وسیله پرنده
- ۶- تأمین سوخت به طور روزانه
- ۷- تأمین نیروی انسانی در سه بخش: برداشت- پردازش- تفسیر
- ۸- نگهداری و تأمین قطعات یدکی بالگرد
- ۹- سرویس و نگهداری و تأمین قطعات یدکی تجهیزات ژئوفیزیک هوایی
- ۱۰- انتخاب محل بلوک برداشت با نظر گروه اکتشاف
- ۱۱- طراحی کامل بلوک پرواز: محدوده بلوک، امتداد خطوط اصلی و کنترلی و فاصله خطوط و ارتفاع پرواز و کیلومتر پرواز با در نظر گرفتن امتداد اصلی ساختارهای زمین شناسی و توپوگرافی
- ۱۲- ارزیابی اقتصادی پروژه و برآورد هزینه
- ۱۳- تأمین و تجهیز حداقل دو کمپ مجزا در منطقه (کادر پرواز- کادر برداشت و کنترل کیفیت داده های برداشت شده)
- ۱۴- انتخاب و ساخت محل پد فرود بالگرد
- ۱۵- تجهیز محل پد بالگرد، تأمین برق سه فاز، تأمین محل سرپوشیده جهت انبار سوخت، تأمین آب
- ۱۶- تأمین وسیله نقلیه مناسب برای جابجائی پرسنل و کارشناسان مستقر در کمپها

۱۷- تأمین ماشین آلات مناسب برای جابجائی روزانه سوخت در منطقه و جابجائی تجهیزات

- عملیات برداشت داده

الف- عملیات برداشت تست و کالیبراسیون‌های دستگاه

این تست‌ها معمولاً یکبار در ابتدای پروژه انجام شده و نتایج آن تا اتمام پروژه معتبر می‌باشد. طراحی این تست‌ها و تعیین نحوه

اجرای آنها و محل اجرای آنها و ارزیابی نتایج آن برعهده پردازشگر می‌باشد. انواع این تست‌ها عبارتند از:

۱. تست داده‌های ایستگاه مبنای GPS

۲. تست کالیبراسیون رادار آلتیمر

۳. تست کالیبراسیون ارتفاع بارومتري و فشار

۴. تست Lag برای رادار و ارتفاع بارومتري

۵. تست کالیبراسیون دما و رطوبت

۶. تست داده‌های ایستگاه مبنای Mag

۷. تست Lag

۸. تست Heading

۹. تست F.O.M

مهمترین این تست‌ها سه مورد آخر هستند که پس از برداشت داده‌های مغناطیسی انجام می‌شوند. این تست‌ها به شرح زیر

می‌باشند:

تست Lag

به طور کلی داده‌های هوابرد در زمانی که توسط سیستم ثبت می‌شوند ممکن است نسبت به مختصات مکانی واقعی خود دارای

جابجائی باشند. این جابجائی می‌تواند به دلیل یکسان نبودن مکان سنسور اندازه‌گیری داده و آنتن GPS باشد و یا ممکن است به

دلیل تأخیر زمانی در ثبت داده رخ دهد. تصحیح جابجائی محل سنسور و محل GPS به سادگی از طریق اندازه‌گیری فاصله‌های

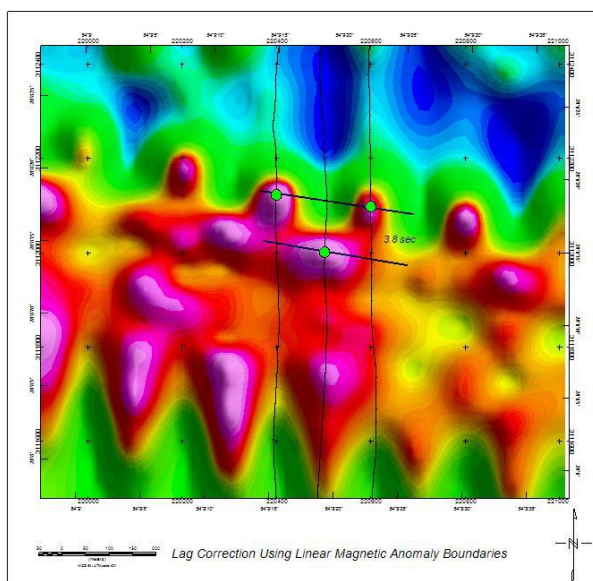
مکانی قابل اعمال به کانال مختصات می‌باشد. اما برای اندازه‌گیری میزان جابجائی زمانی در داده‌های مغناطیس که آن را Lag می‌نامیم روش ساده‌ای وجود دارد. یکی از این روش‌ها پرواز به صورت رفت و برگشت عمود بر امتداد یک سازه طولی و دارای اثر مغناطیسی می‌باشد. مثلاً وجود سوله‌های فلزی با اطراف باز و یا ریل راه آهن و ... انتخاب مناسبی برای این تست می‌باشد، شکل (۲-۲۶). همان طور که در این شکل مشخص می‌باشد در منحنی‌های قرمز، محل آنومالی مغناطیسی در رفت و برگشت یکسان نمی‌باشد. با اندازه‌گیری‌های لازم مقدار Lag برای داده مغناطیسی برابر با $\frac{1}{9}$ ثانیه می‌باشد که پس از اعمال این تصحیح، محل آنومالی‌های فوق به منحنی آبی منتقل می‌گردد.



شکل (۲-۲۶) - نحوه انجام تصحیح Lag و محاسبه مقدار زمانی لازم برای این تصحیح با استفاده از نمودار (سازمان زمین-

شناسی ایران، ۱۳۹۲)

روش دیگر تعیین مقدار Lag استفاده از میزان دامنه آنومالی‌های مستقیم است که در رفت و برگشت به صورت زیگراگی در آمده است. شکل (۲-۲۷) نمونه‌ای از این روش را به خوبی نمایش می‌دهد.



شکل (۲۷-۲) - نحوه انجام تصحیح Lag با استفاده از شکل زیگزاگی نقشه آنومالی های مغناطیسی

(سازمان زمین شناسی ایران، ۱۳۹۲)

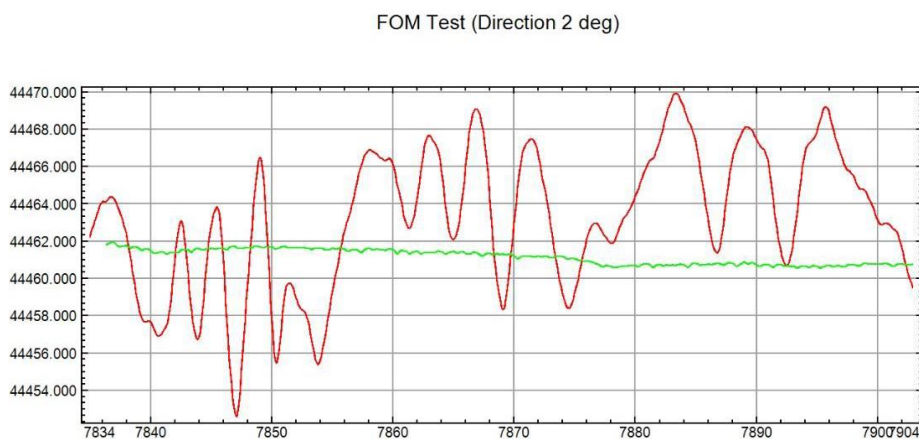
تست F.O.M و ارزیابی برآیند سطح نويز مانور در چهار جهت

هدف از انجام این تست حذف کلیه اثرات محیطی در داده های مغناطیسی می باشد. این اثرات می تواند شامل اثرات ناشی از تغییرات جهت سنسور و جریان های الکتریکی کابل های سیستم و بدنه بالگرد و ... باشد. برای انجام این تست در محلی که میدان مغناطیسی نسبتاً آرام است در ارتفاع حداقل ۸۰۰۰ فوت بالای سطح زمین در چهار جهت موازی خطوط Line و خطوط Tie پرواز انجام می شود. این پرواز ممکن است در یک Box و یا به صورت Cross انجام شود. در هر یک از چهار جهت حرکات چرخشی Roll, Pitch, Yaw با تغییرات بسیار آرام در حد نوسانات پرواز Survey انجام می گیرد. نتایج حاصله از این حرکات چرخشی و اثرات آنها در سه مؤلفه مگنتومتر Fluxgate با استفاده از روابط پیچیده ریاضی به اثرات ایجاد شده در مگنتومتر بخار سزیم مرتبط می شود و بدین ترتیب، امکان حذف اثرات از داده های مغناطیسی میسر خواهد بود. کلیه مراحل این فرآیند به صورت نرم افزاری انجام می شود. نتیجه این تست بر روی داده های برداشت شده قابل اعمال بوده و امکان ارزیابی صحت و کیفیت تست FOM وجود خواهد داشت. شکل (۲۸-۲)، نمونه ای از محل طراحی شده برای این تست را نمایش می دهد.



شکل (۲-۲۸) - نمونه ای از محل طراحی شده برای تست F.O.M (سازمان زمین شناسی ایران، ۱۳۹۲)

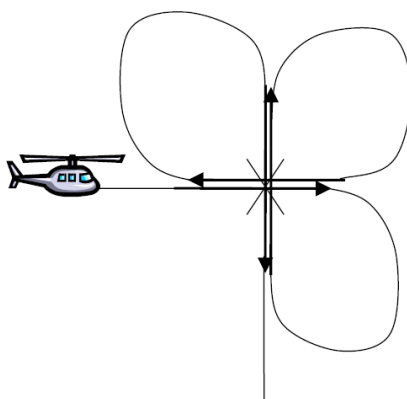
پس از برداشت داده و ساخت فایل اعمال ضرایب Compensation، نتایج اعمال این فایل بر روی داده های تست مورد بررسی قرار می گیرد تا بهترین نتایج از میان چندین بار تکرار این تست انتخاب گردد. در شکل (۲-۲۹) نمونه ای از پروفیل مغناطیس در راستاهای اصلی برای تست FOM نمایش داده شده است.



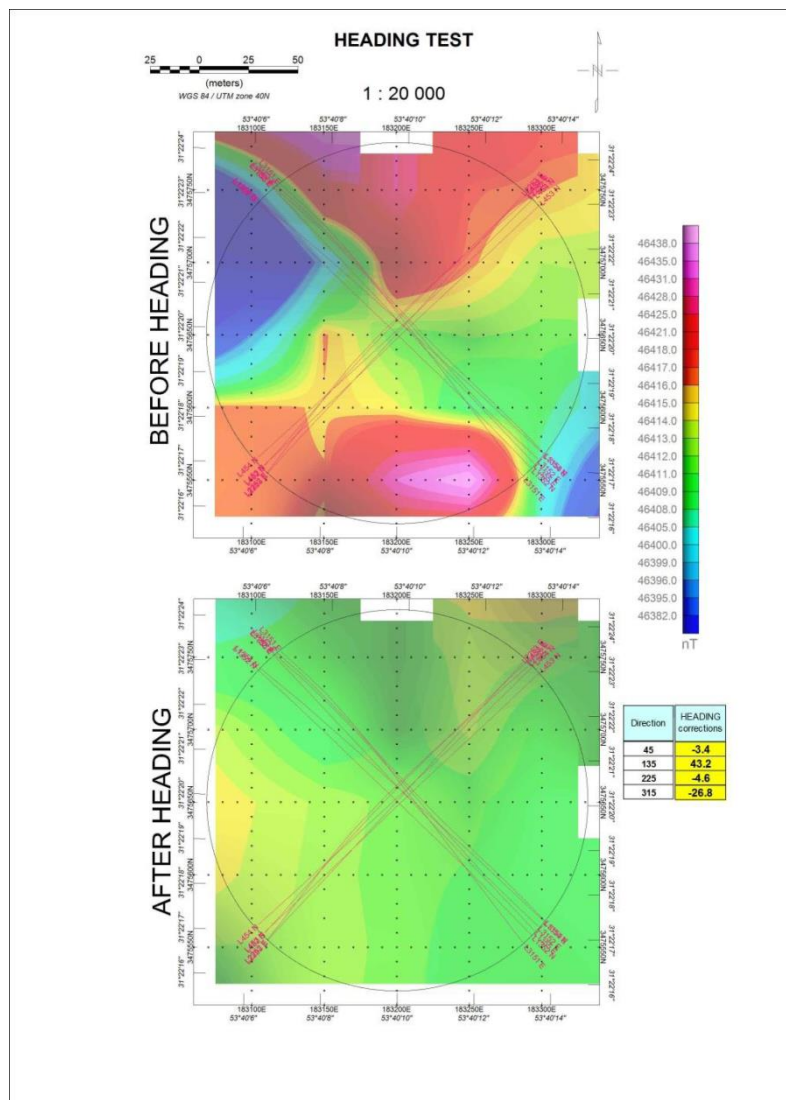
شکل (۲-۲۹) - پروفیل نویز مانور قبل و بعد از تصحیح compensation آزیموت صفر درجه

(سازمان زمین شناسی ایران، ۱۳۹۲).

هدف از انجام این تست، حذف اثر جهت پرواز در لاین‌ها می‌باشد در واقع، به دلیل اثر القایی میدان مغناطیسی بر بدنه بالگرد، میدان ثانویه‌ای حاصل می‌شود که در میدان ثبت شده نهفته خواهد ماند. با تغییر جهت بالگرد مقدار این میدان نهفته نیز تغییر نموده و سبب بروز اثرات خطی در داده‌ها می‌شود. برای شناسایی مقدار و نحوه حذف این اثر کافی است که همانند تست FOM در یک منطقه با میدان آرام در ارتفاع بالا، پروازهایی در امتداد لاین و Tie Line انجام گیرد، شکل (۲-۳۰). میانگین چهار عدد قرائت شده در محل تقاطع خطوط پرواز در چهار جهت مختلف، بیانگر میدان واقعی بوده و اختلاف هر لاین از این عدد مقدار خطای Heading را مشخص می‌نماید. شکل (۲-۳۱) نمونه‌ای شماتیک از نحوه اجرای تست را نشان می‌دهد. نتایج اجرای این تست بر روی داده‌های Heading در شکل (۲-۲۹)، قبل و بعد از تصحیح نشان داده شده است. همان گونه که در شکل مشاهده می‌شود پس از اعمال تصحیح Heading میزان تغییرات میدان در جهت‌های چهارگانه به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافته است.



شکل (۲-۳۰) - مسیر حرکت بالگرد در ارتفاع زیاد به منظور اعمال تصحیح Heading



شکل (۳۱-۲) - نمونه‌ای از نقشه میدان مغناطیسی قبل و بعد از تصحیح Heading (سازمان زمین‌شناسی ایران، ۱۳۹۲).

۱- پردازش و تفسیر داده‌ها

در مرحله نهائی پس از اتمام عملیات برداشت داده در منطقه مطالعاتی، کلیه تصحیحات و نتایج تست‌های کالیبراسیون دستگاه‌ها به یکباره بر روی داده‌ها اعمال گردیده و در این مرحله کلیه مشکلات احتمالی موجود در نقشه‌ها می‌بایست به دقت رفع گردند. در این مرحله، فایل‌ها و نقشه‌های ژئوفیزیکی پردازش شده نهائی و تفسیری به شرح زیر آماده خواهد گردید. کلیه نقشه‌ها و داده‌ها در نرم افزار Oasis Montaj (Geosoft) ساخته شده و از فرمت‌های استاندارد این نرم افزار تبعیت می‌نمایند.

۱- پردازش نهایی داده‌های مغناطیس و تولید پایگاه داده نهایی

۲- نقشه مدل ارتفاعی DEM

۳- نقشه ساده از سازه های مشاهده شده توسط اپراتور، اعم از نقشه خطوط انتقال برق فشار قوی - خطوط انتقال برق

شهری سازه های فلزی، روستاها، جاده ها و . . .

۴- نقشه های مغناطیس هوابرد شامل:

• نقشه شدت کل میدان مغناطیسی TMI

• نقشه شدت میدان مغناطیسی باقیمانده Residual Magnetic Field

• نقشه برگردان به قطب

• نقشه مشتق قائم مرتبه اول برگردان به قطب

• نقشه مشتق قائم مرتبه دوم برگردان به قطب

• مشتقات افقی مرتبه اول برگردان به قطب

• نقشه سیگنال تحلیلی شدت کل میدان مغناطیسی

• ادامه فراسو در چند ارتفاع

• نقشه فیلتر طیفی برگردان به قطب

• تخمین عمق بالائی توده های مغناطیسی

• تخمین مرز توده های مغناطیسی

• نقشه گسل ها و عوارض مغناطیسی شناسایی شده

• مدل سازی دو بعدی و سه بعدی (با استفاده از نرم افزارهای مدل سازی از جمله Model Vision، Mag2D،

Mag3D و غیره)

• تهیه گزارش تفسیر داده ها با استفاده از نقشه های مذکور و تلفیق اطلاعات مغناطیسی با دیگر روش ها به ویژه با

تحلیل های زمین شناسی منطقه مطالعاتی

- مغناطیس سنجی زمینی

به منظور بررسی شدت میدان مغناطیسی در نواحی کوچک مقیاس از روش مغناطیس‌سنجی زمینی استفاده می‌شود. در این روش، فاصله سنسور مغناطیس‌سنجی با زمین بسیار کم و در حدود دو متر می‌باشد اما در روش هوابرد معمولاً فاصله سنسور بیشتر از ۵۰ تا ۱۰۰ متر است. بنابراین، با استفاده از روش مغناطیس‌سنجی زمینی می‌توان به شناسایی جزئی‌تر و دقیق‌تر ناهنجاری‌های مغناطیسی پرداخت. دستگاه‌هایی که امروزه عمدتاً در اکتشافات به کار برده می‌شوند عبارت هستند از مغناطیس-سنج‌های پروتون، بخار سزیم و روبیدیوم، پمپ نوری و فلاکس‌گیت. از این میان، دستگاه مغناطیس‌سنج پروتون یکی از رایج‌ترین دستگاه‌های مورد استفاده در اکتشافات مغناطیسی خصوصاً در برداشت‌های زمینی و در پی‌جویی کانی‌ها می‌باشد.

- عملیات قبل از برداشت داده مغناطیس زمینی

قبل از عملیات برداشت داده‌های مغناطیس زمینی، ابتدا با توجه به هدف مورد مطالعه و دقت مورد نیاز، طراحی پروفیل‌ها انجام می‌شود. انجام مطالعات اولیه از جمله بررسی‌های زمین‌شناسی و تکتونیکی قبل از طراحی پروفیل‌ها ضروری می‌باشد. معمولاً طراحی پروفیل در نرم‌افزار ژئوسافت انجام شده و سپس در اختیار اپراتور برداشت داده قرار می‌گیرد.

تجهیزات و نیروی مورد نیاز مغناطیس‌سنجی زمینی:

۱- یک دستگاه مغناطیس‌سنج (مگنتومتر) پروتون (مدل Gem، Sintrex یا Geometrix) جهت برداشت داده بر روی

پروفیل‌های مشخص شده

۲- یک دستگاه مگنتومتر پروتون جهت استفاده در ایستگاه مبنا. در مواردی که امکان تهیه هر دو دستگاه مگنتومتر موارد

۱ و ۲ وجود ندارد می‌توان از یک دستگاه مگنتومتر استفاده کرد به طوری که حدوداً پس از گذشت یک ساعت از

زمان برداشت داده بر روی پروفیل‌ها، با استفاده از همان دستگاه، یک قرائت نیز در ایستگاه مبنا انجام شود. داده‌های

ایستگاه مبنا به منظور تصحیح روزانه داده‌های میدان مغناطیسی استفاده می‌شود.

۳- یک یا دو دستگاه GPS معمولی

۴- یک عدد رایانه قابل حمل مناسب جهت انتقال و پردازش داده‌ها

۵- دو یا سه اپراتور به همراه خودرو مناسب، اقامتگاه افراد و دیگر امکانات لازم جهت اسکان نیروها

برداشت داده‌های مغناطیس زمینی

پس از طراحی پروفیل‌ها، مشخصات آنها در اختیار اپراتور برداشت داده قرار می‌گیرد. اپراتور طبق آن و با استفاده از GPS بر روی پروفیل‌ها حرکت نموده و در فواصل چند متری یک داده‌برداری مغناطیسی انجام می‌دهد. شکل (۲-۳۲)، دستگاه مگنتومتر پروتون و اپراتور در حال برداشت داده را نشان می‌دهد. اپراتور حتی‌المکان باید سعی کند که بر روی پروفیل‌های طراحی شده حرکت کند البته به جز در مواقعی که توپوگرافی منطقه اکتشافی بسیار شدید است. در این مواقع، پس از دور زدن توپوگرافی شدید، مجدداً بر روی پروفیل قرار گرفته و عملیات داده‌برداری را ادامه می‌دهد.



شکل (۲-۳۲) - نمایی از مغناطیس‌سنج پروتونی و اپراتور در حال برداشت داده‌های زمینی

نکته مهم در برداشت داده، تراکم ایستگاه‌های داده‌برداری است. تراکم ایستگاه‌ها با توجه به هدف مورد مطالعه، تعیین می‌شود. به عنوان مثال، به منظور مطالعه دقیق یک محدوده با هدف اکتشاف رگه‌های آهن، یک شبکه ایستگاهی 20×20 متر مناسب می‌باشد اما به منظور شناسایی اولیه یک منطقه اکتشافی با دیدگاه انرژی زمین گرمایی، فاصله ایستگاهی بیشتر و حتی 50×100 متر نیز قابل قبول است. در واقع، می‌توان گفت تراکم ایستگاهی بین دو عامل محدودکننده اعتبار مالی پروژه و شناخت هدف مورد مطالعه قرار دارد. به طور کلی، نکات مهمی که طی داده‌برداری مغناطیس زمینی باید به آنها توجه کرد عبارت هستند از:

۱- انجام عملیات داده‌برداری در کل محدوده، به طوری که محدوده داده برداری، نه تنها آنومالی مورد انتظار را پوشش

می‌دهد بلکه وضعیت شدت میدان مغناطیسی در اطراف آنومالی را نیز مشخص می‌نماید.

- ۲- استفاده از ایستگاه مینا به منظور اعمال تصحیح روزانه (با این اقدام، وقوع طوفان‌های مغناطیسی نیز مشخص می‌شود که در این مواقع، عملیات داده‌برداری مغناطیسی تا خاتمه طوفان متوقف می‌گردد).
- ۳- حتی‌الامکان طراحی پروفیل‌ها باید عمود بر ساختارهای زمین شناسی منطقه باشد به طوری که آنها دارای بیشترین مؤلفه شمالی- جنوبی باشند. در واقع، با توجه به این که خطوط میدان مغناطیسی زمین شمالی- جنوبی می باشد، بهتر است که پروفیل‌های برداشت داده نیز در همین جهت طراحی گردند تا بتوان بیشترین تغییرات ناهنجاری را ثبت کرد. اما در مواردی که جهت ساختار مورد مطالعه نیز شمالی جنوبی است بهتر است جهت پروفیل‌های برداشت داده شمال شرق- جنوب غرب یا شمال غرب- جنوب شرق باشد.
- ۴- عدم استفاده اپراتور از تجهیزات آهنی مانند ساعت، کمر بند آهنی، موبایل و غیره که سبب ایجاد نوفه می‌شود.
- ۵- یادداشت برداری اپراتور در هنگام برداشت داده در نزدیکی ساختمان‌ها، کابل‌های برق و دیگر نوفه‌های مغناطیسی.
- ۶- انتقال داده‌ها به کامپیوتر در پایان هر روز داده‌برداری

پردازش و تفسیر داده‌ها

پس از اتمام عملیات صحرایی، پردازش اولیه و نهایی بر روی داده‌ها صورت می‌گیرد. مراحل پردازشی که عمدتاً توسط نرم‌افزار ژئوسافت انجام می‌شود عبارت هستند از حذف نوفه‌ها به صورت دستی، حذف نوفه‌ها و نرم کردن داده‌ها در صورت لزوم، بررسی مختصات و کیفیت داده‌ها و تأیید یا رد آنها، اعمال تصحیح تغییرات روزانه، تصحیح IGRF، برگردان به قطب داده‌ها و سایر تصحیحات مورد نیاز.

لازم به ذکر است که مراحل پردازشی داده‌های مغناطیس زمینی بسیار کمتر و ساده‌تر از پردازش داده‌های مغناطیسی هوابرد است و در روش زمینی، تصحیحاتی نظیر Lag، F.O.M، Heading، Levelling و وجود ندارد.

مرحله پردازش و تفسیر داده‌های مغناطیسی توسط کارشناسان ژئوفیزیک و زمین‌شناسان مجرب صورت گرفته و در قالب یک گزارش به کارفرما ارائه می‌شود. به طور کلی یک گزارش مغناطیس سنجی زمینی شامل بخش‌های زیر می‌گردد:

۱- تئوری روش مغناطیس‌سنجی

۲- زمین شناسی محدوده مورد مطالعه و مشخصات شبکه برداشت داده

۳- پردازش داده های برداشت شده و تهیه نقشه های پردازش شده شامل: نقشه شدت میدان کل، نقشه شدت میدان

باقیمانده، نقشه برگردان به قطب، نقشه مشتقات، سیگنال تحلیلی و تخمین عمق ناهنجاری ها.

۴- تفسیر نقشه ها و مدل سازی داده ها با تلفیق اطلاعات دیگر

۵- نتیجه گیری و تخمین پارامترهای ناهنجاری مورد مطالعه

در انتهای توضیحات مربوط به مطالعات مغناطیس سنجی، نرم افزارها و نیروهای انسانی مورد نیاز جهت اجرای مطالعات مذکور

در جدول (۲-۹) و (۲-۱۰) ارائه شده است.

جدول (۲-۹) - نرم افزارهای مورد نیاز در مراحل مطالعات مغناطیس سنجی

کاربرد	نرم افزارهای مورد نیاز	مراحل مغناطیس سنجی
انتقال داده ها از دستگاه به کامپیوتر	نرم افزارهای همراه با دستگاه داده مغناطیس سنج مانند GemLink	برداشت داده
پردازش و مدل سازی داده ها	۱- Geosoft Oasis Montaj ۲- ModelVision ۳- Mag2d ۴- Mag3D	پردازش و تفسیر

جدول (۲-۱۰) - نیروهای انسانی مورد نیاز جهت انجام یک مطالعه مغناطیس سنجی زمینی*

تعداد	نیروی مورد نیاز	مراحل مطالعه
۱	زمین شناس	شناسایی اولیه منطقه مطالعاتی و طراحی شبکه برداشت داده مغناطیسی
۱	کارشناس ژئوفیزیک	
۲	تکنسین برداشت داده مغناطیسی	عملیات داده برداری
۲	کارگر	
۲	کارشناس ژئوفیزیک با تجربه	پردازش و تفسیر
۱	زمین شناس	

* تجهیزات و نیروی انسانی مورد نیاز در یک مطالعه مغناطیس‌سنجی هوایی بسیار زیاد بوده و با روش مغناطیس‌سنجی زمینی کاملاً متفاوت می‌باشد. در حال حاضر، امکانات اجرای مطالعات مغناطیس‌سنجی هوایی در ایران صرفاً در اختیار سازمان‌های انرژی اتمی و زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور می‌باشد.

• مطالعات گرانی‌سنجی

هدف اصلی از اجرای این مطالعات، بررسی شتاب جاذبه زمین و همچنین بحث درباره‌ی شکل میدان جاذبه زمین در نقاط مختلف است. با توجه به اینکه میدان جاذبه به جنس لایه‌های تشکیل دهنده زمین بستگی دارد، با این روش می‌توان به تحلیل و بررسی مسائل زمین‌ساختی مانند تاقدیس‌های زیرزمینی، گنبد‌ها، گسل‌ها و توده‌های نفوذی پرداخت. همان‌طور که در شکل (۲-۳۳) نشان داده شده است توده آذرین به علت چگالی بیشتر نسبت به سنگ‌های اطراف، سبب ایجاد ناهنجاری مثبت در داده‌های گرانی شده است. روش گرانی‌سنجی یکی از قدیمی‌ترین روش‌های ژئوفیزیکی است که ابتدا برای شناسایی مواد معدنی و بعد از آن به عنوان یکی از روش‌های اصلی در اکتشاف نفت بکار گرفته شده است. اساس این روش، اختلاف در میدان گرانی اندازه‌گیری شده در نقاط مختلف می‌باشد.

اگر به طور متوسط شتاب گرانی مربوط به جرم زمین را $9/8$ متر بر مجذور ثانیه در نظر بگیریم خواهیم داشت:

$$9.8 \text{ m/s}^2 = 980 \text{ cm/s}^2 = 980,000 \text{ mG (میلی گال)} = 980,000,000 \text{ } \mu\text{G (میکرو گال)}$$

مقدار گرانی از محلی به محلی دیگر به علت شکل زمین متفاوت است، به عبارت دیگر شتاب گرانی با عرض جغرافیایی تغییر می‌کند. مقدار آن در استوا کمینه ($9/78$ متر بر مجذور ثانیه) و در قطبین بیشینه ($9/832$ متر بر مجذور ثانیه) مقدار است. اختلاف بین بیشترین و کمترین مقدار شتاب گرانی 5200 میلی‌گال (52000 g.u) است. در روش گرانی‌سنجی با استفاده از تغییرات بسیار کوچک g (تغییراتی در حد 10^{-6} تا 10^{-4} از مقدار کل آن)، که به علت تباین چگالی سنگ‌ها ایجاد می‌شود، ویژگی‌های زمین‌شناسی زیر سطحی نیز قابل بررسی می‌باشد. روش گرانی‌سنجی می‌تواند روشی مناسب برای به نقشه در آوردن ساختارهای مختلف زمین‌شناسی از جمله موارد زیر باشد:

الف- تغییرات عمق سنگ بستر (نواحی رسوبی)

ب- سنگ ها و توده های نفوذی که احتمالاً می توانند منبع حرارتی یک سیستم زمین گرمایی باشند.

ج- دگرسانی ها و سیمانی شدگی های ناشی از محلول های هیدروترمال در سنگ های رسوبی و یا آذرین

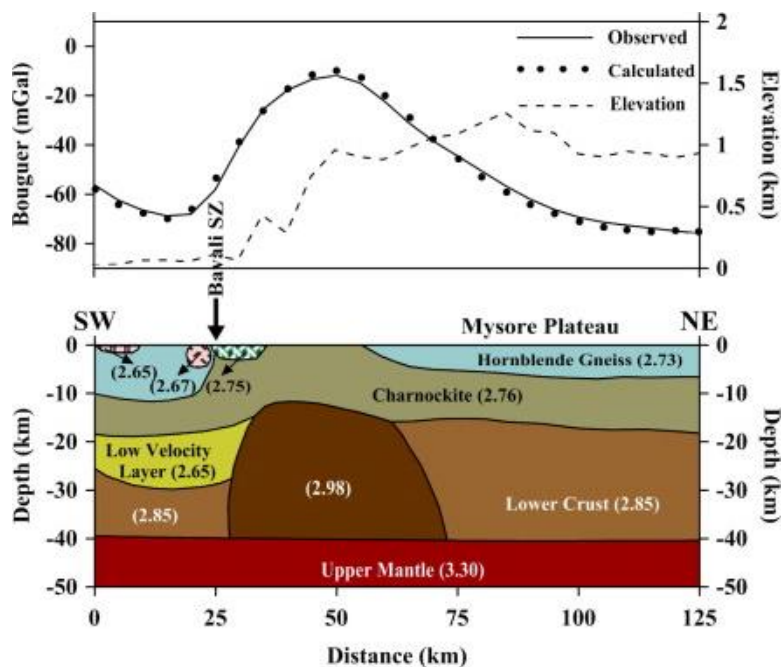
د- گسل ها، دایک ها و یا زون های خرد شده و گسل خورده

ه- پایش حرکات توده های آذرین و یا حرکات ماگمایی زیرسطحی که احتمالاً منشأ حرارتی یک سیستم زمین گرمایی می-

باشند.

و- شناسایی گنبد های نمکی

ز- شناسایی مرزهای زمین شناسی



شکل (۲-۳۳)- نمای شماتیکی از مقادیر داده برداری در مطالعات گرانی سنجی

برداشت داده

پس از طراحی شبکه یا پروفیل های برداشت داده و مشخص کردن طول و فواصل نقاط برداشت، عملیات داده برداری به صورت زیر اجرا می شود:

الف- پیاده کردن نقاط برداشت روی زمین و رنگ آمیزی آن ها (فواصل نقاط از یک یا چند متر برای اکتشافات میکروگراویمتری و ۱۰۰ متر تا ۱ کیلومتر برای اکتشاف نفتی و زمین گرمایی متغیر است).

ب- برداشت مختصات نقاط با دقتی در حد ۱ تا ۵ سانتیمتر با تجهیزات نقشه برداری (دوربین توتال استیشن و یا GPS دو فرکانسه)

ج- قرائت گرانی نقاط با دستگاه گرانی سنج (گرانی سنج های رایج: سینتریکس CG3، CG3M، CG5)

تراکم ایستگاه های گرانی سنجی در اکتشاف منابع انرژی زمین گرمایی

در همه روش های ژئوفیزیکی، عملیات برداشت داده در مناطق دارای توپوگرافی سخت و خشن، مشکل است اما در روش گرانی سنجی نه تنها اجرای عملیات در این شرایط مشکل است بلکه تصحیح توپوگرافی و انجام آن زمان بر و مشکل باشد. بنابراین، مطالعات گرانی سنجی در نواحی با توپوگرافی نرم کاربرد بیشتری دارد. برای آشنایی بیشتر با تراکم ایستگاه برداشت گرانی، در جدول (۱۱-۲) چند نمونه کاربردی از عملیات گرانی سنجی مرتبط با اکتشافات زمین گرمایی که در نقاط مختلف دنیا انجام شده، آورده شده است.

جدول (۱۱-۲) - چند نمونه کاربردی از مطالعات گرانی سنجی با هدف اکتشاف منابع انرژی زمین گرمایی در کشورهای

مختلف جهان

ردیف	نام کشور	مساحت منطقه اکتشافی (km ²)	تعداد ایستگاه های گرانی سنجی	تراکم ایستگاه در هر کیلومتر مربع	منبع
۱	ژاپن	۵۰۰	۱۵۰۰	۳	(سالم و همکاران، ۲۰۰۵)
۲	امریکا	۲۰۰	۱۳۰۰	۶	(شافنر و همکاران، ۲۰۱۰)
۳	اندونزی	۱۵۰	۲۰۰	۱/۳	(ایدرال، ۲۰۱۱)
۴	ایسلند	۸۰۰	۴۰۰	۵/۰	(آرناسون و همکاران، ۲۰۱۰)



(سایبی، ۲۰۰۷)	۱/۱	۱۶۰	۱۴۰	اندونزی	۵
---------------	-----	-----	-----	---------	---

پردازش داده‌ها

پس از داده‌برداری و حذف نوفه‌های احتمالی از داده‌ها، در مرحله پردازش داده‌ها، یک سری تصحیحات ضروری صورت می‌پذیرد که در ادامه توضیح مختصری در خصوص هر یک از آنها ارائه شده است:

- تصحیحات گرانی

برای جداسازی تغییرات چگالی محلی از سایر عوامل مؤثر بر شتاب جاذبه زمین، تصحیحاتی در خصوص داده‌ها انجام می‌شود. در واقع، می‌بایست از داده‌ها، سهم هر عامل دیگری غیر از تغییر چگالی حذف گردد. بنابراین، انجام تصحیحات زیر روی داده‌ها ضروری است.

- تصحیح گرانی نرمال

اولین اثری که باید از مقدار گرانی مشاهده‌ای حذف شود اثر جاذبه مربوط به نیروی مرجع است که گرانی مربوط به آن، گرانی نرمال نامیده می‌شود. مقدار این گرانی طبق فرمول زیر محاسبه شده و مقدار آن از مقدار گرانی مشاهده‌ای کسر خواهد شد:

$$g_{\varphi} = 9780300(1 + 0.005302\sin^2\varphi - 0.000007\sin^22\varphi)$$

که g_{φ} گرانی نرمال در عرض جغرافیای φ است. (برحسب میلی گال)

- تصحیح هوای آزاد (Free Air)

این تصحیح برای حذف اثر تغییرات ارتفاعی نقاط گرانی در داده‌های مشاهده‌ای صورت می‌گیرد. در واقع، داده‌ای که در ارتفاع h از سطح دریا برداشت شده است به سطح ژئوئید منتقل می‌گردد. مقدار این تصحیح (برحسب میلی گال) عبارت است از:

$$g_{fa} = 0.3086h$$

مقدار به دست آمده باید به مقدار گرانی مشاهده‌ای اضافه شود. زیرا، در واقع، مقدار قرائت شده در ارتفاع h کمتر از مقدار آن در ارتفاع صفر است.

- تصحیح بوگه (Bouguer)

به منظور حذف اثر جرم‌های بالای سطح مبنا از این تصحیح استفاده می‌شود. در تصحیح بوگه ساده، تمام جرم‌های بالای سطح مبنا را با یک صفحه همگن با گسترش نامحدود و ضخامت برابر با ارتفاع نقطه قرائت گرانی h برآورد می‌کند. در نتیجه مقدار به دست آمده از این تصحیح باید از مقدار گرانی مشاهده‌ای کسر گردد:

مقدار این تصحیح برابر است با:

$$g_b = 2\pi\rho h \quad (\text{بر حسب میلی گال})$$

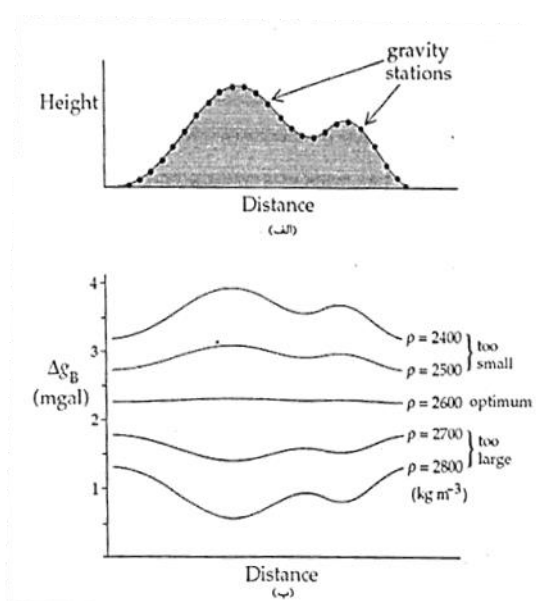
که اگر چگالی پوسته 2670 kg/m^3 باشد، داریم:

$$g_b = 0.1119h$$

نکته: تعیین چگالی متوسط از روی نقشه زمین‌شناسی و بازدید محلی از وظایف اولیه و اصلی مفسر جهت انجام تصحیح بوگه است. در روش تعیین چگالی به صورت مستقیم، چگالی سطح بالایی پوسته را با استفاده از آزمایش سنگ‌های مشابه در شرایط آزمایشگاهی به دست می‌آورند اما با توجه به اینکه در شرایط آزمایشگاهی، فشار توده‌های بالای سنگ قابل بازسازی نیست لذا چگالی به دست آمده دارای خطا می‌باشد. در روش تعیین چگالی به صورت غیر مستقیم، معمولاً از پروفیل نلتون استفاده می‌کنند که به قرار زیر است:

ابتدا منطقه مورد نظر مانند یک تپه که در شکل (۳۴-۲) نشان داده شده است را در نظر می‌گیریم. یک پروفیل از نقاط برداشت روی این تپه در نظر می‌گیریم. در روش نلتون، با استفاده از مقایسه شکل آنومالی گرانی بوگه و شکل توپوگرافی مقدار چگالی محاسبه می‌شود. فرض می‌کنیم که چگالی متوسط تپه ۲۶۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب باشد. آنومالی گرانی بوگه را با استفاده از چگالی‌های متغیر بر روی پروفیل محاسبه می‌کنیم. اگر مقدار چگالی را کمتر از مقدار چگالی مفروض بگیریم (به عنوان مثال حدود ۲۴۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب) در آن صورت، گرانی بوگه در هر ایستگاه بسیار کوچک خواهد شد. با توجه به این که اختلاف چگالی متناسب با ارتفاع می‌باشد، بنابراین، آنومالی گرانی بوگه مانند شکل توپوگرافی خواهد بود. اگر مقدار چگالی را

بیشتر از مقدار چگالی مفروض بگیریم (به عنوان مثال حدود ۲۸۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب) در آن صورت، مقدار گرانی بوگه در هر ایستگاه بسیار بزرگ خواهد شد. بنابراین، آنومالی گرانی بوگه قرینه شکل توپوگرافی خواهد بود. مقدار بهینه برای چگالی زمانی پیدا می شود که آنومالی گرانی کمترین همبستگی (شباهت) را با توپوگرافی داشته باشد یا در واقع، شکل آنومالی بوگه مانند خط صاف باشد، (رابینسون، ۱۹۸۸).



شکل (۲-۳۴) - پروفیل نتلتن، الف - توپوگرافی یک تپه را نشان می دهد. ب - آنومالی بوگه برای چگالی های مختلف،

محاسبه شده است. (بهترین مقدار چگالی ۲۶۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب است.)

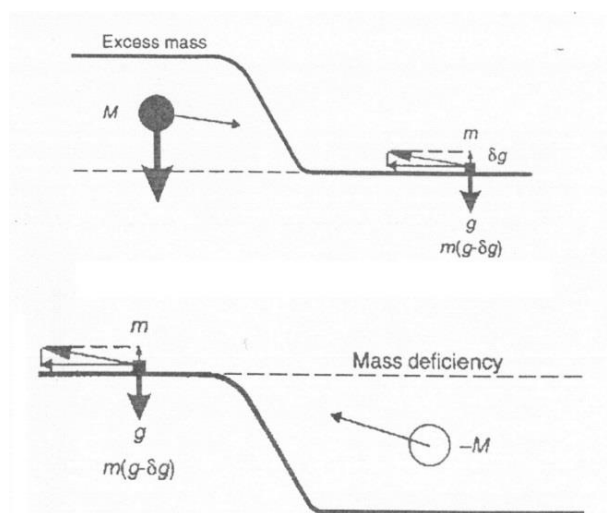
- تصحیح توپوگرافی

برای حذف اثر پستی و بلندی ها، از این تصحیح استفاده می شود. هم دره و هم کوهی که در اطراف ایستگاه برداشت داده گرانی وجود داشته، باعث کاهش مقدار گرانی مشاهده ای خواهد شد. در نتیجه، همواره مقدار این تصحیح مثبت بوده و می بایست مقدار آن به مقدار گرانی مشاهده ای اضافه گردد، شکل (۲-۳۵). روش های مختلفی برای این تصحیح وجود دارد. در همه این روش ها دسترسی به فایل ارتفاعی (DTM) ناحیه اطراف شبکه برداشت گرانی، ضروری است.

الف - روش زون بندی: در این روش، نواحی اطراف قرائت گرانی به زون هایی تقسیم می شود و اثر هر زون در مقدار قرائت گرانی توسط فرمول هایی محاسبه می گردد.

ب- روش تبدیل فوریه سریع (FFT): این روش دارای سرعت و کارایی بالا برای تصحیح توپوگرافی مناطق وسیع بوده و بیشتر برای ژئودزی بکار می رود.

ج- روش جدول هامر: در مواردی نظیر بررسی وضعیت زمین شناسی منطقه و یا شناسایی مواد معدنی که دقت زیادی برای تصحیح توپوگرافی نیاز نباشد، می توان از روش جدول هامر استفاده کرد، شکل (۲-۳۵). در این روش، معمول ترین الگویی که به کار می رود یک سری دواپر متحدالمرکز با خطوط شعاعی است که قطاع هایی را به وجود می آورند که مساحت های آنها با فاصله از مرکز افزایش پیدا می کند. اثر گرانی هر قطاع منفرد را می توان از رابطه زیر محاسبه نمود، (تلفورد، ۱۹۸۸).



شکل (۲-۳۵) - اثر یک تپه (شکل بالا) و یک دره (شکل پایین) در نزدیکی نقطه برداشت

- تصحیح عرض جغرافیایی

چرخش زمین و برآمدگی های خفیف استوایی آن هر دو سبب افزایش گرانی با عرض جغرافیایی می شوند. بنابراین، در مورد شبکه های برداشت شمالی- جنوبی وسیع (به عنوان مثال در اکتشاف منابع انرژی زمین گرمایی)، انجام تصحیح عرض جغرافیایی ضروری است که می توان آنرا از طریق رابطه زیر انجام داد:

$$\Delta g_{zL} = \pm 0.81 \sin 2\theta \Delta L$$

رابطه بالا بر حسب میلی گال بوده و در آن ΔL فاصله به سمت شمال یا جنوب بر حسب متر از ایستگاه پایه و θ عرض جغرافیایی مبنا می باشد. اگر ایستگاه داده برداری در جنوب ایستگاه مبنا قرار داشته باشد، مقدار تصحیح، مثبت و در غیر این صورت منفی است.

- تصحیح جذر و مد

این تصحیح عمدتاً به خاطر تأثیر جاذبه خورشید و ماه بر روی میدان گرانی زمین صورت می گیرد. دستگاه های گرانی سنج امروزی (مانند CG3) معمولاً به طور خودکار تصحیح جذر و مد را انجام می دهند. همچنین، با استفاده از یک ایستگاه مبنا نیز می توان این تصحیح را به راحتی انجام داد.

- تصحیح اتووش

این نوع تصحیح، زمانی انجام می شود که دستگاه گرانی سنج در حال حرکت باشد مانند عملیات گرانی سنجی هوابرد و دریایی که طی آن دستگاه گرانی سنج بر روی منطقه اکتشافی حرکت داده می شود. در واقع، این تصحیح، اثر حرکتی گرانی سنج دریایی و هوایی را حذف می کند. این اثرات حرکتی به نام اثر اتووش نامیده شده و در اثر اعمال نیروی کوریولیس وارده بر گراویمتر به وجود می آید.

- تصحیح عوارض مصنوعی

تصحیح دیگری که اغلب در عملیات میکروگرانی سنجی و در مناطق شهری یا صنعتی لازم است، حذف اثر ساختمان ها از داده های گرانی است. چون شکل ساختمان ها به صورت مکعبی و مکعب مستطیل است، برای حذف اثر آن ها می توان از فرمول محاسبه اثر مکعب استفاده کرد، (اردستانی، ۱۳۸۹).

- تصحیح دریافت دستگاه

در حین داده برداری، تغییرات دما باعث تغییرات بسیار کمی در مقدار قرائت داده ها می شود. تصحیح دریافت به راحتی توسط یک ایستگاه مبنا قابل اجرا می باشد. نهایتاً با انجام همه تصحیحات فوق الذکر بر روی داده های گرانی، آنومالی بوگه کامل به صورت زیر تعریف می شود:

$$g_B = g_{obs} \mp g_L \pm g_{fa} \pm g_b + tc - g_0$$

- تفسیر داده ها

پس از اعمال روش های پردازشی مهم روی داده ها و نمایش نقشه های مربوطه آن، اطلاعات مهمی از آنومالی های گرانی در اختیار مفسر قرار خواهد گرفت. این اطلاعات جنبه کیفی و کمی داشته و به عنوان اطلاعات اولیه برای مدل سازی مستقیم و معکوس به کار می روند. بنابراین، پس از جمع آوری داده ها، اعمال تصحیحات لازم و پردازش اولیه آن ها، باید با استفاده از جدیدترین روش ها و نرم افزارهای موجود (مانند نرم افزارهای ژئوسافت - Geosoft Oasis Montaj - و مدل ویژن - Model Vision) نقشه های زیر تهیه و به همراه تجزیه تحلیل آنها در گزارش نهایی منعکس گردد:

- نقشه داده های خام گرانی سنجی

- نقشه آنومالی بوگه

- نقشه آنومالی باقی مانده

- نقشه آنومالی ناحیه ای

- نقشه گرادیان قائم اول و دوم

- نقشه های ادامه فراسو و فروسو

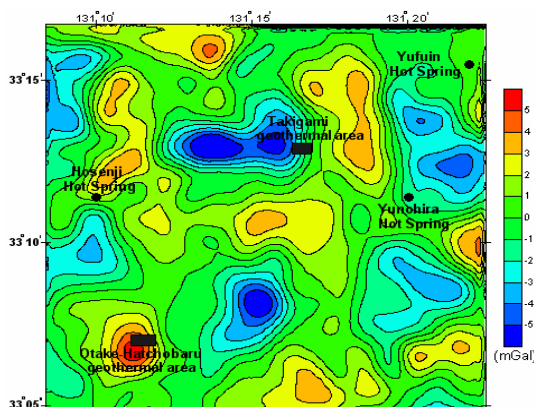
- نقشه تعیین محل بی هنجاری های موجود (تعیین حدود بی هنجاری ها با استفاده از روش سیگنال تحلیلی سه بعدی)

- نقشه تخمین عمق آنومالی های موجود (اویلر سه بعدی)

به طور کلی، دستاورد نهایی این نقشه ها، تعیین محل، عمق و گسترش دو و یا سه بعدی ناهنجاری های گرانی می باشد. به عنوان مثال، در شکل (۳۶-۲)، نقشه آنومالی باقیمانده گرانی در یک منطقه زمین گرمایی در ژاپن نشان داده شده است. مهم ترین موارد کاربرد مطالعات گرانی سنجی در اکتشاف منابع انرژی زمین گرمایی به شرح زیر می باشند:

- بررسی روند تغییرات عمق سنگ بستر
- شناسایی سنگ ها و یا توده های ماگمایی نفوذی آذرین
- دگرسانی ها و سیمان شدگی ها
- زون های خرد شده (مانند مخزن زمین گرمایی)
- شناسایی پدیده های ساختاری زیرزمینی مانند گسل ها و شکستگی ها
- به دست آوردن لیتولوژی و ساختارهای ثقلی به صورت سه بعدی
- پایش حرکات توده ای

شناسایی و تفسیر زمین شناختی نقشه های گرانی سنجی نیاز به مفسران گرانی سنجی و زمین شناس با تجربه دارد. در انتهای بحث مطالعات گرانی سنجی، نرم افزارها و نیروی انسانی مورد نیاز در کلیه مراحل مطالعات گرانی سنجی در جداول (۲-۱۲) و (۲-۱۳) ارائه شده است.



شکل (۲-۳۶) - نقشه شدت میدان گرانی باقیمانده در یک منطقه زمین گرمایی در ژاپن (سالام و همکاران، ۲۰۰۵)

جدول (۲-۱۲) - نرم افزارهای مورد نیاز در مطالعات گرانی سنجی

کاربرد	نرم افزارهای مورد نیاز	مراحل مطالعه گرانی سنجی
انتقال داده ها از دستگاه به کامپیوتر	نرم افزارهای همراه با دستگاه داده گرانی سنج	برداشت داده

پردازش و مدل سازی داده ها	۱- Geosoft Oasis Montaj ۲- ModelVision ۳- Grav2d ۴- Grav3D	پردازش و تفسیر
---------------------------	--	----------------

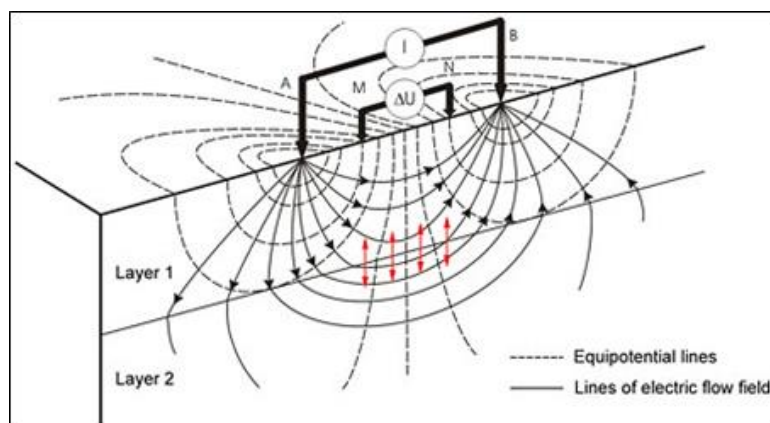
جدول (۱۳-۲) - کارشناسان مورد نیاز جهت انجام یک مطالعه گرانی سنجی

تعداد	نیروی مورد نیاز و تخصص	مراحل مطالعه
۱	زمین شناس	شناسایی اولیه منطقه مطالعاتی و طراحی شبکه برداشت داده های گرانی
۱	کارشناس ژئوفیزیک	
۲	نقشه بردار	عملیات داده برداری
۲	تکنسین برداشت داده گرانی	
۲	کارگر	
۲	کارشناس ژئوفیزیک با تجربه	پردازش و تفسیر
۱	زمین شناس	

• روش های الکتریکی

روش ژئوالکتریک یا مقاومت سنجی DC، از جمله قدیمی ترین روش های ژئوفیزیکی به شمار می رود. اساس این روش ها بر مبنای اندازه گیری مقاومت ویژه الکتریکی لایه های زمین می باشد. زیرا لایه های زمین به واسطه اختلاف جنس مواد تشکیل دهنده آن ها دارای مقاومت ویژه الکتریکی متفاوتی نیز می باشند. با استفاده از این روش ها می توان لایه ها و ساختارهای مختلف زمین شناسی را از یکدیگر به لحاظ مقاومت ویژه الکتریکی آن ها تفکیک نمود.

مقاومت ویژه الکتریکی ظاهری زمین با نفوذ جریان الکتریکی به زمین و اندازه گیری اختلاف پتانسیل الکتریکی در سطح، به دست می آید شکل (۳۷-۲). برای انجام اندازه گیری مقاومت الکتریکی دو جفت الکتروود لازم است. الکتروودهای A و B برای نفوذ جریان الکتریکی به داخل زمین و الکتروودهای M و N برای اندازه گیری اختلاف پتانسیل الکتریکی استفاده می شود. الکتروودهای AB به یک منبع جریان مانند باتری متصل هستند. حالت کلی چیدمان الکتروودها در شکل (۳۷-۲)، نشان داده شده است.



شکل (۳۷-۲) - نمای شماتیکی از نحوه نفوذ جریان الکتریکی به زمین توسط جفت الکترود AB و اندازه گیری جریان

توسط الکترودهای گیرنده MN (تلفورد، ۱۹۹۰).

در یک زمین همگن و آرایش الکترودی دلخواه (نحوه آرایش الکترودهای فرستنده و گیرنده در ادامه توضیح داده خواهد شد) مقاومت ویژه ظاهری حاصل از جریان الکتریکی I و اختلاف پتانسیل الکتریکی ΔV به صورت زیر محاسبه می شود:

$$\rho = K \cdot \frac{\Delta V}{I}$$

K فاکتور هندسی نامیده می شود و با استفاده از فاصله ی الکترودی از رابطه زیر به دست می آید.

$$K = 2\pi \frac{1}{\left\{ \left[\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} \right] - \left[\frac{1}{AN} - \frac{1}{BN} \right] \right\}}$$

بر روی زمین همگن و همسان گرد، مقدار مقاومت ویژه برای هر جریان و هر آرایش الکترودی ثابت خواهد بود. به طوری که اگر جریان ثابت نگه داشته شود و الکترودها به اطراف حرکت کنند، پتانسیل ΔV در هر آرایه طوری تغییر می کند که نسبت $K \cdot \frac{\Delta V}{I}$ ثابت بماند. ولی اگر زمین غیر همگن باشد و فواصل الکترودی تغییر کنند، نسبت فوق کلاً تغییر خواهد کرد. در نتیجه در هر اندازه گیری مقادری متفاوت حاصل می شود. واضح است که بزرگی این مقدار با آرایه ی الکترودها ارتباط نزدیک دارد. این مقدار اندازه گیری شده به مقاومت ویژه ظاهری (ρ_a) موسوم است. اگرچه این مقاومت ویژه ظاهری، تا حدودی مشخص

کننده مقاومت ویژه‌ی واقعی منطقه‌ای در نزدیکی الکترودها می‌باشد، ولی قطعاً یک مقدار متوسط نخواهد بود. تنها در حالت زمین همگن، مقاومت ویژه ظاهری برابر مقاومت ویژه واقعی است.

کاربردهای روش ژئوالکتریک به طور کلی عبارتند از:

- اکتشاف مواد معدنی (خصوصاً فلزات).
- اکتشاف آب‌های زیرزمینی
- بررسی‌های مهندسی به منظور شناسایی حفره‌ها، گسل‌ها، شکاف‌ها، یخچال‌ها، تونل‌های زیرزمینی.
- باستان شناسی خصوصاً برای شناسایی ساختمان‌های قدیمی و بناهای مدفون.
- تعیین محل زباله‌های آلوده مدفون.
- تعیین عمق و ضخامت لایه‌های زمین شناسی و هیدروژئولوژیکی کم عمق و عمیق و مشخص کردن ناهنجاری‌ها.
- اندازه‌گیری مقاومت خاک برای تعیین میزان خوردگی فلزات.
- شناسایی نواحی دگرسان شده در میدان‌های زمین گرمایی.
- شناسایی نواحی خرد شده و تکتونیزه که می‌تواند مخزن زمین گرمایی باشد.

- داده‌برداری ژئوالکتریک

اندازه‌گیری مقاومت ویژه زمین را با آرایه‌های مختلف الکترودی می‌توان انجام داد. در اکتشاف زمین شناسی مهندسی و آب بیشتر از آرایه شلومبرژه، ونر، سه‌الکترودی و دو دوقطبی استفاده می‌شود. این روش‌ها مهمترین و کاربردی‌ترین آرایه‌های الکترودی در مقاومت سنجی زیرسطحی می‌باشد.

مهمترین آرایه‌های الکترودی در عملیات صحرایی ژئوالکتریک

- آرایه شلومبرژه (Schlumberger):

در آرایه شلومبرژه مقاومت ویژه در راستای عمود از سطح زمین تا عمق مورد لزوم اندازه‌گیری می‌شود. ابتدا فاصله دو الکتروود فرستنده AB جریان کوچک در حدود ۲ تا ۶ متر انتخاب شده و فاصله الکتروودهای گیرنده MN برابر ۲ متر یا کمتر انتخاب می‌گردد، با ازدیاد فاصله AB و ثابت نگه داشتن فاصله MN چند اندازه‌گیری را انجام داده و ρ_a را محاسبه می‌کنیم. سپس با جهش دادن به MN و در حقیقت ازدیاد فاصله آن اندازه‌گیری مجدداً برای مقادیر مختلف AB ادامه پیدا کرده و نتایج اندازه‌گیری‌ها در کاغذهای بای‌لگاریتمیک به صورت منحنی رسم می‌شوند. برداشت مقاومت ویژه زمین با این آرایش گمانه‌الکتریکی قائم یا Vertical Electric Sounding (V.E.S) می‌نامند. برای اکتشافات نسبتاً عمیق مانند مطالعات زمین گرمایی می‌توان از این روش استفاده نمود. در این روش مطالعه مقاومت الکتریکی زمین به صورت عمقی بررسی می‌شود (روش سونداژ زنی).

– آرایه ونر (Werner):

در آرایش ونر فواصل چهار الکتروودی M,N,B,A ثابت می‌باشد و لذا در هر اندازه‌گیری الکتروودهای M و N نیز باید حرکت کنند تا فواصل الکتروودها ثابت بماند. در این صورت $AM=MN=NB=a$ خواهد بود که در آن a فاصله الکتروودها از یکدیگر است. این روش نیاز به عملیات صحرائی نسبتاً سنگینی دارد زیرا دائماً باید الکتروودها را جابجا نمود. این روش برای مطالعه مقاومت الکتریکی زیرسطحی به صورت جانبی مناسب است (روش پروفیل زنی).

– آرایه سه الکتروودی (CPR):

در این آرایه یکی از الکتروودهای فرستنده در فاصله بسیار دور در نظر گرفته می‌شود و بنابراین عملاً از سه الکتروود شامل یک الکتروود جریان و یک جفت الکتروود گیرنده استفاده می‌شود. این روش بیشتر در مطالعات مهندسی و زمین‌شناسی مانند مطالعه گسل‌ها کاربرد دارد.

– آرایه دوقطبی دوقطبی (Dipole-Dipole):

در این نوع آرایش هر چهار الکتروود A,B,M,N در امتداد یک پروفیل قرار داشته و عملاً فاصله الکتروودهای فرستنده مساوی فاصله الکتروودهای گیرنده و برابر مقدار ثابت a می‌باشد ($AB=MN=a$). در هر اندازه‌گیری الکتروودهای AB ثابت بوده و

الکترودهای MN در امتداد پروفیل حرکت می‌کنند. از این نوع آرایش برای مطالعه و بررسی تغییرات و گسترش بی‌هنجاری در عمق و به دست آوردن مقطعی از مقادیر^۱ IP و مقاومت ویژه‌ی ظاهری در محل یک پروفیل استفاده می‌شود.

تجهیزات لازم

تجهیزات لازم برای برداشت صحرائی ژئوالکتریک عبارتند از: الکتروده، کابل جریان الکتریسته، منبع جریان (مانند باتری)، دستگاه ژئوالکتریک (ارسال و اندازه‌گیری جریان)، ولت‌متر، اهم‌متر، جی‌پی‌اس و دیگر تجهیزات جانبی شامل خودرو مناسب جهت حمل و نقل اکیپ برداشت، مکان مناسب برای اسکان، چکش، متر و غیره و همچنین نیروی انسانی کافی شامل کارگر و تکنسین برداشت داده. در شکل (۲-۳۸) یکی از دستگاه‌های رایج در عملیات ژئوالکتریک به همراه کابل‌های جریان، نشان داده شده است.



شکل (۲-۳۸) - دستگاه‌ها و تجهیزات لازم برای برداشت داده ژئوالکتریک.

نحوه برداشت

برای ثبت اختلاف پتانسیل از آرایش‌های مختلف الکترودهی استفاده می‌شود. انواع آرایش‌ها یا آرایه‌های الکترودهی (به طور مثال ونر، شلومبرژه، دو قطبی - دوقطبی) می‌تواند بسته به نوع کاربرد و قدرت تفکیک آنها مفید باشد. نوعاً جریان الکتریکی از یک جفت الکتروده به زمین وارد می‌شود. جفت الکتروده دیگر میزان ولتاژ را اندازه‌گیری می‌کند. الکترودهای با فاصله بیشتر، برای بررسی‌های عمیق تر به کار می‌روند. از آن جا که مواد گوناگون زیر سطحی مقاومت ویژه متفاوت دارند، اندازه‌گیری‌های

^۱ - Induced Polarization

سطحی در تعیین تغییرات قائم و جانبی مواد زیرین می تواند مفید باشد. موفقیت روش بستگی به تباین مقاومت ویژه مواد زیرسطحی دارد. اندازه گیری های انجام شده با استفاده از روابط ساده ریاضی به مقاومت ویژه الکتریکی سنگ ها تبدیل می شود و در نهایت اطلاعات به دست آمده تعبیر و تفسیر می شوند.

شکل (۲-۳۹) عملیات برداشت ژئوالکتریک در یک منطقه با هدف شناسایی لایه آبرفتی سطحی نشان می دهد. جریان توسط فرستنده از طریق الکترودهای جریان به زمین فرستاده می شود و از طریق جفت الکتروود پتانسیل متصل به زمین، اختلاف پتانسیل توسط گیرنده اندازه گیری می شود. دستگاه مورد استفاده در برداشت های زمینی هم می تواند همزمان گیرنده و یا فرستنده باشد و یا از فرستنده و گیرنده های جداگانه استفاده نمود. دستگاه های فرستنده و گیرنده مجزا معمولاً دارای قدرت بسیار بالاتر در مقایسه با دستگاه های یکپارچه هستند. قدرت ۲ تا ۱۰ کیلوواتی این دستگاه ها توسط موتورهای برقی بنزینی و یا دیزلی تأمین می گردد.

موقعیت جغرافیایی هر الکتروود در طی برداشت ها توسط GPS دستی ثبت می گردد. تفسیر داده های برداشتی منوط به دانستن موقعیت الکتروودها نسبت به یکدیگر است.



شکل (۲-۳۹) - عملیات برداشت داده ژئوالکتریک

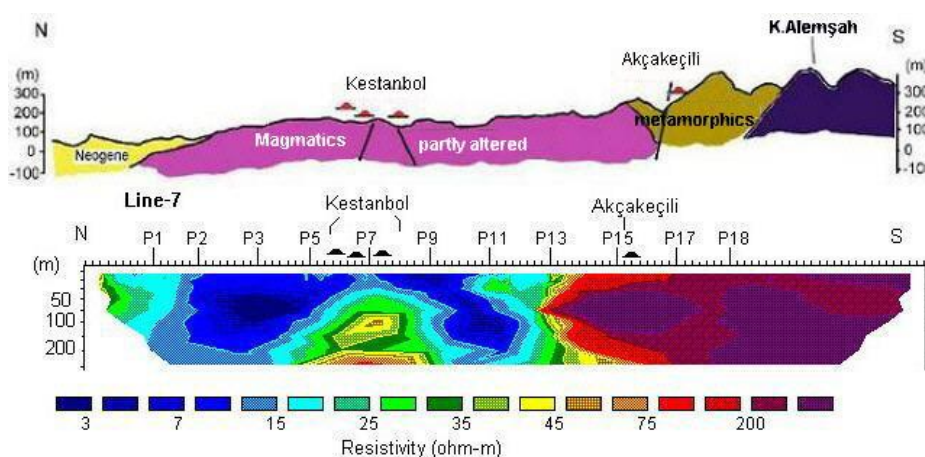
نقشه های تغییرات مقاومت الکتریکی در هر منطقه بر مبنای برداشت گمانه های الکتریکی برای طول خط جریان های مختلف تهیه می گردد که هر نقشه تغییرات مقاومت الکتریکی این فاکتور فیزیکی را تا عمق حدود $AB/3$ مشخص می کند و بدین ترتیب با مشخص شدن زون های هادی و مقاوم الکتریکی و گستره آن ها می توان همبری گسل ها، زون های رسی و دگرسان- شده و عوامل دیگر را مشخص نمود. در یک محدوده مورد مطالعه، با تهیه نقشه های مختلف با طول خط جریان های متفاوت و مقایسه آن ها با یکدیگر، می توان تغییرات عوامل یاد شده را مورد بررسی قرار داد و برحسب هدف مطالعات نتایج مطلوبی را از آن ها بدست آورد.

برای تفسیر و تهیه نقشه های مقاومت ویژه نرم افزارهای کامپیوتری زیادی وجود دارد اما از رایج ترین آنها می توان به نرم- افزارهای IPI2Win، Res2Dinv و Geosoft Oasis Montaj اشاره کرد. به طور کلی حاصل این نقشه ها تعیین محل، عمق و گسترش دو و یا سه بعدی ناهنجاری های الکتریکی می باشد. به عنوان نمونه در شکل (۴۰-۲)، نقشه دو بعدی عمقی به همراه مقطع زمین شناسی در یک ناحیه زمین گرمایی در ترکیه نشان داده شده است. در این شکل تفسیر مقاومت الکتریکی تا اعماق حدود ۳۰۰ متر انجام شده است. ذکر این نکته ضروری است که یکی از مهمترین دلایل کاربرد کمتر روش ژئوالکتریک (نسبت به دیگر روش های ژئوفیزیکی) در مطالعات زمین گرمایی، عمق قابل بررسی می باشد. از آنجایی که در این روش از فرستنده و گیرنده جریان الکتریکی استفاده می شود بنابراین به علت تضعیف سریع جریان الکتریکی عمق مطالعه نهایتاً به ۵۰۰ متر می رسد. تفسیر با اعماق بیشتر مطمئناً از درجه اعتبار بسیار پایین تری برخوردار خواهد بود. جهت مطالعات عمیق تر روش مگنتوتلوریک بسیار مناسب می باشد. شناسایی و تفسیر زمین شناختی نقشه های الکتریکی نیاز به مفسران باتجربه دارد.

- پتانسیل القایی (IP)

در این روش از آرایش های الکترودی متعارف در روش مقاومت ویژه استفاده می شود که شامل دو الکتروود جریان و دو الکتروود پتانسیل است. وقتی جریان اعمال شده قطع شود، ولتاژ به طور ناگهانی مقداری افت پیدا کرده و مدت زمان محدودی (چند ثانیه تا چند دقیقه) طول می کشد تا ولتاژ بین الکتروودهای پتانسیل به تدریج نقصان یافته و به صفر برسد. این بدان خاطر است که زمین موقتاً بارها را انبار می کند (قطبی می شود) و تا حدودی شبیه یک خازن عمل می کند. زمان نقصان تدریجی ولتاژ به

عوامل دستگاهی و زمین شناختی ارتباط دارند و لذا مشخص کننده طبیعت زمین خواهند بود. هر چه مواد با رسانندگی بیشتر (مثل کانسارهای فلزی) و کانی های رسی در زیرزمین بیشتر باشد زمان کاهش تدریجی ولتاژ بیشتر خواهد بود. در انتهای این بخش نرم افزارها و نیروی انسانی مورد نیاز در هر مرحله از یک مطالعه ژئوالکتریک در جدول (۲-۱۴) و (۲-۱۵) آورده شده است.



شکل (۲-۴۰) - ساختار الکتریکی دو بعدی زیر سطحی در منطقه زمین گرمایی در ترکیه (کگلار، ۱۹۹۹).

جدول (۲-۱۴) - نرم افزارهای مورد نیاز در مراحل مطالعات ژئوالکتریک.

کاربرد	نرم افزارهای مورد نیاز	مراحل مطالعه ژئوالکتریک
انتقال داده ها از دستگاه به کامپیوتر	نرم افزارهای همراه با دستگاه داده های الکتریکی	برداشت داده
پردازش و مدل سازی داده ها	۱- IPI2Win ۲- Geosoft Oasis Montaj ۳- Res2dinv	پردازش و تفسیر

جدول (۲-۱۵) - نیروی مورد نیاز جهت انجام یک مطالعه ژئوالکتریکی.

تعداد	نیروی مورد نیاز و تخصص	مراحل مطالعه
۱	زمین شناس	شناسایی اولیه منطقه مورد مطالعه و طراحی شبکه برداشت داده
۱	کارشناس ژئوفیزیک	
۲	تکنسین برداشت داده ژئوالکتریک	عملیات داده برداری
۴	کارگر	
۲	کارشناس ژئوفیزیک با تجربه	پردازش و تفسیر
۱	زمین شناس	

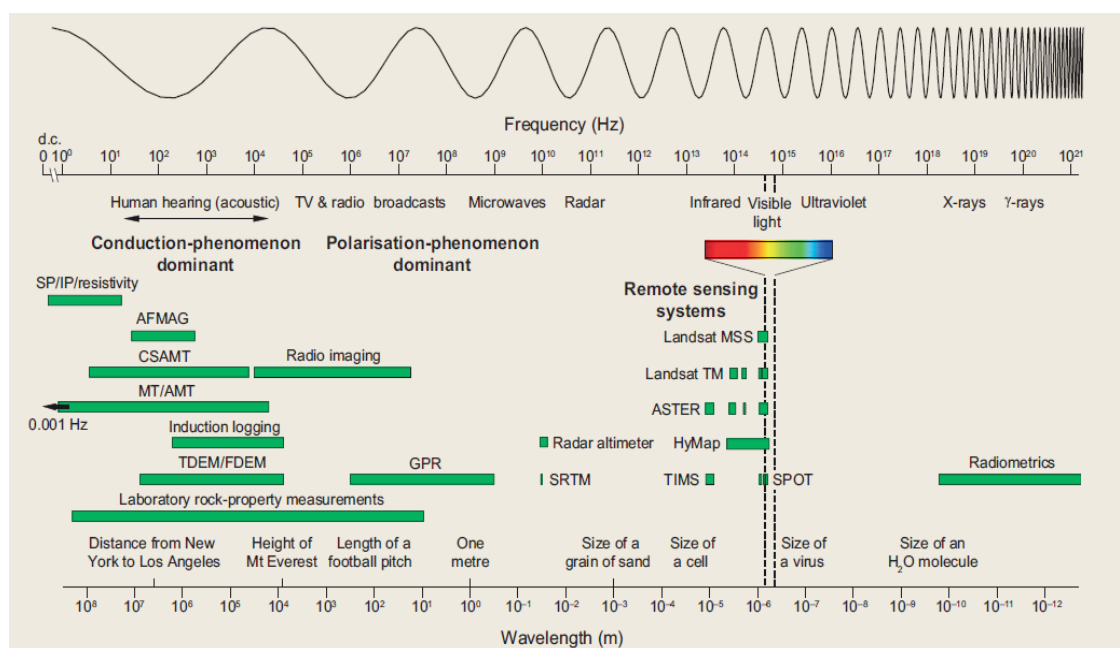
• روش های الکترومغناطیسی (EM) – روش مگنتوتلوریک (MT)

روش مگنتوتلوریک یک تکنیک ژئوفیزیکی سطحی غیرفعال (Passive) است که از میدان های الکترومغناطیسی طبیعی زمین برای بررسی ساختار رسانایی زیرسطحی استفاده می کند. این روش را می توان در کاوش های زیر سطحی از ده ها متر تا اعماق ده ها کیلومتر به کار برد (وزوف، ۱۹۹۱). روش MT را اولین بار تیکونو (۱۹۵۰) و کانیاورد (۱۹۵۳) ارائه کردند و بعد کانتول (۱۹۶۰) و وزوف (۱۹۷۲ و ۱۹۹۱) آن را بسط دادند. در شکل (۲-۴۱) طیف امواج EM و باند فرکانسی برخی روش های ژئوفیزیکی را نشان می دهد. همانطور که در این شکل مشاهده می شود گستره فرکانسی روش MT (و AMT) از فرکانس های کمتر از 10^{-4} تا بیشتر از 10^4 هرتز قرار می گیرد. در روش های ژئوفیزیکی امواج با فرکانس بالا قادر به شناسایی دقیق تر اما عمق نفوذ کم، و امواج با فرکانس پایین قادر به شناسایی کلی تر ولی عمق نفوذ بیشتر هستند. بنابراین با توجه به گستره وسیع باند فرکانسی در روش MT، این روش قادر به مطالعه ساختارهای زمین شناسی از اعماق کم تا اعماق زیاد می باشد.

امواج EM در زمین تضعیف می شوند که مقدار این تضعیف به فرکانس موج ارسال شده و رسانایی زمین بستگی دارد. بر همین اساس در روش های EM از اصطلاحی به نام "عمق پوست" (δ) استفاده می کنند که عبارتست از عمقی که در آن دامنه موج EM به $1/e$ (تقریباً $1/3$) مقدار اولیه اش کاهش پیدا کند:

$$\delta = 500 \sqrt{\frac{\rho}{f}}$$

در رابطه بالا δ عمق پوست، ρ مقاومت الکتریکی زمین و f فرکانس موج ارسال شده بستگی دارد (برای اطلاعات بیشتر به کتاب روش های الکترومغناطیس در ژئوفیزیک کاربردی، نیقیان، ۱۹۹۸ مراجعه نمایید).



شکل (۴۱-۲) - طیف امواج EM و باند فرکانسی برخی روش های ژئوفیزیکی.

برداشت داده MT

تجهیزات مورد نیاز

هر مجموعه کامل برداشت داده MT به طور معمول شامل موارد زیر است (شکل (۴۲-۲):

- یک منبع نیرو (باتری)
- یک مگنتومتر فلاکس گیت و یا سه کویل مغناطیسی (شامل H_x, H_y, H_z)
- یک کابل مگنتومتر و یا سه کابل کویل مغناطیسی

- چهار الکتروود
- چهار کابل تلوریک
- یک میله فلزی (الکتروود) به زمین
- یک دیتالاگر
- یک جی پی اس (اختیاری)

از یک لپتاب کوچک جهت دانلود داده ها از دیتالاگر و پردازش اولیه آنها می توان استفاده کرد. به علاوه لوازم زیر طی نصب ایستگاه و مراحل انجام عملیات MT ضروری به نظر می رسد:

کمپاس، متر، تراز حبابی، کابل های یدک، ابزارهای حفر (بیل و کلنگ)، مموری برای ذخیره داده ها، باتری اضافه، شارژر باتری، نوار چسپ عایق، مولتی متر دیجیتال، کاغذ و قلم، خودورو مناسب جهت حمل و نقل.



شکل (۴۲-۲) - تجهیزات لازم برداشت داده MT.

معروفترین کشورها و مدل های سازنده تجهیزات مگنتوتلوریک عبارتند از:

- مدل ساخت آلمان Metronix
- مدل ساخت کانادا Phonix

در جدول (۱۶-۲) نیز انواع تجهیزات مگنتوتلوریک آمده است. همان‌طور که در این جدول آمده است جهت انجام یک مطالعه کامل شامل اندازه‌گیری تمام مؤلفه‌های میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی و همچنین مطالعه اعماق کم تا زیاد تجهیزات نوع MTU-5A کاملترین نوع دستگاه‌های مگنتوتلوریک بوده و بنابراین کارایی بالاتری دارند.

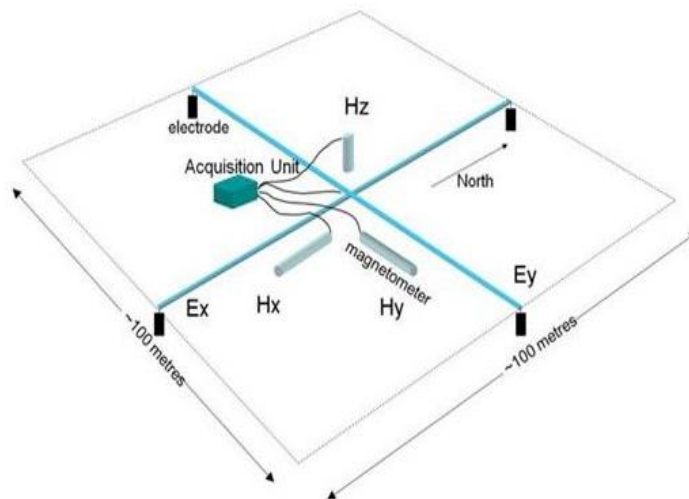
جدول (۱۶-۲) - انواع تجهیزات مگنتوتلوریک.

MTU	Magnetotellurics 1kHz to 0.00002Hz (50 000 seconds)
MTU-A	Magnetotellurics and Audio-frequency Magnetotellurics 10kHz to 0.00002Hz (50 000 seconds)
Models & channels	E electric channels; H magnetic channels; A denotes AMT capability MTU-2E, MTU-2EA, MTU-3H, MTU-5 (2E + 3H channels), MTU-5A

نحوه نصب هر ایستگاه داده برداری MT

پس از انجام طراحی پروفیل و یا طراحی شبکه برداشت داده، عملیات داده برداری توسط تکنسین‌های مربوطه انجام می‌گیرد. هر ایستگاه MT به طور معمول حداقل به یک هکتار زمین مسطح جهت نصب ایستگاه فضا نیاز داد. شکل (۳-۲) نمای شماتیکی از نحوه نصب تجهیزات در هر ایستگاه MT را نشان می‌دهد. همان‌طور که در این شکل نشان داده شده، الکترودها در دو جهت شمالی-جنوبی و شرقی-غربی و با فاصله معمولاً ۱۰۰ متری از هم قرار می‌گیرند و کویل‌های مغناطیسی نیز در مرکز ایستگاه و با فاصله ۵ تا ۱۰ متر از هم قرار می‌گیرند. همه الکترودها و کویل‌های مذکور توسط کابل‌های مخصوص به هم و به دیتالاگر متصل می‌شود. داده‌های مربوطه از مؤلفه میدان الکتریکی و مغناطیسی در دیتالاگر و سپس لپتاپ ذخیره می‌گردد. توان الکتریکی لازم توسط منبع نیرو (باتری) تأمین می‌شود. مدت زمان داده برداری در هر ایستگاه MT با توجه به

عمق مورد مطالعه، از چند ساعت تا دو شبانه روز متغیر است. به منظور مطالعه ساختارهای زمین گرمایی مدت زمان داده-برداری در هر ایستگاه یک شبانه روز نیاز است. در شکل (۲-۴۴) عملیات داده برداری MT در یکی از مناطق ایران نشان داده شده است. پس از اتمام داده برداری در هر ایستگاه تمام تجهیزات، جمع آوری و سپس به ایستگاه بعد منتقل می شود.



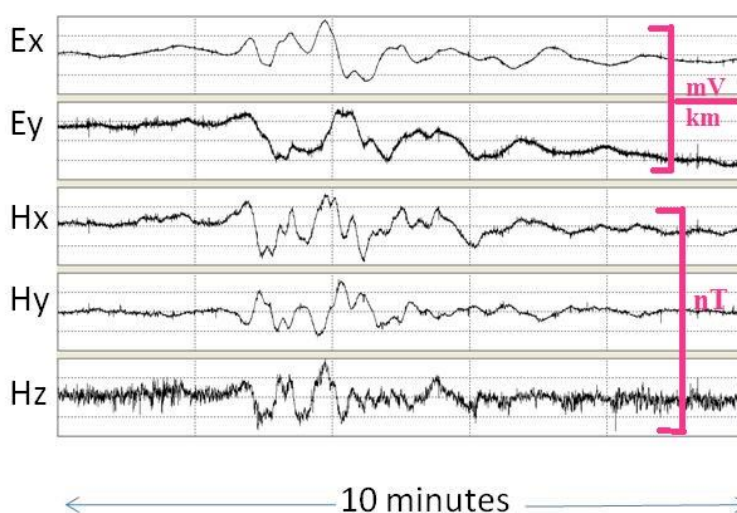
شکل (۲-۴۳) - نمای شماتیکی از یک ایستگاه مگنتوتلوریک.



شکل (۲-۴۴) - داده برداری MT در یکی از مناطق ایران.

تحلیل سری های زمانی

در اولین مرحله پردازش داده های MT، سری های زمانی برداشت شده به بخش های مجزا تقسیم می شوند. برای هر کدام از این بخش ها تحلیل سری های زمانی شامل حذف داده های نوفه ای و غیره صورت می گیرد. این فرآیند در مورد همه باندهای فرکانسی تکرار می شود. مسئله اصلی در پردازش داده ها این است که مشاهدات صحرائی به صورت تابعی از زمان (سری های زمانی) به دست می آیند شکل (۲-۴۵)، ولی پایه های نظری که برای این روش بسط داده شده اند، همگی در حوزه فرکانس (frequency domain) هستند. بنابراین لازم است قبل از اینکه نظریه با مشاهدات صحرائی منطبق شود، داده های صحرائی به حوزه فرکانس برده شود.



شکل (۲-۴۵) - سری های زمانی مولفه های میدان EM ثبت شده در یک ایستگاه MT (E_x, E_y, H_x, H_y, H_z).

حذف میل داده ها (Trend Elimination)

قبل از اعمال تبدیل فوریه و انتقال داده ها به حوزه فرکانس، سری های زمانی برداشت شده با حذف اثر میل، مورد پردازش قرار می گیرند. این قسمت از پردازش، انحراف قاعده مند احتمالی برای داده های سری زمانی را حذف می کند. این کار با استفاده روابط مربوطه صورت می گیرد (مترونیکس، ۱۹۹۳).

تبدیل به حوزه فرکانس

سری های زمانی هر یک از کانال ها (دو کانال شامل مؤلفه های الکتریکی و سه کانال شامل مؤلفه های مغناطیسی) با استفاده از روش FFT (Fast Fourier Transform) به سری فوریه تبدیل می شوند. بسته به نرخ نمونه برداری در گستره های فرکانسی باند مورد نظر و طول سری زمانی انتخابی برای تبدیل فوریه، قدرت تفکیک های متفاوت و گستره های بسامدی متفاوتی به دست خواهند داد.

کالیبره کردن داده ها

در هنگام ثبت سری های زمانی، داده ها از تابع تبدیل دستگاه های اندازه گیری تأثیر می پذیرند. به منظور حذف این اثر باید داده ها را کالیبره کرد. تابع کالیبراسیون مربوط به داده ها با تابعی که در هنگام برداشت با فرستادن پالس های معلوم و دریافت پاسخ آن ها ذخیره می شود، بدست می آید. در این مرحله، طیف مورد نظر از داده ها را در معکوس تابع تبدیل دستگاه اندازه گیری ضرب می شود و بدین ترتیب اثرات دستگاهی، از داده ها حذف می شود.

حذف داده های پرت

خارج از رده ها به داده هایی اطلاق می شود که مقدار آن ها خارج از محدوده مقادیر اندازه گیری سایر داده ها در محل مورد نظر است و لذا از روند کلی منحنی داده ها پیروی نمی کنند. این داده ها روی منحنی ها کاملاً مشخص اند و بنابراین باید حذف شوند.

تصحیح اثرات توپوگرافی

ویژگی توپوگرافی جریان ها را مجبور می کند تا در الگوهای متفاوت از آنچه در حالت مسطح دارند، عبور کنند. بنابراین آنها روی هر دو میدان مغناطیسی و مخصوصاً الکتریکی در سطح اثر می گذارند. از اینرو محاسبات (مانند توابع امپدانس) نیز تحت تأثیر قرار می گیرند. این تأثیر از دیدگاه نظری پیش بینی و اغلب در عمل نیز مشاهده می شود. اثرات توپوگرافی معمولاً در برنامه های رایانه ای مورد استفاده برای مدل های ۲D و ۳D مدفون در یک زمین صاف قرار می گیرند. البته در این راستا، برنامه های رایانه ای مجزایی نیز برای حذف این اثرات از روی داده های MT طراحی شده است.

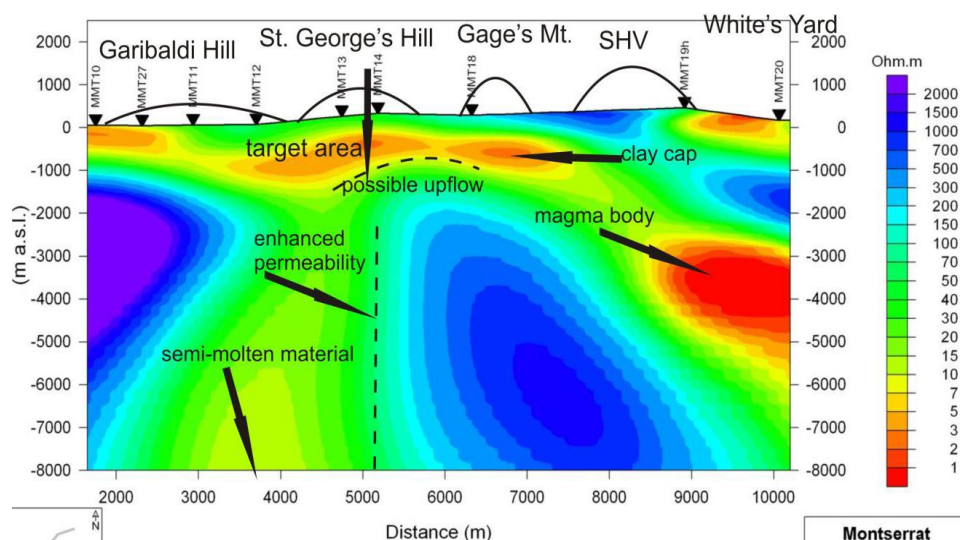
تصحیح جابجایی ایستا (Static Shift)

در عملیات مگنتوتلوریک بیشتر اوقات به دلیل ناهمگنی های رسانایی نزدیک سطح زمین یک جابجایی در منحنی های مقاومت ویژه و فاز شیفت ایستا (Static shift) ایجاد می شود که در صورت عدم تصحیح، آنومالی های کاذب تولید می کند. البته در صورتی که مطمئن باشیم که رسانایی در هر ایستگاه صرفاً در جهت عمق تغییر می کند (و نه جانبی) جابجایی ایستا نخواهیم داشت در غیر اینصورت جابجایی ایستا در داده ها وجود داشته و باید تصحیح شود. به منظور تصحیح استاتیک شیفت در داده ها باید از روش های آماری (در مرحله پردازش داده) و یا از روش TDEM استفاده کرد. روش TDEM یکی از روش های الکترومغناطیس است که تغییرات جانبی زمین، خطایی در آن ایجاد نمی کند بنابراین در یک عملیات مگنتوتلوریک معمولاً در چند ایستگاه نیز عملیات TDEM نیز اجرا می شود تا بتوان با مقایسه دو نوع داده اثر جابجایی ایستا را از داده های MT حذف کرد.

وارون سازی و تفسیر داده های MT

پس از اعمال روش های پردازشی لازم، داده های مگنتوتلوریک به صورت مقاومت ویژه (Resistivity) و فاز (Phase) برحسب فرکانس یا دوره تناوب نمایش داده می شود. در نهایت با استفاده از الگوریتم ها و برنامه های کامپیوتری مختلف در قالب برنامه یا نرم افزارهای کامپیوتری مانند Winglink, Geotools MT, ZondMT بر حسب مقاومت ویژه در برابر عمق وارون سازی می شود. به عنوان مثال در شکل (۴۶-۲)، نتایج حاصل از وارون سازی داده ها در ناحیه زمین گرمایی در جزیره ای در دریای کارائیب را نشان می دهد. ساختارهای مختلف زمین شناسی و سیستم های زمین گرمایی به دلیل تباین رسانایی با استفاده از این مقاطع MT قابل شناسایی هستند. جدول (۱۷-۲)، ساختارهای زمین شناسی مرتبط با سیستم های زمین گرمایی را از نظر رسانایی به طور کیفی نشان می دهد. این جدول می تواند به عنوان راهنمایی تفسیر کیفی و کمی داده های مگنتوتلوریک به هدف اکتشافات زمین گرمایی مورد استفاده قرار گیرد.

در انتهای این بخش نرم افزارها و نیروی انسانی مورد نیاز در هر مرحله از یک مطالعه مگنتوتلوریک در جداول (۲-۱۸) و (۲-۱۹) آورده شده است.



شکل (۴۶-۲) - مقطع رسانایی زیرسطحی تا عمق ۸ کیلومتر در نتیجه وارون سازی داده های مگنتوتلوریک در جزیره Montserrat در دریای کارائیب (روزا، ۲۰۱۰).

جدول (۱۷-۲) - جدول راهنمای تفسیر کیفی مقاطع مگنتوتلوریک مرتبط با سیستم های زمین گرمایی.

هدف مورد مطالعه	بی هنجاری الکتریکی در مقاطع MT
زون های خرد شده (مخزن زمین گرمایی)	رسانایی متوسط
توده های نفوذی ذوب شده و یا ذوب بخشی (منبع زمین سیستم زمین گرمایی)	رسانا
توده نفوذی سرد شده (خزینه ماگمایی قدیمی)	رسانایی بسیار پایین
سنگ پوش (پوش سنگ سیستم زمین گرمایی)	رسانایی زیاد
جهت و گستردگی سیستم زمین گرمایی	امتداد و شکل بی هنجاری الکتریکی
زون های دگرسان شده ناشی از فعالیت های زمین گرمایی	-
سنگ های آتشفشانی سطحی غیرهوازده	بسیار مقاوم
سنگ های دگرگون شده مانند فیلیت و شیست، آهک متبلور و دولومیت در مناطق آتشفشانی	نسبتا مقاوم
گسل ها و شکستگی ها	تغییر جانبی و ناگهانی رسانایی

رسوبات آبرفتی سطحی در مناطق رسوبی	رسانا
-----------------------------------	-------

جدول (۱۸-۲) - نرم افزارهای مورد نیاز در مطالعات مگنتوتلوریک

مراحل مطالعه مگنتوتلوریک	نرم افزارهای مورد نیاز	کاربرد
برداشت داده	نرم افزارهای همراه دستگاه مگنتوتلوریک	انتقال داده ها از دستگاه به کامپیوتر
پردازش و تفسیر	۱- Winglink ۲- Geotools ۳- چندین کد پردازشی و تفسیری نیز در محیط های برنامه نویسی متلب و فرترن نوشته شده است.	پردازش و مدل سازی داده ها

جدول (۱۹-۲) - نیروی مورد نیاز جهت انجام یک مطالعه مگنتوتلوریک

مراحل مطالعه	نیروی مورد نیاز و تخصص	تعداد
--------------	------------------------	-------

۱	زمین شناس	شناسایی اولیه منطقه مورد مطالعه و طراحی شبکه برداشت داده MT
۱	کارشناس ژئوفیزیک	عملیات داده برداری
۲	تکنسین برداشت داده ژئوفیزیک	
۴	کارگر	پردازش و تفسیر
۲	کارشناس ژئوفیزیک با تجربه	
۱	زمین شناس	

• روش لرزه نگاری

اصول اولیه روش های لرزه نگاری بر مبنای انتشار امواج لرزه ای در یک محیط کشسان است. صدا از یک چشمه طبیعی (از زمین لرزه) و یا مصنوعی (از دینامیت) به صورت یک سری امواج در داخل یک محیط منتشر می شود. در یک محیط دارای خصوصیات مشخصه فیزیکی همگن امواج صوتی از چشمه نقطه ای به صورت دوایر جبهه موجی توسعه یافته منتشر می شوند. سرعت موج بستگی به طبیعت و حالات فیزیکی (خاصیت کشسانی) موادی دارند که از میان آن می گذرد. سرعت موج نسبت به اینکه از داخل مایع، جامد، و یا گاز عبور می کند متغیر خواهد بود. برای مثال سرعت صوت در هوا حدود ۳۳۰ متر بر ثانیه، در داخل آب دریا در حدود ۱۶۰۷ متر بر ثانیه، در داخل خاک های سطحی ۴۹۰ متر بر ثانیه و در داخل سنگ های آذرین پوسته قاره ای در حدود ۸۵۰۰ متر بر ثانیه است. امواج لرزه ای که در داخل سنگ ها منتشر می شوند به طور کلی به دو دسته امواج P و S (امواج درونی) و امواجی که در سطح حرکت می کنند به دو دسته امواج L و R (امواج سطحی) تقسیم می گردند که در اکتشافات لرزه ای کاربرد دارند. در ادامه به طور مختصر هر کدام از این امواج توصیف شده است.

امواج لرزه ای

امواج طولی (P)

موج طولی موج کشسان است که در آن حرکت ذرات هم راستا با جهت انتشار آن است. در مطالعات لرزه ای اکتشافی معمولاً از این نوع موج بیشتر استفاده می شود. این موج به نام های دیگر مانند موج اولیه، موج فشاری و موج تراکمی نیز معروف است. سرعت این امواج نسبت به امواج دیگر لرزه ای بیشتر است و از تمام محیطها (جامد، مایع و گاز) عبور می کنند.

امواج عرضی (S)

موج عرضی موج کشسانی است که در آن حرکت ذرات عمود بر جهت انتشار آن می باشد. از آنجائی که این امواج هنگام عبور از داخل لایه ها موجب استرس های بُرشی می شوند، به آنها امواج بُرشی (Shear Waves) نیز می گویند. این امواج را امواج ثانویه (Secondary Waves) نیز می نامند زیرا سرعت سیر آنها در سنگ ها تقریباً نصف سرعت امواج P بوده و در نتیجه با تأخیر به لرزه سنج ها می رسند. سرعت این امواج از امواج طولی کمتر است و فقط از محیط های سخت عبور می کنند. چون محیط های گازی و مایع تحمل تنش های بُرشی را ندارند از این رو امواج بُرشی (s) نمی توانند در داخل چنین محیط هایی سیر نمایند.

امواج سطحی لاو (L)

موج لاو یکی از انواع امواج سطحی است و هنگامی مشاهده می شود که یک لایه با سرعت کم محیط با سرعت زیاد را پوشانده باشد. مسیر امواج لاو در لایه های سطحی به صورت افقی بوده و حرکت ذرات نسبت به جهت حرکت موج افقی و عرضی است.

امواج سطحی ریلی (R)

موج ریلی موج سطحی است که فقط در طول سطح آزاد یک جامد منتشر می شود. حرکت ذرات بیضوی است و همیشه در یک سطح قائم قرار دارد و نسبت به امتداد انتشار قهقراپی است. دامنه حرکت در زیر سطح با افزایش عمق به طور نمایی تنزل می کند. سرعت موج ریلی در یک محیط از سرعت موج عرضی کمتر است و تقریباً $0/9$ سرعت موج عرضی در همان محیط است.

یکی از مهم ترین ویژگی های امواج سطحی (ریلی و لاو) پراکندگی است. بدین معنی که سرعت آنها به طول موج بستگی دارد. به عنوان مثال در یک لایه که خصوصیات مشخصه آن به طور تدریجی نسبت به عمق تغییر می کند، سرعت موج لاو برای طول موج های کوتاه با سرعت امواج عرضی در لایه بالا و برای طول موج های بلند با سرعت امواج عرضی در محیط زیرین برابر است. در یک زمین لرزه طبیعی بیشترین تخریب ناشی از امواج سطحی است.

سرعت امواج لرزه ای در سنگ های مختلف

تخلخل در سنگ های آذرین کمتر است و از طرفی تراکم و چگالی آنها نیز بیشتر است، بنابراین سرعت موج در آنها بیشتر است. این مورد درباره سنگ های آهکی توده ای، سنگ های دولومیتی و توده ای نیز صدق می کند. از طرف دیگر ماسه سنگ ها، شیل ها و بعضی دیگر از انواع سنگ آهک (آهک های ریفی) دارای خلل و فرج و حفرات زیاد بین دانه ای بوده که اغلب توسط آب و یا مواد رسی پر شده اند. برای چنین سنگ هایی سرعت سیر امواج به مقدار قابل ملاحظه ای به تخلخل و مواد پرکننده فضاهای خالی بستگی دارد. جدول (۲-۲۰) سرعت امواج p و s را در برخی سنگ های مختلف نشان می دهد. به طور کلی سرعت میانگین امواج در سنگ های آذرین خیلی بالاتر از انواع دیگر سنگ هاست.

جدول (۲۰-۲) - سرعت سیر امواج P و S در محیط های مختلف

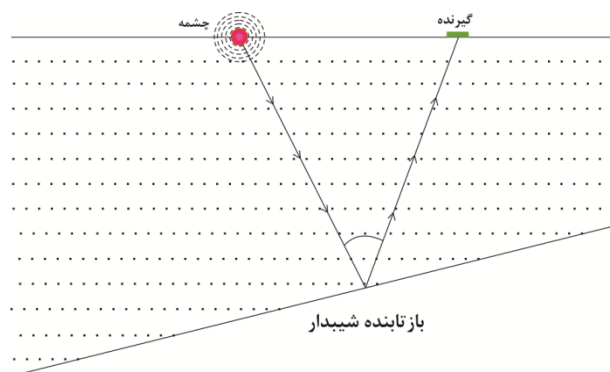
ردیف	نوع سنگ	سرعت موج P (Km/s)	سرعت موج S (Km/s)
۱	گرانیت	۵/۵-۵/۹	۳/۱
۲	گرانودیوریت	۴/۸	۳/۱
۳	دیوریت	۵/۸	۳/۱
۴	گابرو	۶/۵	۳/۴
۵	بازالت	۶/۴	۳/۲
۶	دونیت	۷/۸-۴/۶	۳/۴-۸/۴
۷	ماسه سنگ	۱/۴-۴/۳	۱/۳-۰/۰
۸	سنگ آهک	۱/۶-۷/۱	۱/۳-۰/۱
۹	سنگ های رسی	۱/۲-۱/۵	۰/۱-۵/۵
۱۰	رسوبات ماسه-ای	۱/۸	۰/۵

انواع روش های لرزه ای

لرزه نگاری بازتابی

تولید مصنوعی موج لرزه ای در یک نقطه و ثبت بازتاب آن در یک نقطه دیگر اساس روش لرزه نگاری بازتابی را تشکیل می دهد. زاویه برخورد امواج طولی در یک بازتابنده لرزه ای با زاویه بازتاب مساوی است. وقتی که سطح زمین و سطح بازتابنده افقی باشد از یک ضربان لرزه ای نقطه بازتابی تحت الارضی به وجود آمده در وسط چشمه و گیرنده قرار می گیرد. در این حالت با اندازه گیری طول زمان موج از چشمه تا بازتابنده و دانستن سرعت میان لایه ای آن می توان عمق آن بازتابنده را محاسبه کرد. در صورتی که سطح لایه افقی باشد، نقطه بازتاب تحت الارضی در وسط حد فاصل بین چشمه و گیرنده قرار می گیرد. این نقطه را نقطه بازتاب تحت الارضی می گویند. در حالتی که لایه ها دارای شیب باشند، نقطه بازتابی نسبت به شیب بستر از این نقطه وسط حد فاصل بین چشمه و گیرنده خارج می شود، شکل (۲-۴۷). این جابجایی با افزایش میزان شیب افزایش می یابد. در حالتی که شیب این بسترها کم باشد، این جابجایی کم بوده و قابل اغماض است ولی اگر شیب بستر زیاد و یا ساختمان

پیچیده باشد نقطه بازتابی از محل حقیقی خود منحرف خواهد شد و در نتیجه نیمرخ های لرزه ای زمانی به دست آمده نیز شکل تحریف شده به خود می گیرند. این انحراف در فرایندهای پردازش داده ها تصحیح می شود.



شکل (۴۷-۲) - بازتاب موج لرزه ای از یک لایه شیبدار.

- بازتابنده لرزه ای

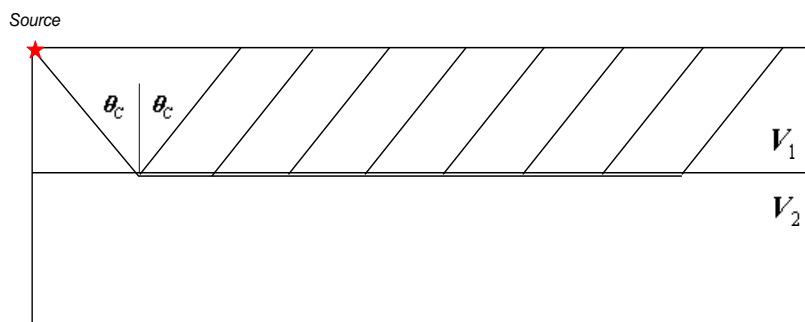
یک نقطه داخل یک جبهه موج در حال گسترش را در نظر گرفته و مسیر حرکت را به صورت مسیر موج و یا شعاع پرتو دنبال می کنیم. یک سکانس رسوبی ایده آل از چندین لایه رسوبی با مواد مختلف رسوبی تشکیل شده است. هر یک از واحدهای رسوبی امواج را با سرعت های مختلفی از خود عبور می دهند. مرز بین این واحدهای سنگ شناسی مختلف بر مرز بین تغییرات سرعت منطبق است. در یک سنگ همگن جبهه موج با سرعت ثابت حرکت کرده و در نتیجه مسیر پرتو این موج به صورت یک خط مستقیم خواهد بود. وقتی که موج لرزه ای به سطح مشترک دو لایه می رسد قسمتی از انرژی به سطح بازتابیده و قسمتی از آن با تغییر سرعت حرکت، به داخل لایه دوم وارد می شود. در نتیجه در سکانس رسوبی مورد اندازه گیری یک بازتاب لرزه ای مشترک هر یک از لایه ها به دست می آید که آن را بازتابنده لرزه ای گویند. قدرت این بازتابنده لرزه ای به اختلاف سرعت و چگالی بین دو لایه بستگی دارد. هر قدر این اختلاف بیشتر باشد قدرت بازتاب بیشتر خواهد بود.

– لرزه نگاری بازتابی سه بعدی

اگرچه جمع آوری، داده پردازی و تفسیر داده های لرزه ای سه بعدی گران قیمت است، ولی ارزش این گونه داده ها به طور وسیع مورد توجه قرار گرفته و استفاده از آنها روز افزون است. در روش لرزه نگاری بازتابی دوبعدی داده های بدست آمده در طول یک خط هستند ولی در روش سه بعدی محل چشمه ها و گیرنده ها به طریقی طرح ریزی می شوند که داده ها یک سطح را تحت پوشش قرار دهند. لازم به یادآوری است که بدون توجه به نوع آرایش اندازه گیری هدف اساسی در این روش دستیابی به نقاط ثبت شده لرزه ای هم شکل^۲ است. در سال های اخیر مخصوصاً بعد از سال های ۱۹۷۶ که جمع آوری داده های لرزه ای سه بعدی معمول تر شده است از این روش در حل مشکلات ناشی از ساختمان های پیچیده زمین و تعیین چینه شناسی استفاده می شود. خطوط در این روش بر خلاف روش دوبعدی نزدیک یکدیگر و به صورت یک شبکه اندازه گیری می شوند.

لرزه نگاری انکساری

اصول اساسی لرزه نگاری انکساری مبتنی بر کاربرد قانون اسنل (برگرفته از فیزیک نور) بر روی امواج لرزه ای است. این روش برای اولین بار به وسیله L. Mintrop که سال ۱۹۱۹ در آلمان آن را به ثبت اختراعی رساند و در سال های بعد شرکت Seismos را بنیان نهاد، توسعه یافت. در سال های ۱۹۳۰ تا به حال روش لرزه نگاری بازتابی به طور وسیع جایگزین لرزه نگاری انکساری شده است. لازم به ذکر است از روش لرزه نگاری انکساری در مقیاس بزرگ برای مطالعات بخش های مختلف زمین و در مقیاس کوچک به وسیله مهندسیین برای تعیین ضخامت در عمق کم کاربرد دارد. وقتی که موج به مرزی که مواد دارای سرعت زیاد را می پوشاند برخورد می کند این موج به طرف این مرز منکسر می شود. انرژی انکساری به طرف لایه های پایین تر تا زمانی که به یک سطح با زاویه بحرانی برخورد کند حرکت خود را ادامه می دهد. این انرژی بعد از برخورد با این زاویه به سوی زمین منتشر می شود. زاویه انکسار از قانون اسنل تبعیت می کند شکل (۲-۴۸).



شکل (۴۸-۲) - نمایش هندسی پدیده شکست مرزی بحرانی

در روش لرزه نگاری انکساری فاصله چشمه و گیرنده زیاد بوده و امواج به کار برده شده غالباً در جهت افقی حرکت می کنند. برای مثال اگر $V_1 = 1800$ متر بر ثانیه و $V_2 = 2000$ متر بر ثانیه و عمق انکسار کننده ۵۰۰ متر باشد، در نتیجه فاصله بحرانی تقریباً $4/5$ کیلومتر خواهد بود. برای ثبت انکسار از این سطح، گیرنده را باید در فاصله $5/5$ تا 6 کیلومتری قرار داد.

هنگامی که موج با زاویه بحرانی به سطح دو لایه برخورد نماید طبق قانون اسنل (Snell's law) پرتو شکست نسبت به خط عمود بر مرز قائم بوده و در نتیجه به موازات مرز دو لایه حرکت می کند که این پدیده همان شکست بحرانی است. در این شرایط با حرکت پرتو به موازات مرز در هر نقطه از مسیر، شکست بحرانی به حالت معکوس رخ داده و پرتوی با زاویه بحرانی از مرز به سطح زمین باز می گردد. این پدیده در تعداد لایه های بیشتر نیز اتفاق می افتد و هر مرز زاویه بحرانی خاص خود را دارد که به سرعت های دو لایه طرفین آن وابسته است. درحالتی که زاویه تابش بزرگتر از زاویه بحرانی باشد، دیگر پدیده شکست رخ نمی دهد یعنی موج وارد محیط دوم نمی شود بلکه امواج سطحی تولید می گردند که در اینجا مورد بحث نمی باشند.

با در نظر گرفتن مطالب بالا می توان کاربرد این روش در موارد زیر را یادآور شد:

- (۱) برای مطالعه ساختمان های عمیق پوسته زمین که با استفاده از روش لرزه نگاری بازتابی قابل دستیابی نیستند.
- (۲) تخمین عمق تا پی سنگ و همچنین ترسیم مرز بین لایه های رسوبی با پی سنگ.
- (۳) نقشه برداری مرز مواد با سرعت زیاد که در داخل سکانس های رسوبی واقع شده اند مانند گنبد های نمکی.
- (۴) نقشه برداری و تعیین عمق لایه هوازده نزدیک سطحی، مخصوصاً در اندازه گیری خشکی در رابطه با کاربرد لرزه نگاری بازتابی که در آن از یک چشمه سطح الارضی استفاده شود بسیار مفید است. از این داده های انکسار لرزه ای برای محاسبه تصحیحات ایستایی استفاده می شود.

۵) نقشه برداری لایه هایی که در زیر ساختمان های پیچیده زمین شناسی مانند گنبد های نمکی، دیابیرهای شیلی، ریف ها و دروندادهای آذرین و یا گسل های چندتایی تراستی واقع شده اند.

دستگاه های اندازه گیری در روش های لرزه ای

در عملیات لرزه نگاری کوچک مقیاس مانند اکتشافات معدنی و زمین گرمایی، جهت برداشت داده ها می توان از دستگاه لرزه نگاری Geometrics و یا ABEM استفاده می شود، که در شکل (۴۹-۲)، تصویر آن آمده است. حداکثر فرکانس نمونه گیری این دستگاه ها برابر ۵۰۰۰۰ هرتز یعنی معادل فاصله زمانی نمونه برداری ۲۰۰۰ میکرو ثانیه است. قالب فایل های خروجی دستگاه از نوع تمامی استانداردهای رایج و غیر رایج می باشد.



شکل (۴۹-۲) - دستگاه لرزه نگاری Geometric

چشمه لرزه ای مورد استفاده در عملیات اکتشافی وسیع (اکتشافات نفتی)، دستگاه های ویبراتور و یا دینامیت می باشد اما در موارد کوچک مقیاس، یک پتک فولادی به وزن تقریبی ۱۰ تا ۱۵ کیلوگرم بوده و در محل ضربه از یک صفحه فولادی استفاده می شود در مواردی هم که نیاز به عمق نفوذ بالاتری هست از دینامیت به عنوان چشمه لرزه ای استفاده می شود. عموماً در محل هر چشمه تعداد ۵ ضربه برداشت گردیده و نگاشت های حاصله به منظور تقویت نسبت سیگنال به نویز (Signal to Noise ratio (S/N)) برانبارش (Stack) می گردد. فاصله ایستگاه های لرزه نگاری (ژئوفون ها) در هر مقطع بر حسب عمق مورد نیاز به بررسی انتخاب می شود. ژئوفون از یک مغناطیس و یک پیچ تشکیل شده است که به وسیله میخی کوتاه در سطح

زمین قرار داده می‌شود. پس از شلیک و رسیدن بازتاب به سطح زمین این سطح در جهت عمودی حرکت کرده و همزمان با ثابت بودن پیچه، مگنت ژئوفون به حرکت در می‌آید. این حرکت نسبی در دو سر پیچه ولتاژ الکتریکی متناسب با سرعت حرکت ایجاد می‌کند. این ولتاژ به دست آمده پس از گذشت از یک تقویت کننده به وسیله کابل اندازه‌گیری در دستگاه ثبت به ثبت می‌رسد.

پردازش و تفسیر داده‌های لرزه‌ای

بدین ترتیب با در نظر گرفتن فاصله منبع تولید موج، طول هر مقطع لرزه‌نگاری با محدودیت مکان با توجه به فاصله ژئوفونی تعیین می‌شود. برای هر مقطع ۷ نقطه شلیک (Shot point) در نظر گرفته شده است: یکی در وسط آرایه گیرنده‌ها، دو تا در ابتدا و انتهای آرایه و دو شلیک دور در طرفین با فاصله بیشتر از هر انتهای آرایه و دو شوت نیز در اطراف شوت مرکزی قرار داده می‌شود.

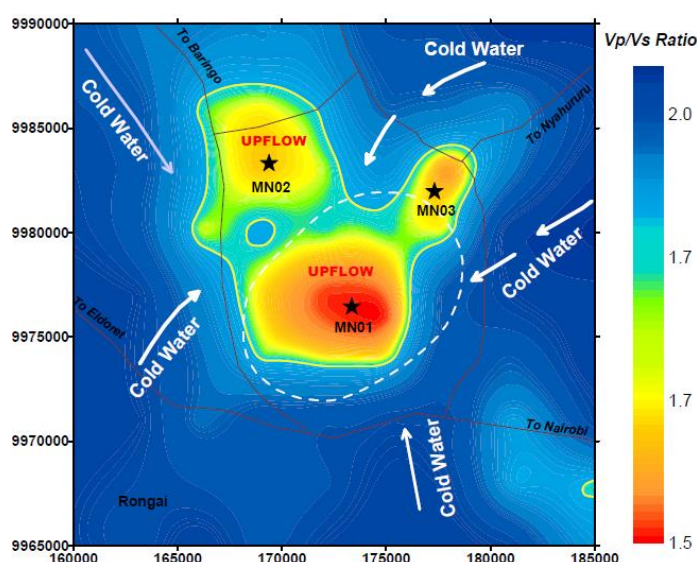
در هر مقطع لرزه‌نگاری موج P بطور جداگانه برداشت می‌شود. بدین منظور در محل هر شلیک ابتدا ۵ ضربه قائم برای ثبت موج P زده می‌شود. پس از برداشت داده‌ها، اطلاعات توسط نرم افزار seism-imager مورد تصحیح و پردازش قرار می‌گیرد. این فرآیند شامل بررسی صحت داده‌ها و اعمال پردازش‌های لازم برای بهبود کیفیت آنها می‌باشد. بدین منظور ابتدا نگاهت‌های ثبت شده در ۵ ضربه هر شلیک، برانبارش شده و تبدیل به یک لرزه‌نگاشت می‌گردند. سپس عملیات مقیاس کردن نگاهت‌ها جهت افزایش قدرت تشخیص رسیده‌های موج و تصفیه، جهت حذف نوفه‌ها انجام پذیرفته است.

در انتها بعد از برداشت تمامی اطلاعات مربوط به موج S و موج P ردلرزه‌های به دست آمده به بخش پردازش و تفسیر تحویل داده می‌شود و این بخش با استفاده از نرم‌افزارها و متخصصین خود از روی این داده‌ها می‌تواند سرعت امواج لرزه‌ای را در لایه‌های مختلف بدست آورند. در ادامه کار، با دانستن مقدار چگالی لایه‌های مختلف در هر پروفیل ضرایب الاستیسیته بدست می‌آید و در اختیار کارفرما قرار داده می‌شود.

همانطور که قبلاً بحث شد امواج S قادر به عبور از محیط‌های غیر جامد نیستند. سرعت امواج S در محیط‌هایی که بخشی از آن توسط مایع اشغال شده است (مانند مخازن نفتی، مخازن زمین گرمایی و سست کره) به شدت کاسته می‌شود. امواج P قادر

به عبور از تمام محیطها هستند ولی سرعت آنها به ترتیب در محیطهای جامد، مایع و گاز کاسته می شود. بنابراین با استفاده از عملیات لرزه نگاری و تحلیل سرعت امواج P و S (و نسبت سرعت آنها: Vp/Vs) در ردلرزه های بدست آمده می توان در محیطهای زمین گرمایی زون های کم سرعت که احتمالاً مربوط به مخازن زمین گرمایی هستند شناسایی کرد. به عنوان مثال نتایج عملیات لرزه نگاری در یکی از مناطق زمین گرمایی در کنیا در شکل (۲-۵۰) نشان داده شده است (Simiyu, 2009).

همچنین در انتهای این بخش نرم افزارها و نیروی انسانی مورد نیاز در هر مرحله از یک مطالعه لرزه نگاری با هدف اکتشافات زمین گرمایی در جداول (۲-۲۱) و (۲-۲۲) آورده شده است.



شکل (۲-۵۰) - نقشه سرعت امواج لرزه ای در یکی از مناطق زمین گرمایی در کنیا

جدول (۲-۲۱) - نرم افزارهای مورد نیاز در مطالعات لرزه نگاری

کاربرد	نرم افزارهای مورد نیاز	مراحل مطالعه لرزه نگاری
انتقال داده ها از دستگاه به کامپیوتر	نرم افزارهای همراه با دستگاه لرزه نگار	برداشت داده
پردازش و مدل سازی داده ها	۱- Vista ۲- Promax ۳- Petrel ۴- Hampson russel ۵- Open detect	پردازش و تفسیر

جدول (۲۲-۲) - نیروی انسانی مورد نیاز جهت انجام یک مطالعه لرزه‌نگاری با هدف اکتشافات زمین گرمایی.

تعداد	نیروی مورد نیاز و تخصص	مراحل مطالعه
۱	زمین شناس	شناسایی اولیه منطقه مورد مطالعه و طراحی شبکه برداشت داده
۲	کارشناس ژئوفیزیک	
۳	تکنسین برداشت داده ژئوفیزیک	عملیات داده برداری
۵	کارگر	
۳	کارشناس ژئوفیزیک با تجربه	پردازش و تفسیر
۲	زمین شناس	

• روش‌های حرارتی

گرمای خارج شده از زمین در نواحی زمین گرمایی معمولاً به صورت چشمه‌های آبگرم، فومرول و جریان‌های حرارتی از سطح زمین است. یکی از روش‌های مهم در مراحل اکتشافات زمین گرمایی، اندازه‌گیری درجه حرارت در سطح زمین است. در واقع روش‌های حرارت سنجی به طور مستقیم میزان حرارت و دما را اندازه‌گیری می‌کنند و به این لحاظ هیچ روش اکتشاف ژئوفیزیکی دیگری چنین ارتباط تنگاتنگی با سیستم‌های زمین گرمایی را ندارند (Hersir and Bjornasson, ۱۹۹۱). در این روش‌ها پارامتر حرارتی را می‌توان به صورت زیر اندازه‌گیری نمود:

- درجه حرارت (Temperature) که مستقیماً قابل تفسیر و ترسیم است.
- شیب زمین گرمایی (Geothermal Gradient) تغییرات درجه حرارت اندازه‌گیری شده در عمق را در خاک یا در چاه‌های کم عمق حفر شده، شامل می‌شود.
- جریان حرارتی (Heat Flow) که از حاصل ضرب شیب و قابلیت هدایت حرارتی قابل محاسبه است.

اندازه گیری درجه حرارت به تنهایی یا شیب زمین گرمایی، در فعالیت های اکتشافی زمین گرمایی محلی مستقیماً مورد توجه بوده و اهمیت دارد، در حالی که اندازه گیری جریان حرارتی بیشتر در بعد منطقه ای و یا جهانی مورد توجه قرار گرفته و مطرح می باشد.

روش های تبادل حرارتی

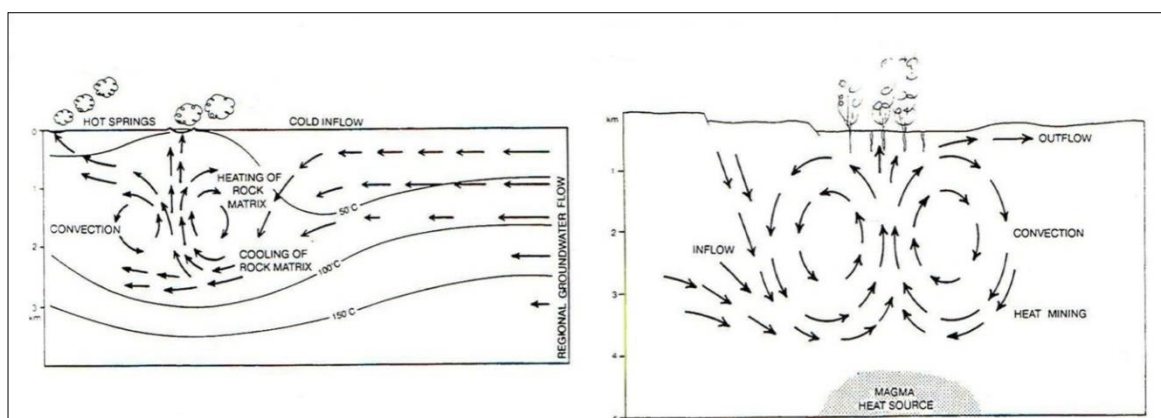
به طور کلی حرارت به سه روش زیر تبادل می یابد:

هدایت و رسانائی (Conduction): انتقال حرارت از یک ماده با ارتعاش اتم ها که اغلب در حالت دائمی است.

جریان همرفتی (Convection): انتقال حرارت با حرکت یک توده (جامد یا مایع) یا همان گردش طبیعی آب داغ است.

تشعشع (Radiation): این روش در اکتشاف زمین گرمایی نقش مهمی ندارد.

روش اول یا تبادل حرارت به صورت هدایت و رسانائی، در انتقال حرارت پوسته زمین از بخش درونی به سطح زمین، نقش مهمی را ایفاء می کند. اما مکانیسم انتقال حرارت در جریان های همرفتی حرارتی معمولاً نسبت به هدایت حرارتی مؤثرتر بوده و همان طور که در شکل (۵۱-۲) هم ملاحظه می شود جریان همرفتی حرارتی در سیستم های زمین گرمایی بسیار مهم تر بوده و توجه بیشتری به این نوع تبادل حرارتی می شود.



شکل (۵۱-۲) - مدل کلی سیستم های گرمایی با جریان همرفتی شامل یک سیستم حرارت پایین در سمت چپ و یک

سیستم حرارت بالا در سمت راست (Bjornsson و همکاران، ۱۹۹۰).

هدایت حرارتی در انواع مختلف سنگ‌ها متفاوت است جدول (۲۴-۲). به طوری که سنگ‌های رسوبی (ماسه سنگ، شیل) نسبت به سنگ‌های بلورین (گرانیت، پریدوتیت) هدایت حرارتی پایین تری دارند. این امر دلیل وجود سیستم های زمین گرمایی در حوضه‌های رسوبی عمیق (سیستم‌های زمین گرمایی بدون جریان همرفتی) همچون حوضه‌های رسوبی پاریس در فرانسه و یا بایجینگ در چین می‌باشد. در این گونه سیستم‌های زمین گرمایی، رسوبات مثل روکش‌های عایق عمل می‌کنند و حرارت درون زمین در پی سنگ زیر رسوبات انباشته می‌شود.

جدول (۲۳-۲) - هدایت حرارتی انواع مختلف سنگ‌ها در درجه حرارت متعارف (Rybach, ۱۹۸۱).

هدایت حرارتی (W/m°C)	نوع سنگ
۵/۰	دولومیت
۴/۲-۵/۸	پریدوتیت/ پیروکسنیت
۲/۵-۳/۸	گرانیت
۱/۷-۳/۳	سنگ آهک
۱/۷-۲/۵	گابرو/بازالت
۱/۲-۴/۲	ماسه سنگ
۰/۸-۲/۱	توف‌های آتشفشانی
۰/۶-۰/۸	شیل
۰/۶	رسوبات

جریان همرفتی در سیستم‌های زمین گرمایی بسیار مهم می‌باشد. زیرا به وسیله آن حرارت توسط آب داغ به صورت سیال

متحرک به سطح زمین انتقال می‌یابد. دو نوع جریان همرفتی وجود دارند:

- جریان همرفتی آزاد

جریان توسط شیب چگالی برقرار است به طوری که افزایش حرارت و به تبع آن کاهش چگالی سیال با افزایش عمق، سبب ناپایداری شده که بستگی زیادی به تراوایی پیدا می‌کند. اغلب جریان بصورت سلولی بوده که در مرکز به سمت بالا و در خارج به سمت پایین جریان دارد.

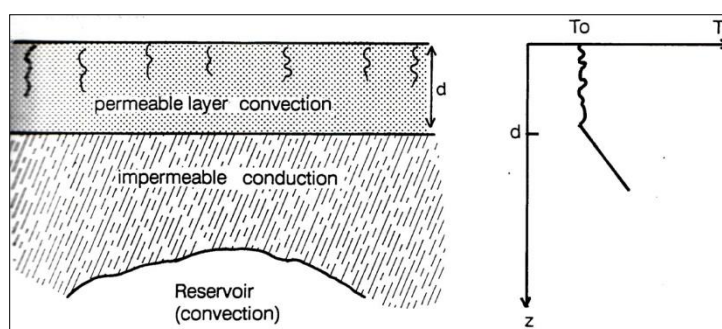
- جریان همرفتی تحت فشار

جریان توسط یک شیب فشار خارجی برقرار است مثل فشار هیدرواستاتیک، و کمابیش مستقل از حرارت می باشد. این نوع جریان اغلب در امتداد شکاف ها و سیستم های گسله دیده می شود. جریان سیال در سیستم های زمین گرمایی اغلب ترکیبی از این دو نوع جریان همرفتی است. گاهی جریان همرفتی آزاد در بخش داخلی سیستم، غالب است ولی جریان به سمت داخل سیستم از نوع همرفتی تحت فشار می باشد. باید توجه داشت که در سیستم های همرفتی، میزان جریان حرارت به سطح زمین در مقایسه با سیستم های هدایتی بسیار بیشتر است بنابراین در اکتشافات زمین گرمایی از اهمیت بیشتری برخوردار است.

انواع شیب حرارتی

در جایی که جریان همرفتی وجود نداشته (اختلاف حرارت کم بوده و تراوایی هم پایین است) و حرارت ناشی از فعالیت رادیواکتیو هم در محل وجود ندارد، جریان حرارتی در همه جا ثابت بوده و توزیع درجه حرارت به صورت نمودار خطی است، به عبارتی دیگر شیب حرارتی ثابت است. ولی به محض اینکه جریان همرفتی برقرار شود، نمودار شیب حرارتی دیگر به صورت خطی نبوده و به هم می خورد.

در حالتی که منطقه سطحی زمین تراوایی بالایی داشته و در حال سرد شدن باشد مثل جریان همرفتی (به سمت پایین) آب-های جوی در نواحی آتشفشانی با شکستگی فراوان، بایستی برای بدست آوردن اطلاعاتی راجع به شیب حرارتی منطقه، لایه سطحی را حفاری نمود تا به منطقه با هدایت حرارتی رسید شکل (۵۲-۲). در منطقه آتشفشانی-زمین ساختی با شکستگی فراوان در کشور ایسلند، منطقه با هدایت حرارتی اغلب در عمق حدود ۵۰۰ متری است.

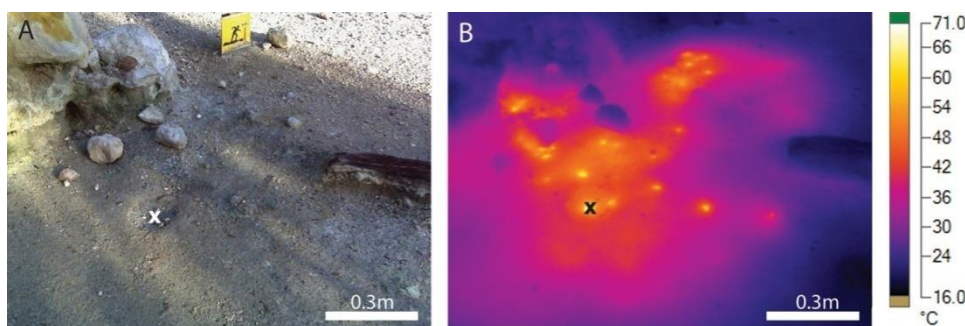


شکل (۵۲-۲) - نمودار شیب حرارتی در حضور یک لایه سطحی با تراوایی بالا

انواع روش های حرارت سنجی در اکتشافات زمین گرمایی

اندازه گیری حرارت سطحی زمین

اندازه گیری مستقیم درجه حرارت در عمق حدود نیم متری سطح زمین در یک شبکه و با فواصل بین نقاط اندازه گیری ۵ تا ۱۰ متری انجام می گیرد. این روش اندازه گیری حرارت به خصوص در مواردی که ناهنجاری ها بالا باشند، همچون در مجاورت چشمه ها و گاز فشان ها، بسیار مفید است. زیرا معمولاً تصویری ساده از فعالیت حرارت سطحی زمین ارائه می دهد. شکل (۲-۵۳) نمونه ای از این نوع حرارت سنجی سطحی را در ناحیه زمین گرمایی در نیوزلند نشان می دهد. همان طور که در این شکل دیده می شود، یک بی هنجاری حرارتی که در سطح زمین با چشم قابل رویت نیست توسط حرارت سنجی قابل شناسایی است.



شکل (۲-۵۳) - تصویر نور مرئی (A) و نقشه مادون قرمز (B) در منطقه ای زمین گرمایی در نیوزلند

اندازه گیری درجه حرارت در این روش معمولاً توسط سه نوع تجهیزات انجام گیرد:

الف- پروب های دمایی (Temperature Probe): شکل (۲-۵۴) یکی از انواع این دستگاه ها را نشان می دهد. همان طور که مشاهده می شود در این روش قسمت میله ای دستگاه به درون زمین فرو برده می شود و پس از چند دقیقه درجه حرارت به طور مستقیم در بر روی صفحه دیجیتالی نمایان می شود.



شکل (۲-۵۴) - پروب دمایی (Temperature Probe)

ب- دماسنج های مادون قرمز (Infrared Thermometer): شکل (۲-۵۵) یکی از انواع این دستگاهها را نشان می دهد. در این نوع دماسنجی، ابتدا دستگاه را مقابل شی مورد نظر قرار داده و سپس دستگاه توسط جذب اشعه های مادون قرمز، آنها را به



درجه حرارت تبدیل می کند و دمای جسم نقطه مقابل دستگاه را نشان می دهد.

شکل (۲-۵۵) - دماسنج مادون قرمز (Infrared Thermometer)

ج- دوربین های مادون قرمز (Infrared Camera): شکل (۲-۵۶) یکی از انواع این دستگاهها را نشان می دهد. با استفاده از دوربین مادون قرمز دستی می توان از نظر حرارتی با سرعت بیشتری به شناسایی نواحی مستعد و صعب العبور نواحی زمین گرمایی پرداخت.

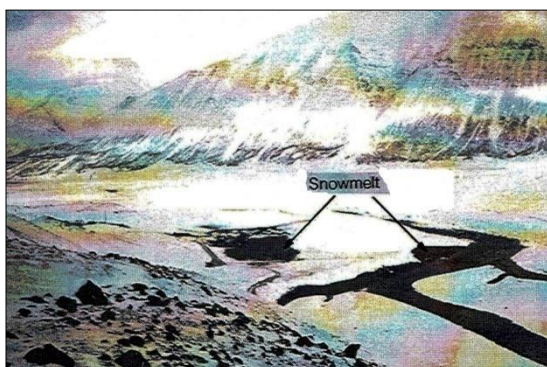


شکل (۲-۵۶) - دوربین مادون قرمز دستی (Hand-held Infrared Camera)

اندازه گیری درجه حرارت و یا تصویربرداری مادون قرمز که با هر کدام از دستگاه های مذکور صورت گیرد ما را قادر می سازد تا جریان های حرارتی در یک ناحیه زمین گرمایی را شناسایی کنیم و در نتیجه شناخت ما از ساز و کار سیستم زمین گرمایی منطقه افزایش می یابد.

عکس برداری از ذوب برف‌ها

این روش برای نمایان کردن نواحی سطحی با حرارت‌های نسبتاً بالا استفاده می‌شود. بدین ترتیب که عکس‌های هوایی ناحیه مورد نظر در فواصل زمانی چند ساعت تا چند روز، پس از بارش برف کم تا متوسط، برداشت می‌شود تا نواحی دارای ناهنجاری حرارتی، به دلیل سرعت بیشتر ذوب برف نسبت به نواحی بدون ناهنجاری حرارتی، متمایز و رؤیت گردند. باید توجه داشت که



تنها مخازن زمین گرمایی کم عمق را می‌توان به کمک این روش شناسایی نمود. این روش حرارت سنجی سطحی زمین، روشی نسبتاً ارزان و سریع برای انجام مطالعات مقدماتی حرارتی در یک ناحیه بشمار می‌رود. به عنوان مثال عکس برداری از ذوب برف‌ها در شناسایی مقدماتی اکتشاف زمین گرمایی در کشور ایسلند معمول است (شکل (۲-۵۷)). دو ناهنجاری حرارتی بارز شکل (۲-۵۷) منطبق با نواحی ذوب برف‌ها است که در تصویر با علامت پیکان مشخص شده است (برگرفته از Flovenz, ۱۹۸۴).

شکل (۲-۵۷) - ذوب برف در نواحی حرارتی Reykir در Fnjoskadalur در شمال شرق ایسلند.

برداشت‌های هوایی مادون قرمز حرارتی

با به کارگیری اسکنرهای مادون قرمز که انرژی تشعشع یافته از سطح زمین را شناسایی و اندازه گیری می‌کنند، نواحی گرم زمین و چشمه‌های آب داغ در کشور کنیا نقشه برداری شده است (Noble & Ojambo در ۱۹۷۶). با این روش نواحی گرم زمین که قبلاً ناشناخته و بکر بوده، شناسایی گردیدند. مزیتی که این روش حرارت سنجی دارد یکی اینکه پراکندگی حرارت در نواحی عظیمی از زمین را می‌توان به سرعت اندازه گیری نمود و دیگر اینکه یک تصویر آنی برای مقایسه با تصاویر بعدی در

اختیار می‌گذارد. البته محدودیت‌هایی چون حساسیت پایین، عدم نفوذ در عمق، حساسیت به اختلالات تشعشع خورشیدی و اثر پوشش گیاهی در حرارت‌سنجی مادون قرمز وجود دارد. در واقع با استفاده از داده‌های TIR هوابرد با رزلوشن بالا (با پیکسل-های کمتر از ۵ متر) می‌توان عوارض زمین‌گرمایی سطحی را با دقت بالا ارزیابی کرد. همچنین می‌توان نحوه گستردگی ناهنجاری‌های حرارتی در یک سیستم زمین‌گرمایی را شناسایی و نواحی مناسب جهت نمونه‌برداری آب و یا احتمال وجود چشمه‌های جدید را بررسی کرد. شکل (۲-۵۸)، یکی از این نوع اسکنرهای مادون قرمز هوایی را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که روش‌های حرارت‌سنجی هوابرد به دلیل هزینه بالا روشی معمول در اکتشافات زمین‌گرمایی نیست.



شکل (۲-۵۸) - دوربین مادون قرمز هوابرد (Airborne Infrared Camera)

حرارت سنجی با حفر چاه‌های کم عمق ۲۰-۲۰۰ متری

شیب حرارتی معمول زمین به ازای هر صد متر افزایش عمق، ۳ درجه سانتیگراد می‌باشد. حاصل ضرب شیب حرارتی در هدایت (قابلیت رسانایی) حرارتی لایه‌های زمین، جریان حرارتی یا میزان حرارتی است که از لایه‌های درونی زمین به لایه‌های بیرونی متصاعد می‌شود. پس در نواحی از زمین که میزان شیب حرارتی و جریان حرارتی بیشتر از حد معمول باشد، مؤید ناهنجاری حرارتی است که می‌تواند نشانگر وجود منابع گرمایی در آن ناحیه از زمین باشد. در واقع کاربرد روش حرارت سنجی با حفر چاه‌های کم عمق، تعیین بیشترین شیب حرارتی و به تبع آن بهترین و مناسبترین محل برای حفاری چاه یا چاه‌های اکتشافی عمیق و پرهزینه است.

در این روش حرارت سنجی، ابتدا تعدادی چاه گمانه‌ای (کم ژرفا) در منطقه مورد اکتشاف حفر می‌کنند و پس از گذشت زمانی (معمولاً دو یا سه روز) تا رسیدن تعادل حرارتی سیال در چاه‌ها، میزان دما را در اعماق مختلف هر چاه به کمک یک دستگاه دماسنج حساس اندازه‌گیری می‌کنند و نهایتاً میزان متوسط شیب حرارتی برای هر چاه و منحنی شیب حرارتی ناحیه برای

نتیجه‌گیری از اکتشاف، تهیه و تفسیر می‌شود. همچنین، محل مخازن اصلی با استفاده از منحنی شیب حرارتی محاسبه شده است.

عمق چاه‌های گمانه‌ای که برای اندازه‌گیری شیب حرارتی زمین حفر می‌گردند، معمولاً بین ۲۰ تا ۲۰۰ متر است تا دمای چاه تحت تأثیر تغییرات دمای روزانه یا فصلی قرار نگیرد. قطر لوله‌های جداری چاه‌های گمانه‌ای حرارت سنجی ۶ تا ۱۰ سانتیمتر و از جنس آهن یا پلاستیک است. تعداد چاه‌هایی که در یک شبکه بندی مشخص و از پیش تعیین شده حفر می‌شوند، بستگی به وسعت منطقه مورد مطالعه و هزینه در نظر گرفته شده برای اکتشاف مربوطه دارد. بدین ترتیب پس از لوله گذاری و سیمان کاری (برای جلوگیری از جریان سیال بین مخازن و بین سطح با مخازن)، چاه با گل حفاری مناسب پر شده و چند روزی به حال خود رها می‌شود تا یک تعادل حرارتی در این فاصله زمانی بین سیال داخل چاه و زمین اطراف برقرار شود، زیرا در غیر این صورت و بلافاصله پس از انجام حفاری، به دلیل گردش گل حفاری در چاه، قسمت‌های فوقانی چاه گرم‌تر و قسمت‌های تحتانی چاه سردتر از وضعیت حرارت تعادلی چاه خواهد بود. در این مرحله با ارسال یک دماسنج مقاومتی به داخل چاه، میزان دما در عمق‌های مختلف چاه (هر ۲-۵ متر) و با دقت تقریبی ۰/۰۱ درجه سانتیگراد (و حتی ۰/۱ درجه سانتیگراد در نواحی با ناهنجاری‌های مناسب زمین گرمایی) اندازه‌گیری و ثبت می‌گردد. گاهی حتی لازم است یک هفته تا چند ماه هم منتظر ماند تا در چاه‌های مورد نظر تعادل حرارتی برقرار شود و تکرار اندازه‌گیری حرارت درون چاه‌ها نتایج مشابهی را در برداشته باشد.

در انتهای این بخش تجهیزات مورد نیاز جهت انجام یک مطالعه حرارت سنجی که صرفاً در سطح زمین انجام می‌شود و از نظر کاربردی بودن به دلیل مناسب بودن هزینه عملی می‌باشد در جدول (۲-۲۴) آورده شده است. همچنین در جداول (۲-۲۵) و (۲-۲۶) نرم‌افزارها و نیروی انسانی مورد نیاز جهت انجام این مطالعات حرارت سنجی سطحی ارائه شده است.

جدول (۲-۲۴) - تجهیزات مورد نیاز در مطالعات حرارت سنجی.

ردیف	نوع دستگاه	دامنه حرارتی (c)	دقت دستگاه (c)
۱	پروب درجه حرارت	۵۰- تا ۳۰۰	۰/۳ %
۲	ترمومتر مادون قرمز	۵۰- تا ۵۶۰ (دامنه طول موج ۸-۱۴)	۰/۱ %

	میکرومتر)		
۳	دوربین مادون قرمز	۲۰- تا ۶۰۰ (دامنه طول موج ۸-۱۴ میکرومتر)	۲ %

جدول (۲-۲۵) - نرم افزارهای مورد نیاز در مطالعات حرارت سنجی.

مراحل مطالعه	نرم افزارهای مورد نیاز	کاربرد
برداشت داده	نرم افزارهای همراه با دستگاه	انتقال داده ها از دستگاه به کامپیوتر
پردازش و تفسیر	SmartView	محاسبه مقدار تابش و نمایش نقشه دو بعدی درجه حرارت

جدول (۲-۲۶) - نیروی انسانی مورد نیاز جهت انجام یک مطالعه حرارت سنجی با هدف اکتشافات زمین گرمایی.

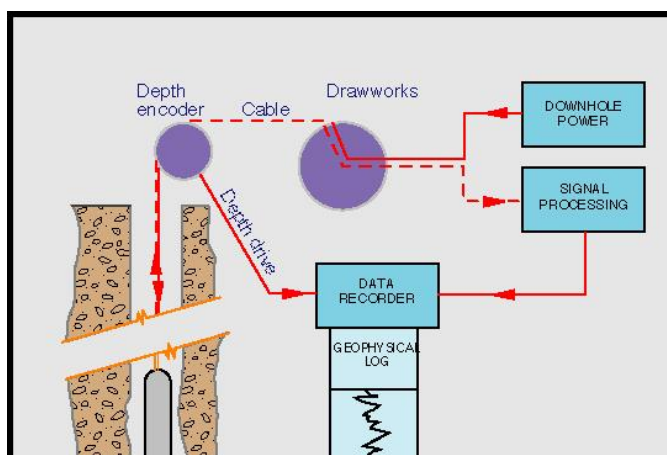
مراحل مطالعه	نیروی مورد نیاز و تخصص	تعداد
شناسایی اولیه منطقه مورد مطالعه و طراحی شبکه برداشت داده	زمین شناس	۱
	کارشناس حرارت سنجی یا ژئوفیزیک	۱
عملیات داده برداری	تکنسین برداشت داده	۲
	کارگر	۲
پردازش و تفسیر	کارشناس ژئوفیزیک با تجربه	۱

این دسته از مطالعات ژئوفیزیکی، علم اندازه گیری، ثبت و تحلیل مشخصات فیزیکی لایه های مختلف زمین درون یک چاه یا گمانه اکتشافی زمین گرمایی می باشد. بدین ترتیب که تجهیزات اندازه گیری داده ها توسط دستگاه مخصوص به درون چاه رانده شده و به صورت پیوسته و یا نقطه ای اقدام به جمع آوری اطلاعات در زمینه خصوصیات فیزیکی لایه های زیرزمینی می نماید. معمولاً برای بررسی بهتر خصوصیات فیزیکی بخش های زیرزمینی یک منطقه زمین گرمایی از بیش از یک نمودار استفاده می - شود. زیرا با بررسی اطلاعات چند نمودار، بهتر می توان خصوصیات فیزیکی لایه ها را بررسی و تحلیل نمود. خصوصیات فیزیکی که در روش مطالعات ژئوفیزیکی تحت الارضی اندازه گیری شده و مورد بررسی قرار می گیرند شامل موارد زیر می گردند:

- قطر چاه
- جنس سنگ ها
- وضعیت شکستگی سنگ ها
- نفوذپذیری
- تخلخل

به منظور انجام مطالعات ژئوفیزیکی تحت الارضی از تجهیزات و دستگاه های زیر کمک گرفته می شود، شکل (۵۹-۲).

- سیستم محرکه انتقال تجهیزات اندازه گیری به چاه
- مجموعه سیم، کابل ها و قرقره ها
- سنسورها
- تجهیزات ثبت و ذخیره داده ها
- تجهیزات تحلیل داده ها

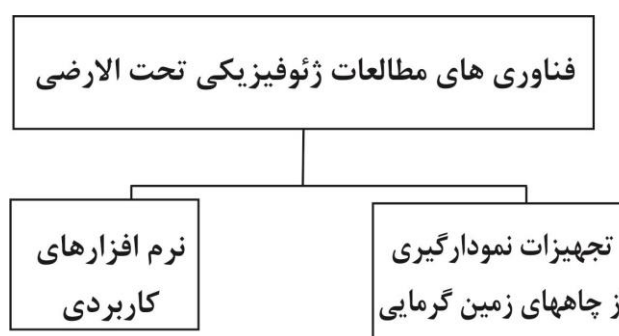


شکل (۵۹-۲) - تجهیزات و دستگاه های قابل استفاده در مطالعات ژئوفیزیکی تحت الارضی

بعضی از نمودارهایی که در مطالعات ژئوفیزیکی تحت الارضی منابع زمین گرمایی تهیه می شوند عبارت هستند از:

- نمودار کالیبر
- نمودار نوترون - نوترون
- نمودار اشعه گامای طبیعی
- نمودار مقاومت الکتریکی

معمولاً برای تفسیر بهتر داده های ژئوفیزیکی تحت الارضی از نمودارهای بدست آمده از عملیات حفاری و زمین شناسی تحت الارضی نیز استفاده می شود. درخت فناوری مطالعات ژئوفیزیکی تحت الارضی در شکل (۶۰-۲) نشان داده شده است.



شکل (۶۰-۲) - درخت فناوری مطالعات ژئوفیزیکی تحت الارضی

منابع:

- ۱- اردستانی، و.، ۱۳۸۹، گرانی سنجی کاربردی، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۲- سبیطی، آ.، کارگاه یک روزه پردازش و تفسیر داده های هوابرد، سازمان زمین شناسی کشور، ۱۳۹۲
- ۳- نمکی، ل.، گزارش مطالعات ژئوفیزیک در کانسار آهن اودرج در شمال رفسنجان، ۱۳۸۹
- ۴- نورعلیئی، ج.، محمدزاده، م.، ۱۳۹۱، کاربرد روش مغناطیس سنجی در اکتشاف منابع زمین گرمایی، پانزدهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، دانشگاه شیراز.
- ۵- Arnason. K., et al., 2010, A study of the Krafla volcano using Gravity micro earthquake and MT data, Presented at Short Course V on Exploration for Geothermal Resources.
- ۶- Bjornsson, Axel, 1990: Jarohitarannsoknir. Yfirlit um jarohitasvoeoa, jarohitaleit og vinnslu jarovarma (Geothermal Exploration). National Energy Authority of Iceland report (in Icelandic), OS-90020/JHD-04, 49pp.
- ۷- Blackly, R. J., 1995, Potential theory in gravity and magnetic applications: Cambridge Univ. Press.
- ۸- Caglar, I., Demiroer, M., 1999, Geothermal exploration using geoelectric methods in Kestanol, Turkey: Journal of Geothermic, Elsevier.

- ۹- Cagniard, L., 1953, Basic theory of the manetotelluric method in geophysical prospecting, *Geophysics*, 8, 605-635.
- ۱۰- Flovenz, Olfur G., Axel 1984a: Application of the head-on resistivity profiling method in geothermal exploration. *Geothermal Resources Council, Transaction*, vol. 8, 493-498.
- ۱۱- Hersir, G.P., and Bjornasson, A., 1991: *Geophysical Exploration for Geothermal Resources, principles and application*. National Energy Authority, Geothermal Division, Reykjavik , Iceland.
- ۱۲- Idral. A., 2011, Effects of subsurface topography and hydrogeology on Gunung Talang hot water systems, Sumatre, Indonesia Thirty-Sixth Workshop on Geothermal Reservoir Engineering.
- ۱۳- Metronix, 1993, ProcMT user guide, offline processing software for Magnetotelluric time series. Metronix GmbH, Neue Knochenhaurrstr. 5, D-3۸۱۰۰, Braunschweig, Germany.
- ۱۴- Nabighian. N., 1998, *Electromagnetic Method in Applied Geophysics*, society of exploration geophysicists, USA.
- ۱۵- Nobel, J.W., and Ojambo, S.B., 1976: Geothermal exploration in Kenya. *Proc. 2nd UN Sympos. On the Development and use of Geothermal Resources*, vol. 1, 189-204.
- ۱۶- Rosa, S., 2010, *Final Report Geothermal Exploration in Montserrat Caribbean*, Minister of Communications and Works Government of Montserrat, Caribbean.
- ۱۷- Rybach, L., 1981: Geothermal systems, conductive heat flow, geothermal anomalies. In: *Geothermal Systems: Principles and case histories*, edited by Rybach, L., and Muffler, L.J.P., John Wiley & Sons Ltd, 3-36.
- ۱۸- Saibi. H., Relationship between the locations of hot springs and the deduced subsurface structure from gravity data analysis in Ungaran volcano (Indonesia).
- ۱۹- Salem. A., 2005, *Subsurface Structural Mapping Using Gravity Data of Hohi Geothermal Area Central Kyushu Japan*, *Proceedings World Geothermal Congress*, Antalya, Turkey.
- ۲۰- Shoffner, J. D. and et. al., 2010, *Understanding Fault Characteristics and Sediment Depth for Geothermal Exploration using 3D Gravity Inversion in Walker Valley, Nevada*. GRC Transactions, Vol. 34.
- ۲۱- Simiyu, M., 2009, *Application of micro-seismic methods to geothermal exploration: examples from the Kenya rift*. Organized by UNU-GTP, KenGen and GDC, at Lake Naivasha, Kenya.

- ۲۲- Telford, W., 1982. Applied Geophysics, Cambridge University Press.
- ۲۳- Tikonov, A. N., 1950, On determining electrical characteristics of the deep layers of the earth's crust. Doklady, 73, 281-285.
- ۲۴- Vozoff, K., 1972, The magnetotelluric method in the exploration of sedimentary basins: Geophysics, 37, 98-141.
- ۲۵- Vozoff, K., 1991, The magnetotelluric method, in Nabighian, M. N., ed., Electromagnetic methods in applied geophysics: Tulsa, Oklahoma, Soc. Exp. Geophysicists, 2, 641-۷۱۱.
- ۲۶- Armannsson. H., Fridriksson, T, Application of Geochemical Methods in Exploration. Short Cou on Surface for Geothermal Resource, El Salvador, 17-30. October 2009.
- ۲۷- Arnórsson, S., 2000a: The quartz and Na/K geothermometers. I. New thermodynamic calibration. Proceedings of the World Geothermal Congress 2000, Kyushu-Tohoku, Japan, 929-934.
- ۲۸- Arnórsson, S., 2000b: The quartz and Na/K geothermometers. II. Results and application for monitoring studies. Proceedings of the World Geothermal Congress 2000, Kyushu-Tohoku, Japan, 935-940.
- ۲۹- Arnórsson, S., 2000c: Monitoring of Reservoir Response to Production, UNU-GTP Lecture Notes.
- ۳۰- Alkolani, 2008; Geochemistry of Thermal Waters From Al-LISI-ISBIL Geothermal Field, DHAMARGovernment Yemen. Report 10 in: Geothermal training in island 2008. Unu-GTP-Iceland 53-73.
- ۳۱- Giggenbach, W., F., and Matsuo, S. ,(1991) Evaluation of results from second and third IAVCEI field workshop on volcanic gases, Mt Usu, Japan, and White Island, New Zealand. Appl. Geochem. 6, 125-141.
- ۳۲- Keith Nicholson, Geothermal Fluids, Chemistry and exploration Techiques, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg NewYork.,1992.263 pp.
- ۳۳- Fournier and Truesdell (1973) [Fournier, R.O. and Truesdell, A.11.,1973. An empiricl Na-K-Ca geothermometer for natural waters.Geochemical Cosmochim. Acta, 37, 1255-1275.
- ۳۴- Armannsson. H., Fridriksson, T, Application of Geochemical Methods in Exploration. Short Course on Surface for Geothermal Resource, El Salvador, 17-30. October 2009.
- ۳۵- Fournier, R.O. (1979) A revised equation for the Na-K geothermometer, Geothermal resources Council Trans. 3, 221-224.

فهرست مطالب

۱	۱- مقدمه
۲	۲- بررسی نقشه راه سایر کشورها
۴	۲-۱- امریکا
۴	۲-۱-۱- اطلاعات کلی
۴	۲-۱-۲- بررسی نقشه راه
۱۰	۲-۲- استرالیا
۱۰	۲-۲-۱- اطلاعات کلی
۱۰	۲-۲-۲- بررسی نقشه راه
۱۵	۲-۳- ایتالیا
۱۵	۲-۳-۱- اطلاعات کلی
۱۵	۲-۳-۲- بررسی نقشه راه
۱۸	۲-۴- ژاپن
۱۸	۲-۴-۱- اطلاعات کلی
۱۸	۲-۴-۲- بررسی نقشه راه
۲۲	۲-۴-۳- تکنولوژی مربوط به انرژی زمین گرمایی در کشور ژاپن
۲۳	۲-۵- چین
۲۳	۲-۵-۱- اطلاعات کلی
۲۳	۲-۵-۲- بررسی نقشه راه
۲۹	۲-۶- مکزیک
۲۹	۲-۶-۱- اطلاعات کلی
۲۹	۲-۶-۲- بررسی نقشه راه

۳۴	۲-۷- فلیپین
۳۴	۲-۷-۱- اطلاعات کلی
۳۵	۲-۷-۲- بررسی نقشه راه
۳۸	۲-۸- عربستان
۳۸	۲-۸-۱- اطلاعات کلی
۳۸	۲-۸-۲- بررسی نقشه راه
۴۳	۲-۹- ترکیه
۴۳	۱-۲-۹- اطلاعات کلی
۴۳	۲-۹-۲- بررسی نقشه راه
۴۷	۲-۱۰- طرح جامع توسعه انرژی زمین گرمایی در کشور ایسلند
۴۷	۲-۱۰-۱- اطلاعات کلی
۴۷	۲-۱۰-۲- منابع زمین گرمایی در کشور ایسلند
۴۸	۲-۱۰-۳- بررسی طرح جامع توسعه انرژی زمین گرمایی در کشور ایسلند
۵۳	۳- بررسی نقشه راه فن آوری انرژی زمین گرمایی در کشور استرالیا
۵۳	۱-۳- هدف و ساختار
۵۴	۲-۳- پیشنهادات کلیدی فناورانه
۵۴	۱-۲-۳- اولویت اول
۵۵	۲-۲-۳- اولویت دوم
۵۵	۳-۳- تنظیم چشم انداز توسعه زمین گرمایی
۵۵	۱-۳-۳- مختصری درباره انرژی زمین گرمایی در استرالیا
۵۶	۳-۳-۳- وضعیت کنونی توسعه انرژی زمین گرمایی
۵۶	۴-۳- اکتشاف منابع زمین گرمایی

۵۷	۳-۴-۱- فناوری های نوظهور
۵۸	۳-۵- فناوری های حفاری و تحریک چاه
۵۸	۳-۵-۱- فناوری های حفاری
۵۸	۳-۵-۲- فناوری های مخزن
۵۹	۳-۶- ارزیابی، مدیریت مخزن و مدل سازی آن
۵۹	۳-۶-۱- مدل سازی مخزن
۵۹	۳-۷- فناوری تبدیل برق
۵۹	۳-۷-۱- انواع نیروگاهها
۶۱	۳-۸- کاهش اثرات زیست محیطی
۶۱	۳-۸-۱- انتشار گازها
۶۱	۳-۸-۲- رادیواکتیویته
۶۱	۳-۸-۳- آلودگی آب ها
۶۲	۳-۸-۴- تغییر وضعیت چشمه های آبگرم
۶۲	۵-۸-۳- فرونشست زمین در محدوده مخازن زمین گرمایی
۶۲	۳-۸-۶- ایجاد زمین لرزه مصنوعی
۶۲	۳-۸-۷- محدودیت منابع آب جهت توسعه منابع HR
۶۳	۹-۳- فناوری های پیشرو و موارد کاربرد جدید
۶۳	۳-۱۰- راهکارهای اجرایی، اهداف قابل انتظار و بازه زمانی
۶۳	۳-۱۱- نتیجه گیری و پیشنهادات
۶۳	۳-۱۱-۱- اولویت های پیشنهادی
۶۴	۴- نتیجه گیری
۶۶	مراجع

فهرست اشکال

- شکل (۲-۱) - نقشه پراکندگی درجه حرارت بر اساس عمق در کشور امریکا ۵
- شکل (۲-۲) - میادین زمین گرمایی در ایالت کالیفرنیا ۶
- شکل (۲-۳) - موقعیت منابع زمین گرمایی در امریکا و تفکیک آنها بر اساس دمای مخزن ۸
- شکل (۲-۴) - نقشه پراکندگی درجه حرارت در عمق ۵ کیلومتری کشور استرالیا ۱۱
- شکل (۲-۵) - مناطق تحت اکتشاف منابع زمین گرمایی در استرالیا ۱۳
- شکل (۲-۶) - تصویر اولین نیروگاه زمین گرمایی در ایتالیا ۱۶
- شکل (۲-۷) - سهم هر یک از منابع در تولید انرژی در کشور ژاپن در سال ۲۰۰۹ ۱۹
- شکل (۲-۸) - پیش بینی سبد انرژی (تولید برق) ژاپن در سال ۲۰۵۰ ۱۹
- شکل (۲-۹) - پراکندگی منابع زمین گرمایی در ژاپن ۲۰
- شکل (۲-۱۰) - موقعیت نیروگاههای زمین گرمایی در ژاپن ۲۱
- شکل (۲-۱۱) - نقشه پراکندگی چشمه های آبگرم در کشور چین ۲۵
- شکل (۲-۱۲) - نقشه پراکندگی جریان حرارتی در چین ۲۶
- شکل (۲-۱۳) - دمای میانگین زمین در اعماق مختلف کشور چین ۲۷
- شکل (۲-۱۴) - نقشه پراکندگی میادین زمین گرمایی در کشور مکزیک ۳۰
- شکل (۲-۱۵) - سهم هر یک از منابع انرژی در تولید برق در سال ۲۰۱۰ در کشور مکزیک ۳۱
- شکل (۲-۱۶) - تصاویری از نیروگاه زمین گرمایی لوس هیومروس در جنوب شرق مکزیک ۳۲
- شکل (۲-۱۷) - وضعیت مصرف انرژی در کشور فیلیپین در سالهای ۲۰۱۱ و ۲۰۱۲ ۳۵
- شکل (۲-۱۸) - نقشه پراکندگی منابع انرژی زمین گرمایی در عربستان ۳۹
- شکل (۲-۱۹) - مشخصات چشمه های آبگرم شناسایی شده در کشور عربستان سعودی ۳۹
- شکل (۲-۲۰) - نقشه پراکندگی منابع زمین گرمایی در کشور ترکیه ۴۴

- ۴۵ شکل (۲-۲۱)- میزان مصرف انرژی از منابع مختلف در کشور ترکیه در سال ۲۰۱۲
- ۴۸ شکل (۲-۲۲)- نقشه پراکندگی منابع زمین گرمایی کشور ایسلند
- ۵۱ شکل (۲-۲۳)- بررسی اجمالی مصرف انرژی در کشور ایسلند بین سال های ۱۹۴۰ تا ۲۰۰۶
- ۶۰ شکل (۳-۱)- نمایی از سیکل تولید برق تبخیر آبی
- ۶۰ شکل (۳-۲)- نمایی از سیکل نیروگاه دومداره
- ۶۱ شکل (۳-۳)- نمایی از سیکل تولید برق کالینا

فهرست جداول

- جدول (۱-۲) - فهرست کشورهای دارای نقشه راه بلند مدت توسعه انرژی زمین گرمایی ۳
- جدول (۲-۲) - بازه زمانی توسعه انرژی زمین گرمایی در استرالیا بین سالهای ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۳ ۱۴
- جدول (۳-۲) - موارد استفاده از انرژی زمین گرمایی در ایتالیا ۱۷
- جدول (۴-۲) - اهداف مورد نظر برای استفاده از زمین گرمایی تا سال ۲۰۲۰ در ایتالیا ۱۷
- جدول (۵-۲) - مشخصات چاه های حفر شده در میادین زمین گرمایی مکزیک بین سالهای ۱۹۶۳ تا ۲۰۰۸ ۳۱
- جدول (۶-۲) - جدول افزایش ظرفیت تولید برق از انرژی زمین گرمایی تا سال ۲۰۳۰ در فیلیپین ۳۶
- جدول (۷-۲) - مراحل توسعه یک پروژه ۶۰ تا ۱۰۰ مگاواتی انرژی زمین گرمایی در فیلیپین ۳۷
- جدول (۸-۲) - جایگاه تولید برق از انرژی زمین گرمایی در سال ۲۰۳۲ در کشور عربستان ۴۲

۱- مقدمه

یکی از مطالعات مهم در مرحله دوم پروژه " تدوین سند راهبرد ملی و نقشه راه توسعه فناوری های مرتبط با انرژی زمین گرمایی در ایران"، بررسی مطالعات تطبیقی سایر کشورها می باشد. بدین ترتیب که با بررسی نقشه راه توسعه انرژی زمین گرمایی در کشورهای مختلف می توان به ایده های خوبی جهت توسعه این انرژی و فناوری های مرتبط با آن در ایران دست یافت.

امروزه، کشورهای متعددی در جهان وجود دارند که از مزایای انرژی زمین گرمایی بهره مند می شوند. بدون شک، سطح فناوری در کشورهای مختلف، متفاوت می باشد. بنابراین، به منظور بررسی نقشه راه کشورهای، آنها به سه دسته توسعه یافته، در حال توسعه و کشورهای هم جوار تقسیم بندی شدند. سپس از هر دسته چند کشور به عنوان نمونه انتخاب شده و اسناد توسعه بهره برداری از انرژی زمین گرمایی در آنها مورد بررسی قرار گرفتند. بدین ترتیب که از بین کشورهای توسعه یافته، کشورهای امریکا، استرالیا، ژاپن و ایتالیا بررسی شدند. از میان کشورهای در حال توسعه، فیلیپین، مکزیک و چین مورد مطالعه قرار گرفتند و از بین کشورهای منطقه نیز نقشه راه توسعه انرژی زمین گرمایی در کشورهای ترکیه و عربستان مورد بحث و بررسی قرار گرفتند.

به پیشنهاد اعضای محترم کمیته راهبری پروژه، مقرر گردید که نقشه راه توسعه بهره برداری از انرژی زمین گرمایی در کشورهای ایسلند و استرالیا نیز مورد بررسی دقیق قرار گیرند. هر یک از کشورهای یاد شده از دیدگاه انرژی زمین گرمایی دارای ویژگی خاصی می باشند. بدین ترتیب که کشور ایسلند یکی از پیشگامان بهره برداری از منابع انرژی زمین گرمایی در جهان می باشد. طبق جستجوهای اینترنتی بعمل آمده مشخص گردید که استرالیا، تنها کشوری است که دارای نقشه راه توسعه فناوری های مرتبط با انرژی زمین گرمایی بوده و آنرا در اینترنت نیز منتشر نموده است.

۲- بررسی نقشه راه سایر کشورها

در این بخش از گزارش، نقشه راههای توسعه بهره برداری از انرژی زمین گرمایی در کشورهای یاد شده مورد بحث و بررسی قرار می گیرد. به منظور آشنایی بیشتر خواننده محترم، نخست، اطلاعات عمومی در خصوص هر یک از کشورهای مورد بررسی

ارائه گردیده و سپس، نقش انرژی زمین گرمایی در سبد انرژی آن مورد مطالعه قرار گرفته و نهایتاً نقشه راه توسعه انرژی زمین گرمایی در کشور مورد نظر به طور کامل مورد بحث قرار می گیرد.

نکته مهم آن که، اطلاعات بدست آمده در خصوص نقشه راه توسعه منابع انرژی زمین گرمایی در کشورهای فوق الذکر، بر اساس جستجوهای اینترنتی بدست آمده است. لذا، ممکن است با وجود تلاش های گروه کارشناسان پروژه، حجم داده های بدست آمده قابل توجه نباشد که بدیهی است این موضوع از حیطه اختیارات نامبردگان خارج بوده است. بالطبع، نتایج بدست آمده بر اساس اطلاعات دریافتی از اینترنت، ارائه خواهد شد.

بر اساس جستجوهای انجام گرفته، فهرست کشورهای دارای نقشه راه تهیه شده است، (جدول ۲-۱). همانگونه که ملاحظه می گردد کشور های مختلف مورد بررسی دارای نقشه راه های مختلفی به لحاظ بازه زمانی برنامه می باشند به گونه ای که ممکن است این نقشه راه ها کوتاه مدت (ارمنستان، اتیوپی و ایسلند) متوسط مدت (استرالیا، آلمان، اسپانیا و...) و بلند مدت (سوئیس) باشند. بنظر می رسد برنامه ریزی ها بر اساس نیاز کشور ها و پتانسیل زمین گرمایی موجود صورت گرفته است و بر اساس همین موضوع می توان اینگونه نتیجه گرفت که نقشه راه انرژی زمین گرمایی هر کشور مختص به آن کشور می باشد و قابل تعمیم به سایر کشور ها نمی باشد. در برخی از کشورها مانند امریکا برای هر ایالت که دارای پتانسیل زمین گرمایی باشد، یک نقشه راه مجزا در نظر گرفته شده است.

جدول (۱-۲) - فهرست کشورهای دارای نقشه راه بلند مدت توسعه انرژی زمین گرمایی

ردیف	نام کشور	موارد کاربرد انرژی زمین گرمایی		بازه زمانی برنامه (سال)	سال هدف
		تولید برق	کاربرد مستقیم		
۱	امریکا	•	•	؟	؟
۲	استرالیا	•	•	۱۰	۲۰۳۰
۳	فیلیپین	•	•	۲۰	۲۰۳۰
۴	عربستان	-	-	۲۰	۲۰۳۲
۵	آلمان	•	-	۱۰	۲۰۲۰
۶	اتیوپی	•	-	۳	۲۰۱۸
۷	فرانسه	•	•	۱۴	۲۰۲۰
۸	اندونزی	•	•		۲۰۲۵
۹	ایسلند	•	•	۴	۲۰۰۳
				۵	۲۰۰۹
۱۰	تایلند	•	•	۹	۲۰۲۱
۱۱	کنیا	•	•	؟	۲۰۲۶
۱۲	ترکیه	•	•	؟	؟
۱۳	کره جنوبی	-	-	۲۱	۲۰۳۰
۱۴	مکزیک	•	-	۶	۲۰۲۰
۱۵	نیوزلند	•	•	۱۹	۲۰۳۰
۱۶	کانادا	•	-		۲۰۲۵
۱۷	انگلیس (کل انرژیهای تجدیدپذیر)	•	-	۱۱	۲۰۲۰
۱۸	سوئیس	•	•	۴۰	۲۰۵۰
۱۹	ژاپن	•	•	۲۰	۲۰۳۰
۲۰	اسپانیا (کل انرژیهای تجدیدپذیر)	-	-	۱۰	۲۰۲۰
۲۱	ارمنستان (کل انرژیهای تجدیدپذیر)	-	-	۲	۲۰۱۵ (کوتاه-مدت) ۲۰۲۰ (بلند مدت)
۲۲	چین	•	•	۵	۲۰۲۰

۱-۲- امریکا

۱-۱-۲- اطلاعات کلی

-موقعیت مکانی

ایالات متحده امریکا در نیمکره غربی زمین و در شمال قاره آمریکا واقع است. این کشور از ۴۸ ایالت همجوار، و دو ایالت مجزا (شبه جزیره آلاسکا در شمال شرق قاره آمریکا و مجمع‌الجزایر هاوایی در اقیانوس آرام تشکیل شده‌است). همچنین در دو منطقه حوزه دریای کارائیب، و نیز بخش‌هایی از اقیانوس آرام، جزایر کوچک و پراکنده‌ای وجود دارند که قلمرو آمریکا محسوب می‌شوند. آلاسکا بزرگترین ایالت و رودآیلند کوچکترین ایالت در آمریکا می‌باشند.

-وسعت

از نظر کل وسعت آب و خاک، آمریکا بعد از روسیه و کانادا، سومین کشور پهناور جهان است. به طور تقریبی، کشور آمریکا، شش برابر بزرگ‌تر از ایران است. کشور ایالات متحده آمریکا در مجموع $9/826/630$ کیلومتر مربع وسعت دارد. که البته ۴۷۰ هزار کیلومتر آنرا جزایر پراکنده و تحت قلمرو آمریکا در اقیانوس آرام و دریای کارائیب تشکیل می‌دهند.

-جمعیت

جمعیت ایالات متحده آمریکا بر پایه برآورد سال ۲۰۱۱ اداره آمار ایالات متحده آمریکا در حدود $314/724/000$ نفر تخمین زده شده است

۲-۱-۲- بررسی نقشه راه

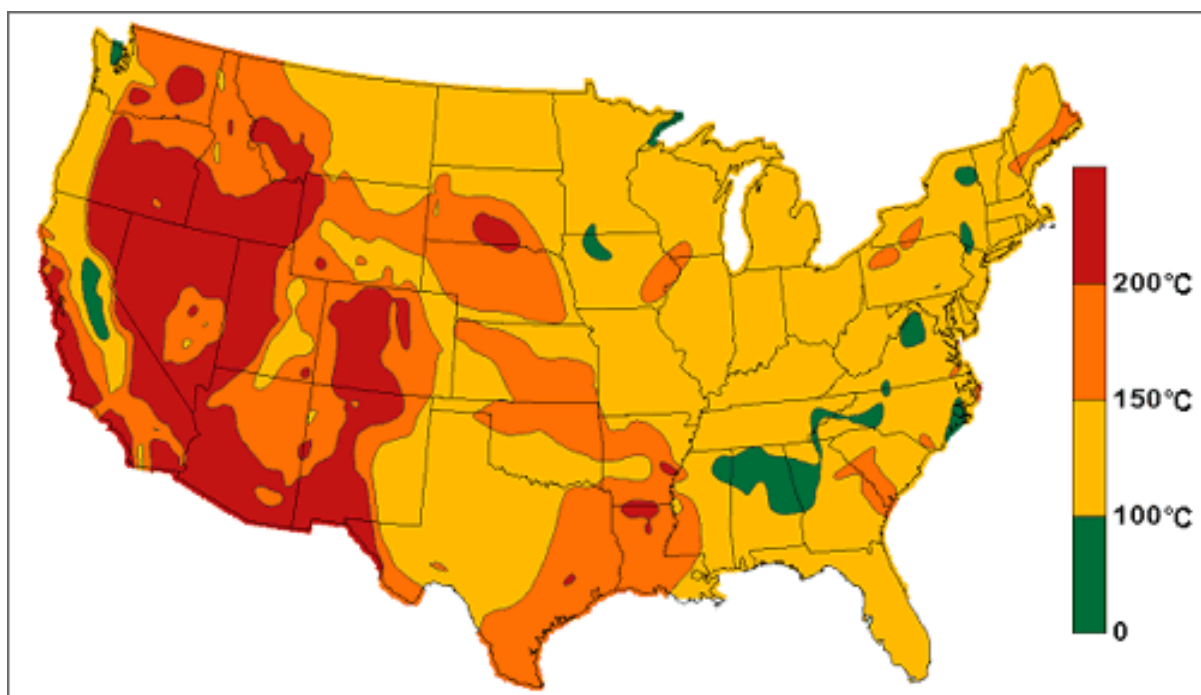
کشور امریکا در حال حاضر با تولید ۳۳۸۹ مگاوات برق از منابع زمین گرمایی، به عنوان بزرگترین تولیدکننده برق از این منابع، مطرح می‌باشد و سهم منابع زمین گرمایی حدود ۰/۳ درصد از کل ظرفیت برق تولیدی این کشور می‌باشد.

استفاده از منابع زمین گرمایی در کشور امریکا از دیرباز تا به امروز مورد توجه بوده است و با پیشرفت فن آوری های مرتبط، امکان استفاده از این منابع عظیم جهت تولید برق و کاربردهای دیگر آن میسر شده است. در ادامه تاریخچه مختصری از استفاده از این منابع در کشور امریکا مورد بررسی قرار می گیرد.

شواهد باستان شناسی نشان می دهد که اولین استفاده انسان از منابع زمین گرمایی در شمال امریکا مربوط به ۱۰ هزار سال قبل می باشد که از چشمه های آبگرم به عنوان پاک کننده استفاده شده است همچنین مواد معدنی که در اطراف این چشمه ها تشکیل شده نیز مورد استفاده قرار گرفته است.

اولین استفاده از گلخانه های تجاری که توسط انرژی زمین گرمایی اداره می شدند در آیداهو و در سال ۱۹۲۶ مورد استفاده قرار گرفته است. اولین نیروگاه مولد برق زمین گرمایی در سال ۱۹۶۰ مورد بهره برداری قرار گرفته است. همچنین از سال ۲۰۱۳ پروژه های EGS در کشور امریکا به طور عمده مورد توجه قرار گرفتند و سرمایه گذاری وسیعی در این زمینه صورت گرفته است. در حال حاضر محققان در حال توسعه فن آوری هایی هستند که تا عمق ۱۰ مایلی زیر سطح زمین توانایی پی جویی انرژی زمین گرمایی را دارند، (Lund,2005).

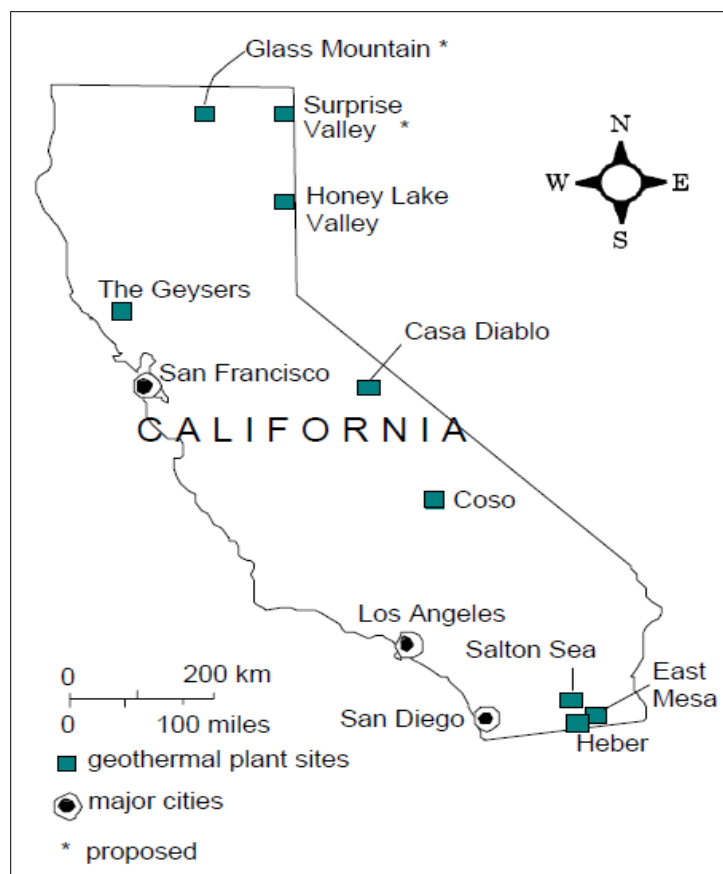
قبل از انجام مطالعات تکمیلی در سراسر کشور امریکا این منابع شناسایی شده و اولویت بندی بر اساس پارامتر های موجود انجام پذیرفته است، شکل (۱-۲).



شکل (۲-۱) - نقشه پراکندگی درجه حرارت بر اساس عمق در کشور آمریکا

ایالات متحده آمریکا در حال حاضر به عنوان کشور پیشتاز در زمینه استفاده از منابع زمین گرمایی می باشد. (Bertani, ۲۰۱۰). در حال حاضر ۵۸ پروژه به منظور توسعه استفاده از منابع زمین گرمایی در کشور آمریکا در دست اجرا می باشد که با اتمام این پروژه ها ظرفیت برق تولیدی از این منابع را تا ۲۲۵۰ مگاوات بیشتر می کند.

صنعت انرژی زمین گرمایی آمریکا دارای رشد ۵ درصدی تا پایان سال ۲۰۱۲ می باشد. گرچه این رشد نسبتا کم می باشد اما دارای پیشرفت های محسوسی است. در طول سال ۲۰۱۲ میزان ظرفیت انرژی زمین گرمایی اضافه شده ۱۴۷/۰۵ مگاوات بوده است و کل ظرفیت تولید برق از منابع زمین گرمایی را به ۳۳۹۰ مگاوات تا پایان این سال رسانده است. از بین ایالت های آمریکا ایالت کالیفرنیا بیشترین سهم را در تولید برق از انرژی زمین گرمایی دارد. در شکل (۲-۲) میادین زمین گرمایی موجود در این ایالت نشان داده شده است.



شکل (۲-۲) - میادین زمین گرمایی در ایالت کالیفرنیا

استفاده از منابع زمین گرمایی به منظور تولید برق در گذشته به دلیل نداشتن توجیه اقتصادی (قیمت نسبتاً پایین سوخت های فسیلی) و هزینه زیاد تولید برق از منابع زمین گرمایی بسیار کمتر بوده است اما در سالهای اخیر این شرایط تغییر کرده است، (Augustine, 2003). دلایل اصلی آن بالا رفتن قیمت نفت و پیشرفت فن آوری های مرتبط با انرژی زمین گرمایی در کشور امریکا می باشد. به طوری که هم اکنون امکان تولید برق از منابع با درجه حرارت کمتر نیز فراهم شده است. (به عنوان مثال در منطقه Chena) علاوه بر موارد ذکر شده، سیاست های ایالتی و در اولویت قرار دادن منابع تجدید پذیر و همچنین انگیزه های مالیاتی نیز نقش مهمی در توجه به منابع زمین گرمایی در کنار سایر انرژی های تجدید پذیر دارند.

سیاست های دولت در اجرای نقشه راه زمین گرمایی در کشور امریکا شامل موارد ذیل می باشد:

- تلاش به منظور تقویت همکاری بین سازمان های ایالتی و فدرالی در زمینه های مختلف جهت توسعه منابع زمین گرمایی
- بررسی سریع پروژه های پیشنهادی زمین گرمایی و اطمینان از مراحل اجرایی آن
- کمک به اجرا و انجام اقدامات ضروری در پیشبرد و ارزیابی عملکرد
- تسهیل فرآیند مجوز های لازم برای اکتشاف و بهره برداری از این منابع
- کاهش هزینه ها و خطرات مالی برای توسعه دهندگان انرژی زمین گرمایی

-هدف از اجرای نقشه راه زمین گرمایی در ایالات متحده امریکا

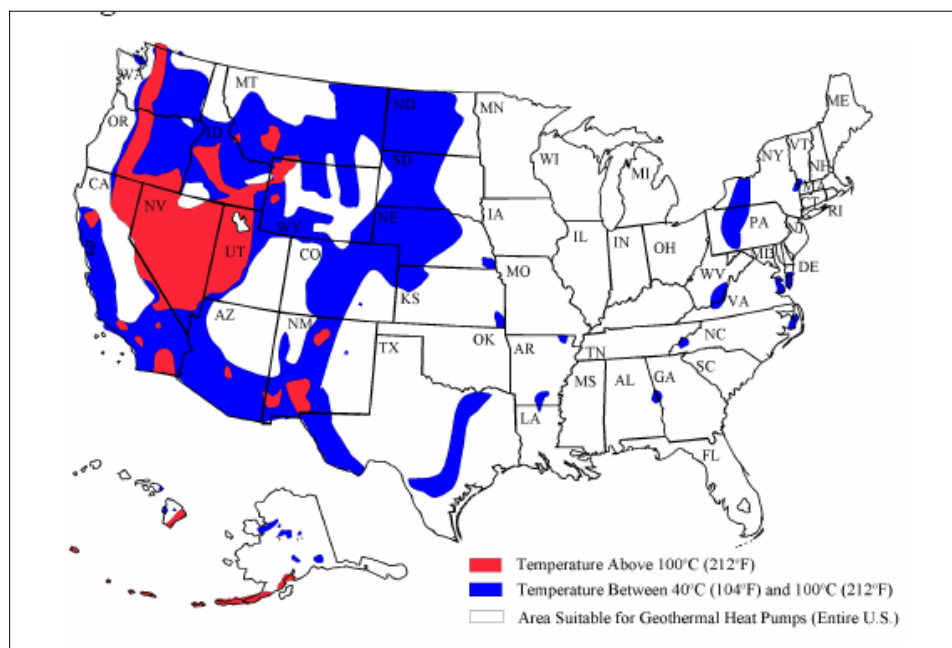
نقشه راه زمین گرمایی در کشور امریکا بر اساس اهداف از قبل تعیین شده ای تدوین شده است که با اجرای آن، اهداف مورد نظر محقق می گردد.

اولین گام و اولین هدف از ارائه نقشه راه داشتن یک فلوچارت مشخص می باشد که بر اساس آن سیاست گذاری انجام گیرد.

هدف دوم یا مرحله دوم بررسی فلوچارت توسط سهامداران، مدیران و... و بحث و ارائه راهکار های لازم توسط مسئولین و شناسایی مسائل بالقوه در این زمینه می باشد.

هدف نهایی تهیه نقشه راه زمین گرمایی در کشور آمریکا بهینه سازی و تسهیل فرآیندهای مجوز کار، کاهش خطر مالی برای سرمایه گذاران و سرعت بخشیدن به توسعه انرژی زمین گرمایی است.

در ایالات متحده آمریکا به منظور بهره وری از این منابع، یک تقسیم بندی در کشور انجام شده است که بر اساس آن نقشه راه تنظیم می گردد. این تقسیم بندی ها بر اساس پتانسیل موجود در مناطق مختلف صورت می گیرد به طوری که در سال ۲۰۱۳ یک نقشه راه برای ۸ ایالت آلاسکا، کالیفرنیا، هاوایی، آیداهو، مونتانا، نوادا، اورگان و یوتامی تنظیم کرده است که جدیدترین نقشه راه برای منابع زمین گرمایی این کشور می باشد. همانطور که ملاحظه می گردد نقشه راه مناطق مختلف ممکن است با هم متفاوت باشند و بر اساس پارامترهایی تعریف می شود که مختص به آن منطقه می باشد، (Phillips, 2013). برای این منظور ابتدا مطالعات اولیه صورت گرفته و دمای مخازن زمین گرمایی در مناطق مختلف تعیین شده است، شکل (۲-۳).



شکل (۲-۳) - موقعیت منابع زمین گرمایی در آمریکا و تفکیک آنها بر اساس دمای مخزن

نهایتاً یک سند توسعه برای انرژی زمین گرمایی تهیه می شود که مخاطبان اصلی آن سازمان ها، پیمانکاران، توسعه دهندگان، سرمایه گذاران، سیاست گذاران، مریبان و تمام علاقمندان می باشند.

-اهداف سند

در سند توسعه انرژی زمین گرمایی در امریکا، اهدافی مد نظر قرار گرفته شده است که برخی از مهمترین آنها به شرح زیر می باشد.

- ۱- افزایش شفافیت و درک لازم برای همه ذینفعان درگیر و تسهیل ارتباط بین سازمان های مختلف
- ۲- آموزش افراد جدید در زمینه های مختلف
- ۳- ارائه مدل های توسعه انرژی زمین گرمایی برای هر یک از ایالت های کشور
- ۴- به روزرسانی اسناد و نقشه راه از طریق راه های نظارتی
- ۵- همکاری با صنایع دیگر از جمله نفت و گاز و معادن و استفاده از اطلاعات آنها

-فازهای مختلف نقشه راه انرژی زمین گرمایی

- شناسایی منابع و اکتشاف
- مطالعات تکمیلی
- حفاری های اکتشافی
- توسعه و تامین منابع مالی
- ساخت نیروگاه

۲-۲- استرالیا

۲-۲-۱- اطلاعات کلی

-وسعت

استرالیا کشوری توسعه یافته در نیمکره جنوبی است. این کشور با $۷/۶۸۶/۸۵۰$ کیلومتر مربع وسعت، ششمین کشور پهناور دنیا و $۴/۶$ برابر ایران است. این کشور دارای مرز خاکی با کشور دیگری نیست و دور آن را از شرق، اقیانوس آرام، از جنوب اقیانوس منجمد جنوبی، از غرب اقیانوس هند و از شمال چندین دریا و خلیج در بر گرفته است. استرالیا همچنین سرزمین اصلی قاره اقیانوسیه به شمار می آید.

جمعیت

جمعیت این کشور در حدود $۲۳/۱۳۰/۰۰۰$ میلیون نفر می باشد. بیشتر جمعیت استرالیا در بخش های حاشیه ای و ساحلی آن قرار گرفته است و بخش های مرکزی آن خالی از سکنه می باشد.

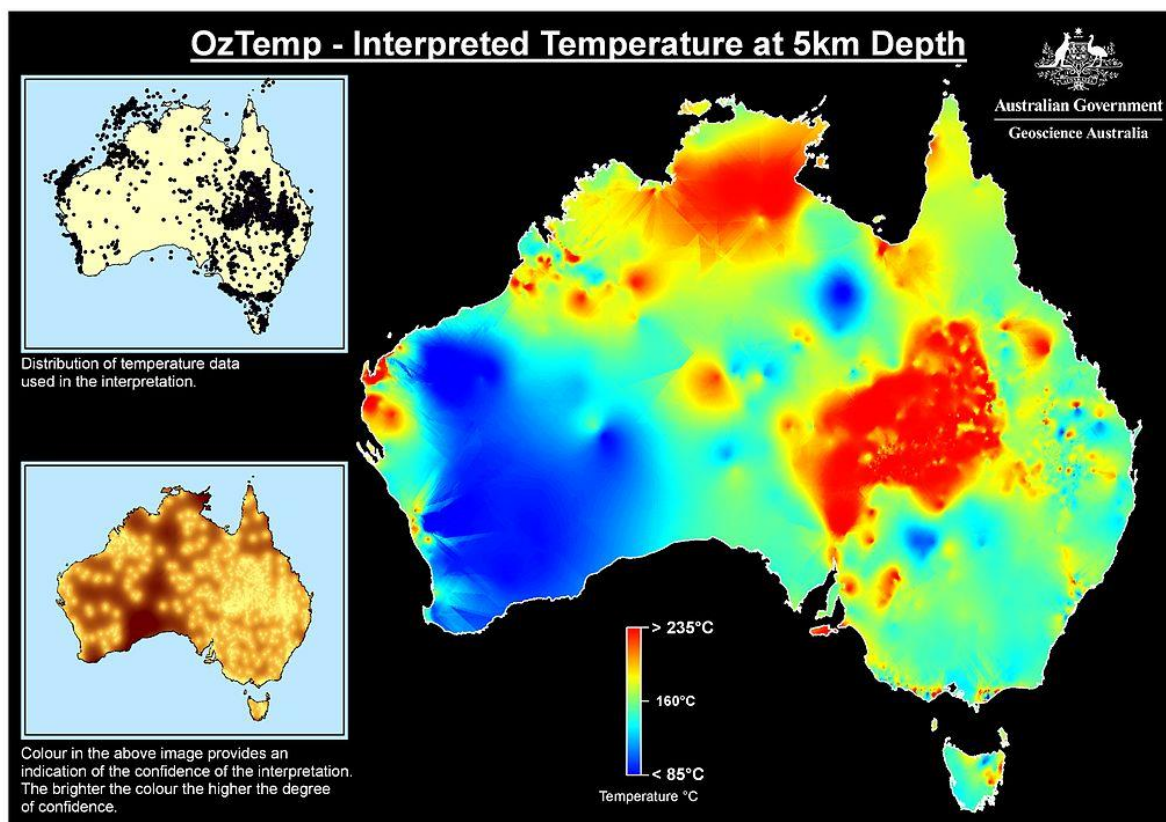
۲-۲-۲- بررسی نقشه راه

استرالیا دارای منابع انرژی زمین گرمایی فراوانی است که به طور گسترده ای در این کشور، پراکنده شده اند (شکل ۲-۴) و به کمک آنها می توان برق تولید کرد و یا از انرژی حرارتی آنها به طور مستقیم استفاده نمود، (Habermehl, 2002). در دهه های اخیر دولت استرالیا توجه خاصی به سرمایه گذاری در زمینه استفاده از منابع زمین گرمایی داشته است به طوری که از سال ۱۹۹۰ تاکنون، دولت و بخش خصوصی در استرالیا، حدود یک میلیارد دلار جهت شناسایی و بهره برداری از منابع انرژی زمین گرمایی در این کشور هزینه کرده اند.

در ۱۲ سال اخیر بین سالهای ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۴ تعداد طرح های بهره برداری از انرژی زمین گرمایی ۸۳ برابر شده است. این امر حاکی از اهمیت این منابع در استرالیا می باشد.

در حال حاضر، به دلیل هزینه بالای برق یا حرارت تولید شده از منابع انرژی زمین گرمایی، در بازار نیز تقاضای زیادی برای آن وجود ندارد اما اهمیت انرژی های تجدید پذیر و همچنین کاهش منابع سوخت فسیلی باعث شده است که این سرمایه گذاری ها در این بخش صورت پذیرد.

بر اساس جستجوهای صورت گرفته کشور استرالیا تنها کشوری است که دارای نقشه راه تکنولوژی زمین گرمایی می باشد که در ادامه و در بند ۳ گزارش شرح داده شده است.



شکل (۴-۲) - نقشه پراکندگی درجه حرارت در عمق ۵ کیلومتری کشور استرالیا

بر اساس فعالیت های صورت پذیرفته مشخص گردید که مهم ترین مانع بر سر راه توسعه انرژی زمین گرمایی در استرالیا، عدم وجود فناوری پیشرفته (بویژه حفاری) و همچنین هزینه بسیار زیاد اجرای پروژه ها می باشد، (Blankenship, 2007). دانشمندان سایر کشورها در حال تحقیق و بررسی در خصوص عملیات حفاری و تولید برق از منابع حرارت پایین هستند که بدون شک می توان از آنها جهت توسعه انرژی زمین گرمایی در استرالیا نیز کمک گرفت. در خصوص عملیات حفاری، استرالیا با کشور امریکا دارای همکاری و انتقال تکنولوژی می باشد. همچنین در زمینه تولید برق از منابع حرارت پایین با کشور آلمان همکاری می نماید.

برای نیل به هدف نقشه راه، می بایست تحقیق و توسعه و تجاری سازی در خصوص صنایع مرتبط مانند صنایع معدنی، نفت و گاز و صنایع پتروشیمی نیز صورت پذیرد.

سیاستگذاران استرالیایی به این نتیجه رسیدند که در مقوله هایی نظیر برآورد دمای مخزن و همچنین حذف رسوبات و پوسته ها از تجهیزات نیروگاهی و کاربرد مستقیم، بهتر است که از کارشناسان مجرب بین المللی استفاده کنند.

به دلیل ریسک بالای عملیات حفاری در استرالیا و همچنین دبی کم سیال خروجی از چاهها، برق تولید شده و یا حرارت بدست آمده از منابع زمین گرمایی بسیار گران است. عوامل فوق الذکر، مهم ترین موانع فنی بر سر راه توسعه انرژی زمین گرمایی در استرالیا هستند و هزینه حفر چاههای زمین گرمایی در استرالیا نسبت به عملیات مشابه در امریکا بسیار زیاد است.

برآورد ها نشان می دهد که در سال ۲۰۱۴، هزینه برق تولیدی از انرژی زمین گرمایی در استرالیا قابل رقابت با سایر منابع انرژی نمی باشد و این روند تا سال ۲۰۲۰ نیز ادامه خواهد داشت. طبق برآوردها، در سال ۲۰۳۰ و با در نظر گرفتن ملاحظات زیست محیطی، حرارت تولید شده از منابع زمین گرمایی با حرارت بدست آمده از منابع فسیلی قابل رقابت خواهد بود، (ARENA, 2012).

در سال ۲۰۳۰، موارد زیر، مهم ترین بازار هدف برای کاربرد انرژی زمین گرمایی در استرالیا خواهند بود:

۱- مناطق دورافتاده ای فاقد شبکه سراسری برق

۲- نیروگاههای بزرگ تولید برق و یا طرح های بزرگ کاربرد مستقیم

مهم ترین هدف از تهیه نقشه راه تبدیل انرژی زمین گرمایی به یکی از منابع اصلی تولید برق کشور استرالیا در سال ۲۰۳۰ می باشد و بر همین اساس مناطق مختلفی جهت اکتشاف منابع زمین گرمایی مد نظر قرار گرفته اند، شکل (۵-۲). در نقشه راه تبیین شده برای اکتشاف و توسعه منابع زمین گرمایی در کشور استرالیا اهداف زیر مد نظر است:

-شناسایی منابع زمین گرمایی موجود

-بکارگیری تکنیک های اکتشافی پیشرفته

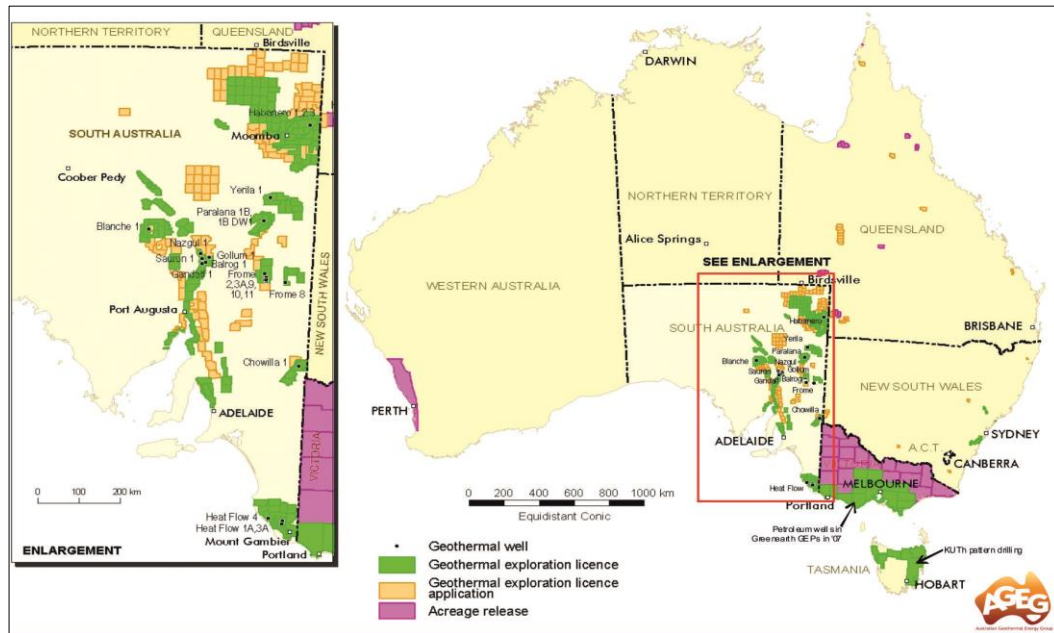
-حفاری و تکنیک های مشابه (لوله گذاری)

-مدل سازی مخزن، ارزیابی و مدیریت مخزن

-بهره گیری از سایر کاربرد های انرژی زمین گرمایی (کاربرد مستقیم)

-بهبود بهره وری حرارتی از ایستگاه های زمین گرمایی با تکنولوژی های پیشرفته، به ویژه در مورد منابع حرارت پایین

- ادغام تکنولوژی مربوط به صنایع مختلف در زمینه زمین گرمایی
- گسترش تکنولوژی های در حال ظهور و تحقیق در مورد گپ های موجود
- مقایسه جایگاه تکنولوژی زمین گرمایی در استرالیا و سراسر جهان و ارزیابی تحقیقات و قابلیت های موجود در استرالیا



شکل (۲-۵) - مناطق تحت اکتشاف منابع زمین گرمایی در استرالیا

به منظور توسعه انرژی زمین گرمایی در کشور استرالیا در بین سالهای ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۳ یک برنامه مدون اجرا شده است که مراحل مختلف آن در جدول (۲-۲) مشخص است. در بررسی های صورت گرفته در مورد نقشه راه زمین گرمایی و تکنولوژی اکتشاف و توسعه منابع زمین گرمایی کشورهای مختلف، استرالیا جزو محدود کشورهایی می باشد که دسترسی به اطلاعات و فعالیت های صورت گرفته در این زمینه تقریباً امکان پذیر بوده است.

۳-۲- ایتالیا

۳-۲-۱- اطلاعات کلی

-وسعت

کشور ایتالیا در جنوب قاره اروپا واقع شده است. مساحت کل آن ۳۰۱/۳۲۳ کیلومتر مربع (تقریباً یک پنجم ایران) است که از آن ۲۹/۰۲۹ کیلومتر مربع خشکی و ۷۲۱۰ کیلومتر مربع آب است.

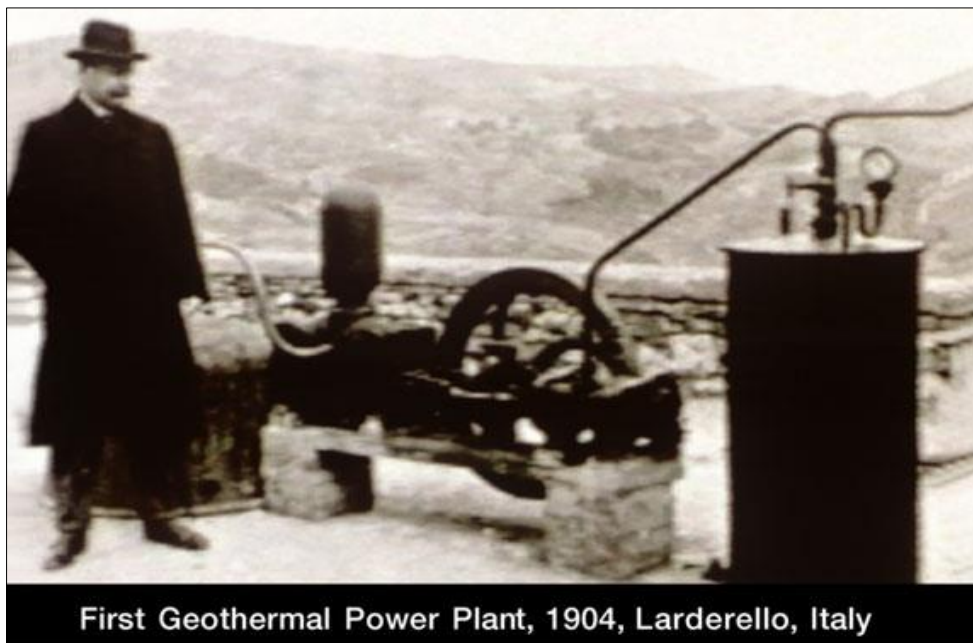
-جمعیت

جمعیت این کشور بیش از ۶۰ میلیون نفر است. ایتالیا پنجمین کشور پرجمعیت اروپا و بیست و سومین کشور پرجمعیت دنیاست.

۳-۲-۲- بررسی نقشه راه

کشور ایتالیا در حال حاضر ۹۰۱ مگاوات برق از منابع زمین گرمایی تولید می کند که حدود ۰/۷ درصد از کل ظرفیت برق تولیدی این کشور می باشد.

ایتالیا اولین کشور در دنیاست که در زمینه تولید برق از انرژی زمین گرمایی اقدام کرده است و دارای سابقه طولانی در این زمینه می باشد. این کشور دارای سابقه بیش از ۱۰۰ سال تولید برق زمین گرمایی را دارا می باشد. اولین نیروگاه زمین گرمایی جهان در کشور ایتالیا در سال ۱۹۰۴ مورد آزمایش قرار گرفته و از برق تولید شده آن جهت تأمین روشنایی استفاده شده است، شکل (۶-۲). این روند ادامه داشته و در سال ۱۹۱۱ اولین نیروگاه تجاری زمین گرمایی در کشور ایتالیا ساخته شد. سایر کشورهای دنیا با فاصله زمانی زیادی نسبت به کشور ایتالیا مطالعات خود را در زمینه احداث نیروگاه شروع کرده اند و تا پایان سال ۱۹۵۸ فقط این کشور در دنیا تولید برق صنعتی را از منابع زمین گرمایی داشته است، (Enrico, 2۰۰۰).



First Geothermal Power Plant, 1904, Larderello, Italy

شکل (۶-۲) - تصویر اولین نیروگاه زمین گرمایی در ایتالیا

کشور های عضو اتحادیه اروپا به منظور کاهش وابستگی به واردات، تنوع منابع انرژی و کاهش گازهای گلخانه ای، فعالیت های گسترده ای را در چارچوب برنامه کمیسیون اروپا (که در سال ۲۰۰۹ تصویب شده است) انجام داده اند. بر اساس این قوانین اتحادیه اروپا تا پایان سال ۲۰۲۰ حدود ۲۰ درصد از منابع انرژی خود را از انرژی های نو بدست می آورند، (Cappetti, 2010). به منظور نیل به این هدف انگیزه های زیادی را در زمینه بهره برداری از منابع تجدید پذیر ایجاد کرده است. برنامه ریزی ها در ایتالیا برای سه سال اخیر (۲۰۱۳ تا ۲۰۱۵) اضافه کردن سالیانه ۳۵ مگاوات به ظرفیت برق تولیدی از منابع زمین گرمایی می باشد، (Montemaggi, 2013). در جداول (۲-۳) و (۲-۴) موارد استفاده از انرژی زمین گرمایی و اهداف مورد نظر تا سال ۲۰۲۰ مشخص شده است.

در حال حاضر ۳۵ نیروگاه فعال زمین گرمایی در این کشور موجود می باشد که توان تولید برق آنها در مجموع بیش از ۹۰۰ مگاوات می باشد.

جدول (۲-۳) - موارد استفاده از انرژی زمین گرمایی در ایتالیا

Electricity	
Total Installed Capacity (MW _e)	874.5
Contribution to National Capacity (%)	1%
Total Generation (GWh)	5,235
Contribution to National Demand (%)	2%
Direct Use	
Total Installed Direct Use (MW _{th})	1000
Total Heat Used (PJ/yr)	12.6
Total Installed Capacity for Heat Pumps (MW _{th})	500
Total Net Heat Pump Use (PJ/yr)	1.7

جدول (۴-۲) - اهداف مورد نظر برای استفاده از زمین گرمایی تا سال ۲۰۲۰ در ایتالیا

Electricity	
Total Installed Capacity 2012 (MW _e)	874.5
Forecasting for 2015 (MW _e)	915
Target Capacity 2020 (MW _e)	1,080
Direct Use	
Total Installed Direct Use 2012 (MW _{th})	1,000
Target Capacity 2020 (MW _{th})	2,500

در زمینه خوردگی لوله ها در مناطق عمیق چاه ها و همچنین توربین ها تحقیقات زیادی در این کشور صورت گرفته است و به تکنولوژی های لازم جهت مقابله با آن دست یافته اند.

۲-۴- ژاپن

۱-۲-۴- اطلاعات کلی

-وسعت

وسعت کشور ژاپن در حدود ۳۸۷/۰۰۰ کیلومتر مربع می باشد، (چیزی کمتر از ایالت کالیفرنیا در آمریکا). ژاپن کشوری است کاملاً محصور شده در آب که از طریق مرز آبی با کشورهای چین، کره جنوبی و کره شمالی و روسیه همسایه است در حقیقت این کشور شرقی ترین کشور جهان می باشد. مجمع الجزایر ژاپن از چیزی بیش از ۶۸۰۰ جزیره تشکیل شده است. بیشتر این جزایر بسیار کوچکند و تنها ۳۴۰ جزیره بیش از یک کیلومتر مربع وسعت دارند. ۹۸٪ مساحت ژاپن از چهار جزیره به نام های هوکایدو، هونشو، شیکوکو و کیوشو تشکیل شده است.

از نظر زمین شناسی مجمع الجزایر ژاپن حاصل برخورد تدریجی صفحات تشکیل دهنده پوسته زمین، فعالیت های آتشفشانی و تغییرات حاصل از خطوط ساحلی اقیانوسی است. ۶۸٪ مساحت کشور ژاپن کوهستانی است. بلندترین قله کوهستانی ژاپن فوجی نام دارد که ارتفاع آن به ۳۷۷۶ متر می رسد. یک دهم کل آتشفشان های جهان در ژاپن قرار دارند و به همین دلیل از زلزله خیزترین مناطق جهان به شمار می آید. این کشور به دلیل موقعیت جغرافیایی خاص خود دارای ۱۰ رودخانه بزرگ و ۱۲ دریاچه است. کشور ژاپن به لحاظ منابع طبیعی، مواد معدنی و ثروت های زمینی و زیرزمینی از فقیرترین کشورهای جهان به شمار می آید.

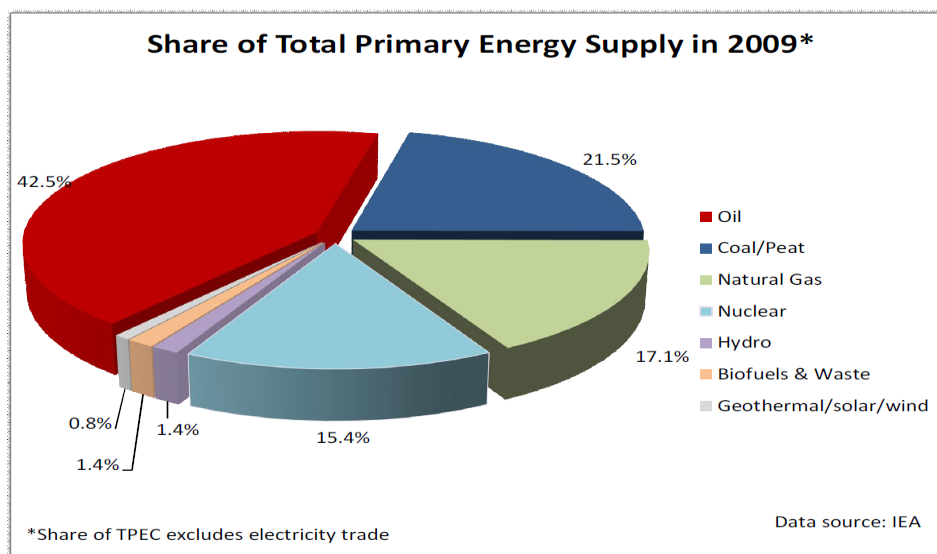
- جمعیت

جمعیت این کشور این در حدود ۱۲۸ میلیون نفر می باشد که دهمین کشور پرجمعیت جهان به شمار می رود.

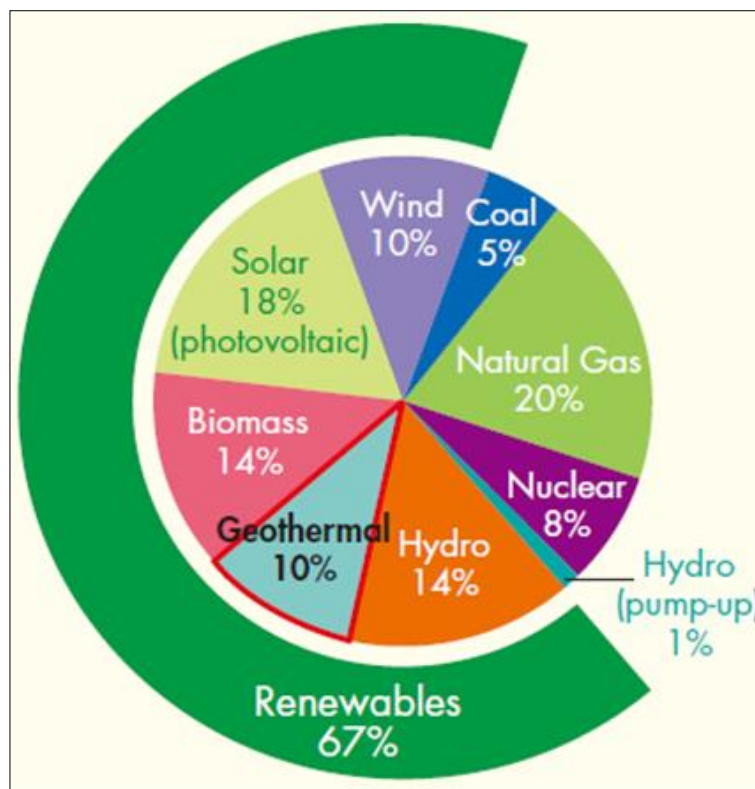
۲-۴-۲- بررسی نقشه راه

کشور ژاپن در حال حاضر ۵۳۷ مگاوات برق از منابع زمین گرمایی تولید می کند که حدود ۰/۱ درصد از کل ظرفیت برق تولیدی این کشور می باشد.

در سال ۲۰۰۹ سهم انرژی های نو (باد، خورشید و زمین گرمایی) در تولید انرژی بسیار کم و در حدود ۰/۸ درصد می باشد، شکل (۲-۷). برنامه توسعه انرژی زمین گرمایی در ژاپن به گونه ای است که تا سال ۲۰۳۰ ظرفیت تولید برق از این منابع تا ۷ برابر بیشتر و معادل ۳۸۸۰ مگاوات خواهد شد همچنین برنامه ریزی های صورت گرفته در کشور ژاپن به گونه ای است که تا سال ۲۰۵۰ میزان برق تولیدی از منابع زمین گرمایی در کشور ژاپن معادل ۱۰ درصد از کل برق تولیدی کشور باشد، شکل (۲-۸).

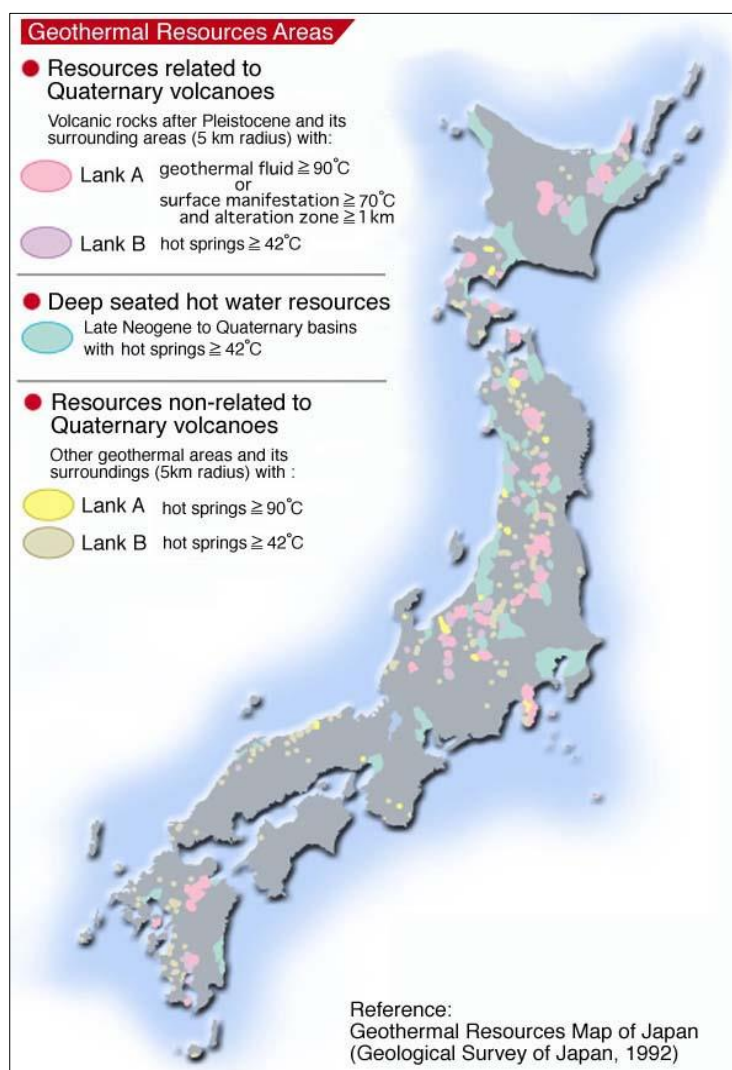


شکل (۲-۷) - سهم هر یک از منابع در تولید انرژی در کشور ژاپن در سال ۲۰۰۹



شکل (۸-۲) - پیش بینی سبد انرژی (تولید برق) ژاپن در سال ۲۰۵۰

کشور ژاپن به دلیل فعالیت های آتشفشانی شدید و وجود ۱۲۰ آتشفشان فعال دارای منابع عظیم زمین گرمایی می باشد. در نتیجه می توان اینگونه نتیجه گرفت که بیشتر منابع زمین گرمایی در ژاپن آتشفشانی و حرارت بالا می باشند، شکل (۹-۲). به طور کلی از نظر پتانسیل منابع زمین گرمایی، ژاپن سومین کشور دنیا می باشد. برآوردهای صورت گرفته نشان میدهد که کل پتانسیل برق تولیدی از منابع زمین گرمایی ژاپن، تا عمق ۳ کیلومتری حدود ۲۰/۰۰۰ مگاوات می باشد.



شکل (۲-۹) - پراکندگی منابع زمین گرمایی در ژاپن

تاریخچه استفاده از منابع زمین گرمایی به منظور تولید برق در کشور ژاپن اولین بار در سال ۱۹۲۵ بوده است و تا به امروز ادامه دارد. در حال حاضر ۲۱ واحد تولید برق در ۱۸ سایت زمین گرمایی در شمال کشور ژاپن به طور فعال قرار دارند، شکل

(۲-۱۰).



شکل (۱۰-۲) - موقعیت نیروگاههای زمین گرمایی در ژاپن

در کشور ژاپن با استفاده از سیکل های دومداره از چشمه های آبداغ نیز برای تولید برق استفاده می شود، (Welch, ۲۰۱۱). برآورد ها نشان می دهد این کشور توان تولید ۷۲۳ مگاوات را از این چشمه ها بدون هزینه حفاری را دارد. در حال حاضر برنامه ریزی های لازم برای استفاده از این چشمه ها به منظور تولید برق صورت گرفته است و با توجه به هزینه

کمتری که ناشی از حذف هزینه های حفاری می باشد، این روش بیشتر مورد توجه قرار گرفته است، (Yanagisawa, ۲۰۱۳).

برنامه ریزی ها برای استفاده از انرژی های نو در کشور ژاپن پس از زلزله فوکوشیما مورد بازنگری قرار گرفته است. با توجه به وجود منابع زمین گرمایی در کشور ژاپن، استفاده گسترده از این منابع انرژی هم مورد توجه بیشتر قرار گرفته و تصمیم گیری هایی توسط دولت به منظور استفاده از این منابع صورت گرفته است، (Yanagisawa, 2013). از جمله مهمترین این فعالیت ها به شرح زیر می باشد:

- اختصاص مجدد یارانه دولت که قبلا حذف شده بود.
- حذف محدودیت های توسعه منابع زمین گرمایی و حفاری در پارک های ملی (قبلا استفاده از منابع زمین گرمایی که در پارک های ملی قرار داشتند ممنوع بوده و با توجه به اینکه ۸۰ درصد منابع ژاپن در این مناطق قرار دارند این محدودیت ها رفع شده و وزارت محیط زیست حفاظت از چشمه ها را بر عهده گرفته است)
- ساخت آزمایشگاه های جدید زمین گرمایی در مناطق مختلف
- کاهش قیمت استفاده از این انرژی برای مردم

۳-۴-۲- تکنولوژی مربوط به زمین گرمایی در کشور ژاپن

فن آوری های لازم به منظور استفاده و گسترش منابع زمین گرمایی در کشور ژاپن به خوبی توسعه یافته است. در بسیاری از این موارد ژاپن به عنوان کشور پیشرو می باشد و یا جز کشور های پیشرفته در زمینه فن آوری زمین گرمایی می باشد.

تکنیک های مربوط به حفاری در منابع ژئوترمال در این کشور به خوبی توسعه یافته و در بالاترین سطح خود قرار دارد. همچنین در زمینه توربین های تولید برق ژاپن از جمله مهمترین کشور های تولید کننده می باشد و بیشترین صادرات این

فن آوری در دنیا در اختیار ژاپن قرار دارد به طوری که برخی منابع از در اختیار داشتن ۷۵ درصدی بازار توربین های جهانی خبر می دهند. در زمینه توربین های نسل جدید هم کشور پیشرو در جهان می باشد.

۵-۲- چین

۱-۵-۲- اطلاعات کلی

-وسعت

چین با نام رسمی جمهوری خلق چین با حدود ۹/۶ میلیون کیلومتر مربع سومین کشور وسیع دنیا و دومین کشور بزرگ دنیا از نظر وسعت خاکی (بدون احتساب آب های داخلی) است. این کشور از ۲۲ استان تشکیل شده است.

- جمعیت

جمهوری خلق چین، پرجمعیت ترین کشور دنیا با بیش از ۱/۳ میلیارد نفر سکنه است. این کشور که در شرق قاره آسیا واقع شده است.

۲-۵-۲- بررسی نقشه راه

کشور چین در هر دو سال معادل تمام برق تولیدی کشور انگلیس، به ظرفیت انرژی خود اضافه می کند اما باز هم آن قدر سریع نیست که سیرکننده عطش انرژی این کشور، با وجود کارخانجات رو به افزایش تولید فولاد، ماشین و سیمان باشد.

کشور چین توانسته است بیش از انتظارات و پیش بینی ها، تکیه خود را بر مصرف سوخت های فسیلی کاهش دهد. این کشور همچنین توانسته رشد تقاضا برای مصرف برق را به حدود نصف کاهش دهد. میانگین رشد مصرف سوخت های فسیلی در چین پس از سال ها افزایش، هم اکنون در حال کاهش است. چین هم اکنون در زمینه

استفاده از انرژی های تجدیدپذیر در راس کشورهای جهان قرار داد. این کشور گام های آرمانی را برای اضافه کردن منابع جدید انرژی های تجدید پذیر در پیش گرفته است.

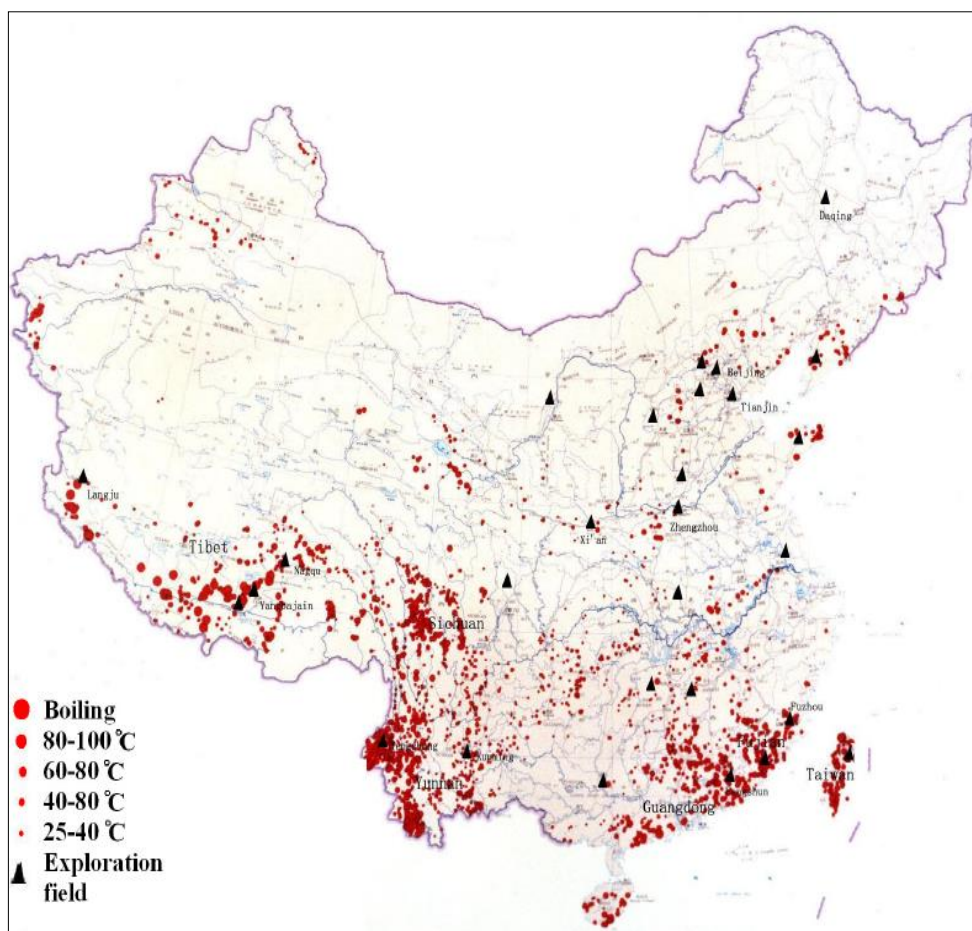
براساس آمارهای موجود، میزان تولید برق از انرژی باد در چین بین سال های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۲ میلادی، ۵۰ برابر شده است. همچنین میزان تولید برق از انرژی باد در چین در سال ۲۰۱۲ نسبت به سال ۲۰۱۱ میلادی ۳۶ درصد افزایش یافته است. در همین مدت تولید برق از انرژی خورشیدی نیز در چین ۷۵ درصد افزایش یافته است. چین در سال ۲۰۱۲ میلادی ۶۵/۱ میلیارد دلار در طرح های انرژی تجدیدپذیر سرمایه گذاری کرده است. این رقم نسبت به سال قبل از آن (۲۰۱۱) نشان دهنده رشد ۲۰ درصدی است این حجم از سرمایه گذاری، بیشترین، در سطح جهان است و حدود ۳۰ درصد از کل سرمایه گذاری های سال گذشته کشورهای گروه ۲۰ (۲۰ کشور بزرگ صنعتی جهان) را در انرژی های پاک تشکیل می دهد.

در مقوله زمین گرمایی به علت کم بودن منابع حرارت بالا در این کشور تولید برق بسیار اندک می باشد و در مراحل اولیه خود قرار دارد اما به نظر می رسد در آینده با روش های مختلف تولید برق از منابع زمین گرمایی، کشور چین در رده کشور های فعال در این زمینه قرار گیرد. میزان تولید برق از انرژی زمین گرمایی در این کشور در حال حاضر فقط ۲۷ مگاوات می باشد که بسیار ناچیز است. در زمینه کاربرد مستقیم از منابع زمین گرمایی فعالیت های گسترده ای انجام پذیرفته است.

-منابع زمین گرمایی در کشور چین

منابع مختلف زمین گرمایی در این کشور شناسایی شده است. پراکندگی این منابع در کشور چین به طور عمده در بخش های شرقی و جنوب غربی این کشور می باشد. منابع زمین گرمایی در این کشور بیشتر حرارت پایین و متوسط می باشند. منابع حرارت بالا در نزدیکی تبت تا شرق ایالت یون آن قرار دارند و برنامه ریزی ها در این منطقه به منظور تولید برق می باشد. تعداد چشمه های آبگرم موجود در این کشور حدود ۳۰۰۰ چشمه می باشد همچنین تعداد چاههایی که دارای آبگرم می باشند حدود ۳۵۰۰ حلقه می باشد. نقشه پراکندگی چشمه های آبگرم در کشور چین بر اساس درجه حرارت در شکل (۱۱-۲) مشخص می باشد. همانگونه که در شکل مشخص می باشد منابع زمین گرمایی چین بیشتر از نوع حرارت پایین هستند و بیشتر چشمه های آبگرم این کشور دارای دمای پایینی می باشند.

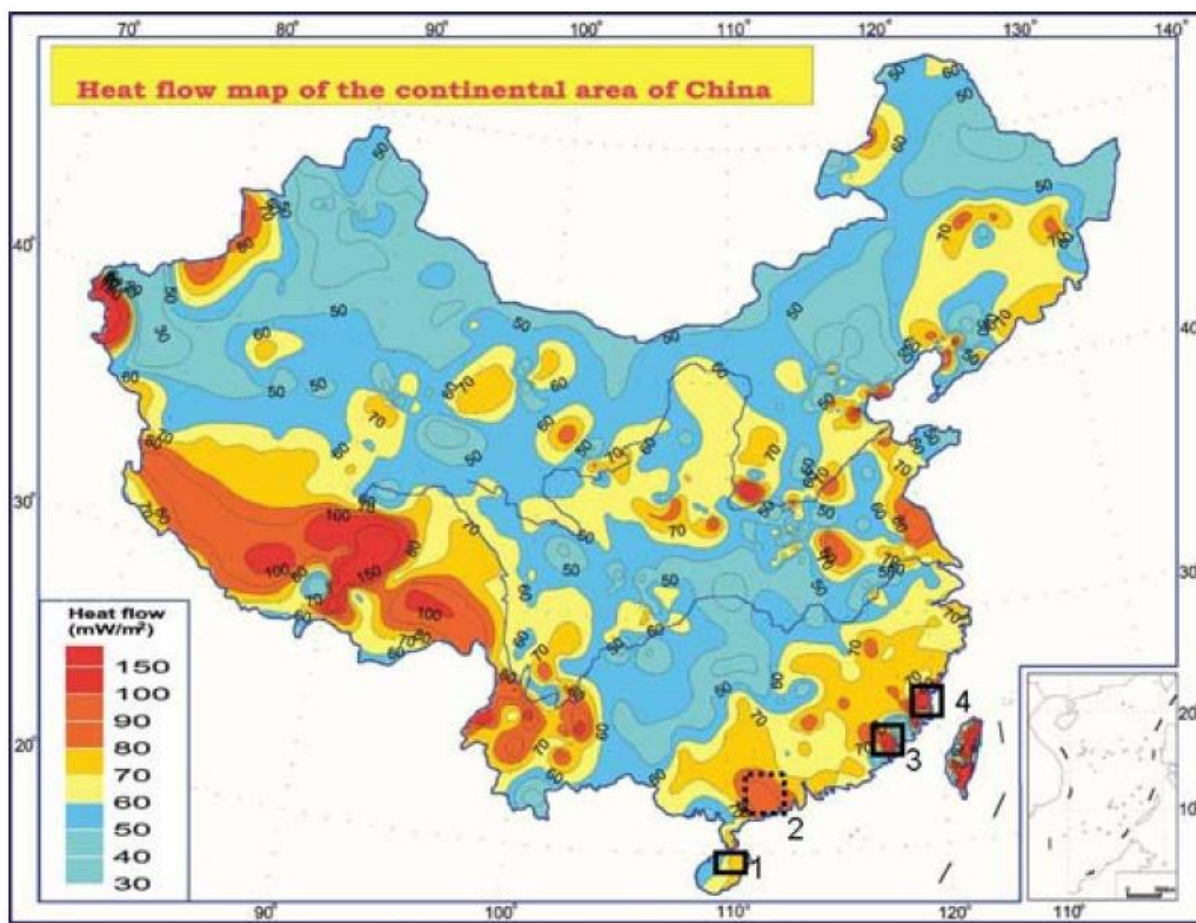
نقشه چشمه های آبگرم کشور چین نشان می دهد که منابع زمین گرمایی فقط در بخش هایی از این کشور که به آنها اشاره گردید قرار دارند.



شکل (۱۱-۲) - نقشه پراکندگی چشمه های آبگرم در کشور چین (Huang , et al.,1983)

طرح های مختلفی به منظور کاربرد مستقیم از منابع حرارت پایین در سراسر کشور در دست اجرا می باشد که بیشتر مربوط به سیستم های گرمایش فضا می باشند. کاربرد مستقیم از این منابع در چین دارای رشد ۱۳ درصدی می باشد که از این لحاظ بیشترین رشد را در بین کشورهای دارای منابع زمین گرمایی را دارد

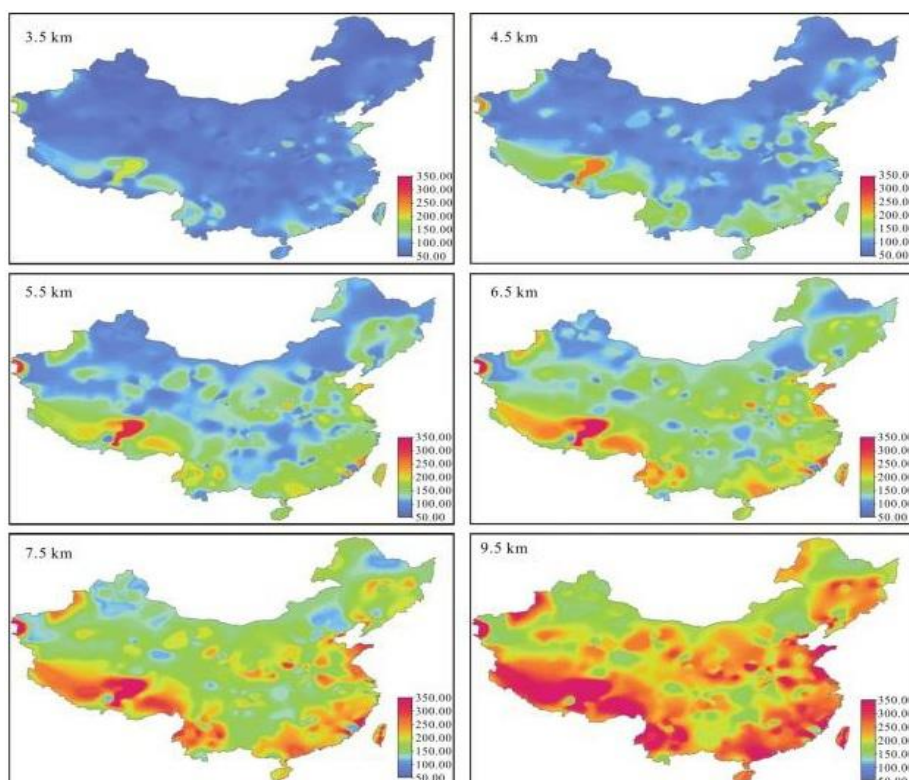
همانطور که اشاره گردید منابع زمین گرمایی چین بیشتر حرارت پایین می باشند و در حال حاضر برق تولیدی از منابع زمین گرمایی در فقط در تبت می باشد که آنهم بسیار اندک است در نتیجه این کشور استفاده از سایر روش ها را هم مد نظر قرار دارد است به ویژه یک برنامه دراز مدت برای EGS در نظر گرفته است و نقشه جریان حرارتی (Heat flow) برای سراسر این کشور تهیه گردیده است، شکل (۱۲-۲).



شکل (۱۲-۲)-نقشه پراکندگی جریان حرارتی در چین

(مناطق مناسب برای تولید برق از منابع زمین گرمایی پیشرفته، EGS)

در شکل (۱۳-۲) نیز نقشه دمای میانگین در عمق های مختلف نشان داده شده است. همانطور که در شکل مشخص است در عمق های مختلف این دما ارائه گردیده است و تا عمق ۹/۵ کیومتری نشان داده شده است، (Lin et al, 2012). این بررسی ها به منظور استفاده از انرژی زمین به روش های مختلف برای تولید برق می باشد. در برنامه ای که به این منظور در کشور چین مدون شده است در سال ۲۰۵۰ روش EGS بخش عمده ای از برق زمین گرمایی را تامین می کند، (Built and Circulated, 2010).



شکل (۱۳-۲) - دمای میانگین زمین در اعماق مختلف کشور چین

برنامه ریزی ها در زمینه استفاده از منابع زمین گرمایی در چین متوسط مدت و دراز مدت می باشد که توسط کمیته توسعه ملی آن کشور صورت گرفته است. برنامه های متوسط مدت که در قالب برنامه های ۵ ساله توسعه می باشد و انرژی زمین گرمایی

به خوبی مورد توجه قرار گرفته است. این برنامه ریزی ها به گونه ای بوده که میزان استفاده از انرژی زمین گرمایی تا سال ۲۰۱۰ معادل ۴ میلیون تن و تا سال ۲۰۲۰ معادل ۱۲ میلیون تن زغال سنگ می باشد. اولین هدف بدست آمده است و در سال ۲۰۰۹ معادل ۴/۶۱ میلیون تن زغال سنگ از انرژی زمین گرمایی استفاده شده است.

دولت چین دارای یک استراتژی کلی در زمینه کاهش انتشار کربن و همچنین کاهش وابستگی به انرژی خارجی می باشد. هدف این استراتژی توسعه انرژی های تجدید پذیر می باشد که به شاخه زمین گرمایی نیز اهمیت خاصی داده شده است به طوری که در سال ۲۰۳۰ انرژی زمین گرمایی تامین کننده حداقل ۵ درصد کل منبع انرژی باشد. در این استراتژی برای منابع زمین گرمایی هم تولید برق و هم کاربرد مستقیم مد نظر قرار گرفته شده است.

برنامه دراز مدت توسط آکادمی علوم چین تکمیل شده است و سال هدف آن ۲۰۵۰ می باشد. و اهداف زیر را دنبال می کند:

- هدف از نقشه راه در این کشور دستیابی به یک مدل عملیاتی توسعه منابع زمین گرمایی برای هر منطقه می باشند.
- تا پایان سال ۲۰۱۵، بانک اطلاعاتی داده های زمین گرمایی راه اندازی خواهد شد
- توسعه انرژی زمین گرمایی در برنامه ۵ ساله سیزدهم در کشور چین (که از سال ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۰ می باشد) مد نظر قرار گرفته شده است. به گونه ای که با اجرای این سند، استفاده از انرژی زمین گرمایی معادل انرژی حاصل از سوختن ۵۰ میلیون تن زغال سنگ می باشد.
- تا پایان سال ۲۰۱۵، با اجرای برنامه های قبلی مساحت سیستمهای گرمایشی زمین گرمایی به ۵۰۰ میلیون مترمربع و ظرفیت تولید برق به ۱۰۰ مگاوات خواهد رسید.
- در سال ۲۰۲۰ تکنولوژی یکپارچه فنی و صنعتی برای توسعه منابع زمین گرمایی فراهم شده و به مرحله بلوغ خود خواهد رسید.
- با اجرای این تعداد زیادی از شرکت های چینی با کمک دولت وارد بازارهای جهانی تجهیزات زمین گرمایی می شوند.
- استفاده گسترده از EGS و بیشترین تولید برق از این روش در سال ۲۰۵۰.

۲-۶- مکزیک

۲-۶-۱- اطلاعات کلی

- وسعت

مکزیک از کشورهای آمریکای شمالی است و با حدود ۲ میلیون کیلومتر مربع وسعت، چهاردهمین کشور وسیع دنیاست. پایتخت آن مکزیکوسیتی، پرجمعیت‌ترین شهر دنیا است. کشوری کوهستانی و مرتفع است. و تنها قسمتی از آن که مسطح می‌باشد.

- جمعیت

این کشور با بیش از ۱۱۲ میلیون نفر جمعیت، یازدهمین کشور پر جمعیت دنیاست. مکزیک دارای منابع عظیم نفت و گاز می‌باشد. در دهه های اخیر به خاطر برداشت منابع نفتی، این کشور دارای درآمدهای بالایی بوده به طوری که هم اکنون یازدهمین اقتصاد بزرگ دنیا می‌باشد.

۲-۶-۲- بررسی نقشه راه

-منابع زمین گرمایی در کشور مکزیک

کشور مکزیک چهارمین کشور تولید کننده برق از منابع زمین گرمایی است و در ۴۰ سال اخیر بدون وقفه از منابع زمین گرمایی در این کشور برق تولید می‌شود. ۶ میدان زمین گرمایی بزرگ در مکزیک شناسایی شده است که در حال حاضر از ۵ میدان آن برق تولید می‌شود، شکل (۱۴-۲). بیشتر میادین زمین گرمایی در این کشور در ارتباط با فعالیت های آتشفشانی می‌باشند و حرارت بالا می‌باشند، (Gutiérrez, 2012). میزان تولید برق از منابع زمین گرمایی در کشور مکزیک ۹۸۰ مگاوات می‌باشد که این مقدار معادل ۳ درصد از کل ظرفیت تولید برق در این کشور می‌باشد.



شکل (۱۴-۲) - نقشه پراکندگی میادین زمین گرمایی در کشور مکزیک

در میدان های زمین گرمایی کشور مکزیک چاه های اکتشافی، تولیدی و تزریقی فراوانی حفر شده است در جدول (۲-۵) تعداد این چاه ها و مجموع عمق آنها در میادین مختلف تا انتهای سال ۲۰۰۸ مشخص شده است. در طی ۳۵ سال اخیر بیش از ۳۵۰ چاه زمین گرمایی در میادین مکزیک حفر شده است (اکتشافی، تولیدی و تزریقی) که از ۲۲۶ چاه بخار خارج می شود. عمق چاه های حفر شده زمین گرمایی در این کشور بین ۶۰۰ تا ۴۴۰۰ متر می باشد، (Otero, 2009).

جدول (۲-۵) - مشخصات چاه های حفر شده در میادین زمین گرمایی مکزیک بین سالهای ۱۹۶۳ تا ۲۰۰۸

Geothermal field	Wells (no.)	Depth (km)	
		Total	Average
Cerro Prieto	369	868.4	2.353
Los Azufres	85	133.9	1.575
Los Humeros	43	94.0	2.185
Las Tres Vírgenes	10	19.9	1.993
Cerritos Colorados	13	23.1	1.778
Other zones	36	48.6	1.351
Total	556	1,187.9	2.137

همه میادین زمین گرمایی و نیروگاه های برق در کشور مکزیک در اختیار دولت می باشند. در سال های اخیر خصوصی سازی در بخش انرژی صورت گرفته و یک پروژه ۳۰۰ مگاواتی زمین گرمایی در یک دوره ۶ ساله به بخش خصوصی واگذار شده است. حمایت های مالی که از این پروژه صورت گرفته است شامل:

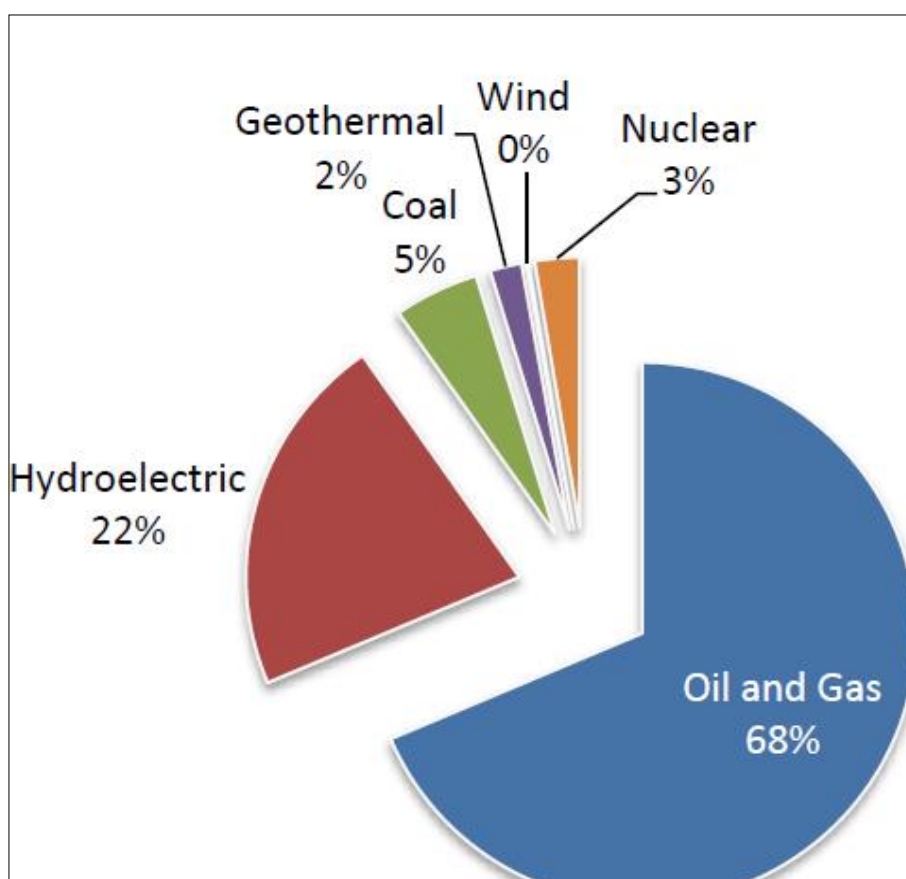
- ۸/۸۵ میلیون دلار وام توسط بانک IDB (حامی پروژه های زمین گرمایی)

- ۳/۳۴ میلیون دلار وام بلاعوض توسط دولت

- ۳/۵۴ میلیون دلار از صندوق فن آوری های نو

- ۵/۱۱ میلیون دلار از دبیر خانه انرژی مکزیک

میزان تولید برق از منابع زمین گرمایی در کشور مکزیک در سال ۲۰۱۰ در حدود ۲ درصد بوده است، شکل (۱۵-۲). اما در حال حاضر این میزان به ۳ درصد رشد یافته است که حاکی از نگاه ویژه و ظرفیت مناسب منابع زمین گرمایی در این کشور می باشد. کاربرد مستقیم از منابع زمین گرمایی در حال حاضر محدود به مجتمع های آب درمانی می باشد اما برنامه توسعه کاربرد مستقیم از این منابع در حال اجرا می باشد، (Gutiérrez, 2010).



شکل (۱۵-۲) - سهم هر یک از منابع انرژی در تولید برق در سال ۲۰۱۰ در کشور مکزیک



شکل (۱۶-۲) - تصاویری از نیروگاه زمین گرمایی لوس هیومروس (Los Humeros) در جنوب شرق مکزیک

-برنامه توسعه صنعت زمین گرمایی در کشور مکزیک

به منظور توسعه انرژی زمین گرمایی در کشور مکزیک فعالیت های زیر توسط دولت صورت می پذیرد

- پشتیبانی فنی و مالی
- ارائه پروژه ها توسط سازمان های دولتی و توسعه دهندگان به طور فعال
- آموزش پرسنل مجرب و در اولویت قرار گرفتن تربیت نیروهای جوان
- تهیه یک چهارچوب مشخص برای نصب ظرفیت های جدید (با در نظر گرفتن ملاحظات زیست محیطی و...)
- توسعه کاربرد مستقیم استفاده از منابع زمین گرمایی در کشور

۲-۷-۲- فلیپین

۲-۷-۱- اطلاعات کلی

-وسعت

فیلیپین کشوری آسیایی است که در غرب اقیانوس آرام و بین دریای جنوبی چین و دریای فیلیپین و در شرق کشور ویتنام، قرار گرفته است. این کشور از تعداد بسیار زیادی جزایر کوچک و بزرگ تشکیل شده است که تعداد آنها به ۷۱۰۷ جزیره می رسد. کشور فیلیپین ۳۰۰ هزار کیلومتر مربع وسعت دارند. جزایری تشکیل دهنده این کشور عموماً در سه گروه بزرگ طبقه بندی می شوند. این سه مجمع الجزیره عبارتند از:

- مجمع الجزایر لوزون
- مجمع الجزایر میندانائو
- مجمع الجزایر ویسایا

دو جزیره لوزون و میندانائو مجموعاً ۶۶٪ کل مساحت فیلیپین را شامل می‌شوند.

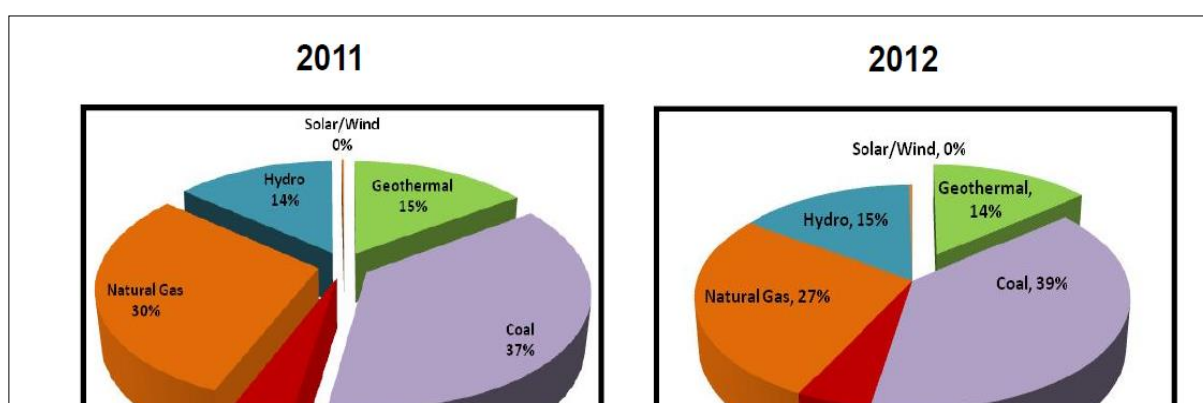
جمعیت

جمعیت کشور فیلیپین نزدیک ۸۰ میلیون نفر می‌باشد. از ۷۱۰۷ جزیره فیلیپین فقط ۱۰۰ جزیره مسکونی است و در این بین فقط یازده جزیره به صورت عمده جمعیت ساکن دارد و فقط ۲۷۷۰ جزیره دارای نامی خاص هستند. تقریباً نیمی از نیروی کار موجود در فیلیپین در بخش کشاورزی مشغول هستند که محصول عمده این بخش برنج می‌باشد. الوار و چوب نیز از دیگر محصولات این بخش هستند که باعث بوجود آمدن مشکلاتی در بخش جنگلداری شده‌است. از صنایع بزرگ دیگر می‌توان به صنعت نساجی، مواد غذایی، دارو سازی، تاسیسات برق و صنایع دستی اشاره کرد. بخش گردشگری هم نقش مهمی در رونق اقتصاد فیلیپین دارد.

۲-۷-۲- بررسی نقشه راه

کشور فیلیپین پس از امریکا دومین تولید کننده برق از منابع زمین گرمایی می‌باشد و برنامه ریزی های صورت گرفته این کشور را تا سال ۲۰۳۰ به عنوان اولین کشور تولیدکننده برق از این منابع می‌رساند. در حال حاضر ۱۸۹۴ مگاوات برق از منابع زمین گرمایی در کشور فیلیپین تولید می‌شود که این میزان تولید ۲۷ درصد از کل ظرفیت تولیدی این کشور می‌باشد. دولت فیلیپین به منظور اطمینان از امنیت انرژی، استفاده از منابع زمین گرمایی را به عنوان یکی از اهداف اصلی در این زمینه دنبال می‌کند. و در این زمینه اقدامات موثری را در زمینه بهینه سازی استفاده از انرژی زمین گرمایی مد نظر دارد که از طرق تبلیغات، سرمایه گذاری، شناسایی و اجرای اصلاحات این اهداف را دنبال می‌کند.

در شکل (۱۷-۲) سهم انرژی زمین گرمایی در سبد انرژی کشور فیلیپین در دو سال متوالی مشخص می‌باشد.



شکل (۱۷-۲) - وضعیت مصرف انرژی در کشور فیلیپین در سالهای ۲۰۱۱ و ۲۰۱۲

علاوه بر تولید برق از انرژی زمین گرمایی، توسعه برنامه های کاربردی زمین گرمایی (کاربرد مستقیم) نیز مد نظر دولت می باشد. بر همین اساس در تلاش برای مقبولیت اجتماعی و زیست محیطی و بالابردن سطح آگاهی استفاده از منابع زمین گرمایی می باشد، (Dolor, 2005).

بر اساس قانون انرژی های تجدید پذیر کشور فیلیپین که در سال ۲۰۰۸ به تصویب رسیده است (معروف به قانون RE) اکتشاف و توسعه منابع زمین گرمایی مورد توجه بیشتری قرار گرفته است. پروژه های اکتشافی گسترش یافته و انگیزه های مالی در این زمینه تقویت شده اند، به طوری که سرمایه گذاری در صنعت زمین گرمایی از اولویت های اصلی سرمایه گذاری در کشور فیلیپین می باشد.

بر همین اساس ظرفیت تولید برق توسط انرژی زمین گرمایی از سال ۲۰۱۰ تا سال ۲۰۳۰ شامل افزایش ۷۵ درصدی می باشد. تولید برق در کشور فیلیپین از منابع حرارت بالا صورت می پذیرد اما وزارت انرژی فیلیپین متولی استفاده از منابع حرارت پایین تر انرژی زمین گرمایی به منظور کاربرد مستقیم نیز شده است. این فرآیند منجر به ایجاد کارآفرینی، ایجاد مناطق سبز و... نیز می گردد، (Aligan, 2010).

بر اساس برآوردهای انجام شده کشور فیلیپین در سال ۲۰۵۰ جزء ۱۶ اقتصاد برتر جهان می باشد (بخش تحقیقات جهانی HSBC) در نتیجه توسعه منابع تجدید پذیر برای تولید برق در این کشور از اولویت های اصلی می باشد.

اصلاحات ساختاری در بخش زمین گرمایی در کشور فیلیپین از سال ۲۰۰۱ آغاز شده است به ویژه در بخش های خصوصی سازی و احداث نیزوگاه تلاش های بسیاری صورت پذیرفته است.

همانگونه که اشاره شد برنامه ریزی های انجام شده در مورد نقشه راه زمین گرمایی کشور فیلیپین به گونه ای صورت گرفته است که تا سال ۲۰۳۰ فیلیپین را به عنوان بزرگترین تولید کننده برق از انرژی زمین گرمایی در دنیا برساند. این موضوع بدین معنی می باشد که افزایش ظرفیتی ۱۵۰۰ مگاواتی مدنظر می باشد، جدول (۲-۶).

جدول (۲-۶) - جدول افزایش ظرفیت تولید برق از انرژی زمین گرمایی تا سال ۲۰۳۰ در فیلیپین

Sector	Installed Capacity, MW as of 2010	Target Capacity Addition by				Total Capacity Addition, MW 2011-2030	Total Installed Capacity by 2030
		2015	2020	2025	2030		
Geothermal	1,972.0	220.0	1,100.0	95.0	80.0	1,495.0	3,467.0

بررسی نقشه راه زمین گرمایی در کشور فیلیپین و اطلاعاتی که در دسترس می باشد نشان می دهد که مراحل مختلف اجرای این نشه راه به شرح زیر می باشد.

- تعریف پروژه
- شناسایی و ارزیابی منابع زمین گرمایی
- اکتشاف تفصیلی
- حفاری های اکتشافی
- تجزیه و تحلیل منابع و ارزیابی پتانسیل توسعه
- بررسی های زیست محیطی
- اخذ تامین منابع مالی برای توسعه پروژه
- مدیریت منابع
- گسترش ظرفیت تولید
- نحوه متروکه کردن یک مخزن زمین گرمایی و جلوگیری از آسیب های زیست محیطی

شرکت PNOG که فعال در زمینه پروژه های نفتی بوده، هم اکنون بیشتر فعالیت های مربوط به بخش زمین گرمایی را عهد دار می باشد، (Bustamante,2000). در جدول (۷-۲) مراحل اجرای یک پروژه به عنوان نمونه در کشور فیلیپین ارائه گردیده است.

جدول (۷-۲) - مراحل توسعه یک پروژه ۶۰ تا ۱۰۰ مگاواتی انرژی زمین گرمایی در فیلیپین

Stage/Activity	Year 1	Year 2	Year 3	Year 4	Year 5	Year 6
Project Definition and Reconnaissance Evaluation	<x>					
Detailed Exploration <i>Geological, Geochemical & Geophysical Surveys</i>	<xx>					
Exploratory Well Drilling and Delineation <i>Explo ELA, Tree Cutting Permits Road Construction, Drillsite Preparation Well Drilling (2-3 Wells)</i>		<xx> <xxxx> <xxxxxx>				
Project Feasibility Stage <i>Resource Assessment and Development Strategy Project ELA and ECC</i>			<xxxx> <xxxx>			
Loan Application and Financial Closing			<xxxxxx> >			
Field Development <i>Production/Reinjection Well Drilling FCRS Engineering Design And Construction</i>				<xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx> <xxxxxxxxvxxxxxxxxxxxxxxxx>		
Power Plant Bidding and EPC			<xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx>			

۲-۸- عربستان

۲-۸-۱- اطلاعات کلی

-وسعت

کشور عربستان سعودی دارای مساحت $۲/۱۴۹/۶۹۰$ کیلومتر مربع می باشد. این کشور بزرگترین کشور غرب آسیا است. دومین کشور وسیع عربنشین پس از الجزایر است.

-جمعیت

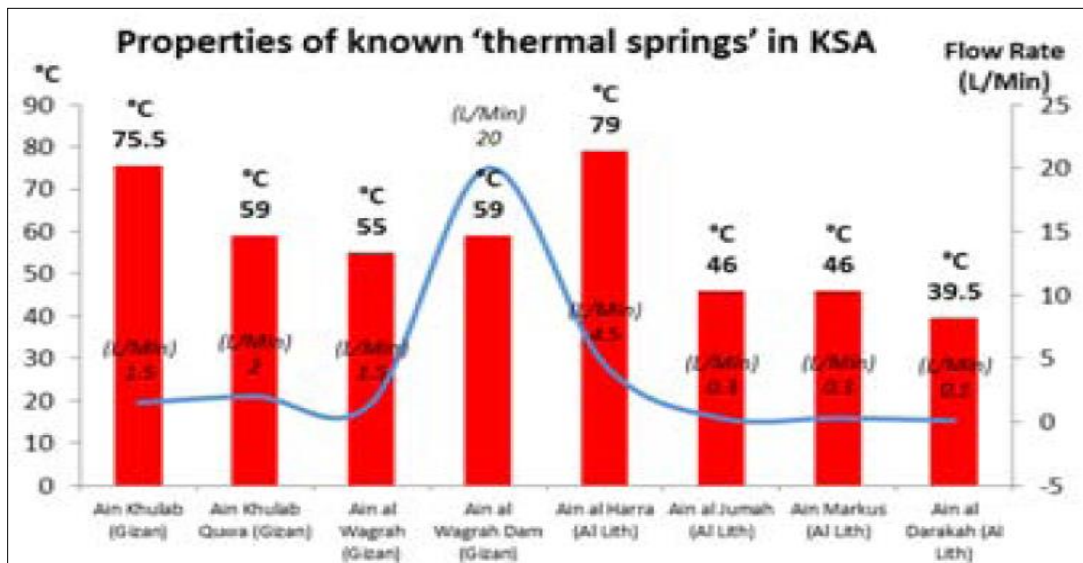
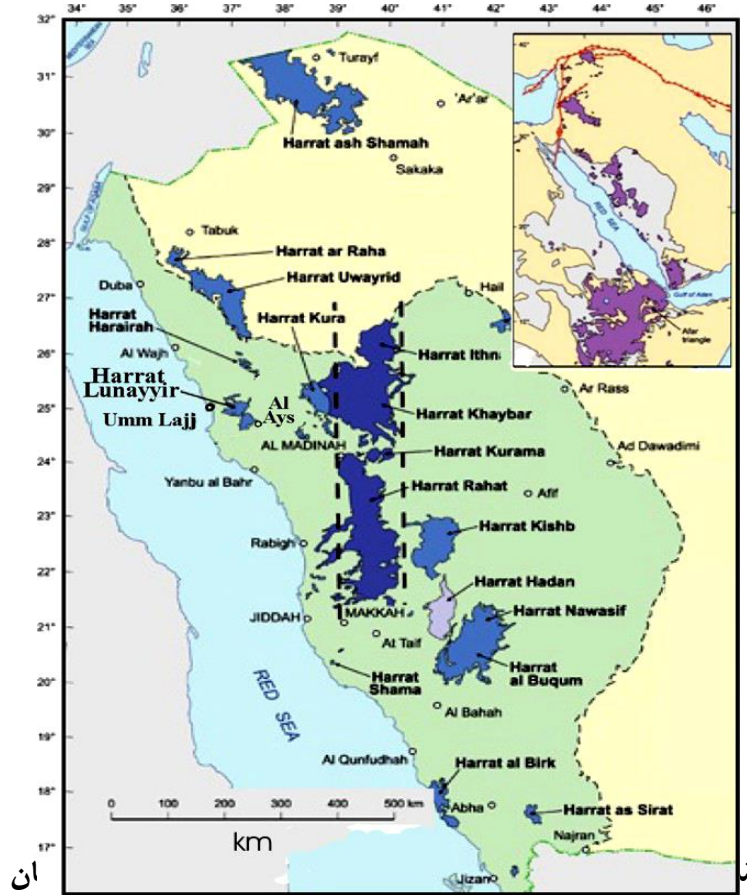
جمعیت این کشور $۲۷/۱۴۰/۰۰۰$ نفر می باشد که فقط ۱۶ میلیون آن ها شهروند این کشور و بقیه از اتباع خارجی هستند.

۲-۸-۲- بررسی نقشه راه

با توجه به وجود منابع هیدروکربنی عظیم در این کشور به نظر می رسد نگاه ویژه ای به استفاده از منابع تجدید پذیر تا سالهای اخیر وجود نداشته است. اولین گام بسیار مهم در راستای توسعه منابع زمین گرمایی در این کشور، شناسایی مناطق امیدبخش زمین گرمایی آن می باشد. کشور عربستان دارای منابع زمین گرمایی می باشد که می توانند مورد اکتشاف و بهره برداری نیز قرار بگیرند اما تاکنون یک مطالعه سیستماتیک برای شناسایی منابع زمین گرمایی این کشور انجام نشده است، (Al-Dayel, 1988). بر اساس نقشه های موجود، منابع زمین گرمایی این کشور در جنوب غرب آن واقع شده اند، شکل (۲-۱۸).

برخی از چشمه های آبگرم موجود در کشور عربستان شناسایی شده است اما به نظر می رسد تعداد آنها به مرتب بیشتر از این باشد. در شکل (۲-۱۹) ویژگی های برخی از این چشمه ها مشخص شده است.

در حال حاضر از منابع زمین گرمایی موجود برای تولید برق و اهداف حرارتی استفاده نمی شود.



شکل (۱۹-۲) - مشخصات چشمه های آبگرم شناسایی شده در کشور عربستان سعودی

-الزامات استفاده از منابع زمین گرمایی در عربستان سعودی

۱- فعالیت های مربوط به سیاست گذاری

- به منظور اطمینان از توسعه پایدار منابع زمین گرمایی، قوانین و مقررات ملی و بین المللی لحاظ گردد.
- ایجاد اراده سیاسی به عنوان یک گام مهم در تحقق توسعه انرژی زمین گرمایی و بهره برداری از تمام پتانسیل منابع زمین گرمایی کشور
- ارزیابی تقاضای محلی
- بسترسازی جهت تامین هزینه های حفاری توسط دولت

۲- فعالیت های اقتصادی

- ارائه طرح های تامین اعتبار مالی برای گسترش انرژی زمین گرمایی
- تدوین و تنظیم مشوق های مالی مورد نیاز
- جذب سرمایه گذار
- تخصیص یارانه به دست اندر کاران حوزه انرژی زمین گرمایی

۳- فعالیت های اجتماعی

- تدوین برنامه های آموزش همگانی در خصوص مزایای توسعه انرژی زمین گرمایی و نقش آن در اقتصاد و پیشرفت کشور
- اطلاع رسانی در مورد خطرات ناشی از بهره برداری از انرژی زمین گرمایی نظیر انتشار گازهای سمی، انفجار های هیدروترمال و...
- آموزش کارگران فعال در محل سایتها

- ایجاد رقابت و حمایت از طرح ها و تلاش های نوآورانه در زمینه پروژه های زمین گرمایی
- اطلاع رسانی همگانی در خصوص مزایای زیست محیطی و اشتغال زایی انرژی زمین گرمایی

۴- فعالیت های آموزشی

- ایجاد رشته های دانشگاهی در ارتباط با انرژی زمین گرمایی
- اضافه کردن دوره های انرژی های تجدید پذیر به سیستم آموزش و پرورش رسمی
- برگزاری کارگاه های آموزشی در حوزه انرژی زمین گرمایی

۵- فعالیت های فنی و اجرایی

انجام تحقیقات گسترده که شامل :

- بررسی های زمین شناسی سطحی در کل کشور جهت شناسایی منابع زمین گرمایی
- مطالعات اکتشافی تکمیلی در هریک از مناطق زمین گرمایی شناسایی شده
- تعیین عمق سیستم های زمین گرمایی فعال
- استفاده از دانش و تجربه متخصصان بین المللی

اهداف اصلی از ارائه نقشه راه در کشور عربستان سعودی، اجرای طرح های اکتشافی جهت شناسایی منابع زمین گرمایی به عنوان اولین گام توسعه می باشد که این طرح ها شامل بررسی های زمین شناسی سطحی به منظور مشخص کردن موقعیت مکانی، عمق و سایر مشخصات منابع زمین گرمایی کشور می باشند. در گام بعدی انجام عملیات حفاری در میداین زمین گرمایی شناسایی شده مدنظر می باشد و نهایتاً فراهم ساختن مسیر، جهت بهره مندی از دانش متخصصین باتجربه بین المللی جهت توسعه انرژی زمین گرمایی در کشور است، (Rehman,2010).

-مهم ترین موارد کاربرد انرژی زمین گرمایی در آینده در این کشور عبارت اند از:

- تولید برق به کمک سیکل ORC (از سیال دارای درجه حرارت بیش از ۱۱۰ درجه سانتیگراد)
- سرمایه‌گذاری به کمک چیلرهای جذبی (با سیال دارای درجه حرارت ۸۰ تا ۱۳۰ درجه سانتیگراد)
- شیرین کردن آب دریا با فرآیندهای مختلف (با سیال دارای درجه حرارت ۶۵ تا ۱۲۰ درجه سانتیگراد)

- استفاده از آبداغ مخازن زمین گرمایی برای منازل و برخی از طرح های صنعتی

برنامه ریزی های انجام شده در مورد استفاده از انرژی های تجدید پذیر در کشور عربستان و تولید برق از این منابع در جدول (۲-۸) مشخص می باشد. برای استفاده از منابع زمین گرمایی در تولید برق، یک برنامه دراز مدت در نظر گرفته شده است به گونه ای که در سال ۲۰۳۲ تولید ۱۰۰۰ مگاوات برق زمین گرمایی مد نظر می باشد.

جدول (۲-۸) - جایگاه تولید برق از انرژی زمین گرمایی در سال ۲۰۳۲ در کشور عربستان

3. Renewable Energy Targets					
3.1 Electricity					
Sector	Technology	Value	Description	Year	Reference
Electricity	Non-Technology specific	54 GW	Targeted total installed renewable capacity.	2032	K.A.CARE. "Building the Renewable Energy Sector in Saudi Arabia"
Electricity	Solar PV	16 GW	Targeted total installed solar PV capacity.	2032	K.A.CARE. "Building the Renewable Energy Sector in Saudi Arabia"
Electricity	Solar PV	25 GW	Targeted total installed CSP capacity.	2032	K.A.CARE. "Building the Renewable Energy Sector in Saudi Arabia"
Electricity	Wind	9 GW	Targeted total installed wind power capacity.	2032	K.A.CARE. "Building the Renewable Energy Sector in Saudi Arabia"
Electricity	Solid Biomass	3 GW	Targeted total installed waste-to-energy capacity.	2032	K.A.CARE. "Building the Renewable Energy Sector in Saudi Arabia"
Electricity	Geothermal	1 GW	Targeted total installed geothermal capacity.	2032	K.A.CARE. "Building the Renewable Energy Sector in Saudi Arabia"
Electricity	Solar PV	6 GW	Targeted total installed solar PV capacity.	2020	Solar PV Trade Mission, Saudi Arabia, November 2013.
Electricity	Solar PV	1 GW	Targeted additional installed solar PV capacity.	2013	Solar PV Trade Mission, Saudi Arabia, November 2013.

۹-۲- ترکیه

۱-۹-۲- اطلاعات کلی

-وسعت

کشور ترکیه با ۷۸۳/۵۶۲ کیلومتر مربع، سی و هفتمین کشور پهناور دنیا می باشد. ترکیه کشوری کوهستانی و نسبتاً پرباران است. ترکیه با قرار گرفتن در یکی از حساس ترین مناطق جهان، دارای موقعیت جغرافیایی راهبردی و بسیار خوبی است و گذرگاه جنوب باختر آسیا و اروپا به شمار می آید و کشورهای بسیاری، به ویژه ایران از خاک ترکیه برای ترانزیت کالا و انرژی استفاده می کنند.

-جمعیت

بر اساس برآورد سال ۲۰۱۳ کشور ترکیه حدود ۷۶ میلیون نفر جمعیت دارد.

۲-۹-۲- بررسی نقشه راه

کشور ترکیه از نظر موقعیت زمین شناسی بر روی کمربند کوهزایی آلپ- هیمالیا قرار گرفته است که همراه با فرآیندهای تکتونیکی شدیدی می باشد و دارای پتانسیل زمین گرمایی بالایی است. مطالعات پتانسیل سنجی در مورد منابع زمین گرمایی در کشور ترکیه انجام گرفته است و نتیجه آن شناسایی حدود ۱۷۰ میدان زمین گرمایی و ۶۰۰ منطقه امید بخش زمین گرمایی در این کشور می باشد، (Simsek, 2005; and Gunerhan, 2001). این میداين بر اساس پتانسیل تولید برق و کاربرد مستقیم

تقسیم بندی شده و بر اساس آن برنامه ریزی های لازم جهت بهره برداری انجام پذیرفته است. در شکل (۲۰-۲) نقشه پراکندگی منابع زمین گرمایی در کشور ترکیه مشخص شده است.

شکل (۲۰-۲) - نقشه پراکندگی منابع زمین گرمایی در کشور ترکیه

تعداد میدانی که دمای آنها بالای ۱۳۰ درجه سانتی گراد است ۱۷ میدان می باشد که یا از آنها برق تولید می شود یا در حال توسعه به منظور تولید برق می باشند. میزان برق تولیدی از میدانی زمین گرمایی ترکیه ۱۶۲ مگاوات (در سال ۲۰۱۲) می باشد که این مقدار حدود ۰/۳ درصد از کل ظرفیت تولیدی برق کشور می باشد. این کشور شدیداً نیازمند انرژی از منابع مختلف می باشد. در شکل (۲-۲۱) میزان مصرف انرژی از منابع مختلف در این کشور مشخص می باشد.

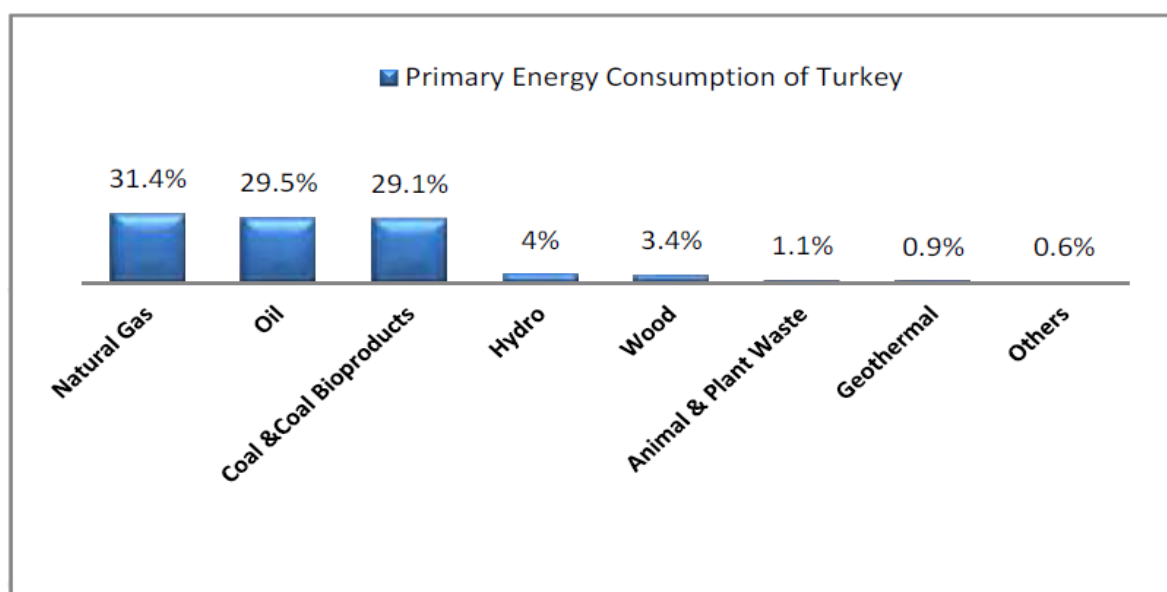
در حال حاضر از کل پتانسیل زمین گرمایی موجود در کشور ترکیه فقط از ۶ درصد آن بهره برداری صورت می گیرد.

بر اساس آمار هایی که این کشور از منابع زمین گرمایی ارائه کرده است، کل انرژی زمین گرمایی بالقوه در کشور ترکیه تا عمق ۳ کیلومتری به صورت نظری معادل:

۶۰۰۰۰ مگاوات توان تولید برق

تامین سیستم گرمایش ۷/۵۰۰/۰۰۰ واحد مسکونی

۳۰۰ میلیارد مترمربع گلخانه های زمین گرمایی



شکل (۲۱-۲) - میزان مصرف انرژی از منابع مختلف در کشور ترکیه در سال ۲۰۱۲

کشور ترکیه در زمینه استفاده از منابع زمین گرمایی در طی ۱۵ سال اخیر پیشرفت های زیادی داشته است از جمله می توان به موارد زیر اشاره نمود:

- تولید برق در حدود ۱۶۲ مگاوات تا سال ۲۰۱۳
- رتبه اول جهانی در استفاده از گلخانه های زمین گرمایی
- استفاده گسترده در سیستم گرمایشی منازل

به منظور مطالعه، اکتشاف و بهره برداری از منابع زمین گرمایی در این کشور سیاست گذاری ها و برنامه ریزی های دقیقی صورت گرفته است همچنین قوانین موثری در ۱۰ سال اخیر در این کشور مدون شده است که نقش مهمی در پیشرفت اهداف مورد نظر در ارتباط با استفاده از منابع زمین گرمایی داشته است. از جمله می توان به قانون های زیر اشاره کرد:

-انتشار قانون انرژی های تجدید پذیر (۲۰۰۵)

-انتشار قانون منابع زمین گرمایی و آب های معدنی کشور ترکیه (۲۰۰۷)

- ارائه قوانین لازم برای ورود بخش خصوصی به تولید برق زمین گرمایی

-ارائه مجوز های اکتشاف (۱+۳ سال) و پروانه بهره برداری (۳۰+۱۰) سال

برنامه ریزی ها و برآوردهای صورت گرفته نشان می دهد که توسعه زمین گرمایی در کشور ترکیه بین ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۸ دارای پیشرفت هایی محسوس خواهد شد به گونه ای که ظرفیت تولید برق در این کشور را تا سقف ۷۵۰ مگاوات پیش بینی می کنند. همچنین تامین سیستم گرمایش ۵۰۰/۰۰۰ واحد مسکونی مد نظر قرار گرفته شده است. در بخش گلخانه های زمین گرمایی نیز افزایش چند برابری برای توسعه آنها در نظر گرفته شده است،

موارد مهم برای تحقق و گسترش استفاده منابع زمین گرمایی (نقشه راه) در کشور ترکیه

-دسترسی به منابع عمیق و حرارت بالا

-اکتشافات جدید و بررسی ظرفیت میداین جدید و بررسی نوع کاربرد آنها

-بررسی تاثیرات زیست محیطی و اثرات استفاده از منابع زمین گرمایی بر محیط زیست

-بررسی و حل مشکل پوسته گذاری و خوردگی با بهره گیری از مهار کننده های شیمیایی

-حفر چاه های زمین گرمایی بیشتر و حمایت دولت

-بررسی تمام زمینه های ممکن استفاده از منابع زمین گرمایی در هر منطقه و تشویق کاربران این انرژی

-همکاری شهرداری ها و دولت های محلی در احداث منازل دارای سیستم گرمایشی زمین گرمایی

-زمینه سازی برای توسعه اقتصادی با ورود گردشگران زمین گرمایی

-تامین کمک های مالی داخلی و خارجی بیشتر برای پروژه های زمین گرمایی

-حمایت های لازم جهت انتقال دانش، آموزش های لازم، بکارگیری تجهیزات لازم از طریق انجام پروژه های مشترک با

سازمان های بین المللی

۱۰-۲- طرح جامع توسعه انرژی زمین گرمایی در ایسلند

۱-۱۰-۲- اطلاعات کلی

ایسلند شمالی ترین کشور اروپا و در واقع جزیره ای در شمال اقیانوس اطلس می باشد. پایتخت و بزرگ ترین شهر آن ریکیاویک می باشد و جمعیت این کشور ۳۲۰ هزار نفر است. وسعت کشور ایسلند ۱۰۳/۰۰۰ کیلومتر مربع می باشد. این کشور بیشتر بر اساس وجود منابع عظیم زمین گرمایی در دنیا شناخته شده می باشد.

۲-۱۰-۲- منابع زمین گرمایی در کشور ایسلند

ایسلند دارای منابع زمین گرمایی فراوانی می باشد به طوری که این منابع سهم عمده ای در تامین انرژی این کشور را دارا می باشد. در شکل (۲-۲۲) منابع زمین گرمایی حرارت بالا و حرارت پایین ایسلند بر اساس دمای چشمه های آبگرم مشخص می باشد. بر این اساس میادین زمین گرمایی در کشور ایسلند به دو دسته تقسیم می شوند:

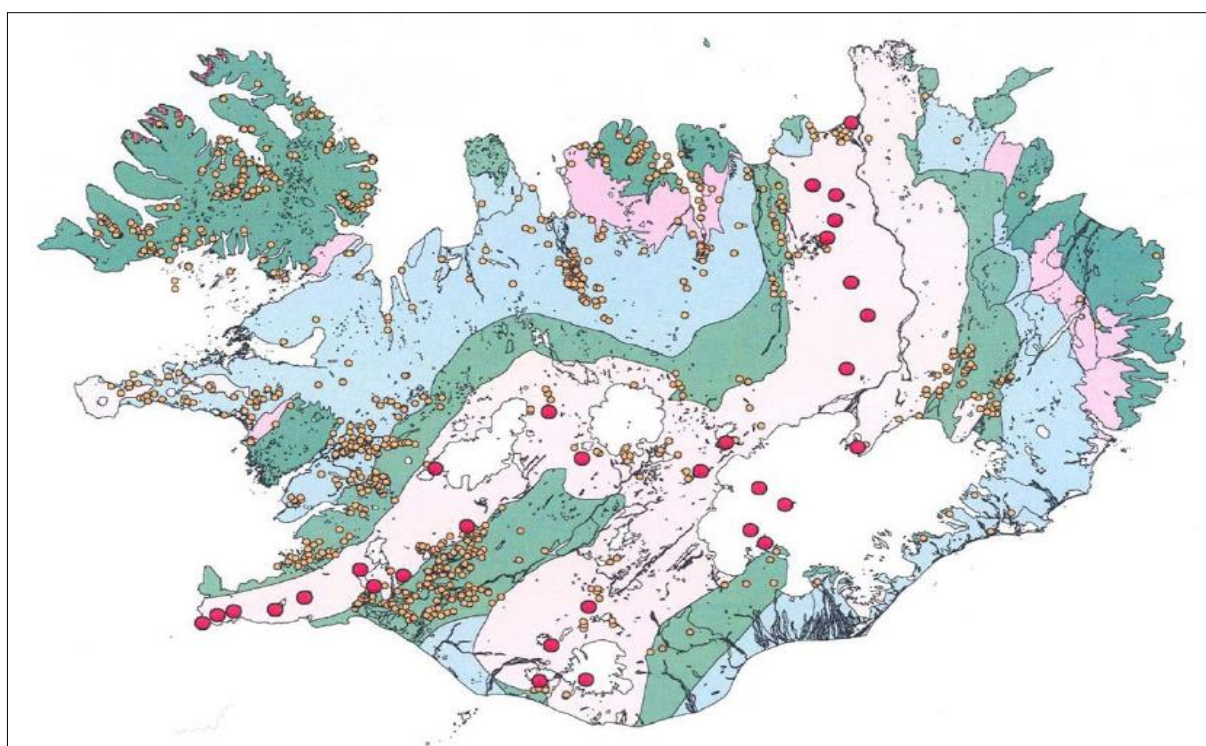
- میدان های حرارت بالا که دمای مخزن آنها بالای ۲۰۰ درجه سانتی گراد می باشد.

- میدان های حرارت پایین که دمای آنها کمتر از ۱۵۰ درجه سانتی گراد می باشد.

بیش از ۳۰ میدان زمین گرمایی حرارت بالا در کشور ایسلند کشف شده است که همه آنها در ارتباط با فعالیت های آتشفشانی و فعالیت های تکتونیکی شدید می باشند. این میادین دارای پتانسیل تولید برق می باشند و از بسیاری از آنها در حال حاضر برق تولید می شود.

استفاده از منابع زمین گرمایی در این کشور در زمان های مختلف مورد نظر بوده است و بترتیب زمان شامل موارد زیر می باشد:

- استفاده از آب چشمه های آبگرم برای گرمایش منازل، بیمارستان ها، مدارس و ...
- استفاده از منابع زمین گرمایی در گلخانه ها جهت حرارت دادن خاک و رشد گیاهان
- تولید برق از منابع زمین گرمایی حرارت بالا



شکا

رنگ مناطق حرارت پایین را نشان می دهد)

۳-۱۰-۲- بررسی طرح جامع توسعه انرژی زمین گرمایی در کشور ایسلند

طرح جامع توسعه انرژی زمین گرمایی در کشور ایسلند در سال ۱۹۹۷ توسط دولت ابلاغ شد. این طرح دارای بازه زمانی ۱۰ ساله و در دو فاز اجرا شده است. به منظور مدیریت این طرح یک کمیته راهبری در نظر گرفته شده که در مراحل مختلف اجرای طرح نظارت داشته است. این کمیته متشکل از ۱۶ عضو اصلی و ۵۰ کارشناس می باشد.

طرح جامع توسعه انرژی زمین گرمایی در کشور ایسلند دارای بهترین و کاملترین اطلاعات علمی، دارای نتیجه گیری های شفاف و قابل تکرار و قابل دسترسی به عموم می باشد. این طرح در واقع شامل پروژه های تولید برق از منابع زمین گرمایی می باشد که دارای رتبه بالای اقتصادی، حداقل تاثیرات منفی زیست محیطی و اثرات مثبت در جامعه می باشند.

مسئول اجرای طرح جامع، وزارت صنایع می باشد و با وزارت محیط زیست دارای همکاری کاملی می باشد. کمیته راهبری متشکل از ۱۶ عضو برای فاز اول می باشد همچنین ۵۰ کارشناس در چهار گروه کاری مختلف می باشند. اعضای کمیته راهبری که توسط وزارت صنایع و وزارت محیط زیست تعیین شده اند شامل افراد ذیل می باشند:

- نمایندگان دو وزارتخانه و نهادهای ذیربط و کلیدی.

- روسای هر یک از چهار گروه کاری

- نمایندگان صنعت گردشگری

- افراد درگیر در دولتهای محلی

-وظیفه کمیته راهبری:

کمیته راهبری طرح توسعه انرژی زمین گرمایی در کشور ایسلند دارای دو وظیفه اصلی می باشد که در ذیل آمده است:

- تعریف پروژه، هماهنگ کننده امور و نظارت بر کارگروه های چهارگانه.

- برگزاری جلسات ماهیانه و منظم برای اطلاع رسانی در پیشرفت طرح جامع و بدست آوردن پیشنهادات و نظرات افراد

علاقتمند در سراسر کشور .

- وظیفه کار گروه ها :

همانگونه که در بالا اشاره گردید، به منظور اجرای طرح توسعه زمین گرمایی در کشور ایسلند یک کمیته راهبری تشکیل شده است. این کمیته دارای چهار کارگروه مختلف نیز می باشد که وظایف آنها در ذیل آمده است:

-جمع آوری داده های موجود از پروژه های مختلف و بررسی آنها برای ارائه به کمیته راهبری جهت تصمیم گیری.

-نظارت بر کار مشاوران پروژه ها و ارائه پیشنهادات مناسب.

• فاز اول طرح توسعه انرژی زمین گرمایی ایسلند

همانطور که اشاره گردید طرح توسعه انرژی زمین گرمایی در کشور ایسلند به دو فاز جداگانه تقسیم شده است. فاز اول در سال ۱۹۹۹ آغاز شده و در سال ۲۰۰۳ به پایان رسیده است. این فاز ۲۴ پروژه زمین گرمایی را شامل می شود. اجرای پروژه ها بر عهده چهار کار گروه مختلف با وظایف مشخص می باشد. هدف نهایی آن این فاز تولید ۱۸ تراوات ساعت انرژی زمین گرمایی می باشد.

در ادامه به اعضاء هر یک از کار گروه ها، مدیریت آنها و وظائف هر یک از این کار گروه ها در اجرای فاز اول طرح توسعه انرژی زمین گرمایی اشاره می گردد.

-کارگروه اول: محیط زیست و میراث فرهنگی

- شامل ۱۳ کارشناس از وزارت خانه ها، موسسات مربوطه و NGO ها می باشد.
- مدیریت آن بر عهده یکی از اساتید گیاه شناسی دانشگاه ایسلند می باشد.
- وظیفه آن بررسی تاثیر تولید برق زمین گرمایی بر طبیعت، سازند های زمین شناسی، پوشش گیاهی و جانوران، میراث فرهنگی و آثار باستانی در کشور ایسلند می باشد.

-کارگروه دوم: کشاورزی، ماهیگیری، سرگرمی و تفریح

- این کارگروه شامل ۱۳ کارشناس که توسط یک استاد زمین شناسی که رئیس انجمن تفریحی ایسلند نیز می باشد، مدیریت می شود.

- وظیفه این کارگروه بررسی تولید برق و تاثیر آن در زندگی در فضای باز و فعالیت های مرتبط با فضای باز مانند کشاورزی، ماهیگیری و.. را بر عهده دارد.

- کارگروه سوم: تاثیر اجتماعی، اقتصادی و تاثیر منطقه ای

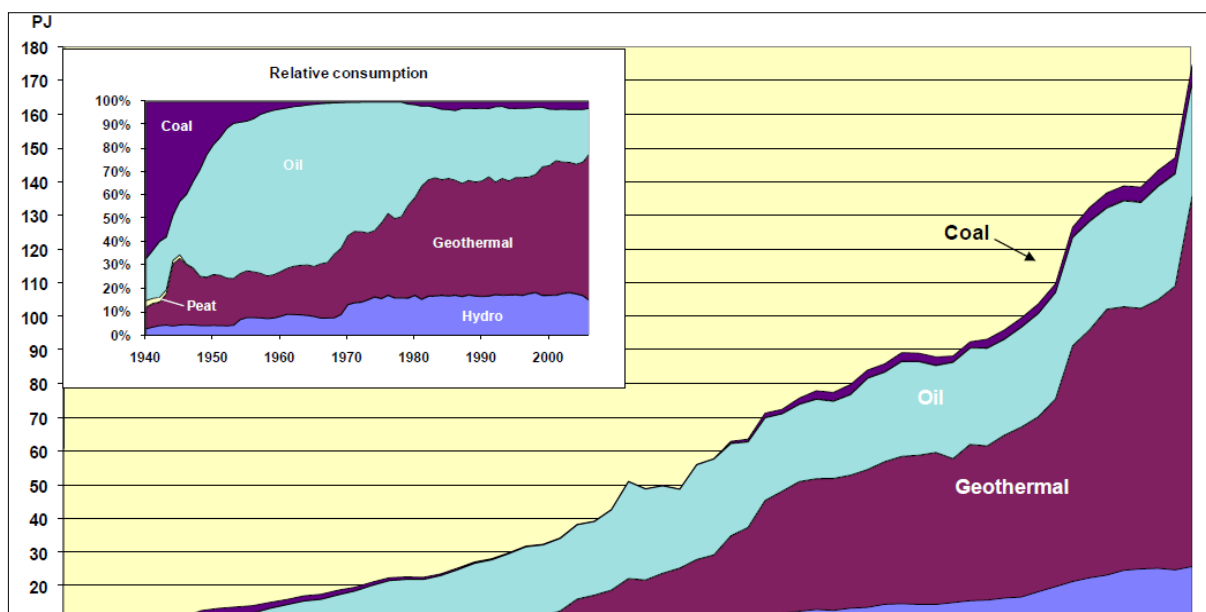
- این کارگروه ۱۳ عضو دارد که شامل کارشناسان معرفی شده توسط موسسات اقتصادی، کارفرمایان و فدراسیون اتحادیه های ایسلند، آژانس برنامه ریزی، انجمن گردشگری، انجمن مقامات محلی و.. است.
- وظیفه آن تاثیر پروژه های پیشنهادی بر فعالیت های اقتصادی، اشتغال و توسعه منطقه ای می باشد.

- کارگروه چهارم: شناسایی پروژه های تولید برق از دیدگاه اقتصادی

- این کارگروه دارای ۶ عضو می باشد که از شرکت ملی برق ایسلند، شرکت های انرژی و انجمن مقامات محلی می باشند.
- وظیفه آنها شناسایی پروژه های بالقوه تولید برق زمین گرمایی و همچنین ارزیابی فنی و اقتصادی پروژه های مذکور می باشد.

فاز اول پروژه در سال ۲۰۰۳ به پایان رسیده است و اهداف در نظر گرفته شده برای آن محقق شده اند.

در شکل (۲-۲۳) وضعیت مصرف انرژی از منابع مختلف در کشور ایسلند بین سالهای ۱۹۴۰ تا ۲۰۰۶ مشخص شده است. رشد مصرف انرژی زمین گرمایی با شروع این طرح به خوبی بر روی نمودار مشخص می باشد.



شکل (۲-۲۳) - بررسی اجمالی مصرف انرژی در کشور ایسلند بین سال های ۱۹۴۰ تا ۲۰۰۶

• فاز دوم طرح توسعه انرژی زمین گرمایی ایسلند

فاز دوم طرح جامع در سپتامبر ۲۰۰۴ آغاز شده است. برای اجرایی این فاز، کمیته راهبری جدیدی منصوب گردیده است. این کمیته متشکل از سه عضو زیر است:

- رئیس کمیته راهبری فاز اول

- نماینده وزارتخانه صنعت

- نماینده وزارتخانه محیط زیست

این فاز توسط دو گروه مشاور با شرح خدمات زیر اجرا شده است:

- گروه اول ارزیابی ماهیت زیستی و زمین شناسی انرژی زمین گرمایی را عهده دار است.

- گروه دوم بررسی بهبود روشها و ارزیابی چشم انداز را عهده دار است.

-مهمترین فعالیت های فاز دوم

- اکتشاف مناطق زمین گرمایی ناشناخته که شامل تهیه نقشه های زمین شناسی، اکتشافات ژئوفیزیکی، نمونه برداری از چشمه ها و سایر نشانه ها، ارائه مدل مفهومی برای هر سیستم زمین گرمایی و نهایتا مشخص کردن حجم و درجه حرارت احتمالی مخزن.
- ارزیابی مجدد پروژه های زمین گرمایی مربوط به فاز اول و همچنین ارزیابی پروژه های مربوط به فاز دوم.

- طبقه بندی نشانه های سطحی زمین شناسی و محدوده های دگرسان شده در مناطق زمین گرمایی.
- نقشه برداری از پوشش های گیاهی در نزدیکی نشانه های سطحی زمین گرمایی و بررسی زیست موجودات در مسیر سیال زمین گرمایی.
- بررسی چشم انداز تولید برق و مقایسه با سایر کشورهای اروپایی

۳- بررسی نقشه راه فن آوری های انرژی زمین گرمایی در استرالیا

۳-۱- هدف و ساختار

هدف از این پروژه، توسعه چارچوب صنعت انرژی زمین گرمایی در کشور استرالیا بوده که بیانگر نقشه راه فناوری در کشور یاد شده می باشد. نقشه راه یکی از بخش های مهم و اساسی برنامه جامع توسعه انرژی زمین گرمایی در کشور می باشد. در واقع، نقشه یاد شده به بررسی و شناسایی موارد ضروری در خصوص فناوری های مرتبط و تحقیق و توسعه در حوزه انرژی زمین-گرمایی در استرالیا پرداخته و شامل موارد زیر می گردد:

- شناسایی ذخائر زمین گرمایی

- روش های اکتشاف

- روش های حفاری و تحریک چاه / لوله گذاری چاه

- مدل سازی مخزن، ارزیابی و مدیریت آن

- کاربردهای مستقیم انرژی زمین گرمایی به غیر از تولید برق در بخش تجاری (برای مثال سیستم های آب شیرین

کن)

- جلوگیری از پوسته گذاری

- بهبود راندمان حرارتی نیروگاه های زمین گرمایی

- یکپارچگی فناوری بین صنایع وابسته

- خلاءهای تحقیقاتی

- وضعیت کنونی انرژی زمین گرمایی در استرالیا و سراسر جهان

- نقاط ضعف و قدرت فناوری ها

- ارزیابی توانمندی های تحقیقاتی استرالیا و سایر کشورهای جهان در حوزه انرژی زمین گرمایی

۲-۳- پیشنهادات کلیدی فناورانه

این پیشنهادات، بیانگر یافته ها و قوانینی هستند که طی رایزنی های به عمل آمده با صاحبان صنایع و کارگاه ها، در خصوص پیشرفت فناوری های مرتبط با انرژی زمین گرمایی تهیه و تدوین شده اند. این یافته ها به دو گروه تقسیم بندی می شوند:

- اولویت اول که نیازمند توجه بیشتری هستند.

- اولویت دوم

۱-۲-۳- اولویت اول

- توسعه یک روش مورد توافق و استاندارد برای تعریف ذخایر و منابع زمین گرمایی

- تحقیق و توسعه در خصوص برخی مفاهیم خاص عملیات حفاری

- ارائه یک برنامه کوتاه مدت و میان مدت در خصوص نیازهای توسعه انرژی زمین گرمایی و عملیات حفاری شامل

تجهیزات و نیروی انسانی مورد نیاز

- تحقیق و توسعه پیرامون ماشین آلات ایجاد شکستگی در سنگ ها و اجتناب از زلزله های ناخواسته در مخازن HR

- تهیه پایگاه داده های تجربیات عملی در حوزه های حفاری، جداره گذاری چاهها، تحریک چاهها و ایجاد شکستگی در

چاهها در محیط های مختلف زمین شناسی

- مشخص نمودن نشانه‌های گردش آب در مخازن و استخراج انرژی در محیط‌های مختلف زمین‌شناسی
- تحقیق و توسعه در خصوص بهینه‌سازی سیستم‌های خنک کن نیروگاه‌های زمین گرمایی در منابع HR بدون مصرف بیش از اندازه آب
- تحقیق و توسعه پیرامون سازگاری نیروگاه‌های زمین گرمایی موجود با مخازن دارای فشار بالا و مایعات خورنده در پروژه های HR
- گسترش و توسعه توانمندی‌های علوم زمین کشور و بررسی محیط‌های زمین‌شناسی مختلف برای پردازش، بررسی و تفسیر داده‌های علوم زمین به منظور شناسایی بهتر منابع زمین گرمایی
- تحقیق و توسعه در خصوص ارزیابی بهتر زیست محیطی طرح‌های کاربرد انرژی زمین گرمایی و محدود نمودن اثرات شدید زیست محیطی آنها

۲-۲-۳- اولویت دوم

- تحقیق و توسعه در زمینه بهبود وضعیت وسایل اندازه‌گیری چاه‌ها
- برنامه ریزی جهت طراحی و تهیه کتابخانه‌ای جهت آرشیو نمودن نتایج مطالعات موردی در زمینه مدل‌سازی مخازن HR. به روز رسانی و کالیبره کردن داده‌های فوق‌الذکر و پالایش مدل‌های قبلی به کمک داده‌های جدید و همچنین تهیه یک بانک اطلاعاتی از کلیه داده‌های زمین گرمایی در استرالیا
- برنامه ریزی جهت طراحی و تهیه کتابخانه‌ای جهت آرشیو نمودن نتایج مطالعات موردی در زمینه خصوصیات ژئوشیمیایی مخازن HR و HSA.

۳-۳- تنظیم چشم انداز توسعه زمین گرمایی

۱-۳-۳- مختصری درباره انرژی زمین گرمایی در استرالیا:

منابع انرژی زمین گرمایی استرالیا به انواع زیر تقسیم بندی می گردند:

۱- HFR (سنگهای داغ شکسته شده) یا HDR (سنگهای داغ خشک) که به هر دو آنها HR (سنگ داغ) گفته می شود.

۲- HSA (Hot Sedimentary Aquifers) یا همان مخازن رسوبی حرارت بالا

۳-۳-۲- اکتشاف و توسعه انرژی زمین گرمایی در استرالیا:

اکتشاف و توسعه این انرژی در استرالیا نیازمند مشارکت بین صنعت و سطوح مختلف دولت می باشد. نقش دولت در وضع قوانین ضروری جهت توسعه منابع موجود بسیار مهم و تأثیرگذار است. در استرالیا در حوزه اکتشاف، بیشترین تمرکز روی منابع HR می باشد.

صنعت انرژی زمین گرمایی در استرالیا با مشارکت دو گروه مهم توسعه می یابد:

- شرکتهای کوچکی که دارای منابع مالی محدودی می باشند.
- صنایع نوپا و نوظهور.

۳-۳-۳- وضعیت کنونی توسعه جهانی انرژی زمین گرمایی

طی بازه زمانی ۲۰۱۰-۲۰۰۰، تعداد کشورهای تولید کننده برق از طریق انرژی زمین گرمایی حدود ۱۲۰ درصد رشد داشته است، بدین ترتیب که از ۲۱ کشور در سال ۲۰۰۰ به ۴۶ کشور در سال ۲۰۱۰ رسیده است.

ظرفیت کلی انرژی زمین گرمایی هم با حدود ۵۵ درصد افزایش از ۸۶۶۴ مگاوات در سال ۲۰۰۰ به ۱۳۵۰۰ مگاوات در سال ۲۰۱۰ رسیده است.

۳-۴- اکتشاف منابع زمین گرمایی

مراحل اکتشاف منابع زمین گرمایی شامل موارد زیر می گردد:

- تملیک یا اجاره زمین

- مطالعات اکتشافی کم هزینه شامل روش های غیر مستقیم نظیر مطالعات ژئوفیزیکی و حفاری گمانه های کم عمق و تهیه مدل جریان حرارتی که بر اساس نتایج آنها می توان به وجود یک ذخیره زمین گرمایی در اعماق منطقه اکتشافی پی برد.
- اثبات وجود ذخائر و ارزیابی مستقیم توان حرارتی آنها، به عنوان مثال با حفر چاه های اکتشافی در مخازن شناسایی شده.

دو عامل فنی و مؤثر در پروژه های اکتشاف منابع زمین گرمایی عبارتند از:

- دما
 - ظرفیت تولید چاهها
- در بسیاری از کشورهای جهان، مراحل اولیه اکتشاف منابع زمین گرمایی شامل موارد زیر می گردند:
- شناسایی مناطق حرارت بالا
 - شناسایی وضعیت تکتونیکی منطقه اکتشافی شامل آنالیزهای ساختاری، گسلها و سیستم های شکستگی
 - شناسایی و دسته بندی نشانه های سطحی زمین گرمایی مثل گازفشان ها، آبفشان ها، گلفشان ها و چشمه های آبگرم
 - آنالیز ژئوشیمیایی و ایزوتوپی چشمه ها و گازفشان ها
 - مطالعات ژئوفیزیکی شامل روشهای مغناطیس سنجی، ثقل سنجی، الکتریکی، الکترومغناطیسی و لرزه نگاری.

اکتشاف منابع زمین گرمایی نیازمند دانش و آگاهی در خصوص موارد زیر می باشد:

- مناطق تکتونیکی در محدوده آتشفشانی
- ساختارهای ژئوشیمیایی و زمین شناسی سه بعدی منطقه
- ساختارهای فشارشی سه بعدی منطقه
- ساختارهای به وجود آورنده تخلخل و نفوذپذیری در سازند هدف

۱-۴-۳- فناوری های نو ظهور

در استرالیا بخش اعظم شرکتها در حال اکتشاف ذخایر عمیق زمین گرمایی هستند. بجز فن آوری حفاری مستقیم تا بحال هیچکدام از فن آوری های موجود، در اکتشاف منابع HR موفق نبوده اند.

روشهای اکتشافی متفاوتی در توسعه منابع انرژی زمین گرمایی مورد استفاده قرار می گیرند. این روش ها شامل موارد زیر می گردند:

- اندازه گیری دمای سطحی زمین
- پردازش تصاویر مادون قرمز حرارتی برای از بین بردن اثرات پرتوهای خورشیدی
- مطالعات لرزه نگاری سه بعدی
- اندازه گیری مقدار گاز منتشر شده درون خاک
- مطالعات مگنتوتلوریک
- نقشه برداری های حرارتی سه بعدی

۵-۳- فناوری های حفاری و تحریک چاه

۱-۵-۳- فناوری های حفاری

در حال حاضر، بخش عمده فناوری حفاری چاه های زمین گرمایی در استرالیا، برگرفته از فناوری حفاری چاه های نفت (دارای فشار و دمای بالا) می باشد.

عمق: در هر نقطه ای از جهان، استخراج و بهره برداری از سیستم های هیدروترمال نیازمند حفاری تا عمق بیشتر از ۳ کیلومتر می باشد. اگرچه سیستم های HR در استرالیا ممکن است نیازمند حفاری تا عمق بیشتر از ۶ کیلومتر هم باشند.

دما: در اکتشاف منابع HR، چنانچه دمای کف چاه به حدود ۳۰۰ درجه سانتی گراد برسد، در آن صورت تولید برق از این مخزن، از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه خواهد بود.

فشار: در منطقه Cooper Basin، فشار موجود در چاههای HR بیشتر از فشار موجود در چاههای زمین گرمایی معمولی با دما و عمق یکسان می باشد.

۲-۵-۳- فناوری های مخزن

- نفوذپذیری و تحریک

برای آن که یک مخزن زمین گرمایی فعال باشد، علاوه بر درجه حرارت بالا، شرایط هیدرولوژیکی و لیتولوژیکی آن نیز باید مناسب و مطلوب باشد. عملیات تحریک مخزن بر حسب شرایط زمین شناسی منطقه اطراف مخزن تغییر می کند. ممکن است عملیات مذکور شامل تحریک شیمیایی مخزن باشد. این عملیات برای مخازنی که در سنگ های کربناته قرار دارند (به دلیل واکنش پذیرتر بودن) مناسب تر می باشند.

روش آب شکنی نیز یکی از روشهای تحریک مخزن می باشد که در آن، آب با فشار بالا به درون مخزن تزریق می گردد. البته فشار اعمال شده نباید بیش از حدی باشد که موجب خرد شدن زیاد سنگ ها شود زیرا هدف اصلی از تحریک مخزن، افزایش شکستگی ها و درزه های به هم مرتبط در مخزن و متعاقباً افزایش سطح تماس آب تزریق شده با سنگ های داغ مخزن می باشد.

۳-۶- ارزیابی، مدیریت مخزن و مدل سازی آن

۱-۳-۶- مدل سازی مخزن

مدل سازی مخزن یک فرآیند ضروری برای تعریف ذخیره و طراحی پروژه می باشد. تحریک عددی مخزن یکی از فناوری های دما بالا در سیستم های زمین گرمایی دما بالا است. ارزیابی جنبه های بحرانی مدل سازی مانند انرژی و فاکتورهای بهبود مایعات، تغییرات فاز، فشار پایین رفتن سطح آب، ورود آب سرد زیرزمینی و ... داده های کافی برای کالیبره کردن مدل ها را فراهم می کند. با وجود اینکه مدل سازی مخزن نمی تواند همه ویژگی های یک مخزن را نشان دهد، پارامترهای زیاد را شامل می شود. در عمق جایی که اطلاعات محدود است، پیش بینی مدل می تواند نگران کننده باشد.

۳-۷- فناوری تبدیل برق

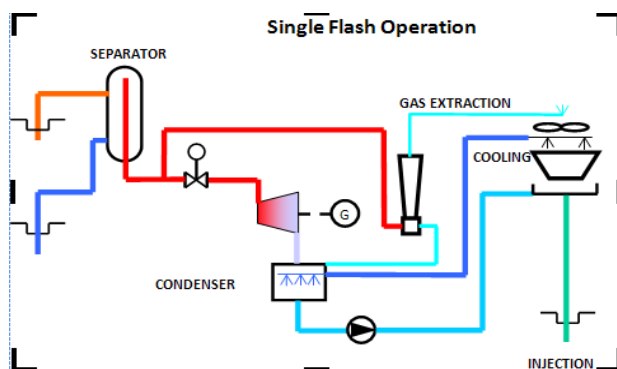
در سراسر جهان، از انواع مختلف سیکل های نیروگاهی برای تولید برق از منابع زمین گرمایی استفاده می شود.

۳-۷-۱- انواع نیروگاهها:

- توربین های بخار: در ابتدا، عمدتاً تولید برق از منابع حرارت بالا توسط توربین های بخار انجام می شد. نیروگاههای دارای سیکل بخار، نیازمند یک مخزن حاوی بخار با فشار نسبتاً بالا می باشند. این دسته از منابع زمین گرمایی دارای دمای بالا (بالتر از ۲۴۰ درجه سانتی گراد) و سیال فراوان می باشند.

چنانچه مخازن زمین گرمایی دما بالا در عمق خیلی کمی قرار داشته باشند در آن صورت، هزینه برق تولید شده از مخازن یاد شده بسیار پایین خواهد بود. نظیر این حالت در کشور نیوزیلند وجود دارد. به دلیل تفاوت بنیادین منابع زمین گرمایی استرالیا، این دسته از نیروگاه های زمین گرمایی قابل احداث و استفاده نمی باشند.

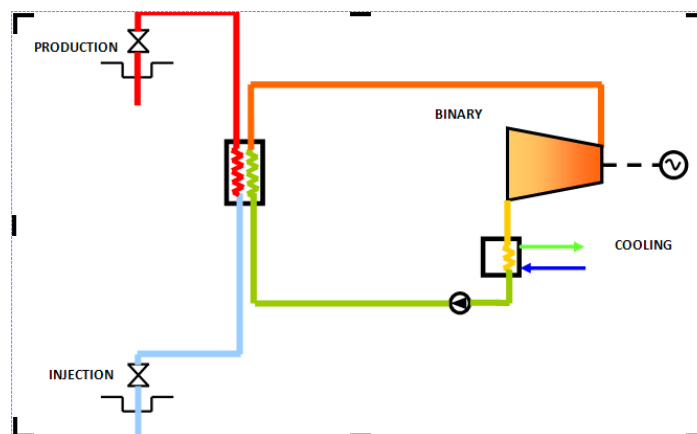
به منظور توسعه تجاری نیروگاه های زمین گرمایی، سازندگان این قبیل نیروگاه ها، بهبود عملکرد و افزایش بازدهی نیروگاه ها را مد نظر قرار می دهند. بجز سیستم های خنک کننده نیروگاهی، که در کلیه نیروگاه ها مرسوم است، در استرالیا، توسعه فناوری خاصی در مورد توربین های بخار مورد نیاز نیست و بنابراین در نقشه راه تهیه شده نیز، هیچ گونه برنامه توسعه فناوری در این خصوص پیشنهاد نشده است. شکل (۳-۱)



شکل (۳-۱) - نمایی از سیکل تولید برق تبخیر آبی

- نیروگاههای دودمداره: نیروگاههای دو مداره از یک سیال عامل ثانویه (که معمولاً سیال آلی می باشد) استفاده می کنند. این سیال، دارای نقطه جوش پایین و فشار بخار بالا در دمای پایین است. در سیکل رانکین نیز از سیال ثانویه استفاده می شود.

شکل (۲-۳)

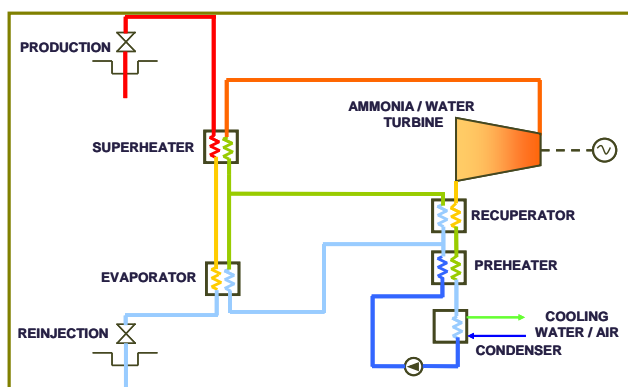


شکل (۲-۳) - نمایی از سیکل نیروگاه دودمداره

- **سیکل کالینا:** این سیکل، یک فناوری کارآمد برای تولید برق از منابع زمین گرمایی حرارت پایین تا حرارت متوسط می باشد. مهمترین قابلیت های سیکل کالینا به شرح زیر می باشند:

- دامنه وسیع تغییرات نقطه جوش سیال عامل وقتی که در یک فشار ثابت گرم می شود.
- توانایی تغییر ترکیب سیال عامل در یک سیکل و متعاقب آن بهینه سازی فرآیند انتقال حرارت در سیکل تولید برق
- توانایی تولید برق با استفاده از سیالات زمین گرمایی حرارت پایین

سیکل کالینا به دلیل هزینه بالای تولید برق، به طور گسترده مورد استفاده قرار نمی گیرد. شکل (۳-۳)



شکل (۳-۳) - نمایی از سیکل تولید برق کالینا

۳-۸- کاهش اثرات زیست محیطی

توسعه انرژی زمین گرمایی بدون اثرات زیست محیطی نخواهد بود. عموماً مهمترین اثرات زیست محیطی انرژی زمین گرمایی شامل موارد زیر می گردند:

۳-۸-۱- انتشار گازها

همه سیستم های هیدروترمال و تحت فشار حاوی فاز بخار و آب همراه با گازهای محلول (H_2S , CO_2 , NH_3) و املاح می باشند.

۳-۸-۲- رادیواکتیویته

میزان کمی از رادیواکتیویته طبیعی در سنگها وجود دارد که باعث فروپاشی عناصر توریم، پتاسیم و اورانیوم که منشاء تولید حرارت منابع زمین گرمایی هستند، می شود.

۳-۸-۳- آلودگی آب ها

سیال خروجی از چاه ها (در حین حفاری، تحریک و تولید آنها) ممکن است حاوی عناصر محلولی مانند بور و آرسنیک باشند که می توانند باعث آلودگی آب های سطحی، زیرزمینی و همچنین پوشش گیاهی مناطق اطراف چاه ها شوند.

۴-۸-۳- تغییر وضعیت چشمه های آبگرم

در همه نقاط دنیا، توسعه انرژی زمین گرمایی تأثیرات زیادی روی چشمه های آبگرم سطحی دارد. ولی در استرالیا به دلیل وجود تعداد بسیار کم نشانه های سطحی انرژی زمین گرمایی و بویژه چشمه آبگرم، این نگرانی به مراتب کمتر خواهد بود. دمای بالای مورد نیاز برای تولید برق از سیستم های HSA، نشانگر این است که آبداغ باید از اعماق بسیار زیاد تأمین شود نه از آبهای سطحی، از این رو تأثیر بهره برداری از منابع HAS روی چشمه های آبگرم امکان پذیر ولی غیر محتمل نشان می دهد.

۵-۸-۳- فرونشست زمین در محدوده مخازن زمین گرمایی

فرونشست زمین در حین بهره برداری از منابع زمین گرمایی و به دلیل کاهش فشار مخزن، رخ می دهد. وقوع این شرایط در سیستم های HR بعید به نظر می رسد ولی در سیستم های HAS اگرچه معمولاً این قبیل مخازن، خیلی عمیق تر از آن هستند که بخواهند روی سطح تأثیر بگذارند، با این وجود ممکن است اتفاق بیفتد.

۶-۸-۳- ایجاد زمین لرزه مصنوعی

تزریق سیال تحت شرایط فشار بالا مخصوصاً در طی فرآیند تحریک شکستگی در سیستم های HR می تواند باعث ایجاد زلزله در سطح زمین شود. بیشترین شدتی که از زلزله های ایجاد شده ناشی از اجرای پروژه های زمین گرمایی ثبت شده است، ۴ ریشتر می باشد.

۷-۸-۳- محدودیت منابع آب جهت توسعه منابع HR

به علت خشکسالی وسیع در استرالیا، معرفی سیستم های انرژی زمین گرمایی باعث افزایش نگرانی در خصوص محدودیت منابع آب شده است. پروژه های زمین گرمایی به طور کلی نیازمند دسترسی به منابع آب در مراحل مختلف هستند. در طی مراحل حفاری چاهها برای خنک کردن از آب استفاده می شود. در سیستم های HDR، آبهای سطحی برای تحریک مخازن زیرزمینی مورد نیاز هستند. به دلیل اهمیت این موضوع، مدیریت و کنترل استفاده از منابع آب بسیار مهم و ضروری به نظر می رسد.

۳-۹- فناوری های پیشرو و موارد کاربرد جدید

- فن آوری های جدید تولید برق: یکی از سیستم های جدید تولید برق از منابع زمین گرمایی، سیستم های ترموالکتریکال هستند که مستقیماً گرما را به برق تبدیل می کنند. در کشورهای ایسلند و امریکا، مدل‌های با توان تولید پایین این سیستم ها در حال استفاده می باشند. پیش بینی می گردد که در آینده ممکن است از نمونه های کوچک مقیاس این سیستم ها، در استرالیا نیز استفاده شود.
- ذخیره انرژی برای صنایع دیگر: مانند تولید آلومینیوم ارزان به کمک انرژی زمین گرمایی در کشور ایسلند.
- پتانسیل های جدید استفاده از انرژی زمین گرمایی: در سراسر جهان، از انرژی زمین گرمایی در موارد گوناگونی استفاده می شود که هنوز در استرالیا موارد کاربرد این منبع انرژی به طور کامل مشخص نشده اند. همان طور که قبلاً ذکر شد موارد کاربرد انرژی زمین گرمایی به سه دسته زیر تقسیم می شوند:

کاربردهای مستقیم

پمپ های حرارتی زمین گرمایی

تولید برق

۳-۱۰- راهکارهای اجرایی، اهداف قابل انتظار و بازه زمانی

در حال حاضر تمرکز اصلی روی پروژه اکتشاف منابع HR می باشد. که می تواند راهی باشد در خصوص توسعه منابع زمین گرمایی عمیق در استرالیا و دیگر نقاط جهان. به طور کلی توسعه مفهوم پروژه های HR تا سال ۲۰۰۸ توسط صنعت پیش بینی شده است، نمایش ظرفیت تولید برق تا سال ۲۰۱۲ و همینطور برآورد تأمین حداقل ۷٪ بار پایه مورد نیاز از منابع زمین گرمایی تا سال ۲۰۳۰ پیش بینی می شود. این اهداف واقعی به نظر رسیده و به زودی قابل دستیابی می باشند.

۳-۱۱- نتیجه گیری و پیشنهادات

از یک چشم‌انداز فناورانه، بسیاری از پیشرفت‌های مورد نیاز به منظور افزایش امکان پویا بودن صنعت زمین‌گرمایی استرالیا، در مراحل مختلف تجاری هستند از جمله: تحقیق و بررسی و توسعه معدن کاری‌های مربوطه، نفت و گاز و صنایع پتروشیمی هم در استرالیا و هم در خارج از کشور. در صنعت زمین‌گرمایی نیازهایی وجود دارد که به طور کامل در کشور قابل دسترسی نیست.

۱-۱۱-۳- اولویت‌های پیشنهادی:

اولویت اصلی (Highest): مواردی که بیان‌کننده فعالیت‌هایی با اولویت‌های اصلی در محیط‌های تکنیکی هستند که هسته اصلی نقشه راه را تشکیل می‌دهند

اولویت دوم: فعالیت‌های مهمی که نسبت به اولویت اول در درجه اهمیت پایینتری قرار دارند.

۴- نتیجه گیری

۱- به منظور بررسی نقشه راه توسعه انرژی زمین گرمایی در کشورهای دارای این منبع انرژی، تعداد ۱۱ کشور انتخاب شده که از بین آنها ۹ کشور که دارای نقشه راه بودند مورد بررسی دقیق قرار گرفتند.

۲- جهت مطالعه نقشه راه فناوری های مرتبط با انرژی زمین گرمایی، کشورهای استرالیا و ایسلند انتخاب شده و مورد بررسی قرار گرفتند.

۳- نقشه راه توسعه انرژی زمین گرمایی هر کشور، خاص آن کشور بوده و بر اساس نیازمندیها و پتانسیل موجود آن کشور، تهیه و تدوین شده است.

۴- بازه زمانی ارائه شده جهت نقشه راه توسعه بهره برداری از انرژی زمین گرمایی در کشورهای مختلف، بسیار متفاوت می باشد به طوری که آنها را می توان به بازه های زمانی کوتاه مدت، متوسط مدت و بلند مدت، تقسیم بندی نمود.

۵- کوتاه ترین بازه زمانی برای یک نقشه راه، دو سال و بلند ترین آن ۴۰ ساله می باشد. همچنین بر اساس مطالعات انجام شده، سال پایانی هیچیک از کشورها فراتر از سال ۲۰۵۰ نمی باشد.

۶- برخی از کشورها مانند ایسلند، نقشه راه توسعه بهره برداری از منابع انرژی زمین گرمایی، نهایی و اجرا شده است و آنها برنامه ای برای ارائه نقشه راه جدیدی نیز ندارند.

۷- در بسیاری از کشورهای پیشرو در خصوص فناوری های مرتبط با انرژی زمین گرمایی، بررسی و تحقیق در خصوص تولید برق از منابع زمین گرمایی پیشرفته (EGS) در دستور کار قرار گرفته است.

۹- برخی کشورها مانند چین که فاقد منابع حرارت بالا هستند، توسعه فناوری های مرتبط با انرژی زمین گرمایی با هدف صادرات فناوری، مد نظر قرار گرفته است.

۱۰- در نقشه راه توسعه بهره برداری از منابع انرژی زمین گرمایی همه کشورها، کاربرد مستقیم این انرژی مد نظر قرار گرفته است.

۱۱- در اکثر کشورها، در نقشه راه توسعه بهره برداری از منابع انرژی زمین گرمایی، ملاحظات زیست محیطی، اشتغال زایی، آموزش همگانی و ترویج استفاده از این منبع انرژی مورد توجه قرار گرفته است.

مراجع

— Reference

- Al-Dayel M.: Geothermal resources in Saudi Arabia, *Geothermics*, 1988, 17(2-3), pp. 465 – 476.
- Aligan, M.: Opportunities for Direct Use of Geothermal Resources in the Bicol Region, Philippines, *Proceedings, World Geothermal Congress* (2010).
- -ARENA (Australian Renewable Energy Agency), (2012). “Consultation Draft of the General Funding Strategy.” Accessible online at: <http://www.arena.gov.au/documents/funding-strategy/consultation-draft-general-funding-strategy>.
- Augustine, C., Jefferson, T., and Anderson, B. (2003), "A comparison of geothermal with oil and gas well drilling costs," *Proceedings, Thirty-First Workshop on Geothermal Reservoir Engineering, Stanford University, Stanford, California, SGP-TR-179*.
- Blankenship, D.A., Mansure, A.J., and Finger, J.T., 2007. *Drilling and Completions Technology for Geothermal Wells*. In *Proceedings Geothermal Resources Council Transactions* vol 31.
- Built and Circulated, 2010. *Geothermal Energy in China: Past and Future*, 395- 418, Geological Publishing House.
- Bustamante, C. (2000). PNOG Geothermal Projects: A Holistic Approach to Environmental Management, *World Geothermal Congress 2000, Kyushu, Japan*, pp. 539-543.
- CFE, 2010: Statistics section of the public website of the Comisión Federal de Electricidad, Mexico. Website: <http://www.cfe.gob.mx>. Date: December 27, 2010.
- Cappetti, G. Romagnoli, P. and Sabatelli, F. (2010) Geothermal electricity: country update report. *Proceedings World Geothermal Congress, Bali, Indonesia, April 25-30*.
- Dolor, F. M. (2005). Phases of Geothermal Development in the Philippines. *Proceedings, Workshop for Decision Makers on Geothermal Projects and their Management. Naivasha, Kenya, November 14-18, 2005*.

- Enrico, B., Stefano, B., Fabio, M., THE ITALIAN GEOTHERMAL DATABASE. World Geothermal Congress 2000, Kyushu - Tohoku, Japan, May 28 - June 10, 2000.
- Gunerhan, G. G., Kocar, G. and Hepbasli, A. (2001). Geothermal energy utilisation in Turkey. *International Journal of Energy Research*, V. 25, N.9, pp.769-784
- Gutiérrez-Negrín, L. C. A. (2012) Update of the geothermal electric potential in Mexico. *Geothermal Resources Council Transactions*, Vo. 36, pp671-677.
- Gutiérrez-Negrín, L.C.A., Maya-González R., and J.L. Quijano-León, 2010: Current Status of Geothermics in Mexico. *Proceedings of the World Geothermal Congress 2010*, Bali, Indonesia, 25-29 April 2010, 11 pp.
- Habermehl, R. and Pestov, I., 2002. Geothermal resources of the Great Artesian Basin, Australia. *GHC Bulletin*, Vol 23(2), pp20-26.
- Huang Shangyao, Wang Jun, Wang Jiyang. The classifying of geothermal zones and modelling of geothermal field, *Hydrogeology and Engineering Geology*, 5, (1983), 22-26.
- José Luis Quijano-León and Luis C.A. 30 Years of Geothermal-Electric Generation in Mexico. *Gutiérrez-Negrín Comisión Federal de Electricidad*, Morelia, México
- Lin, W., Liu, Z., Ma, F., Liu, C. and Wang, G.: "An Estimation of HDR Resources in China's Mainland," *Acta Geoscientica Sinica*, 33(6): 1-5, 2012.
- Lund, J.W., Bloomquist, R.G., Boyd, T.L., Renner, J., 2005. The United States of America country update. In: *Proceedings of the World Geothermal Congress 2005*, 24-29 April 2005, Antalya, Turkey, 19 pp.
- Montemaggi, M., Romagnoli, P. and Bertani, R. (2013) Geothermal power generation for Italy. *Proceedings European Geothermal Conference*, Pisa, Italy, June 3-7.
- Otero-Solís, P., 2009: Personal communication on geothermal wells drilled in Mexico in 2004-2008.
- Phillips, B. R., Ziagos, J., Thorsteinsson, H. and Hass, E. (2013), —A Roadmap for Strategic Development of Geothermal Exploration Technologies, || *Proceedings, Thirty-Eighth Workshop on*

Geothermal Reservoir Engineering, Stanford University, Stanford, California, February 11-13, 2013, SGP-TR-198.

-Rehman, S. "Saudi Arabian Geothermal Energy Resources -an Update". Proceedings, World Geothermal Congress 2010.

-Simsek, S, Mertoglu, O. Bakir, N., Akkus, and Aydogdu, O.. Geothermal energy utilization, development and projections-Country update report (2000-2004) of Turkey. Proceedings World Geothermal Congress 2005. R-0126, (Ed.R.Horne&E.Okandan) ISBN 975-98332-0-4, Antalya-Turkey.

-Welch, P., Boyle, P., Murillo, I. and Sells, M.(2011):Construction and Startup of Low Temperature Geothermal Power Plants. Geothermal Resources Council Transaction, 35, 1351-1356.

-Yanagisawa, N., Sasaki, M., Sugita,H., Muraoka, H., Sato, M. and Osato, K. (2013) Scale and corrosion of binary system using hot spring water. Proceedings of the 10th Asian Geothermal Symposium, 105-112.

-Yanagisawa, N.(2013) : Geothermal development progress in Japan after earthquake, 2011. Australian Geothermal Energy Conferences. Brisbane, Australia, 14-15 November 2013.

-<http://www.europeanenergyforum.eu/archives/european-energy-forum/renewable-energy-matters/visit-of-the-larderello-geothermal-field>.

-<http://www.renewableenergyworld.com/rea/news/article/2014/07/geothermal-energy-to-become-next-new-source-of-china-renewable-growth>

فهرست مطالب

۱	۱- مقدمه
۲	۲- حفاری چاه
۶	۲-۱- مقررات
۶	۲-۲- دستورالعمل ها
۶	۲-۳- انحراف از مقررات
۷	۲-۴- مسائل کلی عملیات حفاری
۹	۲-۵- وظایف سرچاه
۹	۲-۵-۱- قبل از جابجایی دکل و شروع حفاری
۹	۲-۵-۲- حفاری
۱۱	۲-۵-۳- هنگام راندن لوله های جداری
۱۲	۲-۵-۴- برپایی تاج چاه
۱۲	۲-۵-۵- هنگام انجام عملیات مانده یابی
۱۲	۲-۵-۶- هنگام فوران چاه
۱۳	۲-۵-۷- هنگام انتقال دکل
۱۳	۲-۵-۸- قبل از شروع حفاری
۱۴	۲-۵-۹- عملیات تکمیل چاه
۱۴	۳- وسایل جلوگیری از فوران چاه و آزمایش فشار آنها
۱۴	۳-۱- کنترل وسایل
۱۴	۳-۱-۱- وسایل جلوگیری از فوران چاه
۱۵	۳-۱-۲- چندراهه و خطوط کشتن چاه

۱۶	۳-۱-۳- بازرسی وسایل و فوران گیرها
۱۸	۳-۱-۴- بازرسی سیستم هوا
۱۸	۳-۱-۵- بازرسی سایر وسایل
۱۸	۳-۲- وسایل جلوگیری از فوران چاه (فوران گیرها)
۱۹	۳-۳- وسایل کمکی کنترل چاه
۲۱	۳-۴- نگهداری و تعمیر فوران گیرها
۲۱	۳-۵- تصاویری از فوران گیرها
۲۱	۳-۶- مشخصات چوک ها و وسایل شبکه کاهنده
۲۳	۳-۷- چندراهه لوله ایستا و خطوط کشتن چاه
۲۳	۳-۸- بازرسی و آزمایش فشار فوران گیرها
۲۵	۳-۹- کنترل چاه
۳۴	۴- وسایل تاج چاه
۳۴	۴-۱- وسایل آویز و آکند لوله های جداری
۳۴	۴-۱-۱- وسایل آویز و آکند نوع "CA"
۳۴	۴-۱-۲- وسایل آویز و آکند نوع "AW"
۳۵	۴-۱-۳- وسیله آویز نوع "WC" و وسیله آکند نوع "WC"
۳۵	۴-۲- وسایل ثانویه آکند لوله های جداری
۳۵	۴-۲-۱- وسیله آکند نوع ایکس
۴۱	۴-۲-۲- پی - سیل (پی سیل دوتایی)
۴۲	۴-۲-۳- فلنج های تبدیل حد فاصل
۴۳	۴-۳- نگهداری و تعمیر شیر توپی کمرون در هنگام انجام عملیات حفاری
۴۴	۴-۴- شیرهای دروازه ای - نگهداری و تعمیر آنها

- ۴۴ ۴-۴-۱- شیر دروازه ای "F" کمرون
- ۴۶ ۴-۴-۲- شیرهای دروازه ای نیومان - مکووی - نگهداری و تعمیر آنها
- ۴۷ ۴-۴-۳- شیرهای دروازه ای نوع WKM - نگهداری و تعمیر آنها
- ۴۸ ۴-۵- جهت شیرهای جانبی، زانوی تولید و دسته شیرهای تاج چاه
- ۴۸ ۱-۴-۵- شیرهای جانبی فضاهای حلقوی (ماسوره های سرلوله جداری)
- ۴۹ ۴-۵-۲- زانوی تولید
- ۴۹ ۴-۵-۳- دسته شیرهای تاج سرچاه
- ۴۹ ۴-۵-۴- شیرهای جانبی ماسوره های "رشته تولید"
- ۴۹ ۴-۶- مراقبت از وسایل تاج چاه هنگام عملیات اسید کاری
- ۵۰ ۴-۶-۱- شیرهای تویی
- ۵۰ ۴-۶-۲- شیرهای دروازه ای
- ۵۰ ۴-۶-۳- کلیات
- ۵۰ ۴-۷- وسایل لازم برای سرویس قسمت های مختلف چاه
- ۵۱ ۴-۸- مشخصات وسایل چاه
- ۵۱ ۵- متعلقات لوله جداری، راندن و سیمان کردن و آویزان کردن لوله جداری و حفاری سیمان و کفشک
- ۵۱ ۵-۱- لوله جداری سطحی ۱۸-۵/۸ یا ۳/۸ - ۱۳
- ۵۲ ۵-۲- لوله جداری میانی
- ۵۲ ۵-۲-۱- لوله جداری ۳/۸ - ۱۳ یا ۵/۸ - ۹
- ۵۴ ۵-۲-۲- طوقه سیمانکاری دو مرحله ای DV collar
- ۵۴ ۵-۳- لوله جداری تولید
- ۵۴ ۵-۳-۱- لوله جداری ۵/۸ - ۹ ، ۷ و ۵
- ۵۶ ۵-۳-۲- لوله های آستری

۵۸	۴-۵- لوله های جداری گیرکرده و ضرایب اطمینان
۵۸	۴-۵-۱- ضرایب اطمینان طراحی لوله های جداری
۵۹	۲-۴-۵- قدرت برخی از دکلهای حفاری موجود در ایران
۶۰	۵-۵- اسیدکاری
۶۰	۱-۵-۵- مسئولیت ها
۶۰	۲-۵-۵- پیش بینی وسایل لازم در محل
۶۱	۳-۵-۵- افراد
۶۱	۴-۵-۵- وسایل
۶۱	۶- گشتاور پیچشی و اطلاعات فنی لازم
۶۱	۱-۶- رزوه هشت دور
۶۲	۲-۶- لوله جداری با رزوه باترس
۶۳	۳-۶- لوله جداری نوع Armco seal lock
۶۴	۷- مانده گیری (Fishing)
۶۵	۱-۷- راهنمایی های عملیاتی
۷۰	۸- فشار دالیزی Annulus Pressure
۷۰	۱-۸- کنترل کردن فشار دالیزها
۷۰	۲-۸- تعیین منبع ایجاد فشار در دالیزها
۷۱	۹- اندازه گیری وسایل رانده شده به داخل چاه
۷۱	۱-۹- وسایل لازم در سر چاه
۷۲	۱۰- ابزار چاه پیمایی و نمودارگیری سیمی
۷۲	۱-۱۰- مقدمه - آشنایی با ابزار نمودارگیری
۷۲	۲-۱۰- دستورات عملیاتی

۷۶	۱۰-۳- حد اقل وزن لازم برای کشیدن کابل از میان جعبه آب بندی
۷۷	۱۰-۴- وزن کابل ها و حد مقاومت کششی آنها
۷۸	۱۱- ایمنی
۷۸	۱۱-۱- حفاظت افراد
۷۹	۱۱-۲- جلوگیری از آتش سوزی
۸۱	۱۱-۳- ایمنی افراد
۸۳	۱۱-۴- کمکهای اولیه
۸۳	۱۱-۵- مسائل ایمنی مربوط به وسایل دکل
۸۶	۱۲- گل حفاری
۸۶	۱۲-۱- مواد گل لازم برای حفاری سازندهای سطحی
۸۶	۱۲-۲- جلوگیری از هرزروی گل
۸۷	۱۳- زمان و هزینه حفاری
۸۷	۱۳-۱- تجزیه زمانبندی حفاری
۹۴	۱۳-۲- هزینه روزانه حفاری
۱۰۳	۱۴- تحویل چاه
۱۰۳	۱۴-۱- تحویل چاه به ناظر فنی جانشین
۱۰۳	۱۴-۲- تحویل چاه به بهره برداری
۱۰۴	مراجع
-	پیوست ها

فهرست اشکال

۵

شکل (۱-۲) - نمایی از یک دکل حفاری

۸۷

شکل (۱۳-۱) - تقسیم بندی زمان و هزینه حفاری

فهرست جداول

۳۲	جدول (۱-۳) - فشار لوله های حفاری (پام) در اعماق مختلف
۳۳	جدول (۳-۲) - ظرفیت لوله های حفاری با قطرهای مختلف
۳۴	جدول (۴-۱) - حداقل وزن لازم برای استفاده از وسیله آویز و آکند نوع سی-ا (پوند)
۳۵	جدول (۲-۴) - حداکثر فشار مجاز با لوله های جداری ۳/۸ - ۱۳ اینچ
۳۷	جدول (۳-۴) - حداکثر فشار مجاز برای آزمایش آکند - ایکس
۳۸	جدول (۴-۴) - ارتفاع گردن لوله جداری که باید برای آکند "ایکس" بریده شود
۳۹	جدول (۴-۵) - اندازه فلنج های مورد نیاز برای لوله های جداری مختلف
۴۰	جدول (۴-۶) - ابعاد مواد پلاستیکی لازم برای آکند کردن لوله های مختلف
۴۵	جدول (۷-۴) - مقادیر لازم برای گریس کاری کامل یک شیر
۴۷	جدول (۸-۴) - مقادیر تقریبی گریس برای پرکردن گریس خور بدنه شیر
۵۹	جدول (۵-۱) - قدرت دکل ها و کابل
۶۲	جدول (۶-۱) - مقادیر گشتاور پیچشی برای سفت کردن لوله جداری با رزوه هشت دور
۶۳	جدول (۲-۶) - مقادیر گشتاور پیچشی برای لوله های جداری با رزوه وم
۶۴	جدول (۳-۶) - مقادیر گشتاور پیچشی برای لوله های جداری "HFJ"
۶۴	جدول (۶-۴) - مقادیر گشتاور پیچشی برای لوله های جداری "HEU"
۶۴	جدول (۶-۵) - مقادیر گشتاور پیچشی برای لوله های جداری "EL"
۶۷	جدول (۷-۱) - مشخصات لوله های وزنی
۶۹	جدول (۷-۲) - جدول تعیین مقدار کشش
۶۹	جدول (۷-۳) - مقدار گشتاور پیچشی چپ گرد برای لوله های حفاری
۷۶	جدول (۱-۱۰) - حداقل وزن لازم برای کشیدن کابل از میان جعبه آب بندی

۷۷	جدول (۱۰-۲) - وزن کابل ها و مقاومت کششی آنها
۷۷	جدول (۱۰-۳) - نمودارهای الکتریکی
۸۴	جدول (۱۱-۱) - خطرات گاز H ₂ S
۱۰۰	جدول (۱۳-۱) - قیمت مته های معمولی
۱۰۲	جدول (۱۳-۲) - قیمت مته های الماس

۱- مقدمه

پس از انجام اکتشافات اولیه در مناطق زمین گرمایی و تعیین محل حفر چاه اکتشافی، قدم بعدی جهت شناخت و استفاده از مخزن زمین گرمایی، حفر چاه است. در حقیقت تمامی روش های اکتشافی که مطرح شدند، به طور غیر مستقیم، اطلاعاتی را از مخزن زمین گرمایی ارائه می دهند و تنها روشی که به کمک آن می توان مستقیماً مخزن را مورد بررسی قرار داد، حفاری است. این مرحله از اکتشافات پرهزینه ترین بخش اکتشاف و کاربرد منابع زمین گرمایی هیدروترمال می باشد.

حفاری دورانی متداول ترین روش حفاری می باشد که دارای انواع گوناگونی است که هر یک مزایا و معایب خاص خود را دارد. در این روش، مته حفاری که اغلب از سه مخروط مشابه تشکیل شده است، به وسیله نیروی اعمال شده توسط الکتروموتورهای بسیار قوی و نیز یک لوله تو خالی سنگین و لوله های حفاری، با حرکت دورانی خود سنگ ها را سوراخ نموده و به پایین حرکت می کند. در این روش، برای خنک نمودن مته از سیال حفاری استفاده می شود که با تجهیزات خاصی از درون لوله حفاری به مته هدایت شده و از داخل مته خارج می گردد و مته را خنک نموده و خرده سنگ های ایجاد شده را به بالای چاه هدایت می کند. در این روش حفاری، از سطح به عمق مرتباً از قطر چاه کاسته شده و لوله های جداری نازک تر می شوند. آخرین لوله ای که داخل مخزن قرار داده می شود دارای شیارهای باریک قائمی است که سیال چاه از طریق این شیارها به سطح زمین هدایت می شود.

۲- حفاری چاه

پس از مطالعات مختلف زمین‌شناسی و انجام آزمایش‌های متفاوت بر روی نمونه‌های سنگ‌ها و اعمالی نظیر ژئوفیزیک، زمین‌شناسان به وجود منابع زمین‌گرمایی در یک محل پی می‌برند. سپس با توجه به موقعیت محل و بررسی تمام جوانب، حفاری در آن منطقه شروع می‌گردد. بدیهی است در حوزه‌های شناخته شده با در نظر گرفتن برنامه توسعه‌ای و حدود منابع زیرزمینی اقدام به حفر چاه‌های جدید می‌گردد.

معمولاً چاه‌هایی که قبل از تثبیت وجود منابع حفر می‌گردند به نام چاه‌های اکتشافی معروفند (Exploration well). حفاری چاه‌های اکتشافی معمولاً با دقت بیشتری نسبت به حفر یک چاه در محل شناخته شده صورت می‌گیرد و خود دلایل بسیار دارد که مهمترین آن ناشناخته بودن وضع لایه‌های زیرزمینی در حوزه جدید می‌باشد. در حین حفر این نمونه چاه‌ها و حتی پس از اتمام حفاری سعی می‌گردد که حتی الامکان اطلاعات بیشتری (و با دقت بیشتر) کسب گردد چرا که اعمال بعدی که در این چنین حوزه‌های صورت می‌گیرد این اطلاعات را به عنوان مبنا در پیش خود دارد.

پس از کسب اطلاعات و به نتیجه رسیدن حفاری‌های اولیه و در جهت مشخص کردن محدوده مخزن زمین‌گرمایی و بررسی بیشتر بر روی لایه‌های زیرزمینی حوزه جدید، چاه‌های توصیفی (Deleneation well)، در محل‌های محاسبه شده‌ای حفر می‌گردند. سپس با توجه به وسعت میدان حجم مورد بهره برداری طی محاسبات دقیق وسایل لازم برای تولیداز منطقه تأسیس گردیده و با برنامه ریزی حساب شده‌ای در حفر چاه‌های توسعه‌ای (Development well) اقدام می‌گردد.

لازم به یادآوری است که تمامی چاه‌هایی که حفر می‌گردند در جهت استخراج نمی‌باشد. بلکه با اهداف متفاوت دیگری نیز چاه حفر می‌گردد. چاه‌های دفعی (Disposal well)، چاه‌های تزریقی آب (Injection well)، و حتی در بعضی موارد چاه‌های مشاهده‌ای (Observation well) و غیره).

در حال حاضر اکثراً عملیات حفاری با مته صورت می‌گیرد و قطعات جدا شده از لایه‌های در تماس با مته توسط سیالی که در چاه به دوران آورده می‌شود از چاه خارج می‌گردند. عمدتاً انتخاب مته بر اساس جنس سازند تعیین می‌گردد.

با مشخص کردن محل برای حفاری، دکل حفاری (Drilling Rig)، با تمامی تجهیزات اعم از پمپ‌ها، لوله‌های حفاری و غیره به آن مکان انتقال داده می‌شود. دکل و کلیه وسایل به طریقی که جهت حفاری لازم است در محل تعبیه می‌گردند و سپس حفاری آغاز می‌گردد.

در شروع حفاری از مته‌های بزرگ استفاده می‌گردد و به مرور که عمق چاه افزوده می‌گردد با در نظر گرفتن وضع لایه‌ها و موقعیت چاه از مته‌هایی با اندازه کوچکتر نیز استفاده می‌گردد. جهت انجام عمل مته به انتهای لوله حفاری (Drill pipe)، بسته شده و تحت فشار به دوران آورده می‌شود. این فشار و دوران باعث می‌شود که سنگ‌های موجود در زیر مته خرد و کنده شوند. (لازم به ذکر است که مته‌ها خود نیز انواع متفاوت دارند که با توجه به جنس سنگ و موقعیت محل حفاری مورد نظر و اینکه کدامیک بهتر جوابگو خواهد بود مورد استفاده قرار می‌گیرند). ذرات کنده شده توسط گل حفاری (Drilling mud) که در حین عمل دائماً در چاه در حال دوران و گردش است (Circulation)، به خارج از چاه آورده می‌شود. این گل حفاری از بالای چاه و از درون لوله حفاری به داخل چاه به طور مدام پمپ می‌گردد و از مجرای موجود در مته عبور کرده و از مسیر پشت لوله حفاری و دیواره چاه مجدداً به بالای چاه برمی‌گردد که در این بالا آمدن ذرات کنده شده را نیز به همراه خود می‌آورد. (گل حفاری فقط این مصرف را ندارد، بلکه در سرد کردن خود مته و نیز کنترل فشار چاه نقش عمده‌ای را دارد). به مرور که چاه عمیق می‌شود به طول لوله حفاری افزوده می‌گردد و عمل ادامه می‌یابد. (گل حفاری همچنین در ثابت نگهداشتن دیواره چاه بی تأثیر نیست).

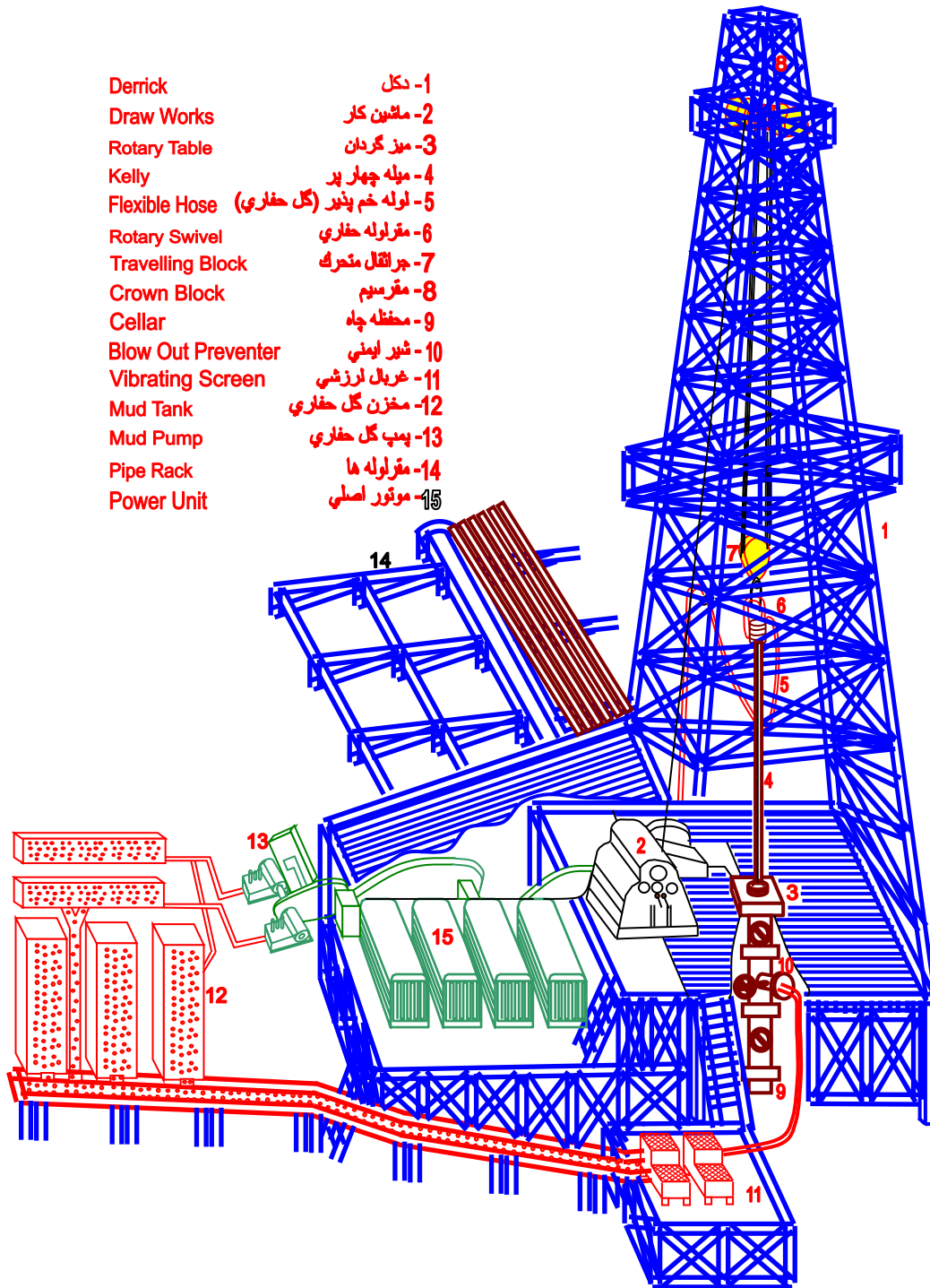
همزمان با ادامه حفاری بر روی دیواره چاه نیز پوشش فلزی (Casing)، تعبیه می‌گردد. این عمل با توجه به موقعیت لایه در حین حفاری وضع چاه نیز صورت می‌گیرد و برای انجام آن لازم است که موقتاً عمل حفاری قطع گردیده و پوشش مورد نظر کار گذاشته شده و سپس حفاری ادامه یابد. به پشت این لوله پوششی نیز سیمان پمپ می‌گردد و جنس و اندازه آن بستگی به موقعیت چاه و قطر آن در همان شرایط به خصوص دارد. (این لوله برای جلوگیری از ریزش دیواره چاه، قطع ارتباط بین لایه‌ها از داخل چاه و همچنین بهتر به کنترل در آوردن چاه تعبیه می‌شود).

در حین حفاری از سنگ لایه‌ها برای مشخص کردن جنس و موقعیت‌های دیگر آنها نیز نمونه برداری می‌گردد، ممکن است که از ذرات بالا آورده شده توسط گل حفاری (Cuttings) نمونه بردای شود و یا ممکن است که نمونه‌گیری به صورت درآوردن مغزه (Core) باشد.

وزن و جنس گل حفاری با توجه به عمق چاه و فشار داخلی آن و موقعیت مخصوص حین عمل، نیز تعویض می گردد که خود یکی از موضوعات بسیار مهم عمل حفاری می باشد.

به هر حال و بدین صورت حفاری تا عمق نهائی مورد نظر ادامه می یابد و با کارگزاردن لوله های Liner (در حقیقت جداره پوششی که تمام دیواره چاه را فرا نمی گیرد و فقط فاصله محدودی را با توجه به موقعیت چاه می پوشاند و تاسرچاه ادامه ندارد) کار رو به اتمام می رود. لازم به تذکر است که انجام عمل حفاری با دقت و احتیاط و در حضور شیرهای ایمنی به خصوص B. O. P صورت می پذیرد. بعضی مواقع قسمت تولیدی چاه بادر نظرگرفتن موقعیت محل بدون پوشش فلزی (open hole) تکمیل می گردد.

پس از حفر و تکمیل چاه دکل حفاری انتقال می یابد و پس از آن می بایست انجام هر عمل دیگری با نظارت مهندسی بهره برداری صورت گیرد. احیاناً اگر چاه به جهاتی احتیاج به مرمت و یا تعمیر داشته باشد، در اغلب موارد مجدداً می بایست از دکل حفاری استفاده نمود که این مورد نیز برنامه ریزی خاص خود را دارد. در شکل (۱-۲) نمایی از یک دکل حفاری دیده می شود.



شکل (۱-۲) - نمایی از یک دکل حفاری

در ادامه اطلاعاتی در خصوص مقررات حفاری آورده شده است:

۱-۲- مقررات

مقررات به صورت دستوراتی می باشند که در این گزارش به آنها اشاراتی شده است.

۲-۲- دستورالعملها

دستورالعملها و توصیه های لازم برای هرچه صحیح تر و ایمن تر انجام دادن کارها نیز نوشته شده است. اگرچه توصیه ها به صورت مقررات نمی باشند اما آنها نیز برای بهتر و ایمن تر انجام شدن کار می باشند. برای انجام شدن کار به بهترین وجه، باید به کلیه مقررات، دستورالعملها و توصیه های این کتاب عمل شود.

۳-۲- انحراف از مقررات

برای جلوگیری از انجام شدن عملیاتی که ناشی از عدم تشخیص صحیح و آگاهی از مقررات باشد و انجام کلیه عملیات حفاری بر طبق اصولی ترین مقررات و مشخص کردن حدود و انحرافات الزامی از مقررات، این حدود مشخص شده اند. بنابراین کلیه انحرافات الزامی از مقررات باید در محدوده مشروحه زیر باشد:

۱- کلیه انحرافات الزامی از مقررات ذکر شده در کتاب "مقررات حفاری چاهها" (Drilling Well Control Policy) باید با اجازه کتبی رئیس قسمت عملیات اداره کل حفاری یا رئیس اداره کل حفاری صورت بگیرد.

۲- در صورت حضور ناظر فنی در محل چاه در صورت الزام برای نادیده گرفتن مقررات مربوط به کنترل چاه باید اجازه شفاهی از رئیس عملیات حفاری ناحیه توسط شخص ناظر فنی گرفته شود و در این صورت ناظر فنی باید در گزارش نیم روز حفاری (IADC Report) حدود انحراف از مقررات و دلایل آن و نام شخص اجازه دهنده را منعکس نماید. ناظر فنی باید زیر این قسمت را امضاء کرده و روز و ساعت آنرا نیز مشخص کند.

۳- در شرایطی که ناظر فنی در محل چاه حضور نداشته باشد، شخصی که از طرف شرکت کارفرما در محل چاه حاضر می باشد باید با شرکت پیمانکار تماس گرفته و از داده شدن اجازه انجام عملیات الزامی از طرف یک شخص مسئول مطمئن شود. رئیس چاه باید جزئیات این عملیات را در گزارش نیم روز حفاری منعکس نماید.

۴- در صورتی که افراد مربوط به شرکت پیمانکار از انجام این نوع انحرافات الزامی از مقررات حفاری خودداری نمایند، باید بلافاصله با افراد مسئول خود در مرکز تماس گرفته و آنها نیز از طریق افراد مسئول در اداره کل حفاری مسئله را روشن نمایند.

۵- در صورتی که افراد مربوط به شرکت پیمانکار از انجام این نوع انحرافات الزامی از مقررات حفاری خودداری نمایند، باید بلافاصله با افراد مسئول خود در مرکز تماس گرفته و آنها نیز از طریق افراد مسئول در اداره کل حفاری مسئله را روشن نمایند.

۲-۴- مسائل کلی عملیات حفاری

همانطوری که در اکثر کشورهای دارای عملیات حفاری ثابت شده است، وجود یک ناظر فنی (Drilling Superintendent) به صورت ۲۴ ساعته برای نظارت بر بهتر انجام شدن عملیات حفاری و کاهش مخارج بسیار مؤثر و لازم می باشد.

یک "ناظر فنی" که برای برآوردن هدف های فوق به دکل حفاری اعزام می شود باید دقیقاً اهداف حفاری آن چاه را بداند. او باید کلیه نکات ذکر شده در برنامه چاه را درک کرده و بهترین و اقتصادی ترین روش ها را برای رسیدن به مقصود در پیش گیرد. نتایج به دست آمده در هر مرحله از عملیات، و در هر مرحله از رسیدن به اهداف نهائی باید اساس برنامه های بعدی چاه قرار بگیرد. ناظر فنی با انجام عملیات و گزارش آنها و بحث و بررسی کارهای انجام شده با رئیس عملیات و دادن پیشنهادات برای بهتر انجام شدن کارها می تواند مؤثرترین فرد در انجام کلیه عملیات حفاری باشد. رئیس چاه (Tool Pusher) بر اثر گرفتاری ها و وظایف خاص خود که باید بر روی دکل انجام بدهد کمتر فرصت مطالعه و بررسی راه های پیشبرد بهتر عملیات را دارد و بنابراین از پیشنهادات سازنده ناظر فنی برای بهتر انجام شدن کارها استقبال خواهد کرد.

ناظر فنی با موقعیت و فرصتی که بر روی چاه دارد می‌تواند در کارکنان دکل فکر بهتر انجام شدن کارها را القاء نماید. کلیه کارکنان دکل می‌توانند به صورت بسیار مؤثر در بهتر انجام شدن عملیات حفاری شرکت نمایند. هر یک از کارکنان دکل مسئول انجام وظایف محوله به خود می‌باشند و نباید این تصور پیش بیاید که تنها رؤسای دکل مسئول بهتر و با صرفه تر انجام شدن کارها هستند.

گلشناسان مسئول هزینه گل حفاری می‌باشند. آنها باید سعی نمایند که گل‌های لازم برای حفاری چاه را با حداقل مخارج تهیه نمایند. به همین ترتیب سایر افراد مسئول دکل (برقکار، مکانیک و غیره) نیز مسئول نگهداری و استفاده صحیح از وسایل و موتورهای مربوط به کار خود می‌باشند تا مخارج آنها را به حداقل ممکن کاهش دهند. از بین نرفتن یک کیسه از مواد گل، صدمه ندیدن یک لوله حفاری یا لوله جداری، به هدر نرفتن چند بشکه گازوئیل و رعایت بسیاری موارد شبیه به اینها می‌تواند در تقلیل هزینه حفاری یک چاه بسیار مؤثر واقع شود. در ذیل بعضی از مهمترین نکات مربوط به عملیات حفاری را جهت آگاهی متذکر می‌شویم:

- ۱- کاملاً با سازمانی که عملیات حفاری را انجام می‌دهد آشنا شده و مقررات آنرا مطالعه نمائید.
- ۲- از مشخصات فنی مربوط به دکل‌ها و وسایل شرکت ملی حفاری مطلع باشید.
- ۳- برنامه حفاری چاه را دقیقاً مطالعه کرده و مطمئن شوید که وسایل لازم برای هر مرحله از عملیات از قبل پیش بینی شده باشند.
- ۴- رعایت مسائل ایمنی در درجه اول اهمیت قرار دارند. هنگام استفاده از "فورانگیرها" ریسک نکنید. شخصاً کلیه مراحل آزمایش فشار آنها را از نزدیک نظارت نمائید. کلیه نواقص را گزارش کرده و به هیچ وجه اجازه ندهید که با وسایل ناقص و یا دارای اشکال به عملیات ادامه داده بشود.
- ۵- انجام کلیه کارها را از قبل برنامه ریزی نمائید. برنامه راندن لوله‌های جداری، سیمانکاری و آزمایش فشار آنها را دقیقاً مطالعه نمائید. مطمئن شوید که کلیه افراد دکل به مسئولیت‌ها و کارهای محوله به خود آگاهی داشته باشند.

۶- کلیه وسایل مربوط به شرکت ملی حفاری و همچنین شرکت ملی نفت را مرتباً بازرسی کرده و از آماده به کار بودن آنها در هر شرایط مطمئن شوید.

۷- کلیه گزارشات را هر روزه منعکس نموده و در پرونده مربوطه بایگانی نمایید. در دادن گزارش‌ها دقیق و امین باشید.

۸- به هزینه انجام عملیات دقت نمایید. کنترل دقیقی بر روی مخارج روزانه داشته و آنها را در حساب‌های مخصوص به هر قسمت منعکس کنید.

۵-۲- وظایف سرچاه

نماینده اداره حفاری (ناظر فنی) باید به صورت ۲۴ ساعته در محل چاه حاضر بوده و بر کلیه مسائل عملیاتی نظارت کامل داشته باشد. وظایف و مسئولیت‌های ناظر فنی در مراحل مختلف حفاری چاه عبارتند از:

۱-۵-۲- قبل از جابجایی دکل و شروع عملیات

- بررسی جاده چاه، حوضچه گل حفاری، لوله آتش و حوضچه آتش، لوله آب و منبع آب. محل چاه از نظر مسطح بودن و شن ریزی شدن، جایگاه سیمانی دکل و متعلقات آن و حوضچه چاه (Celler) و لوله هادی (Conductor Pipe) را قبل از انتقال دکل بررسی نموده و نواقص را گزارش و برای رفع آنها پیگیری نمایید.

- آبیگری کامل مخازن به مقدار کافی قبل از شروع حفاری (Spud) باید صورت گرفته و برای این منظور پمپ آب را در محل خود مستقر کرده و لوله انتقال آب را آزمایش فشار نمایید.

- در حفاری محل کلی (Rate Hole) و چاهک اتصال (Mouse Hole) نظارت کامل داشته و به ریزش سطحی زمین در این چاهک‌ها دقت نمایید. همچنین شروع حفاری چاه سطحی را دقیقاً کنترل و از مستقیم بودن آن مطمئن باشید. برای شروع حفاری از گلی با حداقل غلظت ۶۰ ثانیه / کوارت استفاده نمایید.

- اداره ایمنی و آتش نشانی را از شروع عملیات حفاری باخبر سازید.

۲-۵-۲- حفاری

در هنگام حفاری موارد زیر به صورت مرتب باید کنترل شوند:

- کلیه مواد و وسائل لازم باید به صورت روزانه کنترل شده و کمبودها سفارش داده شوند. به هیچ وجه نباید سفارشات را به صورت هفتگی انجام داد.

- گزارشات روزانه را دقیقاً و مرتب تهیه و همچنین بایگانی نمایید.

- فرم نمودار (منحنی های) روزانه حفاری (Totco Chart) در هر نوبت ۱۲ ساعته (Tour) کاملاً پر شده و دقت شود که کلیه قلم-های ثبات کار کرده و بر روی فرم رسم شوند.

- فرم نمودارهای حجم مخازن گل (Pit Level Charts) به صورت مرتب تعویض شده و دقت شود که نمودار بردار دقیقاً کار بکند. فرم تمرین بستن فورانگیرها (Bop Drill Report) دقیقاً پر شده و در گزارش روزانه حفاری نیز منعکس گردد.

- دقت شود که کلیه افراد مسئول و کارکنان دکل به کارهای روزانه خود مشغول بوده و تعداد آنها در گزارش روزانه عملیات حفاری منعکس گردد.

- کلیه پارامترهای حفاری طبق خواسته های برنامه چاه مرتباً کنترل شود. مانند وزن روی مته، تعداد دوران مته / دقیقه و فشار پمپ-های گل.

- مخارج روزانه حفاری از هر نظر کنترل و گزارش شود.

- برنامه گل حفاری چاه هر روزه کنترل شده و دقت کنید که خواص خواسته شده گل برای حفاری هر قسمت از چاه مطابق برنامه باشد. موجودی مواد گل با گزارش گلشناس کنترل شده و همیشه سفارش مواد استفاده شده برای نگهداری به مقدار کافی از آنها در محل باید به موقع انجام شود.

- به هدفها و برنامه های مهمی که در هر روز باید به آنها رسید و همچنین به تغییرات زمین شناسی چاه توجه شود.

- شرایط کلی دکل را در نظر داشته و تعمیرات روزانه آن برنامه ریزی شده و به موقع انجام گیرد.

- مسائل ایمنی و امنیتی دکل و محل چاه کاملاً کنترل شود. علامات رعایت مسائل ایمنی کاملاً در دید چشم باشند. دقت شود که تمرین بستن فوران گیرها (Bop Drill) طبق مقررات انجام گرفته و کارکنان دکل برای کنترل و بستن چاه در مواقع ضروری آموزش لازم را دیده باشند.

- پیشرفت روزانه عملیات منعکس شده و در صورت نیاز اگر ایده ای برای پیشرفت بهتر مشاهده می گردد با اهواز در میان گذاشته شود.

۳-۵-۲- هنگام راندن لوله های جداری

- لوله های جداری را بلافاصله پس از دریافت و چیدن در محل خود به دقت اندازه گیری نمایید. لوله ها مجدداً هنگام راندن به داخل چاه اندازه گیری شوند.
- تعداد دقیق لوله ها در آغاز و پایان راندن به داخل چاه شمارش شوند.
- تعداد لوله های رانده شده به داخل چاه و لوله های باقیمانده باید برابر تعداد کل لوله های دریافتی باشد. دقت شود که لوله ها به ترتیبی که باید به داخل چاه رانده شوند در محل خود (Pipe Racks) چیده و شماره گذاری شده باشند.
- در هنگام راندن لوله ها به داخل چاه حتماً بر روی سکوی حفاری حاضر بوده و به دقت عملیات را کنترل نمایید.
- به مقدار گشتاور پیچشی لازم برای سفت کردن لوله ها و به خصوص به لوله هایی با رزوه "وم" توجه نمایید.
- کلیه متعلقات لوله های جداری، وسایل تاج چاه، وسایل راندن لوله های جداری، سیمان، چند راهه سیمان زنی قسمت های مختلف فورانگیرها کنترل شوند. هنگام بستن و راندن کفشک، طوقه سیمانی، طوقه سیمان زنی دو مرحله ای (D.V.Collar) آویزان کننده لوله آستره و غیره دقت کافی به عمل آید.
- کلیه مراحل سیمانکاری، جابجایی سیمان و سیمانکاری فضای حلقوی از بالا (در صورت نیاز) باید از قبل برنامه ریزی بشوند.
- از کلیه سیمان هایی که به محل چاه فرستاده می شوند در اسرع وقت نمونه گرفته و برای انجام آزمایشات لازمه به قسمت گل و سیمان اداره حفاری فرستاده شوند.
- از سیمانی که به داخل چاه پمپ می شود برای ملاحظه تغییرات آن، در سرچاه نمونه گرفته شود.

- کلیه اتفاقاتی را که هنگام راندن لوله جداری و سیمان کاری آن روی می دهد گزارش کنید. (در گزارش نویسی حداکثر دقت به عمل آید) دقت کافی هنگام جابجایی سیمان به عمل آورده و از وقفه افتادن در کار کاملاً پرهیز شود. در هنگام سیمان کاری گزارش دقیقی از میزان گل گمشدگی یا افزایش گل به خصوص در لوله های آستره تهیه شود.
- هنگام آویزان کردن لوله های آستری و همچنین لوله های جداری در ماسوره سر لوله جداری دقت کافی بشود. مقدار وزن لوله جداری آویزان شده گزارش شود.
- قبل از شروع عملیات سیمانکاری کلیه مسئولیت های افراد سیمانکار را به آنها یادآوری نمایید.
- هنگام حفاری کفشک لوله جداری در پوش سنگ (ورود به داخل مخزن) شخصاً میزان گل گمشدگی یا افزایش گل را کنترل نمایید.

۴-۵-۲- برپایی تاج چاه

- قرار دادن وسائل آکند (X-Bushing) و آزمایش فشار آنها را دقیقاً کنترل کنید.
- قرار دادن مسدود کننده های "VR" در شیرهای جانبی ماسوره های سر لوله های جداری را کنترل نمایید.
- برپایی شیر فوران گیر را نظارت و در آزمایش فشار آن دقت نمایید.
- آزمایش فشار کلیه قسمت های تاج سرچاه، لوله های خروجی و لوله های کشتن چاه را از نزدیک کنترل کنید.

۵-۵-۲- هنگام انجام عملیات مانده یابی

- لیست کامل کلیه وسایل مانده یابی را با ذکر اندازه ها در دسترس داشته باشید.
- گزارش کامل اتفاقات را قبل از گذاشتن مانده در چاه و هنگام انجام عملیات مانده یابی تهیه کنید. گزارشی از دلایل گذاشتن مانده در چاه و پیشنهاداتی برای عدم اتفاق آن در آینده تهیه شود.

۶-۵-۲- هنگام فوران چاه

- هنگام برخورد با فوران چاه (Kick) کلیه مراحل مبارزه با آن به دقت انجام شود. در صورت بروز فوران خارج از کنترل حداکثر سعی در نجات جان افراد و وسایل سرچاه به عمل آید.

۷-۵-۲- هنگام انتقال دکل

- قبل از شروع انتقال دکل به ادارات ایمنی و آتش نشانی و مخابرات برای جابجایی وسائل مربوطه و بی سیم دکل خبر داده شود.
- در صورت لزوم با افراد شرکت ملی حفاری در هنگام عملیات جابجایی دکل همکاری شود.
- هنگام انتقال دکل با افراد شرکت ملی حفاری در تماس دائم بوده تا از پیشرفت کارها باخبر شوید.
- قبل از شروع حفاری (Spud) کلیه وسیال دکل از نظر ایمنی بررسی شوند.

۸-۵-۲- قبل از شروع حفاری

- کار پمپ های گل را چک کرده و از عمل کردن آنها مطمئن شوید.
- کلیه قسمت های فورانگیرها و لوله های مربوط به آنها کنترل شود.
- در انجام عملیات تمرین بستن چاه (Bop Drill) شرکت و نظارت کامل شود.
- لوله آتش کنترل و آزمایش فشار شود. (در چاه های خاص زمین گرمایی)
- از وجود مواد گل حفاری به اندازه کافی در محل چاه مطمئن شوید.
- از وجود مقدار کافی آب در محل مطمئن شوید.

- اداره ایمنی و آتش نشانی را از آمادگی برای شروع حفاری باخبر سازید.

۹-۵-۲- عملیات تکمیل چاه

- در برپایی و آزمایش فشار شیرهای بهره برداری چاه دقت کافی بشود.
- قرار دادن مسدود کننده های "VR" را در شیرهای جانبی کنترل نمائید.
- شمایی از تاج سرچاه پس از برپایی کامل آن برای گزارش تکمیل چاه تهیه کنید.
- اطلاعات زیر برای نوشتن گزارش تکمیل چاه تهیه شود:

- شمای تاج سرچاه

- گزارش لوله های جداری

- تاریخچه حفاری چاه و جزئیات مخارج آن

- وضعیت شیرهای تاج سرچاه

- شرایط حوضچه چاه (Celler) و محل چاه قبل از انتقال دکل.

- اداره ایمنی و آتش نشانی را از اتمام عملیات حفاری چاه و انتقال دکل باخبر سازید.

۳- وسایل جلوگیری از فوران چاه و آزمایش فشار آنها

۱-۳- کنترل وسایل

ناظر فنی حفاری باید وسایل جلوگیری از فوران چاه را از هر نظر کنترل و بازرسی نماید.

۱-۱-۳- وسایل جلوگیری از فوران چاه (Blowout Preventers)

- قسمت‌های خارجی، فلنچ‌ها و شیارهای رینگ گسکت‌های فورانگیرها باید بازرسی شوند.

- کوبه‌ها (Rams) بازرسی شده و از اندازه‌های مختلف آنها در محل چاه وجود داشته باشد.

- فورانگیر حلقوی بازرسی شده و وضعیت آن گزارش شود.

- فلنچ‌ها

- در هر سوار و پیاده کردن فورانگیرها، رینگ گسکت‌ها باید تعویض شوند.

- رینگ گسکت‌های مختلف در اندازه‌های متفاوت برای تمام قسمت‌های فورانگیرها، چند راهه و لوله‌های کشتن در محل چاه وجود داشته باشد.

- پیچ و مهره‌های مختلف و در اندازه‌های متفاوت برای هر قسمت فورانگیرها در محل حاضر باشد.

- در صورت لزوم در هر باز و بسته کردن، درزگیرهای کلاهدک (Bonnet Seals) تعویض گردند.

- پیچ‌های قفل کننده کوبه‌ها در هر آزمایش فشار فوران‌گیرها باید باز و بسته شده و دسته‌های بلند باز کردن و بستن به آنها متصل باشد.

۲-۱-۳- چند راهه و خطوط کشتن چاه

- فشار مجاز آنها را کنترل نمایید.

- کلیه لوله‌ها و شیرهای مربوطه باید با فشار ۵۰۰۰ پام باشند، بجز لوله‌هایی که از چند راهه خارج می‌شوند که فشار ۳۰۰۰ پام نیز کافی است.

- شیرها را از نظر باز و بسته شدن و سالم بودن کنترل کرده و دسته‌های آنها در محل مناسب نزدیک به شیر قرار داشته باشد.

- کلیه فشارسنج‌های موجود در قسمت‌های مختلف، کنترل و از کارکرد آنها اطمینان حاصل شود.

- بازرسی لوله‌های خروجی فوران‌گیرها

- کلیه خطوط مستقیم یا زاویه‌دار کنترل شوند. در محل انحنای سه راهی ته بسته (Bull Head Tees) استفاده شود. تمام محل‌های اتصال باید فلنجی یا توسط بست (Clamp) به یکدیگر متصل شوند.

- کلیه نقاط جوشکاری شده بر روی لوله‌ها کنترل شود.

- هنگام جریان چاه از طریق چوک هیدرولیکی کلیه شیرهای مسیر جریان باز می‌باشند و تنها شیر هیدرولیکی داخلی باید بسته باشد. لوله‌های خروجی فورانگیرها (Choke Lines) باید مرتباً شسته شوند تا از باز بودن آنها اطمینان حاصل گردد. چوک هیدرولیکی باید به صورت روزانه امتحان شده و همیشه در حالت باز باشد.

- لوله‌های خروجی فوران‌گیرها باید به زمین محکم شده باشند تا لرزش‌های حاصل از جریان چاه را تحمل نموده و از خم شدن آنها جلوگیری شده باشد.

- بازرسی کاهنده‌های تنظیم شونده: دو تا از این چوک‌ها لازم هستند که باید همیشه در حالت بسته باشند. قطعات یدکی آنها باید در محل وجود داشته باشد.

- بازرسی چوک هیدرولیکی تنگستون کاربیدی: جعبه کنترل این چوک باید بر روی سکوی حفاری قرار داشته باشد. و هر روز باید امتحان شوند تا از آماده بودن آن مطمئن شوید.

۳-۱-۳- بازرسی وسایل بستن فوران‌گیرها

- انباره‌ها (Accumulators): باید دارای فشار مجاز ۳۰۰۰ پام باشند. باید از ظرفیت کافی برخوردار بوده تا همزمان یک فوران‌گیر دالیزی، دو فوران‌گیر کوبه‌ای و یک شیر هیدرولیکی را با فشار حداکثر ۱۲۰۰ پام بسته و حدود ۵۰٪ از مایع داخل آنها باقیمانده باشد.

- نوع و فشار مجاز آنها کنترل شود.
- حجم کلی مخازن کنترل شود
- فشار قبل از پر شدن کنترل شود
- فشارسنج بر روی چند راهه انباره‌ها نصب گردد.
- وسایل لازم برای تأمین فشار انباره‌ها موجود باشد.
- ذخیره نیتروژن لازم برای انباره‌ها هر هفته بازرسی شود.
- شیر جداکننده موجود بر روی چندراهه انباره‌ها باید همیشه در حالت باز باشد.
- مایع هیدرولیک می‌تواند روغن هیدرولیک یا روغن مخلوط شونده با آب باشد.
- شیر موجود بین انباره‌ها و چند راهه را بازرسی کنید.

- پمپ‌ها

- پمپ‌ها را بازرسی نموده و از عملکرد آنها برای بستن فوران‌گیرها مطمئن شوید.
- نوع و فشار مجاز هر یک را کنترل نمایید.
- هوای لازم برای به کار انداختن پمپ‌ها با حداکثر میزان لازم از نظر حجم و فشار موجود باشد.
- شیرهای جداکننده باید در حالت کاملاً باز باشند.
- یک پمپ هوا با شیرهای کنترل لازمه برای تأمین فشار تا ۵۰۰۰ پام باید موجود باشد.

- تمام سیستم باید به یک فشارشکن و شیر خودکار تنظیم فشار بین صفر تا ۳۰۰۰ پام بر روی چند راهه اصلی مجهز باشد و این تنظیم کننده باید بر روی فشار ۱۵۰۰ پام لازم برای فوران‌گیرهای کمرون نوع "QRC" و "U" تنظیم بشود. هم جهت با این تنظیم کننده باید یک شیر باز شونده سریع (Quick Opening Bypass Valve) نیز وجود داشته باشد، تا بتوان در مواقع ضروری از طریق آن با فشار ۳۰۰۰ پام فوران‌گیرهای کوبه‌ای را بست. یک سیستم تنظیم کننده دیگر فشار لازم برای بستن فوران‌گیر دالیزی را تأمین خواهد نمود. این تنظیم کننده بر روی فشار ۶۰۰ تا ۹۰۰ پام برای بستن فوران‌گیر دالیزی بر روی لوله‌های حفاری،

لوله های وزنه و لوله های جداری و فشار ۱۱۵۰ پام برای بسته شدن کامل تنظیم می گردد. هرگز فشار تنظیم کننده را بر روی فشار بیش از ۱۵۰۰ پام برای بستن فوران گیر دالیزی تنظیم نکنید. برای عملیات خارج کردن لوله ها از چاه تحت فشار (Stripping) فشار تنظیم کننده را بر روی حداقل ممکن که حرکت لوله ها را امکان پذیر می کند (طبق منحنی های پیوست ۱۳) تنظیم نماید.

- سیستم بستن فوران گیرها دارای یک جعبه، کنترل بر روی سکوی حفاری در نزدیکی حفار و همچنین یک جعبه کنترل بر روی زمین در محلی که دسترس سریع می باشد. هر دسته بر روی جعبه کنترل کننده باید دقیقاً علامت گذاری شده باشد.

- شیر کنترل کننده که فوران گیر کوبه ای کور (Blind Rams) را به حرکت در می آورد باید قفل شده باشد، تا از استفاده غیرضروری از آن جلوگیری به عمل آید.

۴-۱-۳- بازرسی سیستم هوا

- سیستم تولید فشار هوا باید دارای فشار سنج مناسب باشد.
- ذخیره هوا باید حداقل ۱۰۰ فوت مکعب در فشار اتمسفر باشد.
- کمپرسورهای هوا را برحسب فشار مجاز و حجم آنها شماره گذاری کنید.
- حداقل یکی از کمپرسورها باید هوای لازم برای بستن فوران گیرها را هنگام خاموش بودن موتورها تأمین نماید.

۵-۱-۳- بازرسی سایر وسایل

- شیر پس فشار داخلی برای تمام اندازه های لوله حفاری. (Inside Back Pressure Valve)
- لوله آزمایش، مسدود کننده آزمایش و کاپ تستر برای آزمایش فوران گیرها (Test joint, Test Plug & Cup Tester).
- شیر ایمنی برای تمام اندازه های لوله های حفاری (Safety Valve Full Opening).
- شیر ایمنی کلی (Kelly Cock) و آچار باز و بسته کردن آن.

- چند راهه لوله ایستا، با فشار مجاز ۵۰۰۰ پام، با خروجی‌های لازم برای عملیات روزمره یا کشتن چاه.

- شیرهای شناور و وسایل تعمیر آنها برای تمام اندازه‌های لوله‌ها.

۲-۳- وسایل جلوگیری از فوران چاه (فوران گیرها)

- تمام لوله‌های هادی گل (Bell Nipples) به وسیله جوش دادن به یک فلنج که برای شیار رینگ گسکت و محل پیچ‌های بالای هایدریل و یا صفحه‌ی محافظ آن مناسب است بر روی فوران گیر دالیزی نصب می‌شوند. در صورتی که از صفحه‌ی محافظ استفاده بشود باید شیار رینگ گسکت و سوراخ محل پیچ‌ها با گریس پر بشوند. سوراخ‌های محل پیچ‌ها باید به اندازه کافی عمیق باشند که پیچ‌ها در آنها کاملاً سفت بشوند. هیچ نوع نشستی نباید در این محل وجود داشته باشد، در غیر اینصورت هنگام حفاری مقدار زیادی گل از این نشتها به هدر خواهد رفت. قسمت‌های صدمه دیده باید در اهواز و نه در سرچاه تعمیر کلی بشوند.

- یک فوران گیر دالیزی در بالاترین قسمت "مجموعه فوران گیرها" "Bop Stack" قرار می‌گیرد.

- یک و یا بیشتر فوران گیرهای کوبه‌ای با کوبه‌های مناسب برای هر اندازه لوله که بکار می‌رود و یا لوله‌های جداری / آستری باید موجود باشد.

- چه از یک اندازه لوله‌های حفاری استفاده بشود و یا از اندازه‌های متفاوت، فوران گیر کوبه‌ای کور همیشه در وسط، فوران گیر کوبه‌ای کوچک در بالا و بزرگ در پایین نصب می‌گردند.

- تصاویر فوران گیرها در شکل‌های پیوست (۱)، (۲)، (۳) و (۴) برپایی و اتصال لوله‌های کشتن و لوله‌های خروجی فوران-گیرها را نشان می‌دهند.

۳-۳- وسایل کمکی کنترل چاه

هر دکل باید مجهز به وسایل زیر باشد:

- یک "شیر ایمنی کلی" در شرایط کاری بسیار مناسب در هر زمان برای حفاری سازندهای تولید کننده و یا استفاده از گل سنگین تر از ۱۰۰ پوند/ فوت مکعب باید وجود داشته باشد. یک شیر ایمنی باید در پایین "کلی" به کار برده شود.
- یک "طوقه محافظ کلی" (Kelly Saver Sub) با لاستیکهای محافظ بر روی آن.
- یک "شیر پس فشار درون لوله ای" (Drop In Type Back Pressure Valve) بر روی سکوی حفاری در دسترس باشد.
- "شیر ایمنی" (Full Opening Valve) برای تمام اندازه های لوله های حفاری و لوله های وزنه مورد استفاده، موجود باشد. این شیر توسط یک کابل همیشه در مقابل موتور اصلی دکل در حالت باز آویزان می باشد. سه دسته شیر، بطول ۱/۵+ فوت به قسمت بالای آن بسته می شوند. کابل توسط تسمه و هرزه گرد به دسته ها متصل می باشد. آچار مربوطه باید توسط یک زنجیر به شیر ایمنی متصل بوده و همیشه در دسترس باشد. این شیر وسیله دیگری غیر از "شیر ایمنی کلی" می باشد.
- یک "شیر ایمنی" به اندازه لوله جداری که به داخل چاه رانده می شود، باید قبل از شروع به راندن لوله های جداری بر روی لوله های حفاری مستقر گردد.
- ابزار اندازه گیر حجم مخازن گل (Pit Recorder) به همراه فشار سنج و وسایل ثابت آنرا از نظر صحیح مدرج شدن بازرسی نموده و وسایل خبر دهنده صوتی و نوری را بر روی یک درصد تغییر حجم مخازن تنظیم نمایید.
- یک مخزن پیمایش (Trip Tank) مجهز به پمپ گریز از مرکز باید در تمام لوله ها بالا/ پایین ها مورد استفاده قرار بگیرد.
- "خاموش کننده های" موتورها در مواقع خطر، برای هر موتور باید در فاصله ۳۰ متری چاه مستقر باشند.
- یک دستگاه "گاز زدائی" گل حفاری در چاه های اکتشافی و حفاری گندهای گازی باید در محل موجود باشد.
- شیرهای شناور به اندازه های متفاوت و وسایل و قطعات یدکی آنها باید همیشه بر روی سکوی حفاری موجود باشند. از شیرهای شناور سوراخ دار (Vented Floats) باید استفاده گردد، به جز مواقع حفاری در چاه های اکتشافی و سازندهای تولیدی.

- وسایل آزمایش فوران گیرها شامل، Plug Tester, Test Joint و Cup Tester برای تمام اندازه های ماسوره ها و لوله های جداری باید موجود باشد.

- یک لوله از شیرهای جانبی آخرین ماسوره تاج چاه به نقطه ای خارج از حوضچه چاه برای ترخیص فشار باید تعبیه گردد.

۳-۴ - نگهداری و تعمیر فوران گیرها

- **تعمیرات سالیانه:** کلیه فوران گیرها باید بصورت سالیانه در یک کارگاه مجهز بازرسی و سرویس شده و تمام آکنده‌های لاستیکی آنها تعویض گردد. پس از سرهم کردن مجدد فوران گیرها کلیه قسمت‌ها باید با دو برابر فشار مجاز آنها آزمایش فشار شوند.

- **تعمیرات متداول:** پس از پایان عملیات حفاری هر قسمت از چاه، فوران گیرها باید باز شده و کوبه‌های (Rams) آنها خارج گردیده و پس از تمیز و گریس کاری شدن مجدداً سرهم گردد. پس از سرویس، درزگیرهای کلاهیها باید آزمایش فشار شده و در صورت نیاز تعویض گردند. یک سری کامل از تمام این درزگیرها باید همراه هر فوران گیر در محل چاه موجود باشد.

- **نگهداری:** آکند و فوران گیر دالیزی و کلیه قسمت‌های لاستیکی فوران گیرها باید در یک اطاق تاریک مجهز به تهویه هوا بر روی قفسه‌های چوبی نگهداری شوند. محل نگهداری آنها باید از موتورهای مولد برق و سقف‌های فلزی دور باشد. هرگز وسایل لاستیکی را در حالت آویزان نگهداری نکنید.

۳-۵ - تصاویری از فوران گیرها

حفاری از طریق لوله‌های ۱۸-۵/۸ پیوست (۴)

حفاری از طریق لوله‌های ۱۳-۳/۸ و ۹-۵/۸ پیوست (۲)

حفاری از طریق لوله جداری ۷ و لوله‌های کوچکتر پیوست (۳)

حفاری با لوله‌های حفاری به اندازه‌های مختلف پیوست (۲)

- وسایل تبدیل لازم برای اتصال فوران گیرها به آخرین ماسوره سر لوله جداری باید از طرف شرکت ملی حفاری تأمین گردد.

۶-۳- مشخصات چوک‌ها و وسایل شبکه کاهنده

جزئیات وسایل کاهنده‌ها و شبکه کاهنده در تصویر پیوست (۶) نشان داده شده است. بعضی از مهمترین مشخصات این قسمت‌ها عبارتند از:

- شیر هیدرولیکی که نزدیکترین شیر به تاج چاه می‌باشد و در هنگام انجام عملیات معمولی حفاری باید در حالت بسته باشد.

- شیر دستی (Manual Valve) دومین شیر از تاج چاه می‌باشد و باید در حالت باز باشد.

- لوله اول خروجی فوران‌گیرها (Choke Line) که لوله ایست به قطر ۴ با محل‌های اتصال فلنجی یا بست دار (Clamp Type). لوله خروجی دوم که به قطر ۲ اینچ می‌باشد و در صورت نیاز به شیر تویی یا تاج چاه متصل شده و محل‌های اتصال آن نیز باید فلنجی یا بست دار باشد.

- کلیه لوله‌ها و محل‌های اتصال آنها از ماسوره سر لوله جداری تا کاهنده باید دارای فشار مجاز ۵۰۰۰ پام باشند.

- شیرهای بعد از کاهنده می‌توانند ۳۰۰۰ پام باشند.

- دو کاهنده تنظیم شونده (Adjustable Chokes) بر روی چند راهه باید قرار داشته باشد. این چوک‌ها در ضمن انجام عملیات معمولی حفاری در حالت بسته می‌باشند.

- یک چوک هیدرولیکی تنگستن کاربیدی (Tungsten Carbide Hydraulic Choke) نیز بر روی شبکه کاهنده (Choke Manifold) باید نصب گردیده باشد. جعبه کنترل این چوک بر روی سکوی حفاری در نزدیکی محل حفار باید مستقر باشد. این جعبه کنترل باید دارای فشارسنج‌هایی با درجه بندی ۱۰۰ پام به تقسیمات ۲۵ پام باشد. دامنه این فشارسنج‌ها نباید از حداکثر فشار مجاز فوران‌گیرها بیشتر باشد. از این چوک برای کنترل نمودن (Criculate Up) تمام فوران‌های چاه (Kicks) استفاده می‌شود. این چوک در موقع عملیات معمولی حفاری باز بوده و به وسیله لوله به گودال هرز اب متصل می‌باشد.

- جعبه کنترل چوک‌ها باید دارای ابزار ثبت کننده بوده و همزمان فشار داخل لوله‌های حفاری و دالیزها را بصورت متمادی ثبت نماید. این فشارسنج‌ها باید با دامنه فشار ۵۰۰۰ پام باشند.

- یک لوله ۴ اینچی در شبکه کاهنده کشیده می‌شود که دارای دو شیر ۴ یا دو شیر ۳ می‌باشد و در مسیر آن چوک نصب نمی‌گردد.

- شیرهایی نیز بر روی شبکه کاهنده برای انتقال جریان به مخازن گل، گودال‌های هرز آب و یا گودال آتش وجود دارد. موقعیت این شیرها در تصویر نشان داده شده است.

- یک لوله یک اینچی از سیستم تولید هوا به شبکه کاهنده برای انجام آزمایش فشار آن متصل می‌باشد.

۷-۳- چندراهه لوله ایستا و خطوط کشتن چاه (Kill And Standpipe Manifold)

- دو خط مستقل کشتن چاه وجود دارند که در موقع لزوم به فوران‌گیرها متصل میشوند. سیستم دیگر کشتن چاه (Kill-Choke System) نیز وجود دارد که در مواقع ضروری به تاج چاه مربوط می‌شود.

- لوله‌های کشتن چاه به یک شیر یکطرفه (Check Valve) وصل شده و از طریق دو شیر ۲ اینچی به فوران‌گیرها مربوط می‌شوند.

- لوله کشتن چاه از راه دور به ورودی پایینی کشتن چاه وصل شده به وسیله یک شیر یک طرفه از لوله کشتن چاه از چند راهه ایستا مجزا می‌گردد. این رشته دارای یک شیر ۵۰۰۰ پام در انتهای خط می‌باشد. ابتدای خط باید در محل مناسبی که بتوان آنرا به راحتی به ماشین‌های تلمبه زنی (Pump Trucks) و یا سیستم گردش گل و دکل متصل نموده قرار داشته باشد. شیر خط کشتن از راه دور نباید بیش از ۳۰ متر از چاه فاصله داشته باشد.

- تمام اتصالات دارای فلنج‌های ۲ اینچی ۵۰۰۰ پام فشار می‌باشند. برای کشیدن این خطوط از حداقل لوله‌های چکسن باید استفاده نمود.

- لوله‌های کشتن چاه باید هر روزه توسط آب فشار قوی شسته و تمیز گردند تا از باز بودن آنها اطمینان حاصل شود.

۸-۳- بازرسی و آزمایش فشار فوران گیرها

- آزمایش فشار فوران گیرها قبل از حفاری سیمان و کفشک لوله جداری: قسمت‌های تاج چاه و اتصالات مربوط به آنها، چند راهه کنترل و شیر ایمنی کلی توسط آب با استفاده از پلاگ تستر یا بستن شیر اصلی چاه (در صورت وجود داشتن) آزمایش فشار می‌گردند. شبکه کاهنده، خطوط کشتن چاه، لوله آتش و تمام اتصالات مربوط به آنها باید توسط آب فشار قوی شسته و تمیز گردند.

- فشار لازم برای انجام آزمایش فشار برابر فشار مجاز فوران گیرها یا تاج چاه بوده و این فشار برای مدت ۱۵ دقیقه باید نگهداشته شود.

- برای مشاهده شمای فوران گیرها و مراحل آزمایش فشار آنها شکل پیوست (۷) مراجعه شود.

- آزمایش فشار لوله جداری قبل از حفاری سیمان و کفشک: قسمت فوقانی لوله جداری (بجز لوله ۸/۸-۵) و فوران گیرها باید به وسیله آب و توسط یک کاپ تستر یا مجرابند موقت (RTTS) آزمایش فشار گردد، مجرابند در عمقی حدود ۳۰ متر داخل لوله جداری نصب خواهد شد. فوران گیرهای کوبه‌ای بسته شده و فشار به مدت ۳۰ دقیقه نگهداشته می‌شود.

- فشار مجاز برای لوله جداری ۳/۸-۱۳، ۶۸ پوند/ فوت، جی-۵۵ برابر ۲۵۰۰ پام و برای فوران گیرها معادل فشار مجاز آنها خواهد بود.

- فشار مجاز برای لوله جداری ۵/۸-۹ و لوله‌های کوچکتر از آن باید حدود ۸۰٪ فشار ترکیبی (Burst) آنها یا برابر فشار مجاز فوران گیرها و یا وسایل تاج چاه باشد. هنگام انجام آزمایش فشار باید شیرهای جانبی مربوط به آخرین فضای حلقوی لوله‌های جداری باز بوده و به تغییرات فشار آن توجه شود. کلیه آزمایشات باید توسط رئیس چاه و حفار و تحت نظارت مستقیم ناظر فنی انجام بشوند.

- زمان انجام آزمایش فشارهای ذکر شده در قسمت‌های ۱ و ۲ به صورت زیر می‌باشد:

- پس از برپایی اولیه و سپس به صورت هفتگی در مورد فوران‌گیرها. آزمایش فشار ۳۰ متر بالای لوله‌های جداری در روز بیستم از راندن آنها و سپس به صورت هفتگی انجام می‌گیرد.

- قبل از حفاری به داخل یک لایه پرفشار، سازندهای تولید و یا انجام لایه آزمایشی.

- هر زمانی که به نظر ناظر فنی انجام این کار ضروری تشخیص داده بشود.

- فوران‌گیرهایی که مجهز به فوران‌گیر کوبه‌ای کور (Blind Rams) و شیر ایمنی کلی باشند، باید هر زمان که لوله‌ها از چاه بیرون می‌باشند جهت اطمینان از عملکرد آنها یکبار بکار انداخته شوند.

- اگر که در هر یک از وسایل فوق هنگام آزمایش فشار نقصی مشاهده شد، قبل از شروع مجدد حفاری این نقص باید کاملاً برطرف شده و مجدداً قسمت مربوطه آزمایش فشار گردد.

- کلیه شیرهای داخلی مربوط به مجموعه فوران‌گیرها باید بسته باشد. تمام شیرهای مسیر جریان از طریق چوک هیدرولیکی به گودال هرزآب باید باز باشند. سایر شیرهای منحرف کننده مسیر جریان باید بسته باشند. کلیه شیرهای کنترل کننده برای جعبه کنترل "سیستم بستن فوران‌گیرها" به جز شیرهای هیدرولیکی باید در حالت باز باشند. به هیچ وجه شیرها را در حالت نیم باز/ بسته قرار ندهید.

۹-۳- کنترل چاه

- تشخیص به موقع فوران چاه (Kick) و به دنبال آن انجام مراحل صحیح کنترل آن کلید موفقیت کنترل فوران چاه می‌باشد.

- روش لوله حفاری ثابت (Constant Drill Pipe Method) برای خارج کردن تمام فوران‌های ناگهانی (Kicks) به داخل چاه مورد استفاده قرار می‌گیرد. کلیه ناظران فنی، رؤسای چاه‌ها و حفارها باید کاملاً به مسائل، محاسبات و کارهای مکانیکی مربوط به کنترل چاه آشنایی داشته باشند. اگر که هر یک از افراد فوق احتیاج به دانستن و پرسیدن بیشتر راجع به مسائل کنترل چاه داشته

باشند، باید به آموزش اداره کل حفاری یا شرکت ملی حفاری مراجعه کرده و با استفاده از Simulator کمبودهای معلومات خود را تکمیل نمایند.

- اگر که در هر نوبت کاری (Tour) و یا در هر زمانی که وزن گل تغییر کرده باشد، پمپ‌های گل را در حد عملکرد آهسته (Slow Pump Rate) (حدود ۳ بشکه / دقیقه) به کار انداخته و فشار گردش گل را در این حالت، در گزارش نیم روزه منعکس نمایید. برای اندازه‌گیری این فشار از فشارسنج مربوط به لوله‌های حفاری موجود در جعبه کنترل چوک‌ها (Choke Control Panel) استفاده نمایید.

توجه

- ۱- تبدیل بین فوران‌گیرها و ماسوره سر لوله جداری باید توسط شرکت پیمانکار تأمین گردد.
- ۲- برای فوران‌گیرهایی که فاقد شیر جانبی می‌باشند، ماسوره حفاری (Drilling Spool) بین فوران‌گیر کوبه‌ای کور و فوران‌گیر کوبه‌ای پایینی قرار می‌گیرد. لوله کشتن زیرین (Bottom Kill Line) و دومین لوله کنترل چاه (Choke Line) به تاج چاه متصل می‌شوند.
- ۳- فوران‌گیرهایی که به یک فوران‌گیر کوبه‌ای مجهز هستند برای اینکه به آسانی بتوان به آنها دسترسی داشت در بالا قرار می‌گیرند، و در زیر هر فوران‌گیر کوبه‌ای دارای یک خروجی برای لوله مربوطه (Choke Outlet) می‌باشند.

"شبکه کاهنده"

- ۱- چهار راهه، (پام ۴-۵۰۰۰)
- ۲- شیر، (پام ۲-۵۰۰۰) یا پام ۳۰۰۰ به طرف خروجی کاهنده
- ۳- شیر، (پام ۴-۵۰۰۰) یا پام ۳۰۰۰ به طرف خروجی کاهنده

۴- فشارسنج، (پام ۵۰۰۰-۲)

۵- چهار راهه

۶- کاهنده تنظیم شونده

۷- سه راهی ته بسته

۸- کاهنده هیدرولیکی تنگستن کاربیدی

۹- فشار سنج

۱۰- مسدود کننده ۲

"نمایش مسیرهای اتصال فوران گیرها به شبکه کاهنده و آزمایش فشار آنها" شکل پیوست (۴)

- ۱- مسدود کننده آزمایش (Test Plug) را به همراه یک لوله شکاف دار و کلی به داخل چاه برانید. شیر کلی و شیرهای ۱، ۲ و ۳ را بسته و سایر شیرها باز باشند.
- ۲- فوران گیر دالیزی را بسته و کلیه قسمت ها را با ۲۵۰۰ پام فشار آزمایش نمایید. فوران گیر کوبه ای بالای را ببندید.
- ۳- فوران گیر دالیزی را باز کرده و کلیه قسمت ها را با ۳۰۰۰ پام فشار آزمایش نمایید.
- ۴- شیرهای ۴، ۵، ۶ و ۷ را بسته و شیرهای ۱، ۲ و ۳ را باز کرده و ۳۰۰۰ پام آزمایش فشار کنید.
- ۵- اگر که تبدیل ماسوره سر لوله جداری ۳۰۰۰ پام باشد برای ادامه آزمایش به مرحله ۱۶ توجه نمائید و اگر ۵۰۰۰ پام باشد به صورت زیر عمل نمائید:
- ۶- شیرهای ۱۲، ۱۳ و ۱۴ را بسته و شیرهای ۴، ۶ و ۷ را باز کرده و ۵۰۰۰ پام آزمایش فشار کنید.
- ۷- شیرهای ۸ و ۹ را بسته، یکسو کننده های ۱۰ و ۱۱ را برداشته و ۵۰۰۰ پام آزمایش فشار نمایید.
- ۸- شیرهای ۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۸ و ۱۹ را بسته، شیرهای ۵، ۸، ۹، ۱۲، ۱۳ و ۱۴ را باز کرده و ۵۰۰۰ پام آزمایش فشار نمائید.
- ۹- شیرهای ۲۰ و ۲۱ را بسته و شیرهای ۱۸ و ۱۹ را باز کرده و ۵۰۰۰ پام آزمایش نمائید.
- ۱۰- شیرهای ۲۲ و ۲۳ را بسته و شیرهای ۲۰ و ۲۱ را باز کرده و ۵۰۰۰ پام آزمایش کنید.

- ۱۱- شیر ۲۴ را بسته و شیر ۲۳ را باز کرده و ۵۰۰۰ پام آزمایش فشار کنید.
- ۱۲- یکسو کننده های ۱۰ و ۱۱ را نصب کرده، شیرهای ۱۸، ۱۹ و ۲۰ را بسته و شیرهای ۲۲ و ۲۴ را باز نمایید.
- ۱۳- ورنگیر کوبه‌ای پایینی را بسته، فورانگیر کوبه‌ای بالایی را باز و ۵۰۰۰ پام آزمایش فشار کنید.
- ۱۴- شیر ایمنی کلی را بسته، شیر کلی را باز و ۵۰۰۰ پام آزمایش فشار کنید.
- ۱۵- فشار را ترخیص کنید. لوله شکافدار را باز کرده و کنار بگذارید. فوران گیر کوبه‌ای کور را بسته و با ۵۰۰۰ پام آزمایش فشار کنید. مسدود کننده آزمایش را خارج نمایید.
- ۱۶- برای وسایل سرچاه با فشار مجاز ۳۰۰۰ پام، مراحل آزمایش فشار همانند بالا میباشد اما در این حالت فشار مجاز برای فوران گیر دالیزی ۱۵۰۰ پام و برای سایر قسمت‌ها ۳۰۰۰ پام می‌باشد.
- ۱۷- سیال مورد استفاده برای انجام آزمایش فشار آب شیرین می‌باشد.

"مراحل کنترل چاه"

اگر که هر یک از اتفاقات زیر صورت بگیرد:

حجم مخازن گل افزایش پیدا کند.

سرعت حفاری ناگهان زیاد شود

گل بریده شده توسط گاز یا افزایش مقدار کلسیم در گل دیده شود.

افزایش یا کاهش در فشار پمپ ایجاد شود.

در هنگام لوله بالا چاه به اندازه حساب شده از گل پر نشود.

- کلی را تا نمایان شدن یک محل اتصال لوله بر روی سکوی حفاری بالا آورید.

- پمپ‌های گل را خاموش کنید. چاه را از نظر افزایش حجم سیستم گل بررسی نمائید.

در صورتیکه جریانی به داخل چاه مشاهده نشد، به عملیات حفاری ادامه دهید.

اگر که چاه در حال جریان یافتن باشد، آنرا به صورت زیر ببینید:

- شیر کاهنده هیدرولیکی^۴ را باز کنید.
- فوران گیر کوبه ای را ببینید.
- کاهنده هیدرولیکی را به آهستگی ببندید.
- فشار دالیز برای این لوله جدرای از _____ پام بیشتر نشود.
- اگر که نتوان شیر هیدرولیکی را بدون استفاده از فشار اضافی بست:
- شروع به پمپ کردن گل به مقدار کم نموده و آنرا از طریق کاهنده هیدرولیکی به گردش درآورد.
- وزن گل را همزمان با پمپ کردن افزایش داده تا وقتی که بتوان چاه را تحت کنترل درآورد.
- اگر که بتوان شیر هیدرولیکی را بدون استفاده از فشار اضافی بست:
- شیر خروجی بعد از چوک را ببندید.
- فشار بسته لوله حفاری را بدست آورید.
- فشار بسته دالیز را بدست آورید.
- گل با وزن لازم برای کشتن چاه را در آن بگردش درآورد.
- چاه را با روش Constant Drill Pipe Method بکشید.
- فوران گیر دالیزی را ببندید.
- فوران گیر کوبه ای را باز نمائید. لوله ها را برای جلوگیری از گیر کردن حرکت دهید، به حفاری ادامه دهید.

"مشخصات چاه"

میدان: _____ شماره چاه: _____ تاریخ: _____

(نمای دورنی چاه را ضمیمه کنید) وزن گل: _____ عمق چاه: _____

لوله جداری: قطر خارجی: _____ قطر داخلی: _____ عمق لوله: _____

قطر حفره باز: _____ قطر متوسط حفره باز: _____

لوله حفاری: قطر خارجی: _____ وزن: _____ تعداد لوله: _____ طول لوله: _____ متر

لوله وزنه حفاری: قطر خارجی: _____ قطر داخلی: _____ طول: _____ متر

گنجایش چاه:

گنجایش لوله حفاری: _____ بشکه مقدار جابجایی لوله حفاری: _____ بشکه

گنجایش لوله وزنه حفاری: _____ بشکه مقدار جابجایی لوله وزنه حفاری: _____ بشکه

گنجایش کل رشته حفاری: _____ بشکه مقدار جابجایی کل رشته حفاری: _____ بشکه

گنجایش لوله جداری: _____ بشکه گنجایش فضای حلقوی: _____ بشکه

گنجایش لوله آستری: _____ بشکه گنجایش لوله های وزنه سرچاه: _____ بشکه

کل گنجایش چاه: _____ بشکه

گنجایش مخازن ذخیره گل: _____ مقدار مواد وزن افزا موجود: _____

بشکه گل _____ پوند/ فوت مکعب _____ کیسه باریت _____

بشکه گل _____ پوند/ فوت مکعب _____

دبی پمپ گل _____ بشکه/ استروک با _____ اینچ لاینر و _____ اینچ طول لاینر

مدت بالا آمدن گل ته چاه _____ دقیقه با _____ استروک/ دقیقه

مدت یک گردش کامل گل _____ دقیقه با _____ استروک/ دقیقه

فشار پمپ در گردش گل _____ پام با _____ استروک/ دقیقه. مقدار تخمین افت فشار در فضای حلقوی
_____ پام

حداکثر فشار مجاز لوله های حفاری و لوله های جداری (در ضعیف ترین قسمت):

لوله حفاری: وزن _____ پوند/ فوت، درجه _____ ، فشار مجاز _____ پام

قسمت بالای لوله جداری: عمق _____ متر، وزن _____ پوند/ فوت، درجه _____ ، فشار مجاز _____ پام

وزن گل در موقع راندن لوله جداری _____ پوند/ فوت معکب.

فشار تخمینی متعادل با فشار سازند و فشار تخمینی شکست سازند در حفره باز چاه

وزن گل	مقدار تخمینی فشار	وزن گل	مقدار تخمینی فشار	عمق (متر)
(پوند/فوت معکب)	شکست سازند(پام)	(پوند/فوت معکب)	متعادل با سازند (پام)	
_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____

(شکلی از فوران گیرها و چند راهه کاهنده فشار ضمیمه نمائید.)

جدول (۱-۳) - فشار لوله های حفاری در اعماق مختلف

(توجه: جدول به سیستم متریک برگردانده شده است).

فشار لوله های حفاری (پام)										عمق متر
۱۰۰۰	۹۰۰	۸۰۰	۷۰۰	۶۰۰	۵۰۰	۴۰۰	۳۰۰	۲۰۰	۱۰۰	
۱۴۳/۸	۱۲۹/۵	۱۱۵/۵	۱۰۰/۸	۸۶/۳	۷۲	۵۷/۵	۴۳/۱	۲۸/۸	۱۴/۴	۳۰۵
۷۲	۶۴/۸	۵۷/۵	۵۰/۳	۴۳/۱	۳۵/۹	۲۸/۸	۲۱/۵	۱۴/۴	۷/۲	۶۱۰
۴۸	۴۳/۱	۳۸/۴	۳۸/۴	۲۸/۸	۲۴	۱۹/۲	۱۴/۴	۹/۶	۴/۸	۹۱۵
۳۶	۳۲/۴	۲۸/۸	۲۸/۸	۱۲/۶	۱۸	۱۴/۴	۱۰/۸	۷/۲	۳/۶	۱۲۹۰
۲۸/۸	۲۶	۲۳/۱	۲۳/۱	۱۷/۳	۱۴/۴	۱۱/۵	۸/۶	۵/۸	۲/۹	۱۵۲۵
۲۴	۲۱/۶	۱۹/۲	۱۹/۲	۱۴/۴	۱۲	۹/۶	۷/۲	۴/۸	۲/۴	۱۸۳۰
۲۰/۶	۱۸/۵	۱۶/۴	۱۶/۴	۱۲/۳	۱۰/۳	۸/۲	۶/۲	۴/۱	۲/۱	۲۱۳۵
۱۸	۱۶/۲	۱۴/۴	۱۴/۴	۱۰/۸	۹	۷/۲	۵/۴	۳/۶	۱/۸	۲۴۴۰
۱۶	۱۴/۴	۱۲/۸	۱۲/۸	۹/۶	۸	۶/۴	۴/۸	۳/۲	۱/۶	۲۷۴۵
۱۴/۴	۱۳	۱۱/۵	۱۱/۵	۸/۶	۷/۲	۵/۸	۴/۳	۲/۹	۱/۴	۳۰۵۰
۱۳/۱	۱۱/۸	۱۰/۵	۱۰/۵	۷/۸	۶/۵	۵/۲	۳/۹	۲/۶	۱/۳	۳۳۵۵
۱۲	۱۰/۸	۹/۶	۹/۶	۷/۲	۶	۴/۸	۳/۶	۲/۴	۱/۲	۳۶۶۰
۱۱/۱	۱۰	۸/۹	۸/۹	۶/۶	۵/۵	۴/۴	۳/۳	۲/۲	۱/۱	۳۹۶۰
۱۰/۳	۹/۲	۸/۲	۸/۲	۶/۲	۵/۱	۴/۱	۳/۱	۲/۱	۱	۴۲۶۵
۹/۶	۸/۶	۷/۷	۷/۷	۵/۷	۴/۸	۳/۸	۲/۹	۱/۹	۱	۴۵۷۰
۹	۸/۱	۷/۲	۷/۲	۵/۴	۴/۵	۳/۶	۲/۷	۱/۸	۰/۹	۴۸۷۵
۸/۶	۷/۶	۶/۸	۶/۸	۵/۱	۴/۲	۳/۴	۲/۵	۱/۷	۰/۹	۵۱۸۰
۸	۷/۲	۶/۴	۶/۴	۴/۸	۴	۳/۲	۲/۴	۱/۶	۰/۸	۵۴۹۰
۷/۶	۶/۸	۶/۱	۶/۱	۴/۵	۳/۸	۳	۲/۳	۱/۵	۰/۸	۵۷۹۰
۷/۲	۶/۵	۵/۸	۵/۸	۴/۳	۲/۹	۲/۹	۲/۲	۱/۴	۰/۷	۶۰۹۵

جدول (۲-۳) - ظرفیت لوله های حفاری با قطرهای مختلف

Size Inches OD	Designation	Nominal Weight LB/FT.	Displacement			Capacity Barrels PER FT.
			*BBI/FT.	1-90' Stands	5-90' Stands	
2-3/8"	Tubing T & c	4.70	.00167	.15	.75	.00387
	Tubing TJ	4.70	.00187	.17	.84	
2-7/8"	Tubing T&C	6.50	.00233	.21	1.05	.00579
	Tubing TJ	6.50	.00263	.24	1.18	
	LWDP	6.85	.00267	.24	1.20	
3-1/2"	Drill Pipe	10.40	.00397	.36	1.79	.0045
	Tubing T&C	9.50	.00335	.30	1.51	
	Tubing TJ	9.50	.00369	.33	1.66	
	LWDP	9.50	.00347	.34	1.68	
	Drill Pipe	9.50	.00347	.34	1.68	
	Drill Pipe	13.30	.00503	.45	2.26	.00742
	Drill Pipe	15.50	.00587	.53	2.64	.00658
4-1/2"	Tubing T&C	12.75	.00467	.42	2.10	
	Tubing TJ	12.75	.00531	.48	2.39	
	LWDP	13.75	.00549	.49	2.47	
	Drill Pipe	16.60	.00648	.58	2.92	.01422
	Drill Pipe	20.00	.00776	.70	3.49	.01287
5"	LWD	15.00	.00644	.58	2.90	
	Drill Pipe	19.50	.00750	.68	3.38	.01776
5-1/2"	HWDP	24.70	.00822	.74	3.70	.02119

* Based Average Actual Weight.

TJ = Tool Joint

T & C = Thread And Coupling

June 1972

۴- وسایل تاج چاه

۴-۱- وسایل آویز و آکند لوله‌های جداری

۴-۱-۱- وسایل آویز و آکند نوع "CA"

وسایل آویز و آکند نوع "سی-ا" یک وسیله توأم آویزان کننده و آکند برای وزن‌های بسیار زیاد می‌باشد. وقتی که لوله‌ها توسط قسمت آویز به صورت آویزان درآمدند قسمت آکند به صورت اتوماتیک دالیز را آبیندی می‌کند. این نوع وسایل یک وزن حداقل برای عمل کردن قسمت آکند نیاز دارند.

جدول (۴-۱) - حداقل وزن لازم برای استفاده از وسیله آویز و آکند نوع سی-ا (پوند)

CA-Slip & Seal Assly.

اندازه اسمی وسیله آویز و آکند نوع سی-ا			اندازه لوله جداری
-	۱۰۷۰۰۰	۵۷۰۰۰	۷ اینچ
-	۷۵۰۰۰	-	۵-۹/۸ اینچ
۱۲۵۰۰۰	-	-	۳-۱۳/۸ اینچ

در صورتی که وسایل آویزان کننده از میان شیرهای فوران‌گیر عبور داده می‌شوند، قبل از راندن لوله جداری باید یک قطر سنج (Gauge) از میان شیرهای فوران‌گیر رد کرد. این قطرسنج باید با وزن خودش و بدون هرگونه فشاری یا اضافه وزنی از فوران‌گیرها عبور کند.

در صورتی که از وسایل نوع "سی-ا" قبل از خشک شدن سیمان نتوان استفاده کرد، باید وسیله نوع "ا-دبلیو" بکار برد.

۴-۱-۲- وسایل آویزه و آکند نوع "AW"

وسیله آویز و آکند نوع "۱-دبلیو" برای وزن‌های متوسط رشته جداری استفاده شده و خاصیت آکند کردن اتوماتیک ندارد. قسمت آکند به قسمت آویز متصل شده و با سفت کردن پیچ‌های مخصوص روی آن پس از آویزان کردن لوله جداری، باعث آکند کردن گردن لوله جداری می‌شود. پیچ‌های سفت کننده باید به صورت یکنواخت سفت بشوند تا دو قسمت وسیله آکند به صورت یکسان محکم گردد. هنگام انداختن وسیله آویز بدور لوله‌ها پیچ‌های بالائی آن باید شل بشود تا این وسیله با راحتی به دور لوله قرار بگیرد.

۳-۱-۴ - وسیله آویز نوع "WC" و وسیله آکند نوع "WC"

وسایل آویز و آکند نوع "دبلیو-سی" دو وسیله جدا از هم می باشند.

جدول (۲-۴) - حداکثر فشار مجاز با لوله های جداری ۳/۸-۱۳ اینچ

حداکثر فشار مجاز - با لوله جداری ۳/۸-۱۳ اینچ (پام)	اندازه اسمی سر لوله جداری مبنا (پام)
۲۰۰۰	۱۸
۱۷۰۰	۲۰

۲-۴ - وسایل ثانویه آکند لوله‌های جداری

۱-۲-۴ - وسیله آکند نوع "ایکس" "X-Bushing"

وسیله آکند کننده "ایکس" برای آکند کردن لوله جداری به عنوان یک وسیله ثانویه می‌باشد. استفاده از آن باعث بالا بردن اطمینان از آکند شدن اطراف لوله جداری در محل اتصال دو فلنج می‌باشد. بوش "ایکس" شامل یک بوش و دو قسمت آکند کننده خارجی می‌باشد، برای آکند کردن قسمت پایین لوله در جایگاه مخصوص آن در ماسوره سر لوله و همچنین یک آکند "پی" (P-Seal) برای آکند کردن اطراف لوله جداری: آکند "پی" با تزریق کردن مواد پلاستیکی در آن که از این راه فشار به اطراف لوله جداری وارد شده و آنرا آب بندی می‌کند، به کار می‌رود:

تمام بوش های نوع "ایکس" که دارای اندازه اسمی برابر می باشند - بدون در نظر گرفتن میزان تحمل فشار آنها - می توانند در ماسوره سر لوله جداری بجای یکدیگر بکار برده شوند. در صورتی که قطر داخلی از حداقل قطر ماسوره سر لوله کمتر باشد، برای محافظت بوش "ایکس" باید از وسیله راهنمای مته و لوله وزنه در بالای بوش "ایکس" استفاده نمود.

توجه: تزریق مواد پلاستیک بیش از حد مجاز ممکن است باعث معیوب شدن لبه لوله جداری بشود.

روش قرار دادن وسیله آکند نوع "ایکس"

ماسوره سر لوله جداری و جایگاه وسایل آکند را با گازوئیل کاملاً شسته و تمیز نمائید. با استفاده از پمپ آزمایش فشار یا شیلنگ هوای فشار قوی از باز بودن مجرای آزمایش فشار (O Test Port) مطمئن شوید، وسیله آکند را نیز کاملاً تمیز کنید. قسمت داخلی فلنج را گریس مالیده و در صورت نیاز وسیله راهنمای مته (Bit Guide Ring) را در محل خود قرار دهید.

بوش ایکس را در داخل فلنج در محل خود قرار دهید حلقه مربوطه را در شیار محل مخصوص خود جای دهید. پس از قرار دادن کامل بوش ایکس در جایگاهش، شیرهای فوران گیر را بلند کرده و لوله جداری به ارتفاع لازم مشخص شده از بالای فلنج ببرید دور لبه داخلی و خارجی لوله جداری را صاف و صیقل نمائید.

بالای وساتل آویز و روی فلنج و داخل شیار جایگاه رینگ گسکت را کاملاً تمیز نمائید داخل شیار را با روغن هیدرولیک پر کنید. لبه خارجی لوله جداری را گریس بمالید. ماسوره سر لوله جداری را در محل خود بر روی فلنج پائینی قرار دهید.

مراحل آزمایش فشار وسیله آکند نوع "ایکس"

مسدود کننده های ۱/۲ اینچ را از روی سوراخ آزمایش فشار و یک اینچ را از روی مجرای تزریق مواد پلاستیکی باز کنید، پیچ تزریق یک اینچ را از داخل سوراخ تزریق خارج کرده و با یک آچار شش پر ۹/۱۶ (Allen Wrench) از بودن چک والو در داخل مجرای تزریق مطمئن شوید. پمپ آزمایش را به سوراخ مربوطه (۱/۲) و وسیله تزریق مواد پلاستیک را به سوراخ یک اینچ وصل نمائید. حدود ۷۵٪ مواد پلاستیک لازم برای آب بندی کردن را در محل مربوطه تزریق نموده و سپس شروع به آزمایش فشار نمائید. همزمان با انجام آزمایش فشار مواد پلاستیکی در سوراخ تزریق نموده تا به حد تحمل فشار لازم برسد.

اگر پس از اتمام تزریق مواد پلاستیکی به اندازه معین شده، آزمایش فشار نتیجه مثبت ندهد، باید تزریق پلاستیک را متوقف کرده و محل نشت را تعیین نمود.

اگر که وسیله آکند ایکس دارای نشت باشد، دو احتمال وجود دارد، یا لبه لوله جداری از حد مجاز کوتاه تر بریده شده است و یا قسمت آکند بوش "ایکس" هنگام قرار دادن در محل خود صدمه دیده است.

اگر که نتیجه آزمایش فشار مثبت باشد، فشار تفنگ تزریق پلاستیک را ترخیص نموده و آنرا از محلش جدا کنید. پیچ یک اینچ مربوطه را در محلش قرار داده و حدود ۵ دور بپیچانید تا محکم شود. در این موقع مقدار آزمایش فشار باید ثابت مانده باشد، در غیر اینصورت مقدار کمی مواد پلاستیکی از طریق پیچ تزریق نموده تا فشار به حد لازم برسد.

جدول (۳-۴) - حداکثر فشار مجاز برای آزمایش آکند-ایکس (X-Bushing)

حداکثر فشار آزمایش (پام)				وزن لوله پوند فوت	اندازه لوله جداری (اینچ)
پی-۱۱۰	ان-۸۰	سی-۷۵	جی-۵۵		
	۳۵۰۰			۱۳/۵	۱-۴/۲
	۳۲۰۰			۱۵	۵
	۴۰۰۰			۱۸	۵
	۳۰۰۰	۳۰۰۰		۲۹	۷
۵۰۰۰	۳۵۰۰	۳۵۰۰		۳۲	۷
	۱۵۰۰			۴۰	۵-۹/۸
	۲۰۰۰			۴۳/۵	۵-۹/۸
۳۰۰۰	۲۵۰۰			۴۷	۵-۹/۸
۴۵۰۰		۳۰۰۰		۵۳/۵	۵-۹/۸
			۱۰۰۰	۶۸	۳-۱۳/۸
	۱۵۰۰			۷۲	۳-۱۳/۸

فشار را ترخیص نموده و پمپ فشار را از سوراخ جدا نمائید.

چک والو داخل مجرای آزمایش فشار را رها نموده تا فشار از داخل فلنج ترخیص گردد.

توجه

۱- مقدار فشار "آزمایش فشار" در هیچ حالتی نباید از کمترین مقادیر زیر بیشتر بشود:

- ۵۰٪ فشار فروریختگی لوله جداری، مگر اینکه در برنامه حفاری چاه ذکر شده باشد.

- فشار مجاز فلنج.

- اگر محدودیتی از نظر فشار در وسایل آویز و آکند وجود داشته باشد.

۲- از یک وسیله آکند نوع ایکس هرگز نباید دو مرتبه استفاده نمود، مگر اینکه تمام قسمت های آکند کننده آن تعویض

شده باشند.

۳- در درجه حرارت های کم تفنگ تزریق پلاستیک شماره "پ - ت - ۹۷۳۳۲" ممکن است نتواند تمام مقدار لازم مواد

پلاستیکی را تزریق نماید. تزریق پلاستیک ممکن است از طریق پیچ تزریق تکمیل گردد و یا از تفنگ تزریق پلاستیک شماره پ-

ت-۱۸۷۷۵ استفاده گردد. مواد پلاستیکی را می توان برای سهولت در امر تزریق گرم نمود. ولی هرگز آنرا با آب یا روغن مخلوط

نکنید.

جدول (۴-۴) - ارتفاع گردن لوله جداری که باید برای آکند "ایکس" بریده شود.

بلندی گردن لوله جداری (اینچ)* (تمام لوله های جداری)	نوع رینگ گسکت
۱-۴/۸"	نوع آر
۱-۴/۲"	نوع آر- ایکس
۴"	نوع بی- ایکس

* این ارتفاع از محل فلنج زیر آکند ایکس اندازه گیری می شود.



اندازه اسمی ۲۰"		اندازه اسمی ۱۶"		۵-۱۳/۸"			۱۴"	اندازه اسمی ۱۲"		۱۱"	اندازه اسمی ۱۰"			۹"	اندازه اسمی ۸"			اندازه اسمی ۱-۷/۱۶"		۱۰"	اندازه اسمی ۶"			اندازه لوله
۳۰۰۰	۲۰۰۰	۳۰۰۰	۲۰۰۰	۱۰۰۰۰	۵۰۰۰	۱۵۰۰	۳۰۰۰	۲۰۰۰	۱۰۰۰۰	۵۰۰۰	۳۰۰۰	۲۰۰۰	۱۰۰۰۰	۵۰۰۰	۳۰۰۰	۲۰۰۰	۱۵۰۰۰	۱۰۰۰۰	۲۹۰۰	۵۰۰۰	۳۰۰۰	۲۰۰۰		
11"	10"	9 $\frac{1}{2}$ "	9 $\frac{1}{3}$ "																					13 $\frac{3}{8}$ "

توجه: تعداد ذکر شده در جدول باید بعنوان یک راهنمای اولیه بکار برده شود، این تعداد بصورتی محاسبه شده اند که یک آبندی کامل در اطراف لوله جداری ایجاد کرده و به اندازه کافی مواد پلاستیکی نیز بصورت ذخیره در سوراخ تزریق باقی بماند. تعداد واقعی مواد پلاستیکی ممکن است به اندازه $1-1/2$ + از تعداد فوق بسته به اختلاف قطر لوله جداری و فلنج تفاوت بکند.

جدول (۴-۶) - ابعاد مواد پلاستیکی لازم برای آکند کردن لوله های مختلف

۲۰°		۱۶°		۵-۱۳/۸°		۱۴°	۱۲°	۱۱°	۱۰°		۹°	۸°		اندازه لوله			
۳۰۰۰	۲۰۰۰	۳۰۰۰	۲۰۰۰	۱۰۰۰۰	۵۰۰۰	۵۰۰۰	۳۰۰۰	۲۰۰۰	۱۰۰۰۰	۵۰۰۰	۳۰۰۰	۲۰۰۰	۱۰۰۰۰	۵۰۰۰	۳۰۰۰	۲۰۰۰	
									10 1/3"	9 3/4"	9 1/2"	9 1/4"					4"
				14 1/2"	13 3/4"	14 1/3"	13 1/4"	13"	10 1/2"	9 2/3"	9 1/3"	9"	8"	7 1/3"	7 1/4"	7"	4 1/2"
				14 1/4"	13 1/2"	14"	13"	12 1/2"	10"	9 1/2"	9 1/4"	9"	7 3/4"	7 1/4"	7"	6 1/3"	5"
				14"	13 1/4"	13 3/4"	12 2/3"	12 1/4"	10"	9 1/3"	9"	8 3/4"	7 2/3"	7"	7"	6 1/2"	5 1/2"
				13 2/3"	13"	13 1/2"	12 1/3"	12"	9 3/4"	9 1/4"	9"	8 2/3"					6"
				13 1/4"	12 1/2"	13"	12"	11 1/2"	9 2/3"	9"	8 3/4"	8 1/2"					6 5/8"
		15 1/4"	15"	13"	12 1/4"	12 3/4"	12 3/4"	11 1/3"	9 1/2"	9"	8 2/3"	8 1/3"					7"
		15"	14 1/3"	12 1/2"	12"	12 1/2"	11 1/3"	11"	9 1/3"	8 3/4"	8 1/2"	8 1/4"					7 5/8"
		14 1/4"	14"	12"	11 1/4"	11 3/4"	10 3/4"	10 1/3"									8 5/8"
		13 1/3"	13 1/2"	11 1/3"	10 2/3"	11 1/4"	10"	9 3/4"									9 5/8"
18"	17 1/2"	13 1/3"	13 1/4"														10 3/4"
17 1/3"	17"	12 3/4"	12 2/3"														11 3/4"
16 1/2"	16 1/4"																13 3/8"

توجه: تعداد فوق تنها بعنوان یک راهنمای اولیه باید مورد استفاده قرار بگیرد. تعداد واقعی مواد پلاستیکی ممکن است به اندازه

$1-2$ + عدد بستگی به اختلاف قطر لوله جداری و فلنج تغییر یابد.

مواد پلاستیکی شماره ۲۱-۷۶۵۰ که در تفنگ های تزریق شماره پ-ت-۹۷۳۳۲ قرار می گیرد تقریباً برابر $4\frac{1}{2}$ تعداد تفنگ شماره پ-ت-۷۶۵۰ می باشد.

۲-۲-۴- پی - سیل (پی- سیل دوتائی)

پی- سیل کاری شبیه به وسیله آکند ایکس انجام می دهد. از آکندی شبیه به آکند استفاده شده در بوش ایکس استفاده می گردد، اما پی- سیل بدون استفاده از بوش داخل محل خود در فلنج قرار می گیرد. از ماسوره سر لوله جداری با جایگاه پی- سیل تنها برای لوله جداری با اندازه مربوطه می توان استفاده نمود. زیرا که قطر داخلی فلنج دقیقاً به اندازه قطر خارجی لوله جداری ساخته شده است. مراحل قراردادن پی- سیل در جایگاهش و پر کردن و آزمایش فشار آن شبیه نکات ذکر شده برای بوش ایکس می باشد.

- مراحل آزمایش فشار

یک پی- سیل دوتائی دارای دو پی- سیل بر روی یکدیگر می باشد. هر پی- سیل دارای یک سوراخ آزمایش و یک سوراخ تزریق مواد پلاستیکی می باشد. تزریق مواد پلاستیکی و آزمایش فشار آنرا از پی- سیل پائینی شروع نمائید. چک والو سوراخ آزمایش پی- سیل پائینی را در هنگام آزمایش فشار پی- سیل بالائی در حالت باز قرار دهید.

ارتفاع لازم لبه لوله جداری برای پی- سیل و پی- سیل دوتائی

ماسوره سر لوله جداری را که باید برپا گردد چک کرده و جایگاه پی- سیل را از لبه فلنج تا جایی که قطر داخلی ماسوره کم شده و لبه لوله جداری به آن ختم می گردد اندازه گیری نمائید و $\frac{1}{4}$ از آن کم کرده و ارقام زیر را برای قرار دادن رینگ گسکت به آن اضافه نمائید.

برای رینگ نوع "R" حداقل به اندازه $\frac{1}{8}$ اینچ

برای رینگ نوع "RX" حداقل به اندازه $\frac{1}{2}$ اینچ

برای رینگ نوع "BX" حداقل به اندازه "صفر"

این مقدار ارتفاع لازم برای بریدن لوله جداری را از لبه فلنج پایینی تا فلنج ماسوره بعدی بدست می دهد. در صورتی که از یک فلنج حدفاصل (فلنج پر شونده یا فلنج تبدیل ساده) بین دو ماسوره سرلوله جداری استفاده می گردد، باید ارتفاع لازم برای بریدن لوله جداری را پس از قرار دادن این فلنج حدفاصل از پایین آن اندازه گیری نمود. حدود $1/8 +$ برای محل بریدن لوله در نظر بگیرید.

۴-۲-۳- فلنج های تبدیل حد فاصل

از فلنج های تبدیل حد فاصل بین دو قسمت تاج چاه (ماسوره های سر لوله جداری و یا شیرهای اصلی) برای آکند کردن لبه لوله جداری و بالا بردن اطمینان فشار مجاز محل های اتصال استفاده می گردد. این فلنج ها در سطح بالائی خود داری دو شیار محل قرارگیری رینگ گسکت می باشند. شیار بزرگتر برای رینگ گسکت ا.پی.آی استاندارد و شیار کوچکتر (در صورتی که استفاده بشود) برای افزایش فشار مجاز محل اتصال می باشد.

در صورتی که از هر نوع فلنج حدفاصل (بجز فلنجی که به لبه لوله جداری جوش داده می شود) به همراه ماسوره سر لوله جداری یا شیری که با جایگاه پی - سیل یا بوش ایکس استفاده گردد، ابتدا این فلنج را در محل خود قرار داده و سپس ارتفاع لازم برای بریدن لوله جداری را اندازه گیری نمایید. (همانند دستورالعمل داده شده در قسمت ۲-۲ پی - سیل)

دو نوع فلنج حدفاصل مورد استفاده قرار می گیرد:

فلنج جوشی نوع "MV" (Test Weld Flange)

این وسیله یک فلنج حدفاصل می باشد که دارای جایگاه پی - سیل دوتائی می باشد. مراحل قرار دادن و آزمایش فشار آن شبیه دستورالعمل ذکر شده در قسمت (پی - سیل) می باشد.

توجه:

اگر بیش از یک وسیله آکند ثانویه مورد استفاده قرار بگیرد، تزریق مواد پلاستیکی و آزمایش فشار آن باید از پایین ترین قسمت شروع بشود. و در این حالت چک والو سوراخ آزمایش فشار پایینی در هنگام آزمایش فشار قسمت بالایی باید برای نشان دادن نشت احتمالی در حالت باز باشد.

نکاتی درباره تزریق مواد پلاستیکی در وسایل آکند بوش ایکس، فلنج های پرکننده و پی - سیل

دو نوع مواد پلاستیکی موجود می باشد، نوع استاندارد برای استفاده در درجه حرارت های معمولی (تا حدود ۱۴۰ درجه فارنهایت) و نوع درجه حرارت های بالا

۱ حدود ۲۰۰ درجه فارنهایت. از نوع دوم برای آکند کردن لبه رشته جداری تولید و لوله مغزی باید استفاده بشود.

از نوع اول در کلیه وسایل آکند می توان استفاده نمود، مگر اینکه در زمان تولید از چاه فشار زیادی به این وسیله آکند وارد بشود.

شماره مواد پلاستیکی (Part Number):

شماره ۳-۷۶۵۰	مواد پلاستیکی استاندارد، قطر خارجی ۳/۴"
شماره ۲۱-۷۶۵۰	مواد پلاستیکی استاندارد، قطر خارجی ۱-۱/۴"
شماره ۲۳-۷۶۵۰	مواد پلاستیکی حرارت بالا، قطر خارجی ۳/۴"
شماره ۲۴-۷۶۵۰	مواد پلاستیکی حرارت بالا، قطر خارجی ۱-۱/۴"

۳-۴- نگهداری و تعمیر شیر توپی کمرون در هنگام انجام عملیات حفاری

شیرهای توپی همانند سایر شیرها، باید همیشه در حالت باز جابجا شوند، تا از وارد شدن صدمه به محل آکند آن جلوگیری به عمل آید. در هنگام عملیات شیر باید کاملاً در حالت باز و یا در حالت بسته باشد.

- آزمایش فشار شیر توپی

شیر توپی را می توان در حالت باز با استفاده از یک کاپ تستر (Cup Tester) آزمایش فشار نمود. برای انجام اینکار داخل شیر را از گل حفاری، کاملاً تخلیه نمایید. داخل آنرا با مایع انجام آزمایش پر نمایید. مقداری مواد آکنش (Sealant) به داخل مقر حلقه های آکنش تزریق کنید. فشار را از طریق سوراخ آزمایش فشار بالا برده و با بازکردن سوراخ محل ترخیص فشار به وجود نشت های احتمالی توجه شود. در صورت وجود نشت در مقر توپی مایع آزمایش فشار از محل سوراخ یک اینچی ترخیص فشار خارج خواهد شد.

- روش‌های مسدود کردن محل‌های دارای نشت

در صورتی که شیر دارای نشت باشد، باید مواد آکنش در هر قسمت مقرر توپی تزریق شود. اگر که نشت شیر ادامه یابد، آنرا چندین مرتبه باز و بسته نمایید تا در صورتی که ذره خارجی بین توپی و مقر آن قرار گرفته باشد خارج گردد. برای نشت‌های بسیار شدید مواد آکنش مخصوصی وجود دارد. ولی در حالت‌های معمولی از این مواد نباید استفاده بشود.

- نگهداری و استفاده از شیر توپی در هنگام تکمیل چاه و پس از آن

پس از جریان دادن چاه و اطمینان از تمیز شدن آن، باید شیر را به آرامی بسته تا بر اثر جریان چاه سطح توپی آن شسته و تمیز گردد. بعد از باز کردن مجدد شیر به داخل هر دو مقر توپی مقداری مواد آکنش تزریق نمایید. همین عمل را هنگام اسیدکاری چاه نیز باید انجام داد. همچنین قبل از اسیدکاری مواد آکنش تزریق نموده و بوش ایکس را نیز آزمایش فشار نمایید.

۴-۴- شیرهای دروازه‌ای - نگهداری و تعمیر آنها

قبل از انجام هر نوع تعمیری بر روی شیرهای دروازه‌ای در محل چاه به نکات زیر توجه شود:

- مطمئن شوید که اشکال را دقیقاً متوجه شده‌اید.
- مطمئن شوید که وسایل یدکی لازم را در محل دارید.
- مطمئن شوید که ابزار لازم تعمیر را در محل دارید.

۴-۴-۱- شیر دروازه ای "F" کمرون

شیر دروازه‌ای نوع "F" کمرون دارای یک دروازه شناور می‌باشد، و بنابراین برای باز و بسته کردن آن احتیاج به نیروی گشتاور زیادی نمی‌باشد. پس از باز کردن یا بستن کامل شیر، دسته آن باید ۱/۴ دور برگردانده شود تا از وارد شدن نیروی غیرضروری به آن جلوگیری گردد.

دروازه یک تکه بکار رفته در این شیر، از قفل شدن آن بر اثر فشار جلوگیری می کند. شیر از هر دو طرف بصورت آکنش فلز به فلز بین دروازه و مقر آن آکند می شود. یک مخلوطی از مواد آکنش و مواد روغن کاری برای افزایش قدرت آکنش شیر و کاهش اصطکاک در آن، به کار برده می شود.

یک میخ شکننده که به انتهای دسته شیر متصل می باشد، از وارد شدن نیروی گشتاور زیادی به دسته شیر جلوگیری به عمل می آورد.

روغن کاری

یک سوراخ بر روی فلنج شیر برای گریس کاری آن وجود دارد. از مواد Lubriplate یا Delta Desco T-P برای روغن کاری استفاده شود. برنامه روغن کاری شیرها بستگی به نوع استفاده از آنها دارد. در هر حال این شیرها باید همیشه قبل و بعد از عملیات سیمانکاری، اسیدکاری و یا پمپ کردن هر نوع مواد خورنده از طریق آنها گریس کاری بشوند. بعلاوه قبل از گریس کاری شیر را از آب تمیز پر نموده و چندین بار باز و بسته نمائید. به طور کلی شیریهی که در چاه های گازی به کار برده می شود احتیاج به روغن کاری بیشتری نسبت به شیریهی که در چاه های نفتی استفاده می شود دارد. مقدار گریس لازم برای روغن کاری شیر بستگی به حرارت و دفعات باز و بسته کردن آن نیز دارد.

در جدول (۷-۴) مقادیر لازم برای گریس کاری کامل یک شیر آمده است:

جدول (۷-۴) - مقادیر لازم برای گریس کاری کامل یک شیر

مقدار لازم حرکت پیستون پمپ گریس کاری (اینچ)	مقدار گریس لازم (پوند)	مقدار گریس لازم (اینچ مکعب)	فشار مجاز	قطر داخلی شیر
۱/۲	۱/۰۴	۲۶	تمام فشارها	۱۳-۱/۱۶"
۱/۲	۱/۱۲	۲۸	تمام فشارها	۱-۲/۱۶"
۳/۴	۱/۷	۴۳	تمام فشارها	۹-۲/۱۶"

۱-۱/۸	۲/۷	۶۷	تمام فشارها	۱-۳/۸ ^ا
۲	۴/۵	۱۱۲	تمام فشارها	۱-۴/۸ ^ا
۳-۴/۴	۱۱	۲۷۵	تمام فشارها	۱-۵/۸ ^ا
۷	۱۶/۳	۴۰۸	تمام فشارها	۱-۶/۸ ^ا

هنگام روغن کاری شیر باید در حالت نیمه باز باشد.

۲-۴-۴- شیرهای دروازه ای نیومان - مکووی - نگهداری و تعمیر آنها

New Man Mc Evoy Gate Valve

شیرهای دروازه ای فوق دارای یک دروازه شناور بوده که در هر دو جهت عمل آکنش را انجام می دهد. هیچ نیروی گشتاوری برای گرداندن دسته شیر احتیاج نمی باشد. پس از اطمینان از بسته بودن کامل شیر دسته آنرا ۱/۴ دور به عقب برگردانید.

روغن کاری

این شیرها دارای سه محل گریس کاری می باشند. یک گریس خور (شماره-۱۳) در مرکز شیر قرار داشته و برای پرکردن بدنه آن از گریس می باشد. این محل باید هنگامی که شیر در عملیات حفاری به کار می رود هر چهار هفته یکبار و به علاوه تمام شیرهایی که با گل حفاری در تماس هستند قبل از ترخیص دکل باید گریس کاری بشوند. همچنین قبل و بعد از عملیات اسیدکاری این قسمت باید با گریس تازه کاملاً پر شود.

مراحل گریس کاری

پمپ گریس کاری فشار بالا را که با گریس نوع ۱-۴۹۰-۵۰-۲۰-۰۹ MESC NO.09-20-50-490-1 پر شده است به گریس خور (۱۳) وصل کرده و هنگام تزریق گریس شیر در حالت نیمه باز باشد. اگر شیر تحت فشار نباشد، آنرا بسته و شیر ترخیص فشار را خارج کرده (شماره-۵) و شروع به تزریق گریس نموده تا زمانی که گریس تازه از سوراخ فوق خارج گردد.

دو گریس خور دیگر (شماره ۱۵) در دو سمت بدنه شیر قرار دارند. این سوراخها برای تزریق مواد آکنش در مخازن مربوطه می باشد. باید توجه داشت که این مخازن هیچ گاه نباید خالی نگهداشته شوند. زیرا که این مواد برای آکند کردن دروازه شیر در هنگام بسته بودن می باشند. پس از هر ۳۰ مرتبه باز و بسته کردن و یا هنگام مشاهده نشت در شیر این مخازن را پر نمائید.

مراحل تزریق مواد آکنش

یک پمپ روغن کاری فشار بالا که مواد آکنش مکوژی پر شده است به محل تزریق (۱۵) وصل نموده و تا هنگامی که برای تزریق به فشار زیادی نیاز باشد به پمپ کردن ادامه دهید. در صورت امکان هنگام این عملیات شیر باید در حالت بسته باشد.

جدول (۸-۴) - مقدار تقریبی گریس برای پر کردن گریس خور بدنه شیر

اندازه شیر (اینچ)	مقدار گریس (پوند)
۱۱-۱/۱۶	۲
۱۳-۱/۱۶	۲
۲	۲/۵
۱-۲/۱۶	۲/۵
۱-۲/۲	۴
۹-۲/۱۶	۴
۳	۹
۱-۳/۱۶	۹
۴	۱۶
۱-۴/۱۶	۱۶
۵	۲۲
۶	۲۲
۶×۵-۶/۸	۲۲
۶×۷	۲۲
۸	۳۵

شیرهای دروازه ای WKM دارای دروازه های باز شونده می باشند، که در هنگامی که شیر در حالت کاملاً باز و یا کاملاً بسته می باشد به هر دو قطر دروازه به صورت فشرده می چسبند.

این شیرها بر خلاف شیرهای کمرون و مکرووی باید هنگام بستن دسته آنها کاملاً سفت گردد، زیرا نیروی گشتاور زیاد وارد به دسته باعث سفت تر شدن (بسته شدن) شیر می گردد.

شیرهای WKM جلوی فشار را تنها از یک جهت نگه می دارند. این سمت به وسیله یک علامت بر روی فلنج شیر نشان داده شده است، و شیر باید در جهت جریان نصب گردد. برای مثال بر روی تاج چاه این فلنج در پایین قرار می گیرد.

روغن کاری

دو (یا بیشتر) سوراخ بر روی بدنه شیر برای گریس کاری آن وجود دارد. هنگام استفاده در عملیات حفاری این شیر باید هر چهار هفته یکبار گریس کاری بشود. همچنین کلیه این شیرها که با گل حفاری در تماس می باشند قبل از ترخیص دکل باید گریس کاری بشوند. همچنین قبل و بعد از اسیدکاری باید شیر کاملاً با گریس تازه روغن کاری بشود.

مراحل گریس کاری

پمپ گریس کاری فشار بالا را که با گریس نوع ۱-۴۹۰-۵۰-۰۲-۰۹ MESC NO. پر شده است به گریس خور پایینی وصل نمائید. اگر که شیر تحت فشار باشد، آنرا نیمه باز نموده و در غیر اینصورت سوراخ بالایی را باز نگهداشته و آنقدر گریس تزریق کنید تا گریس تازه از این سوراخ خارج بشود.

توجه

گریس خورهایی که دارای نشت بوده نباید زمانی که تحت فشار می باشند تعویض گردند.

۴-۵ - جهت شیرهای جانبی، زانوی تولید و دسته شیرهای تاج چاه

۴-۵-۱ - شیرهای جانبی فضاهاى حلقوی (ماسوره های سر لوله جداری)

جهت شیرهای جانبی ماسوره های سر لوله جداری باید به موازات پله های حوضچه چاه باشد.

شیرهای جانبی که در جهت مخالف زانوی تولید قرار دارند باید دارای قسمت های زیر باشند:

- یک شیر دروازه ای
- یک فلنج پیوندی
- یک درپوش مغزه ای (Ball Plug) ۲ اینچ
- یک شیر سوزنی ۱/۲ اینچ

توجه:

مسدود کننده "VR" در شیر جانبی گذاشته شود.

در پوش مغزه‌ای ۲ اینچی بدون شیر سوزنی نصب نشود.

شیرهای جانبی که در جهت زانونی تولید هستند باید دارای قسمت‌های زیر باشند:

- یک مسدود کننده "VR"

- یک فلنج پیوندی

- یک درپوش مغزه‌ای ۲ اینچی

- یک شیر سوزنی ۱/۲ اینچ

توجه:

کلبه شیرهای جانبی پس از هر سیمانکاری با آب کاملاً شسته شوند.

۲-۵-۴- زانوی تولید

جهت زانوی تولید به موازات پله‌های حوضچه چاه و به سمت محل موتور اصلی دکل می‌باشد.

۳-۵-۴- دسته شیرهای تاج سرچاه

جهت دسته شیرهای اصلی تاج سرچاه در سمت مخالف زانوی تولید می‌باشد.

۴-۵-۴- شیرهای جانبی ماسوره‌های "رشته لوله تولید"

جهت شیرهای جانبی (شیر توپی LDC) به سمت شیرهای جانبی دالیزها می‌باشد، اما در شیرهای هر دو طرف مسدود کننده

"VR" قرار داده می‌شود.

۶-۴- مراقبت از وسایل تاج چاه هنگام عملیات اسیدکاری

بیشتر اشکالاتی که پس از تکمیل چاه در شیرهای تاج چاه ایجاد می‌شود مربوط به اسیدکاری از طریق این شیرها می‌باشد.

مواد باز دارنده داخلی اسید تا حدود ۴۸ ساعت از تأثیر آن بر روی این وسایل جلوگیری می‌کند. در همه حال بیشتر شیرها در قسمت داخلی خود دارای سوراخ‌های بسیار ریزی می‌باشند که اسید ممکن است در آنها برای مدت زمان بیشتری نفوذ کرده و باعث خوردگی شدید آنها بشود.

برای به حداقل رساندن این تأثیر، راهنمائی‌های زیر به عنوان یک دستورالعمل کلی اسیدکاری باید مورد استفاده قرار بگیرد:

۱-۶-۴- شیرهای توپی

قبل از شروع به اسیدکاری در هر چهار سوراخ ($1/4''$) تزریق مواد آکنش، در حالیکه شیر کاملاً باز می‌باشد $1/2$ لول از این ماده تزریق گردد.

پس از اتمام اسیدکاری و هنگام جریان دادن چاه، این شیر را چندین مرتبه باز و بسته نمایید تا سطح توپی کاملاً شسته و تمیز گردد. سپس در حالی که شیر کاملاً باز می‌باشد $1/2$ لول مواد آکنش به محل‌های مربوط تزریق نمایید. پس از تزریق اولیه مواد آکنش (قبل از اسیدکاری) شیر توپی نباید مورد استفاده قرار بگیرد تا عملیات اسیدکاری پایان پذیرد.

۲-۴-۶- شیرهای دروازه‌ای

شیر را قبل از شروع عملیات اسیدکاری کاملاً از طریق مجاری مربوطه گریس کاری نمایید.

۳-۴-۶- کلیات

نکاتی که در بالا توضیح داده شد باید در مورد کلیه شیرهایی که در مسیر جریان چاه قرار دارند (شیر چاه پیمایی و شیرهای لوله آتش) نیز انجام بشود. در صورت امکان پس از اتمام اسیدکاری و قبل از گریس کاری شیرهای مقداری مواد خنثی کننده (Neutralizing Fluids) به داخل شیرها تزریق نموده و آنها را چندین مرتبه باز و بسته نمایید.

۷-۴- وسایل اولیه لازم برای سرویس قسمت‌های مختلف تاج چاه

۱- پمپ آزمایش فشار

۲- فشارسنج‌های صفر تا ۶۰۰۰ پام

۳- پمپ تزریق مواد آکنش

۴- پمپ گریس کاری برای شیر تویی

۵- پمپ گریس کاری برای شیرهای دروازه ای

۶- لوبریکاتور نصب مسدود کننده "VR" و وسایل مربوطه

۷- یک سری کامل از آچار چکشی

توجه

اگر که هر یک از وسایل فوق خراب شده و احتیاج به تعمیر یا تعویض پیدا کنند، آنها را به اداره خدمات سرچاه (Well Head Services) برای این منظور بفرستید.

۴-۸ - مشخصات وسایل تاج چاه

بر گردان فارسی فرم گزارش مشخصات تاج چاه ضمیمه شده است که برای گزارش تکمیل چاه (Completion Report) مورد استفاده قرار بگیرد. کلیه مشخصات تاج چاه را در فرم های مربوطه وارده کرده و نمایی از چاه نیز تهیه شود.

۵- متعلقات لوله جداری، راندن و سیمان کردن و آویزان کردن لوله جداری و حفاری سیمان و کفشک

۵-۱ - لوله جداری سطحی ۱۸-۵/۸ یا ۱۳-۳/۸

- مقدار حفاری حفره سطحی چاه به اندازه طول لوله جداری سطحی که باید رانده شود صورت می گیرد. ماسوره سرجداره مینا در عمق پایین تر از سطح زمین به صورت زیر قرار می گیرد:

ارتفاع سطح زمین تا بالای فلنج ماسوره سرجداری مبنا	اندازه لوله جداری سطحی
۵ فوت ۸ اینچ (۱/۷۳ متر)	۵-۱۸/۸"
۴ فوت (۱/۲۲ متر)	۳-۱۳/۸"

- عملیات زیر در مورد لوله جداری سطحی قبل از فرستاده شدن به محل چاه باید انجام شود.

- از دو لوله بالای کفشک خرگوش مناسب عبور داده شود.
 - به اولین لوله کفشک ساده یا کفشک پرشونده با استفاده از چسب (Baker Lock) وصل شود.
 - به دومین لوله، طوقه سیمانی ساده با استفاده از چسب متصل گردد. (Baffle Collar)
- در صورت استفاده از لوله جداری اندازه ۲- سه لوله پایین و در صورت استفاده از لوله جداری اندازه ۳- دو لوله پایین با چسب بهم متصل گردند.

- طوقه های تمرکز باید بصورت زیر استفاده گردند:

- در محل اتصال پنج لوله پایینی
 - به صورت یک در میان در کلیه لوله ها در صورتی که در برنامه ذکر شده باشد.
- در صورت استفاده از سیمان مخلوط با گلیسونایت از پلاگ پایینی سیمان کاری استفاده نشود.
- پلاگ های سیمان کاری در لوله جداری ۳/۸-۱۳ با حداکثر ۱۵۰۰ پام فشار باید در جای خود قرار بگیرند. فشار برای حداقل ۱۵ دقیقه باید بر روی پلاگ نگهداشته شود، تا وجود نشت مشخص گردد.

- قبل از شل کردن لوله های سطحی به مدت زمانی که در برنامه سیمان کاری مشخص شده است به سیمان برای سفت شدن باید اجازه داده شود.

- حفاری کفشک لوله جداری سطحی

حفاری طوقه سیمانی با ۲۵۰۰۰-۲۰۰۰۰ پوند وزن بر روی مته و ۶۰-۵۰ دور مته صورت می گیرد. وقتی که مته و پایدار کننده ها کاملاً از کفشک خارج گردیدند می توان مقدار دور مته را بالا برد.

۲-۵- لوله جداری میانی

۱-۵-۲- لوله جداری ۱۳-۳/۸ یا ۹-۵/۸

- در مورد لوله جداری ۱۳-۳/۸ متعلقات لوله در اهواز باید نصب شود و برای لوله ۹-۵/۸ مطابق برنامه عمل شود. در صورت استفاده از متعلقات پر شونده قبل از شروع سیمان کاری گوی شناور (Tripping Ball) باید انداخته شود.

- در صورت استفاده از لوله جداری اندازه ۲-سه شاخه اول و لوله جداری اندازه ۳-دو شاخه اول را با استفاده از چسب به هم متصل نمایید.

- طوقه های تمرکز به صورت زیر استفاده گردد:

- بر روی محل اتصال ۵ لوله اول.
- سپس به صورت یک در میان
- دو طوقه تمرکز دهنده سخت در دو لوله بالائی

- در صورت استفاده از طوقه سیمان کاری دو مرحله ای (DV Collar) باید در لوله پایین و بالای آن طوقه تمرکز نصب گردد.

- در مورد لوله جداری ۹-۵/۸ طوقه تمرکز به صورت یک در میان تا حدود ۶۰ متر به داخل لوله جداری قبل باید قرار داده شود.

- پلاگ بالایی سیمان کاری برای لوله جداری ۱۳-۳/۸ با فشار ۱۵۰۰ پام و برای لوله جداری ۹-۵/۸ با فشار ۲۰۰۰ پام باید در محل خود قرار بگیرند. فشار را به مدت ۱۵ دقیقه برای مشخص شدن نشست احتمالی بر روی پلاگ نگهدارید.

مقررات آویزان کردن لوله های جداری

لوله جداری را باید زمانی که پلاگ سیمان کاری بالایی در محل خود نشست در ماسوره سر لوله جداری آویزان نمود.

آویزان کردن لوله جداری باید با کمی شل کردن کابل و افتادن وزن لوله ها بر روی تاج چاه یا جداره آویز صورت بگیرد. پس از اتمام راندن لوله جداری به داخل چاه و تماس آن با ته چاه لوله ها باید به اندازه نیم متر بالا آورده شده که پس از آویزان کردن در حالت کشش باشند.

- قبل از راندن لوله جداری $8/5-9$ ، قطر سنج مناسب از داخل فوران گیرها عبور داده شود تا از رد شدن وسایل آویز و آکند نوع "CA" از داخل فوران گیر دالیزی اطمینان حاصل شود.

- وسایل آکند را طبق برنامه آزمایش فشار نمایید.

- فوران گیرها را طبق برنامه آزمایش فشار کنید.

- حفاری کفشک لوله جداری

- طوقه سیمانی و کفشک را با $25000-20000$ پوند وزن روی مته و $60-50$ دور مته حفاری نمایید.

- پس از اطمینان از عبور کامل مته و پایدار کننده ها از داخل کفشک می توان حفاری را با دور لازم بر روی مته ادامه داد.

۲-۲-۵- طوقه سیمان کاری دو مرحله ای DV Collar

به دنبال تصمیم گیری برای یکسان کردن کلیه لوله های جداری $8/5-9$ با رزوه باترس (به جز لوله جداری $5/43$ پوند/ فوت، ان-۸۰ که رزوه آن از نوع "وم" انتخاب شده است- به خاطر بهتر آکند شدن اتصال لوله ها در قمسست های بالایی رشته $8/5-9$) و همچنین برای محدود کردن تنوع متعلقات لوله جداری اکنون سعی بر این شده است که از این لوله در وزن های مختلف با یک نوع رزوه (باترس) سفارش داده شود و به همین خاطر از طوقه سیمان کاری $5/53-5/43$ پوند/ فوت پی-۱۱۰ با رزوه باترس برای اتصال به لوله هایی با رزوه باترس و "وم" بر طبق نیاز برنامه چاه استفاده خواهد شد.

در اشکال صفحه بعد سه نوع ترکیب لوله ها و طوقه سیمان کاری بدون استفاده از طوقه تبدیل نشان داده شده است. این سه ترکیب عبارتند از:

ترکیب الف تمام لوله‌ها دارای رزوه باترس بوده و در نتیجه در اتصال آنها به طوقه D.V مشکلی وجود ندارد.

ترکیب ب حالتی است که طوقه D.V بین دو قسمت "باترس" و "وم" قرار می‌گیرد در این حالت می‌توان طوقه را یک لوله پایین‌تر یعنی در قسمت باترس قرار داد و یا از این مزیت که رزوه نرینه "وم" به داخل رزوه مادینه باترس پیچ می‌شود استفاده نموده و آنرا در همان محل خود قرار داد.

ترکیب ج حالتی است که طوقه D.V در قسمت "وم" لوله‌ها قرار بگیرد. در این صورت رزوه نرینه "وم" لوله بالایی به راحتی داخل رزوه مادینه باترس بالای D.V پیچ می‌شود و باید محل اتصال (Coupling) لوله "وم" زیر طوقه D.V را با یک محل اتصال باترس تعویض نمود و بدین ترتیب نرینه باترس D.V نیز به داخل این مادینه باترس پیچ خواهد شد.

۳-۵- لوله جداری تولید

۱-۳-۵- لوله های جداری ۸/۵-۹، ۷ و ۵

- متعلقات لوله جداری در محل چاه به آن متصل گردد.

- در لوله‌های جداری ۸/۵-۹، ۷ و ۵ وسایل آویز و آکند برای آویزان کردن لوله جداری باید از داخل فوران‌گیرها دور لوله انداخته شود. اگر مشکلاتی در انجام این روش بروز کرد، قبل از بلند کردن فوران‌گیرها باید با اداره عملیات حفاری اهواز تماس گرفته شود.

- محل نصب طوقه سیمان در لوله جداری اندازه-۲ دو لوله بالاتر و در لوله جداری اندازه-۳ یک لوله بالاتر از کفشک می‌باشد. (طوقه سیمان شناور Float Collar).

- در صورت استفاده از لوله جداری اندازه-۲ سه لوله اول و در صورت استفاده از لوله جداری اندازه-۳ دو لوله اول باید با کمک چسب به یکدیگر متصل گردند.

- طوقه‌های تمرکز را بصورت زیر قرار دهید:

در محل اتصال پنج لوله اول.

یک لوله در میان در سایر قسمت‌ها

در لوله جداری ۸/۵-۹ باید دو عدد طوقه تمرکز سخت در دو لوله بالایی نصب گردد.

محل نصب طوقه تمرکز در لوله جداری ۸/۵-۹ در محل اتصال لوله‌ها و در لوله جداری ۷ در وسط لوله‌ها می‌باشد.

- در صورت استفاده از طوقه سیمان دو مرحله‌ای، باید دو طوقه تمرکز در دو لوله بالای آن و دو عدد در دو لوله پایین آن نصب گردد.

- در صورتی که از متعلقات پرشونده استفاده شود باید گوی شناور سیمان کاری را قبل از شروع سیمان کاری داخل لوله‌ها انداخت.

معمولاً در طبقات تولید کننده از لوله جداری به همراه متعلقات نوع شناور (Float) استفاده می‌شود.

- پلاگ‌های سیمان کاری باید با ۲۰۰۰ پام در جای خود قرار گرفته و فشار باید برای مدت ۱۵ دقیقه بر روی آن نگهداشته شود تا وجود یا عدم وجود نشت نشان داده شود.

- لوله جداری باید بلافاصله پس از خاتمه عملیات سیمان کاری در جای مربوطه آویزان گردد.

- وسایل اکند نوع ایکس طبق برنامه داده شده آزمایش فشار گردد. (بخش ۳-)

- فوران‌گیرها را طبق مقررات گفته شده آزمایش فشار کنید. (بخش ۲)

- حفاری کفشک لوله جداری

• طوقه سیمانی و کفشک را با ۲۵۰۰۰-۲۰۰۰۰ پوند وزن روی مته و ۶۰-۵۰ دور مته در دقیقه حفاری نمایید.

• پس از عبور مته و پایدار کننده‌ها از داخل کفشک، حفاری را با دور لازم برای مته ادامه دهید.

• قبل از شروع حفاری باید سیمان پشت لوله جداری کاملاً خشک شده باشد و برای این منظور باید به اندازه کافی به سیمان برای سفت شدن مهلت داده شده باشد.

۲-۳-۵- لوله‌های آستری

از لوله های زنگ زدا شده (Sand Blasted) به صورت زیر استفاده نمایید:

دو لوله زیر آویز لوله آستری

یک لوله در وسط قسمت لبه آستری (Lap) در لبه های آستری طولانی (۱۲۰ متری)

- دو لوله در مقابل کفشک لوله جداری قبلی

- سه لوله پایینی رشته آستری (بالای کفشک)

در سازندهای پرفشار حدود ۱۲۰ متر و در سازندهای کم فشار حدود ۶۰ متر فاصله لبه لوله آستری (Liner Lap) باید باشد.

از کفشک پرشونده و یا شناور و طوقه سیمانی چفتی (Latch Down Collor) در یک لوله بالاتر از کفشک استفاده گردد. معمولاً از کفشک ساده شناور در سازندهای تولید کننده و از کفشک پر شونده در قسمت پوش سنگ استفاده می شود. اگر از وسایل پر شونده در قسمت های تولیدی استفاده گردد با انداختن گوی داخل لوله ها آنرا به صورت شناور در می آوریم. در اتصال متعلقات لوله جداری از چسب استفاده گردد.

وقتی که از لوله های اندازه ۲- استفاده می گردد سه لوله پایینی و وقتی که از لوله های اندازه ۳- استفاده می شود دو لوله پایینی باید توسط چسب به یکدیگر متصل گردند.

از طوقه های تمرکز به صورت زیر استفاده می گردد:

در پنج لوله پایینی

سپس به صورت یک لوله در میان

دو طوقه تمرکز سخت در زیر اویزه آستری استفاده گردد.

در صورت استفاده از طوقه های سیمانی پر شونده قبل از آویزان کردن لوله آستره گوی را داخل لوله ها انداخته تا طوقه فوق را به صورت شناور تبدیل نماید.

پلاگ سیمان کاری (Pump Down Plug) باید به اندازه بزرگترین قطر داخلی لوله های حفاری باشد.

پلاگ سیمان کاری روبنده (Wiper Plug) باید به وسیله شش میخ شکننده در جایگاهش نگهداشته شود.

پلاگ سیمان کاری باید به حداکثر ۱۵۰۰ پام فشار در محل خود قرار بگیرد.

نکاتی درباره سیمان کاری لوله های آستری:

سیمان کاری لوله های آستره باید با بازگشت کامل سیمان به بالای لبه لوله آستره صورت بگیرد. گل گمشدگی به هر مقدار در زمان سیمان کاری باید کاملاً اندازه گیری و گزارش شود، تا به موقع تصمیم لازم درباره آن گرفته شود.

۱- وقتی که لوله آستره در عمق مورد نظر قرار گرفت گل را به همان میزانی که در برنامه برای سیمان کاری آستری در نظر گرفته شده است به گردش در آورده و میزان گل گمشدگی را کنترل نمایید.

۲- سیمان را طبق برنامه ای که از قبل مشخص شده است مخلوط و جابجا نمایید. بر طبق اندازه گیری های مقدار گل گمشدگی و یا در صورت داشتن نمودار قطر سنج یکی از روش های زیر انجام دهید:

- در صورتی که گل گمشدگی وجود نداشته و یا مجموع گمشدگی اندازه گیری شده کمتر از نصف مقدار سیمان اضافه در نظر گرفته شده باشد، در این صورت لوله آستری را آویزان نموده و پس از آزاد کردن لوله های حفاری از آستره آویز، سیمان اضافی را با گردش معکوس گل از چاه خارج نمایید.

- در صورتی که میزان گل گمشدگی بیشتر از نصف مقدار سیمان اضافه در نظر گرفته شده باشد، لوله آستری را آویزان نموده و لوله های حفاری را آزاد کرده و هر چه سریعتر از چاه خارج نمایید.

- مقدار گل گمشدگی را از زمانی که سیمان به اطراف کفشک میرسد شروع به اندازه گیری نمایید، تا تعیین شود که مقدار گل گمشدگی بیش از نصف مقدار سیمان اضافه در نظر گرفته شده می باشد یا نه؟

۳- در صورتی که هیچگونه نشانه ای از بریده شدن میخ های شکننده پلاگ روبنده (Wiper Plug) و یا نشستن پلاگ سیمان کاری در محل خود نباشد به هیچ وجه گردش معکوس گل را شروع نکنید.

۴- در صورتی که حالت سومین حالت از مورد ۲، به وجود آمد انجام مراحل زیر با نظر اداره مرکزی باید انجام شود:

- با مته داخل چاه رفته و وجود یا عدم وجود سیمان در بالای لبه آستری را بررسی نمایید.
- اگر سیمان ملاحظه نشد با نصب توپک RTTS در بالای لبه آستری مقدار تزریق پذیری را با ۵۰۰ پام فشار بدست آورید.
- اگر تزریق پذیری بدست آمد به مقدار کافی سیمان در لبه لوله آستری تزریق نمایید.

حفاری کفشک لوله آستری

برای حفاری طوقه سیمان از ۲۵۰۰۰-۲۰۰۰۰ پوند وزن روی مته و ۶۰-۵۰ دور در دقیقه مته استفاده شود.

پس از اطمینان عبور کامل مته و پایدار کننده ها از کفشک، حفاری را با دور لازم برای مته ادامه دهید.

۴-۵- لوله های جداری گیر کرده و ضرایب اطمینان

۱-۴-۵- ضرایب اطمینان طراحی لوله های جداری

ضریب اطمینان فشار ترکشی = $1/125$

ضریب اطمینان فشار فروریختگی = 1 (براساس لوله خالی در داخل گل ۱۴۴ پوند/فوت مکعب)

ضریب اطمینان کششی = $1/8$ (در هوا)

۲-۴-۵- قدرت برخی از دکل های حفاری موجود در ایران (شرکت NIDC)

جدول (۵-۱) - قدرت دکل ها و کابل

شماره دکل	ظرفیت دکل ($1000 \times$ پوند)	اندازه کابل	نوع کابل	ضریب اطمینان	تعداد کابل	حداکثر قدرت کابلها ($1000 \times$ پوند)
۲۹	۱۳۰۰	۳-۱/۸"	EIPS	۳	۸	۴۰۰ ۵۰۰ ۶۰۰
۳۰	۱۳۰۰	۳-۱/۸"	EIPS	۳	۸ ۱۰ ۱۲	۴۰۰ ۵۰۰ ۶۰۰
۳۱	۱۳۰۰	۳-۱/۸"	EIPS	۳	۸ ۱۰ ۱۲	۴۰۰ ۵۰۰ ۶۰۰
۵۲	۴۰۰	۱-۱/۸"	IP	۳	۸ ۱۰ ۱۲	۲۵۰ ۳۰۰ ۳۵۰
۵۸	۱۳۰۰	۱-۱/۴"	IP	۳	۸ ۱۰ ۱۲	۳۰۰ ۴۰۰ ۴۵۰
۵۹	۱۳۰۰	۱-۱/۴"	IP	۳	۸ ۱۰ ۱۲	۳۰۰ ۴۰۰ ۴۵۰
۶۱	۱۳۰۰	۳-۱/۸"	IP	۳	۸ ۱۰ ۱۲	۳۵۰ ۴۵۰ ۵۲۵
۶۸	۱۳۰۰	۱-۱/۴"	IP	۳	۸ ۱۰ ۱۲	۳۰۰ ۴۰۰ ۴۵۰
۶۹	۱۳۰۰	۵-۱/۸"	IP	۳	۸ ۱۰ ۱۲	۳۵۰ ۴۵۰ ۵۲۵

حداکثر اضافه کشش بر روی یک لوله جداری گیر کرده در چاه باید با ضریب اطمینان $1/3$ بر مبنای حداقل قدرت تحمل محل اتصال لوله محاسبه شود.

۵-۵- اسیدکاری

۱-۵-۵- مسئولیت‌ها

- ناظر فنی اداره حفاری مسئول ایمنی و مسائل فنی عملیات اسیدکاری در زمان بودن دکل در محل چاه چه در هنگام حفاری و چه در موقع عملیات تعمیر چاه می‌باشد.
- کلیه مسائل مربوط به عملیات باید به نظر ناظر فنی برسد. کلیه دستورات و یا تغییرات در برنامه از طریق ناظر فنی به افراد اسیدکاری داده خواهد شد.
- قبل از شروع عملیات مسائل ایمنی باید بین ناظر فنی، رئیس چاه، مسئول اسیدکاری و کلیه افرادی که در عملیات شرکت دارند مورد بررسی قرار بگیرد.

۲-۵-۵- پیش بینی وسایل لازم در محل

- قبل از ورود مخازن اسید و پمپ‌های اسیدکاری باید محل استقرار این وسایل توسط خرده‌های سنگ آهک و یا ریگ پوشانده شود. این مواد باعث از بین رفتن سریع اسید در صورت نشت از مخازن اسید و یا قطع اتصالات لوله‌های اسیدکاری می‌شود.
- به اندازه کافی آب باید در دسترس باشد که با سرعت بتوان به محل استقرار مخازن و پمپ‌های اسیدکاری منتقل نموده و در صورت نیاز استفاده کرد.
- دو نفر از افراد گروه اسیدکاری باید در اطراف مخازن اسید، پمپ‌های اسیدکاری و خطوط اسیدکاری مراقبت کرده و از نزدیک شدن افراد غیر مسئول و وسائط نقلیه تا فاصله ۳۰ متری وسایل فوق جلوگیری بعمل آورند.
- هنگام اسیدکاری باید جاده ورود به محل چاه مسدود شده و از ورود وسایل نقلیه غیرمجاز به محوطه چاه جلوگیری بعمل آید.

۳-۵-۵- افراد

- کلیه افراد گروه اسیدکاری و کارکنان دکل که در عملیات اسیدکاری دخالت دارند، قبل از شروع عملیات باید به وسایل زیر مجهز شوند:

- کلاه با ماسک مخصوص
- دستکش مخصوص اسیدکاری از جنس پی - وی - سی.
- کفش های لاستیکی
- لباس مناسب

۴-۵-۵- وسایل

- کلیه وسایلی که در اسیدکاری مورد استفاده قرار می گیرند باید با حداکثر فشاری که هنگام اسیدکاری استفاده می شود مورد آزمایش فشار قرار بگیرند. و در ضمن اسیدکاری فشار عملیات از مقدار فشار فوق نباید تجاوز نماید.

- هنگام شروع پمپ کردن اسید کلیه نفرات بجز افراد مسئول اسیدکاری باید از اطراف مخازن، پمپ های اسید و خطوط اسیدکاری کنار بروند.

- لوله های لاستیکی فشار قوی اسیدکاری باید با پارچه های کنفی پوشیده شوند تا در صورت پاره شدن از پخش اسید به اطراف جلوگیری بعمل آمده باشد.

- اتصال لوله های اسیدکاری به چاه در صورت وجود تاج چاه تنها باید از بالای شیر اصلی صورت بگیرد. هیچ لوله ای نباید به شیرهای جانبی وصل گردد مگر با نظر و تأیید رئیس اداره عملیات حفاری.

- یک شیر یک طرفه باید بر روی خطوط اسیدکاری نزدیک به تاج چاه قرار داده شود و همچنین وقتی که از لوله مغزی یا لوله حفاری برای اسیدکاری استفاده میشود یک شیر ایمنی باید بالای آنها نصب گردد.

۶- گشتاور پیچشی و اطلاعات فنی لازم

۶-۱- رزوه هشت دور (Eight-Round Thread)

نکات زیر باید در مورد سفت کردن لوله های جداری با رزوه هشت دور در نظر گرفته شود:

- آچار لوله جداری باید به یک دستگاه نشان دهنده گشتاور پیچشی با دقت کافی مجهز باشد.

- در حالی که به سفت کردن اتصال ادامه داده می شود، باید به میزان گشتاور (Trque Gauge) و آخرین ردیف رزوه محل اتصال توجه گردد.

- بهترین مقدار گشتاور پیچشی که در جدول زیر نشان داده شده است، برای نشان دادن این مقدار در حالت معمولی می باشد. این مقدار در سفت شدن آخرین رزوه و یا از دو رزوه به آخر مانده به دست می آید.

- اگر که سفت شدن محل اتصال لوله ها به حالتی برسد که آخرین رزوه نیز سفت شده و به اندازه حداقل آن نیز نرسیده است، رزوه های آن لوله ممکن است معیوب باشد.

- اگر پس از رسیدن به بهترین مقدار گشتاور پیچشی لازم برای سفت شدن اتصال لوله ها هنوز چند رزوه باقیمانده باشد، باید گشتاور را تا حد حداکثر آن بالا برد. اگر که به حداکثر مقدار گشتاور پیچشی رسیده و هنوز حدود سه رزوه برای سفت شدن کامل اتصال باقیمانده باشد، این لوله جداری معیوب می باشد.

جدول (۶-۱) - مقادیر گشتاور پیچشی برای سفت کردن لوله جداری با رزوه هشت دور

گشتاور پیچشی (فوت/ پوند)				
حداکثر		بهترین مقدار	حداقل	اندازه لوله جداری
۱۶۰۰		۱۲۰۰	۱۰۰۰	۱-۴/۲"
۵۷۰۰		۳۸۰۰	۲۸۰۰	۷"
۷۰۰۰		۴۷۰۰	۳۵۰۰	۵-۹/۸"

۷۳۰۰		۴۹۰۰		۳۷۰۰		۳-۱۰/۴ ^ف
۸۰۰۰		۵۴۰۰		۴۲۰۰		۳-۱۳/۸ ^ف

۲-۶- لوله جداری با رزوه باترس

مقدار گشتاور لازم برای سفت کردن رزوه باترس باید با سفت کردن چند لوله با رزوه فوق تا انتهای مثلث پایه رزوه دقیقاً معلوم گردد. مقدار گشتاوری که به این ترتیب تعیین می‌گردد برای سفت کردن لوله‌های جداری با این وزن و درجه باید مورد استفاده قرار بگیرد.

بعنوان اساس کار به مقادیر گشتاور داده شده برای رزوه نوع "وم" مراجعه شود.

۳-۶- لوله جداری نوع Armco Seal Lock

برای تعیین مقدار گشتاور لازم برای لوله‌های جداری نوع فوق، برای لوله‌های ۱۰-۳/۴ تا ۱۰-۱/۲ تا ۴ اینچ ۵-۱/۴ تا ۵-۱/۲ دور و برای لوله ۱۳-۳/۸ اینچ ۶-۱/۴ تا ۶-۱/۲ دور لوله‌ها را چرخانده و سفت نموده، تا آن مقدار بدست آید. مقدار نهایی گشتاور با سفت کردن ۱ تا ۱-۱/۴ دور بعد از سفت شدن لوله‌ها با دست، بدست می‌آید. پس از تعیین مقدار گشتاور برای اتصال ۶-۵ لوله، باقیمانده لوله‌ها را با گشتاور بدست آمده سفت نمایید. مقادیر گشتاور داده شده برای رزوه‌های هشت دور را می‌توان به عنوان مبنا استفاده نمود.

جدول (۲-۶) - مقادیر گشتاور پیچشی برای لوله‌های جداری با رزوه "وم"

حداکثر	بهترین مقدار	حداقل	درجه	وزن (پوند/فوت)	اندازه
۷۹۵۰	۶۵۰۰	۵۸۰۰	سی-۷۵ و ان-۸۰	۱۵	۵ ^ف
۱۰۱۰۰	۸۷۰۰	۷۹۵۰	سی-۷۵ و ان-۸۰	۱۸	۵ ^ف
۱۰۱۰۰	۸۷۰۰	۷۹۵۰	سی-۷۵، ان-۸۰ و پی-۱۱۰	۲۹-۳۲	۷ ^ف
۱۱۵۵۰	۱۰۱۰۰	۹۴۰۰	سی-۷۵، ان-۸۰ و پی-۱۱۰	۳۵	۷ ^ف
۱۱۵۵۰	۱۰۱۰۰	۹۴۰۰	سی-۷۵، ان-۸۰ و پی-۱۱۰	۴۳/۵	۵-۹/۸ ^ف
۱۴۴۵۰	۱۳۰۰۰	۱۲۳۰۰	سی-۷۵، ان-۸۰ و پی-۱۱۰	۵۳/۵	۵-۹/۸ ^ف



۷۰

سند راهبرد ملی و نقشه راه توسعه فناوری های مرتبط با انرژی زمین گرمایی در ایران

فاز ۲: هوشمندی فناوری

ویرایش اول، دی ۱۳۹۳

گزارش شناسایی حوزه های فناورانه انرژی زمین گرمایی در خصوص اکتشاف منابع - حفاری

۱۳۰۰۰	۱۱۵۵۰	۱۰۸۵۰	جی-۵۵	۶۸	۳-۱۳/۸
-------	-------	-------	-------	----	--------

جدول (۳-۶) - مقادیر گشتاور پیچشی برای لوله های جداری "HFJ"

اندازه	وزن (پوند / فوت)	درجه	بهترین مقدار (فوت / پوند)
۱-۴/۲"	۱۳/۵	ان-۸۰	۱۵۰۰
۵"	۱۸	ان-۸۰	۱۹۰۰
۵"	۱۸	پی-۱۱۰	۲۸۵۰

جدول (۴-۶) - مقادیر گشتاور پیچشی برای لوله جداری "HEU"

اندازه	وزن (پوند / فوت)	درجه	بهترین مقدار (فوت / پوند)
۵"	۱۸-۱۵	ان-۸۰	۵۰۰۰

جدول (۵-۶) - مقادیر گشتاور پیچشی برای لوله های جداری "EL"

اندازه	درجه	حداقل	بهترین مقدار
۵"	ان-۸۰	۲۰۰۰	۳۰۰۰-۲۵۰۰
۵-۶/۸"	ان-۸۰	۲۵۰۰	۳۵۰۰-۳۰۰۰
۷"	ان-۸۰، سی-۷۵ و پی-۱۱۰	۲۵۰۰	۳۵۰۰-۳۰۰۰
۵-۹/۸"	ان-۸۰ و پی-۱۱۰	۴۰۰۰	۵۰۰۰-۴۵۰۰

۷- مانده گیری "Fishing"

وقتی که وسیله ای در چاه افتاده و یا گیر بکند، باید آنرا هر چه سریعتر از چاه خارج نمود. هر چقدر مانده بیشتر در چاه بماند بازیابی

آن مشکلتر خواهد بود. عملی که بازیابی مانده را مشکل نماید نباید انجام بشود.

۱-۷- راهنمایی‌های عملیاتی

۱- زمانی که یک مانده در چاه می‌ماند، بلافاصله یک نمایی از چاه که نشان دهنده جزئیات وسایل مانده در چاه باشد تهیه گردد. در صورت امکان سازندی را که مانده در آن مانده است باید مشخص کرد. بلافاصله نسخه‌ای از شمای تهیه شده و جزئیاتی عملیاتی را که باعث ایجاد مانده شده است به اهواز ارسال دارید.

۲- نقطه تقریبی آزاد لوله‌ها را با جداول کششی (Stretch Charts) مشخص نموده و بلافاصله پایپ لاکس به اطراف لوله-های گیر کرده پمپ نمائید.

در این حالت مسائل زیر را در نظر داشته باشید:

- برای گل‌های سنگین که جریان آب نمک به داخل چاه مشاهده نمی‌شود، فقط گازوئیل و پایپ لاکس در اطراف لوله‌ها قرار داده شود (Spot).
- برای گل‌های سنگین که جریان آب نمک نیز بداخل چاه صورت گرفته باشد، پایپ لاکس و مواد پایه روغنی هم وزن گل چاه در اطراف لوله‌های گیر کرده قرار داده شود.
- برای گل‌های سبک تنها پایپ لاکس و گازوئیل در اطراف لوله‌ها قرار داده شود. وقتی که هرزروی گل نیز به همراه گیر کردن لوله‌ها صورت بگیرد، قبل از پایپ لاکس مواد جلوگیری از گل گمشدگی به داخل چاه پمپ شود.
- در لایه‌های تولید مقدار افت فشار ایستائی را که با پمپ کردن گازوئیل و پایپ لاکس در چاه ایجاد می‌شود حساب نموده و همیشه در نظر گرفته شود که اضافه فشار گل لازم در بالای لایه‌های تولیدی حفظ گردد. وزن گازوئیل ۵۲/۵ پوند/ فوت مکعب می‌باشد.
- همیشه قبل از پمپ کردن "سیالات رفع گیر لوله" به داخل چاه با کشیدن لوله‌ها نقطه احتمالی گیر آنها را تعیین نمایید.
- وقتی که پایپ لاکس به داخل چاه پمپ می‌گردد، مطمئن باشید که در اطراف لوله‌ها دارای جریان متلاطم می‌باشد. برای این منظور مقدار معمولی گردش گل کافی می‌باشد.

- وقتی که پایپ لاکس به اطراف لوله‌ها رسید، لوله‌ها را چرخانده و به طرف پایین هل دهید. لوله‌ها را بیشتر از ۴۰۰۰۰ پوند اضافه بر وزن آنها در هوا نکشید.
- حجم پایپ لاکس را دو برابر حجم فضای حلقوی لوله‌های وزنه و چاه در نظر بگیرید.
- ۳- در صورت نیاز به جدا کردن Goose Neck از هرزگرد (Swivel) به موارد زیر توجه شود:
- در هنگام حفاری در سازندهای سطحی، پیچ کلاهدک G.N. را از فلنجی که بالای بوش محافظ هرزگرد می‌باشد باز نمایید، در این حالت می‌توان ابزار سیمی را از درون بوش محافظ هرزگرد، کلی و لوله حفاری به داخل چاه عبور داد.
- در لایه‌های تولیدی بدون اجازه اداره عملیات حفاری نباید Goose Neck را باز نمود.
- ۴- قبل از شروع عملیات شستشوی اطراف مانده، باید تا بالای آنرا با مته کاملاً تمیز نمود.
- ۵- در صورت نیاز به جار کردن برای خارج نمودن مانده بهتر است مجدداً با لوله‌های حفاری با مانده درگیر شده و از لوله شستشو کمتر استفاده گردد.
- ۶- تعیین محل نقطه آزاد در لوله‌های گیر کرده و باز کردن آنها با پس گرد کردن
- ۷- پس از مشخص کردن پایین ترین نقطه آزاد لوله‌ها، برای پس گرد آنها به موارد زیر توجه شود:
- وزن لوله‌ها را بر روی وزن سنج مطابق وزنی که F.P.I نشان می‌دهد تنظیم نموده تا لوله‌ها در حالت کشش باشند.
- لوله‌های حفاری را چپ گرد کرده (مقدار گشتاور پیچشی بستگی به عمق و نوع لوله‌ها دارد) و سپس لوله بر شلیک شود. F.P.I در صورتی که مقدار گشتاور به حد کافی رسیده باشد عمق آزاد را نشان می‌دهد. کم شدن مقدار گشتاور در رشته حفاری نشانه شل شدن یک محل اتصال در لوله‌ها می‌باشد و در این حالت پس گرد کردن لوله‌ها با چرخاندن آنها به چپ و سریع پایین بردن لوله‌ها تا وزن پس گرد به راحتی صورت می‌گیرد. مقدار مواد منفجره بستگی به وزن گل، عمق چاه و اندازه محل اتصال لوله‌ها دارد. توجه: در طوقه‌های تبدیل عمل پس گردی نباید صورت بگیرد.

- پس گردی در لوله‌های وزنه

هنگام پس گردی لوله‌های وزنه به نکات زیر توجه شود:

- وقتی که یک رشته حفاری در چاه گیر می‌کند وزن شناوری لوله‌ها از بین رفته و وزن لوله‌ها برابر وزن آنها در هوا به اضافه اثر فشار گل ته چاه به سطح‌های غیرمساوی که بر اثر اتصال لوله حفاری به لوله وزنه ایجاد می‌گردد در نظر گرفته می‌شود.
- در شکل این سطح نامساوی نشان داده شده است. و در جدول بعضی از مشخصات لوله‌های وزنه مشخص گردیده است.

جدول (۱-۷) - مشخصات لوله های وزنی

اندازه سطح نامساوی (اینچ مربع)	اندازه و وزن لوله حفاری (اینچ، پوند/ فوت)	اندازه و نوع محل اتصال	قطر داخلی	قطر خارجی لوله وزنه
۱۲/۷۲	۱۹/۵	۵°	۸/۸-۳، اچ-۹۰	۱۱°
۲۳	۱۹/۵	۵°	۸/۸-۷، اچ-۹۰	۱۰°
۱۹/۱۱	۱۹/۵	۵°	۸/۸-۷، اچ-۹۰	۳-۹/۴°
۱۸/۵	۱۹/۵	۵°	۷، اچ-۹۰	۹°
۲۲/۵۷	۱۹/۵	۵°	۸/۸-۶، اچ-۹۰	۱-۸/۸°
۱۶/۲	۱۹/۵	۵°	۸/۸-۶، اچ-۹۰	۸°
۱۶/۲	۱۹/۵	۵°	۸/۸-۶، اچ-۹۰ معمولی	۸°
۹/۱	۱۹/۵	۵°	۲/۴-۱، اچ-۹۰	۳-۲/۴°
۳/۲۲	۱۹/۵	۵°	۲/۴-۱، ای-اف	۳-۲/۴°
۰/۴	۱۳/۳	۱-۳/۲°	۸/۸-۲، ای-اف	۱-۴/۸°
۰/۸۴	۱۰/۴	۷-۲/۸°	۸/۸-۲، معمولی	۱-۳/۸°

این وزن، به خصوص در حالت‌هایی که نیروی وارد بر سطح نامساوی زیاد می‌باشد، تنها باعث شل شدن محل اتصال می‌گردد. به مجرد اینکه محل اتصال شل گردیده و فشار گل در داخل و خارج لوله‌ها برابر شد، اضافه فشار کشش لوله‌ها باعث قفل شدن مجدد محل اتصال می‌گردد. وزن پس گرد شده باید برابر با وزن شناوری آن قسمت از لوله‌های آزاد شده باشد. در مثال فوق وزن پس گرد برابر ۱۳۱۰۰۰ پوند می‌باشد.

- پس از شلیک کردن، لوله ها باید بلافاصله پایین برده شده تا وزن آنها به وزن پس گرد برسد.

۸- مقدار کشش مؤثر بر روی لوله های گیر کرده و تعیین نقطه گیر

وقتی که مقدار نیروی لازم برای کشیدن لوله های گیر کرده تعیین می گردد، وزن واقعی لوله ها در هوا را باید در نظر گرفت و به وزنی که وزن سنج نشان می دهد نباید توجه داشت.

نیروی شناوری تنها به لوله هایی که به صورت آزاد در چاه هستند وارد می شود و زمانی که لوله ها گیر کردند نیروی شناور مؤثر نخواهد بود.

- تخمین نقطه گیر لوله ها

به مقدار ۱۰-۵ هزار پوند اضافه بر وزن لوله ها در هوا، آنها را بکشید.

لوله را در این نقطه علامت گذاری کنید (بر روی سکوی حفاری)

لوله ها را به مقدار مشخص شده در جدول زیر بکشید.

مقدار کشش لوله را به اینچ اندازه گیری نمایید.

عمق گیر لوله ها را با تقسیم کردن مقدار کشش به $\frac{3}{5}$ و سپس ضرب کردن در ۱۰۰۰ و یا با مراجعه به جدول کشش در

کتاب AADDC تعیین نمایید.

جدول (۷-۲) - جدول تعیین مقدار کَشش

اضافه کَشش (پوند)	لوله وزنه (اینچ) قطر داخلی × قطر خارجی	اضافه کَشش (پوند)	لوله حفاری (اینچ)
۳۰۰۰۰	۱-۴/۴ × ۳-۱/۴	۲۵۰۰۰	۷-۲/۸
۳۵۰۰۰	۳-۴/۴ × ۳-۱/۴	۳۰۰۰۰	۱-۳/۲
۴۵۰۰۰	۱-۵/۴ × ۲	۳۵۰۰۰	۱-۴/۲
۵۰۰۰۰	۳-۵/۴ × ۱-۲/۴	۴۰۰۰۰	۵
۵۵۰۰۰	۶ × ۱-۲/۴	۴۵۰۰۰	۹-۵/۱۶
۵۵۰۰۰	۱-۶/۴ × ۱-۲/۴	۵۰۰۰۰	۵-۶/۸
۶۰۰۰۰	۳-۶/۴ × ۱-۲/۴		لوله مغزی
۶۵۰۰۰	۱-۷/۴ × ۳-۲/۴	۱۰۰۰۰	۴/۷، ۳-۲/۸ پوند/ فوت
۷۰۰۰۰	۳-۷/۴ × ۳	۱۵۰۰۰	۷/۸، ۶/۵ پوند/ فوت
۷۰۰۰۰	۸ × ۳	۲۰۰۰۰	۹/۳، ۱-۳/۲ پوند/ فوت
۷۵۰۰۰	۳-۸/۴ × ۱۳-۲/۱۶	۲۵۰۰۰	۴، ۱۱ پوند/ فوت
		۳۵۰۰۰	۱۲/۷۵، ۱-۴/۲ پوند/ فوت
		۴۰۰۰۰	۵، ۱۵ پوند/ فوت

تعیین مقدار کَشش در لوله های وزنه بسیار مشکل می باشد و برای تعیین نقطه گیر در لوله وزنه از وسیله F.P.I. باید استفاده گردد.

جدول (۷-۳) - مقدار گشتاور پیچشی چپ گرد برای لوله های حفاری

تعداد دور به سمت چپ برای هر ۱۰۰۰ فوت لوله	اندازه لوله (اینچ)
دور ۳/۱-۴	۵
دور ۳/۱-۴	۱-۴/۲
دور ۱، ۲-۱-۱	۱-۳/۲
دور ۱-۱/۲، ۱-۲/۲	۷-۲/۸
دور ۱-۲/۲، ۳	۳-۲/۸

۸- فشار دالیزی Annulus Pressure

۸-۱- کنترل کردن فشار دالیزها

معمولاً بیشتر اشکالاتی که در لوله‌های جداری ایجاد می‌شوند بر اثر تغییرات درجه حرارت در هنگام جریان سیالات از داخل لوله‌های جداری سیمان نشد و یا لوله‌هایی که تا نیمه سیمان شده‌اند به وجود می‌آید و این مسئله باعث ایجاد فشار در دالیزها (فضای حلقوی لوله‌های جداری) می‌گردد. بررسی‌های زیر در مورد کنترل فشار دالیزی باید توسط ناظر فنی تا هنگامی که دکل حفاری بر روی چاه مشغول عملیات می‌باشد صورت بگیرد.

۱- در هنگام انجام آزمایش فشار هفتگی فوران‌گیرها با قرار داشتن یک مجرابند در ماسوره سر لوله جداری باید کلیه شیرهای جانبی مربوط به دالیزها باز شده و فشارهای آنها اندازه گیری شود و نتایج اندازه گیری گزارش گردد.

۲- اگر که پس از سیمان کاری مجبور به بستن فوران‌گیرها در اطراف لوله جداری بشویم باید با قرار دادن یک فشار سنج فشار دالیزها کنترل گردد.

همچنین پس از قرار دادن وسایل آویز و آکند، فشار دالیز باید مرتباً در هنگام برپایی فوران-گیرها کنترل شود.

۳- پس از برپایی شیرهای تولیدی چاه، فشار کلیه دالیزها باید کنترل شده و یک فشارسنج بر روی دالیز رشته تولید قرار داده شود. در هنگام آزمایش تعیین میزان بهره دهی و یا اسیدکاری چاه فشار کلیه دالیزها باید کنترل شود. پس از پایان عملیات فشار سنج‌ها باید برداشته شوند. در صورت مشاهده هرگونه فشاری درون دالیزها باید مقدار دقیق آن اندازه گیری شده و به مرکز گزارش شود.

۸-۲- تعیین منبع ایجاد فشار در دالیزها

اولین قدم در تعیین منبع تولید فشار ترخیص کامل فشار می‌باشد. برحسب مقدار فشار و عملیاتی که در هنگام ملاحظه فشار در حال انجام شدن می‌باشد، اقدامات لازم برای نگهداشتن فشار در حد قابل قبول باید صورت بگیرد. اگر در هنگام جریان دادن چاه افزایش فشار در دالیزها مشاهده گردد، باید میزان جریان چاه را کم کرده و فشار دالیزها را رها نمود تا مشخص گردد که افزایش فشار دالیزی بر اثر ازدیاد درجه حرارت بوده و یا نشد در لوله تولید می‌باشد. در یک لوله جداری که تازه سیمان شده باشد بر اثر سفت

شدن سیمان حرارت آن از دست می‌رود که باعث ایجاد فشار در فضای حلقوی مربوطه می‌گردد که باید آنرا ترخیص نمود. فشارهایی که در هنگام انجام عملیات حفاری مشاهده می‌گردد باید بلافاصله ترخیص شده و منبع تولید آن مشخص گردد. هنگام رها کردن فشار دالیزها باید سیال خارج شده از آنرا نیز کاملاً تحت نظر داشت. در صورت خروج گل حفاری و جانشین شدن آن با آب نمک سازند باید از ترخیص فشار خودداری نمود.

۹- اندازه گیری وسایل رانده شده به داخل چاه

- ۱- کلیه وسایل و ابزار که به داخل چاه رانده می‌شوند باید اندازه گیری شده و این اندازه‌ها بر روی یک نمای کشیده شده از وسایل فوق نشان داده شوند.
- ۲- قطر داخلی کلیه وسایل، تبدیل‌ها، لوله‌های وزنه، لوله‌های جداری و همچنین قطر مجاز و لوله‌های جداری باید دقیقاً اندازه‌گیری و گزارش شود.
- ۳- طول لوله‌های حفاری در حالت عادی و در موارد خاصی مانند مغزه گیری، نمودارگیری، مانده گیری و در عمق نهایی چاه باید اندازه گیری شود.

۹-۲- وسایل لازم در سرچاه

- برای انجام موارد ذکر شده در بالا باید وسایل زیر در هر دکل حفاری موجود باشد:
- ۱- یک کتابچه که اندازه کلیه وسایلی که به داخل چاه رانده می‌شوند در آن نوشته بشود.
 - ۲- قطر سنجی به اندازه‌های ۱۷-۱/۲، ۱-۱۲/۴، ۳-۸/۸، ۷-۵/۸، ۱-۴/۸ و ۳-۳/۴.
 - ۳- قطر سنج‌های مختلف برای اندازه گیری قطرهای داخلی تا ۲۰ اینچ و قطرهای خارجی تا ۱۲ اینچ.
 - ۴- اندازه گیر قطر مجاز (یا خرگوش) برای لوله‌های وزنه، لوله‌های حفاری، لوله‌های جداری و مغزی برای سر لوله‌های جداری مبنا و ماسوره‌های سر لوله جداری.

۱۰- ابزار چاه پیمایی و نمودارگیری سیمی

۱۰-۱- آشنایی با ابزار نمودارگیری

در این بخش در مورد کلیه ابزار سیمی که به داخل چاه رانده می شوند، اعم از ابزار نمودارهای الکتریکی و یا نصب مجرا باند صحبت میشود. هر نوع عملیات با ابزار سیمی که از هنگام برپایی دکل بر روی چاه انجام می شود باید از طریق قسمت عملیات اداره حفاری و با مسئولیت این بخش صورت بگیرد.

۱۰-۲- دستورات عملیاتی

۱- برپایی لوبریکاتورها

برای سازندهای سطحی، لوبریکاتور را در فوران گیر دالیزی قرار دهید.

تا عمق نهائی چاه لوبریکاتور را در فوران گیر کوبه ای (Pipe Rams) قرار دهید و در مورد فوران گیر دالیزی عم آنرا بر روی فلنج فوران گیر پیچ نمائید.

۲- آزمایش فشار لوبریکاتور

برای سازندهای سطحی تا پوش سنگ با ۱۵۰۰ پام فشار.

در سازندهای تولید کننده با ۲۵۰۰ پام فشار.

برای آزمایش از یک قطعه کابل استفاده شود. (از کابل نمودارگیری برای این منظور استفاده نکنید).

۳- در سازندهای تولیدی قبل از انجام هر نوع عملیات با ابزار سیمی به همراه مسئول آن وسایل کلیه مسائل زیر را بررسی

نمائید:

مسائل ایمنی در مورد وسایل رادیوآکتیو و مانده یابی آنها در چاه در صورت گیر کردن.

در مورد وسایل و مواد منفجره.

مسائل ایمنی دکل، قرقره، کابل ها، لوبریکاتورها و قدرت مقاومت کابل ها.

زمان اتمام عملیات.

۴- در صورت حفاری لایه‌های تولید کننده بدون استفاده از پایدار کننده و تراشنده (Reamer) صورت گرفته باشد، قبل از راندن نمودارهای الکتریکی باید با تراشنده و مته یکبار به داخل چاه رفته و شرایط چاه را بهسازی نمود.

۵- هنگام انجام عملیات با ابزار سیمی کلیه وسائل مانده گیری مربوط به ابزار باید در محل چاه آماده باشد. مقدار کشش بر روی وسایل گیر کرده در چاه نباید از حد بریدن کابل تجاوز نماید مگر با اجازه اداره عملیات حفاری اهواز.

۶- در صورت برخورد یک مانع در چاه و عدم عبور از آن باید نمودار الکتریکی را از همان عمق به بالا ثبت نمود و سپس با مته به داخل چاه رفته و شرایط آنرا مرتب نموده و سپس سایر نمودارها را در چاه راند.

عمق نهائی چاه را قبلاً به مسئول نمودارگیری اطلاع دهید و به محض تماس ابزار به ته چاه برای جلوگیری از گیر کردن باید آنها را کمی بالا کشید.

۷- وسایل و ماشین‌های ابزار سیمی باید در موقع بالا آمدن لوله‌ها از چاه در محل آماده باشند. تمام وسایل باید کنترل شده و اندازه‌های آنها قبل از راندن به داخل چاه یادداشت شود.

۸- در هنگام برپائی وسایل درپوش بر روی دهانه چاه در سکوی حفاری قرار داده شود.

۹- برای بدست آمدن نتایج بهتری از نمودارهای الکتریکی مقدار نمک گل را از ۴۰۰۰۰ قسمت در میلیون بالاتر نگهدارید. سعی شود که در تمام مدت نمودارگیری مشخصات گل ثابت بماند.

۱۰- هنگام برپائی لوبریکاتور از بستن شیر اصلی برای کنترل چاه استفاده نشود. برای این منظور از بستن شیر چاه پیمائی استفاده گردد. طول لوبریکاتورها باید به اندازه کافی باشد تا تمامی ابزار را در خود جای بدهد.

۱۱- مراحل زیر در هنگام انجام عملیات مشبک کاری باید در نظر گرفته شود:

برای کلیه کارهایی که در آنها از ابزار سیمی استفاده می‌گردد باید از لوبریکاتور استفاده شود.

یک نمودار تعیین محل اتصال لوله های جداری قبل از عملیات مشبک کاری باید رانده شود.

کلید عملیات مشبک کاری باید تحت نظارت ناظر فنی انجام بگیرد.

اندازه کلید و سائلی که به داخل چاه رانده میشود برای استفاده در عملیات مانده گیری احتمالی باید دقیقاً ثبت شود.

۱۲- نکات کلی در رابطه با استفاده از کابل سیمی

در استفاده از سیم بر برای قطع کابل باید دقت شود. زیرا استفاده ناصحیح از آن ایجاد بریدگی بر روی سطح رشته های کابل میکند و در نتیجه باعث نامطمئن شدن آن می گردد.

در صورت امکان در هنگام راندن هر نوع ابزار سیمی بداخل چاه از "وزن نما" (Weight Indicator) استفاده شود. در نتیجه از احتمال جمع شدن سیم در داخل چاه و یا بلعکس از زیاد کشیده شدن آن جلوگیری خواهد شد. بهتر است پس از هر بار راندن سیم داخل چاه، چند فوتی از انتهای آن بریده شود.

سعی شود همیشه لاقط یک قرقره بین لوبریکاتور و ماشین ابزار سیمی هر چه نزدیکتر به پائین لوبریکاتور برای عبور سیم از دور آن قرار داده باشد.

امتداد مستقیم سیم از بالای لوبریکاتور (جمع آب بندی) تا ماشین، نیروی کششی زیادی به محل اتصال لوبریکاتور و تاج سرچاه وارد میکند و این کار بسیار خطرناک است.

Load-Cell وزن سنج باید بین یک نقطه ثابت و قرقره روی سکوی حفاری، یعنی جایی که کابل بصورت زاویه ۹۰° در می آید، قرار بگیرد، در صورتی که این زاویه از ۹۰° درجه بیشتر باشد وزن سنج صحیح کار نکرده و معمولاً وزن کمتری را نشان می دهد.

هیچگاه ابزار سیمی نباید بدون استفاده از یک فوران گیر ابزار سیمی بین لوبریکاتور و تاج سرچاه به داخل چاه رانده شود.

(Wireline Bop)

فوران گیر ابزار سیمی (Wireline Bop Or Wireline Valve) باید پس از هر بار استفاده شدن به اندازه فشار سر چاه آزمایش فشار شود.

طول لوبریکاتور باید در حداقل ممکن اختیار گردد. ولی باید همیشه به اندازه‌ای باشد که کلیه قسمت‌های ابزار سیمی و جارهای مربوطه (در حالت باز) در داخل آن جای گرفته و انتهای آنها چند سانتی متر بالاتر از شیر چاه پیمائی یا فوران گیر کوبه‌ای کور قرار بگیرد.

Quick Unions بر روی لوبریکاتور باید با دست سفت شده و سپس به اندازه ۱/۴ دور برگردانده شود. هرگز از چکش برای سفت کردن این قسمت‌ها استفاده نشود.

برای جلوگیری از وارد شدن خسارت به کابل هنگام بلند کردن لوبریکاتور، باید از بست‌های سیمی مخصوص (Chicago Type Wireline Clamp) استفاده نمود. تا سیم را هر چه نزدیکتر به لوبریکاتور نگهدارد.

سعی شود با راندن هر نوع ابزار سیمی بداخل چاه یک "جار" نیز به همراه آن رانده شود. مگر هنگامی که یک "امرادا" رانده میشود، که حتماً قبل از آن یک وسیله قطره سنج (Gauge) بداخل چاه رانده شده است.

همیشه با در نظر گرفتن نوع کاری که انجام می‌شود به اندازه کافی میله وزنه به همراه وسایل بداخل چاه برانید (Sinker Bar).

هنگام راندن ابزار سیمی بداخل چاهی که دارای جریان می‌باشد (برای مثال بداخل لوله جداری ۵-۷ و یا جداری ۷- حفره باز ۱/۲- ۸) وزن سنج را دقیقاً کنترل نموده تا از آویزان ماندن ابزار بر اثر جریان متلاطم و یا نشستن آن بر روی لبه لوله آستره به موقع آگاه شوید.

از جار ۱-۱/۲ (Spang Type Jar) در داخل لوله‌هایی با قطر داخلی بیش از ۳" استفاده نکنید. زیرا که ممکن است جار کمانه کرده (Buckle) و در لوله‌ها گیر بکند.

از (Wireline Truck) برای جار کردن بر روی ابزار گیر در عمق‌های کمتر از ۳۰۰ متر استفاده نکنید.

نکات ایمنی

به هیچ وجه به یک لوبریکاتور تحت فشار چکش زده نشده و یا از آن بالا نروند.

شیر اصلی چاه را به آرامی باز نموده تا تمام لوبریکاتور تحت فشار قرار بگیرد.

وقتی که سیم را برای جدا کردن ابزار از آن می برید، سعی شود که آنرا حدود ۶ بالاتر از راپ ساکت (Rope Socket) بریده و سپس قسمت بریده شده انتهای سیم را 180° خم نمائید. هنگام خارج کردن سیم بریده شده از داخل جعبه آب بندی در اطراف سیم نایستید.

هنگام ترخیص فشار داخل لوبریکاتور از طریق شیر سوزنی، سر را بر گردانده و دهان را باز نگهدارید تا از ایجاد ناراحتی برای گوش - ها جلوگیری شود.

۳-۱۰- حدافل وزن لازم برای کشیدن کابل از میان جعبه آب بندی (Stuffing Box)

جدول (۱-۱۰) - حدافل وزن لازم برای کشیدن کابل از میان جعبه آب بندی

وزن لازم (پوند)	فشار سرچاه (پام)	نوع کابل (قطر)
۴	۱۰۰۰	۰/۰۷۳ ^۶
۸	۲۰۰۰	
۱۲	۳۰۰۰	
۱۶	۴۰۰۰	
۲۰	۵۰۰۰	
۶	۱۰۰۰	۰/۰۸۳ ^۶
۱۱	۲۰۰۰	
۱۶	۳۰۰۰	
۲۱	۴۰۰۰	
۲۷	۵۰۰۰	
۷	۱۰۰۰	۰/۰۹۳ ^۶
۱۴	۲۰۰۰	
۲۰	۳۰۰۰	
۲۶	۴۰۰۰	
۳۳	۵۰۰۰	

۲ فوت میله وزنه ۱-۱/۳^۶ برابر ۱۰/۵٪ پوند وزن دارد.۳ فوت میله وزنه ۱-۱/۳^۶ برابر ۱۶/۵ پوند وزن دارد.۵ فوت میله وزنه ۱-۱/۳^۶ اینجی برابر ۳۴/۵ پوند وزن دارد.

وزن میله وزنه لازم برای اینکه کابل بر اثر فشار چاه از داخل جعبه آب بندی به بیرون پرتاب نشود برابر است با حاصل ضربه سطح مقطع کابل در فشار سرچاه (یا فشار لوبریکاتور).

۴-۱۰- وزن کابل ها و حد مقاومت کششی آنها

جدول (۲-۱۰) - وزن کابل ها و مقاومت کششی آنها

ضریب اطمینان اضافه کشش اتصال ته کابل (Rope Socket)	حداکثر مقاومت کششی (پوند)	حداقل مقاومت کششی (پوند)	وزن ۱۰۰۰ فوت	قطر (اینچ)
-	۱۱۶۵	۹۶۰	۱۳/۸۲ پوند	۰/۰۷۲
-	۱۵۰۵	۱۲۴۰	۱۷/۹۳ پوند	۰/۰۸۲
-	۱۸۷۵	۱۵۴۵	۲۲/۵۸ پوند	۰/۰۹۲
۱۸۰۰-۲۲۵۰	۴۵۰۰	۳۵۰۰	-	۰/۲۱۹
۴۸۰۰-۵۴۰۰	۱۸۰۰۰	۱۴۵۰۰	-	۰/۴۶۹

جدول (۳-۱۰) - نمودارهای الکتریکی

شرح	کد	موارد استفاده	اندازه ابزار	روش مانده گیری
نمودار تعیین مسیر انحراف چاه Cont. Direc. Sur.	C.D.R	جهت و مقدار انحراف چاه قطریابی چاه	۵-۳/۸"	روش معمولی مانده گیری با ابزار سیمی
نمودار پرتور گاما - نمودار صوتی Gamma Ray-Sonic	G.R.S	برای مقایسه سازندها و تعیین جنس آنها. بخصوص سنگهای نمکی	۴ و ۵-۳/۸" با قطر سنج	روش معمولی مانده گیری با ابزار سیمی
نمودار جانبی Laterlog	L.L	اندازه گیری مقاومت الکتریکی لایه ها مقاومت الکتریکی آب	۳-۳/۸" ۳-۳/۸"	روش معمولی مانده گیری با ابزار سیمی
نمودار کم برد Proximity	P.L	اندازه گیری مقاومت الکتریکی لایه ها اثر اندود گل را کاهش میدهد	۱-۵/۱۶"	روش معمولی مانده گیری با ابزار سیمی
قطر سنج صوتی Sonic	S.C	برای تعیین نفوذپذیری و مقایسه لایه های نمکی و گچی (سازندهای با تخلخل کم)	۴ و ۵-۳/۸" و ۱-۱/۱۶"	روش معمولی مانده گیری با ابزار سیمی
نمودار پرتو گاما- نوترون Gamma Ray- Neutron Gamma Ray Side Wall Neutron Porosity Log	G.R.N G.R.S.N .P	در جاهای حفره باز یا جداره پوش برای تعیین درصد تخلخل لایه ها، مقدار رادیواکتیو موجود در لایه ها را اندازه گیری می کند. برای تشخیص لایه های گاز دار از لایه های آبدار.	۳-۵/۸" ۱-۱/۱۶" ۳-۴/۸"	ابزارهای دارای منبع رادیواکتیو یا وسایل مخصوص مانده گیری شلومبرگر مانده یابی شوند.
نمودار چگالی سازند Form. Density Comp	F.D.C	چگالی سازند را اندازه گیری میکند که بر مبنای آن میتوان درصد تخلخل سازند را مشخص کرد	۳-۴/۸"	ابزارهای دارای منبع رادیواکتیو یا وسایل مخصوص مانده گیری شلومبرگر مانده یابی شوند.

روش معمولی مانده گیری با ابزار سیمی	۵-۳/۸ ^۱ ۱-۵/۴ ^۲	اندازه گیری شیب و جهت طبقات زمین	B.H.G.T H.D.T	نمودار تعیین شیب و جهت Bore Hole Geometry Tool & 4-arm Dip Meter
روش معمولی مانده گیری با ابزار سیمی	۳-۳/۸ ^۱	تعیین کیفیت سیمان پشت لوله جداری - کنترل نقشه های تحت الارضی ژئوفیزیکی	C.B.L. S.V.S	نمودار کیفیت سیمان و Seismic Belo. Survey

۱۱- ایمنی

موفقیت در انجام مسائل ایمنی بستگی به آگاهی و کوشش تمام افراد دکل حفاری دارد. هنگام برنامه ریزی در نظر گرفتن کلیه مسائل مربوط به پیش آمدهای غیرمترقبه تقریباً غیر ممکن است. و وقتی که یک اتفاق غیرعادی پیش می آید مسائل ایمنی مربوط به آن بر سایر مسائل عملیات حفاری رجحان دارد.

رئیس چاه مسئول مستقیم رعایت مسائل ایمنی توسط کارکنان دکل می باشد، و همچنین مسئول بازرسی کلیه وسایل و ابزار دکل از نظر نکات ایمنی می باشد. تصادفات و اتفاقاتی را که پیش می آید می بایست دقیقاً مطالعه نموده و راههای جلوگیری از تکرار آنها را بررسی نمود.

۱۱-۱- حفاظت افراد

۱- وسایل ایمنی

وسایل ایمنی باید همیشه در شرایط خوب و قابل بکارگیری قرار داشته باشند.

کارکنان در هنگام کار باید از کلاه، کفش و عینک ایمنی و دستکش مناسب استفاده نمایند. کمربند ایمنی باید توسط دکل بان استفاده گردد.

۲- وسایل تنفسی (کپسول های اکسیژن)

همیشه باید دو کپسول اکسیژن در شرایط بکارگیری در نزدیکی سکوی حفاری موجود باشد. همچنین باید به تعداد کلیه افراد دکل ماسک گاز در محل وجود داشته باشد.

شرکت نفت در هنگام حفاری دو دستگاه تنفسی (به مدت نیم ساعت) به همراه دو کپسول اضافه اکسیژن در اختیار ناظر فنی خود باید داشته باشد.

۳- وسایل آزمایش گاز

شرکت نظارت یک دستگاه Explosimeter و یک سری وسایل تشخیص وجود گاز در محل دکل آماده می نماید و همچنین در صورت لزوم یک دستگاه نشان دهنده H_2S یا زنگ خطر و کاغذ یدی (Iodide Paper) در محل الک لرزان باید موجود باشد.

۲-۱۱- جلوگیری از آتش سوزی

۱- وسایل آتش نشانی

به تعداد کافی وسایل اطفاء حریق باید در محل هر دکل حفاری موجود باشد. و این وسایل باید طبق یک برنامه مرتباً بازرسی شده و همیشه آماده بکار باشند. کلیه کارکنان دکل باید با طرز بکارگیری وسایل اطفاء حریق شیمیائی و آبی آشنائی داشته باشند. هر چند چاه های زمین گرمایی عمدتاً از خطر آتش سوزی به دور می باشند، ولی توصیه می شود وسایل آتش نشانی زیر در هر دکل حفاری موجود باشد.

چهار خاموش کننده شیمیائی چرخدار ۲۰-۱۵۰ پوندی.

شش خاموش کننده شیمیائی دستی ۲۵-۲۰ پوندی.

دو خاموش کننده گاز انیدرید کربنیک ۱۲-۱۰ پوندی.

یک لوله آب آتش نشانی به قطر ۴ به فاصله ۳۰ متر از محل دکل با شیرهای خروجی کافی باید وجود داشته باشد.

سه رشته شلنگ آب آتش نشانی به طول ۲۵ متر با وسایل مربوطه باید موجود باشد.

۲- سیگار کشیدن

سیگار کشیدن و یا روشن کردن آتش در محدوده ۳۰ متری چاه و یا مخازن دکل ممنوع می باشد. تابلوی علامت "سیگار کشیدن ممنوع" باید به همین فاصله از محل دکل نصب گردد.

۳- علامت خطر

یک تابلوی عبور ممنوع برای افرادی که مجاز نیستند به محل دکل وارد شوند باید در مدخل جاده دکل نصب گردد.

۴- وسائل برقی

تمامی وسائل برقی در فاصله ۳۰ متری چاه باید از مواد ضد آتش ساخته شده و هیچ گونه کابل برق بدون پوشش در این فاصله نباید وجود داشته باشد.

۵- گودال آتش

گودال های آتش باید توسط خاکریز احاطه شده و لااقل ۳۰۰ متر از دکل، چاه و یا نیروگاه فاصله داشته و در جهت باد و در سطحی پایین تر از محل چاه قرار داشته باشند.

۶- مخازن قابل اشتعال

مخازن بنزین و گازوئیل باید به فاصله حداقل ۵۰ متری از محل دکل قرار داشته و در صورت بروز نشت باید بلافاصله نسبت به تعمیر آنها اقدام شود.

۷- موتورهای گازوئیلی

لوله آگزوز کلیه موتورهای درون سوز باید به اندازه کافی به خارج محل موتورخانه کشیده شده و هیچگونه نشتی نداشته باشند. این لوله ها و آرام کننده ها باید مرتباً از نظر تولید جرقه های آتش کنترل شوند. لوله های آب پاش باید بر روی آگزوزها وجود داشته و کنترل آب آنها در نزدیک حفار بر روی سکوی حفاری باشد. یک شیر که به وسیله آن بتوان خیلی سریع جریان هوا به موتورها را متوقف نمود باید برای تمام موتورها وجود داشته باشد و در محلی در دسترس حفار باشد.

۸- جوش کاری و برش کاری

در موقع جوش کاری و برش کاری باید کلیه مسائل ایمنی مربوط به آنها مورد توجه قرار داشته باشد. هر نوع جوشکاری بر روی مخازن مواد سوختنی باید هنگامی صورت بگیرد که از تخلیه کامل مخازن از مواد فوق و خالی بودن آن از هر نوع بخار مواد نفتی مطمئن باشید.

۹- مسائل مربوط به پیش آمدهای اضطراری

ناظر فنی باید یک برنامه قدم به قدم برای مواقع اتفاقات اضطراری پیش بینی کند. و کلیه افراد دکل باید با این برنامه و جزئیات آن آموزش داده بشوند.

۳-۱۱- ایمنی افراد

۱- کنترل تاج سر چاه و فوران گیرها

وسایل کنترل تاج سر چاه باید تحت نظارت یک متخصص این کار نصب گردد. این وسایل باید دارای تحمل فشار بیش از فشار مخزن باشند. شیرها و کنترل های مربوط به وسایل فوران گیر باید مشخص بوده و به آسانی در دسترس باشند. وسایل کنترل از راه دور فوران گیرها باید در یک محل مناسب از چاه قرار داشته باشند.

۲- آموزش مسائل ایمنی

کارکنان دکل های حفاری برای انجام صحیح کارها و مسئولیت هایشان باید آموزش کامل دیده باشند. یک برنامه آموزش ایمنی باید مرتباً انجام شده و شامل نکات زیر باشد:

آموزش کلیه جزئیات وظایف افراد

بازرسی و نگهداری وسایل و ابزار کار

آموزش افراد برای استفاده صحیح از وسایل ایمنی.

برنامه آموزش ایمنی به صورت هفتگی باید برای افراد گذاشته شود.

۳- تأمین روشنایی محل کار

محل های کار، پلکان ها و راهروها کاملاً باید توسط نور مناسب روشن شوند.

۴- حوضچه چاه

حوضچه چاه حتی المقدور باید کم عمق بوده و راه فرار مناسب داشته باشد.

۵- راه های فرار

جهت عمومی باد در محل دکل باید در نظر گرفته شده و یک مسیر فرار در جهت مخالف آن پیش بینی شود.

یک وسیله فرار مانده کابل قرار برای دکل بان باید در نظر گرفته شود. اما به هیچ وجه بجز در مواقع اضطراری از آن نباید استفاده گردد.

۶- راه های خروجی سکوی حفاری و اطاقک حفار

دو راه خروجی از اطاقک حفار یکی به سمت سکوی حفاری و دیگری به سمت پلکان خروجی باید وجود داشته باشد.

۷- موتورها، شاه موتور و میز دوار

برای کلیه قسمت های متحرک مانند زنجیرها، تسمه ها، چرخ دنده ها باید محافظ فلزی محکم گذاشته شود. بر روی این محافظها دریچه هایی برای مواقع روغن کاری، گریس کاری و یا بزرسی وسایل فوق باید در نظر گرفته شود. حفار باید در هنگام روغن کاری این قسمت ها توسط سایر کارکنان، در کنار ترمز دکل ایستاده باشد.

۸- لوله خرطومی گل (Rotary Hose)

لوله خرطومی گل در سمت لوله ایستا (Stand Pipe) باید به دکل و در سمت هرزگرد کلی توسط طناب محکم به بدنه هرزگرد بسته شود، تا در صورت پاره شدن از افتادن آن جلوگیری به عمل آمده باشد.

۹- پلکان دکل

یک پلکان از سکوی حفاری تا ارتفاع ۲ فوت بالای سطح تاج دکل باید وجود داشته باشد.

حداقل چهار اینچ فاصله بین میله دو طرف نردبان و دکل باید موجود باشد.

هر قسمت پلکان باید محکم به دکل بسته شده باشد.

کلیه پله ها باید مرتباً بازرسی شده و در صورت نیاز تعمیر گردند.

۱۰- تذکرات ایمنی

بالا و پایین رفتن افراد در طول دکل توسط پلاگ شدیداً ممنوع بوده و این کار باید از طریق پلکان صورت بگیرد.

کارکنان نباید با سر خوردن بر روی لوله های حفاری یا لوله های وزنه از سکوی حفاری بالا و پائین بروند.

هیچ نوع وسیله و ابزار کاری نباید به دکل آویزان شده و مورد استفاده قرار بگیرد. مگر اینکه با احتیاط کافی از آن استفاده شده و از

افتادنش به پائین کاملاً جلوگیری شود.

استندهای لوله های حفاری که در داخل دکل قرار دارند باید کاملاً محکم از بالا به هم بسته شوند.

وقتی که سعی در آزاد کردن لوله‌های گیر کرده می‌شود، از وزن سنج باید استفاده دقیق بشود، و کلیه افرادی که مسئولیتی ندارند. باید محل سکوی حفاری را تا آزاد شدن لوله‌ها ترک نمایند.

۴-۱۱- کمک‌های اولیه

جعبه کمک‌های اولیه باید همیشه در دسترس بوده و یک شخص متخصص در زمینه به کارگیری آنها در محل وجود داشته باشد.

۵-۱۱- مسائل ایمنی مربوط به وسائل دکل

۱- کت هد (Cat Heads)

زنجیرها، طناب‌ها و یا کابل‌هایی که با کت هد در ارتباط هستند باید در شرایط بسیار خوب باشند. در صورت ایجاد اشکال در کت هد باید آنرا تعمیر و یا حتی المقدور تعویض نمود.

۲- وسائل بالا رو (Travelling Block)

هوک و بالابرها (Elevators)

در وسائل بالا رو، قسمت قرقره‌ها که کابل‌های بالابر بدور آنها انداخته می‌شود باید دارای محافظ باشند. پیچ و مهره‌های وسائل بالارو باید مرتباً بازرسی و در صورت نیاز تعویض گردند. هوک باید توسط یک (Safty Latch) ایمن گردد تا از جدا شدن ناگهانی بالا بر از آن جلوگیری شود. کلیه وسیال سنگین فوق باید همیشه در شرایط بسیار خوب به کار گرفته شوند.

۳- پمپ‌های گل

لوله‌های گل مربوط به پمپ‌ها باید دارای شیر ایمنی (Relief Valve) باشند. این شیر ایمنی باید بر روی فشاری تنظیم گردد که از حداکثر فشار مجاز کلیه قسمت‌های پمپ گل کمتر باشد. لوله‌های گل باید کاملاً به زمین محکم گردند.

کلیه لوله‌های مربوط به پمپ‌های گل باید دارای تحمل فشار ۳۰۰۰ پام باشند. در شرایط خاص میتوان از وسائلی با فشار بیشتر استفاده نمود.

۴- ابزار کار

وساثل و ابزار کار باید مرتباً بازرسی و کنترل شده و در صورت مشاهده هرگونه شکستگی در آنها تعویض گردند. کلیه ابزار باید تمیز و در شرایط آماده به کار بوده و در هنگام استفاده نشدن در جای مخصوص خود قرار داده شوند.

۵- بی سیم و وسایل ارتباطی

کلیه دکل های حفاری به وسیله بی سیم با مرکز باید در تماس باشند.

در صورت لزوم باید ارتباط دکل را با مرکز توسط تلفن برقرار نمود. باید یک سیستم ارتباط تلفن بر روی دکل از روی سکوی حفاری به اطاق رئیس چاه و ناظر فنی نیز وجود داشته باشد.

جدول (۱-۱) - خطرات گاز H_2S

۴۸-۸ ساعت	۸-۴ ساعت	۴-۱ ساعت	۳۰ دقیقه یا یک ساعت	۳۰-۱۵ دقیقه	۱۵-۲ دقیقه	۲-۰ دقیقه	
			اختلالات تنفسی، سوزش دستگاه تنفسی				۵۰-۱۰۰ قسمت/میلیون
پاره شدن رگهای خونی و مرگ	افزایش علامات بیماری	اختلالات بزاقی، درد شدید در چشمها، سرفه	سوزش گلو	اختلالات تنفسی، درد چشمها، خواب آلود شدن.	سرفه، سوزش چشمها، از دست دادن حواس بخصوص حس بویایی		۱۵۰-۱۰۰
پاره شدن رگها و مرگ	اثرات سوزشی شدید	اشکال در تنفس، تار شدن چشمها، سستی بدن	سوزش گلو و چشمها	سوزش گلو و چشمها	از دست دادن احساس بویایی		۲۰۰-۱۵۰
	پاره شدن رگها و مرگ	سستی بدن، آبریزش از بینی، درد چشمها، سختی تنفس، تورم اعضای مخاطی چشمها	ترشح دردناک اشک، خستگی و بیحالی	سوزش چشمها	سوزش چشمها و از دست دادن حس بویایی		۳۰۰-۲۵۰
	مرگ	گیجی، ضعف، سوزش و خارش بسیار زیاد و مرگ	افزایش سوزش چشمها و دستگاه تنفسی، سردرد شدید، خستگی و سستی	اشکالات تنفسی، سرفه، سوزش چشمها	سوزش چشمها، از دست دادن احساس بویایی		۴۵۰-۳۵۰
			درد شدید چشمها و سر، گیجی، لرزش شدید بدن، ضعف شدید و مرگ	سوزش شدید چشمها، سستی، تپش قلب و دربعضی موارد مرگ	اختلالات تنفسی، سوزش چشمها، عدم تعادل و افتادن	سرفه، عدم تعادل و افتادن	۶۰۰-۵۰۰



۴۸-۸ ساعت	۸-۴ ساعت	۴-۱ ساعت	۳۰ دقیقه یا یک ساعت	۳۰-۱۵ دقیقه	۱۵-۲ دقیقه	۲-۰ دقیقه	
					عدم تعادل، افتادن و مرگ	عدم تعادل و افتادن و مرگ	۱۵۰۰-۶۰۰

۱۲- گل حفاری

۱۲-۱- مواد گل لازم برای حفاری سازندهای سطحی

مواد زیر حداقل مقدار لازمی است که برای شروع حفاری سازندهای سطحی مورد احتیاج است. امکان دارد در موارد خاصی طبق برنامه حفاری در مقادیر زیر تغییراتی داده شود.

۴۰۰ کیسه	۱- بنتونیت
۴۰۰ کیسه	۲- Salt Clay
۵۰ کیسه	۳- میکا
۵۰ کیسه	۴- پوسته گردو
۲۰ کیسه	۵- Fiber Lock
۲۰ کیسه	۶- سود سوزآور
۳ بشکه	۷- پایپ لاکس
۳ بشکه	۸- کن فلو
۳ بشکه	۹- اکسید کلسیم
۵ تن (برای حفاری با آب)	۱۰- پودر گچ

بجزء بنتونیت از سایر مواد فوق تا پایان حفاری در عمق نهائی نیز استفاده می شود.

۱۲-۲- جلوگیری از هرزروی گل

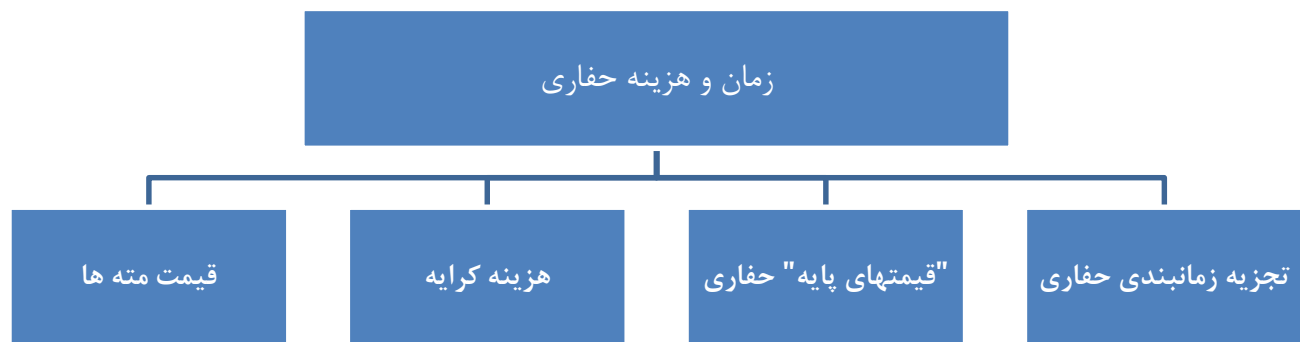
برای استفاده مؤثرترین و اقتصادی ترین گل های غلیظ (Pills) برای جلوگیری از هرزروی گل و همچنین وارد آمدن حداقل خسارت به سازندهای تولید کننده، از گل های زیر در سازندهای مختلف باید استفاده نمود:

- هنگام حفاری با آب یا نمک حدود ۱۰۰-۵۰ بشکه پیل غلیظ با مواد جلوگیری از هرزروی گل باید آماده باشد. این پیل نباید دارای نشاسته یا سی-ام-سی باشد. اگر گل حفاری از قبل دارای نشاسته باشد، باید گل جدید با ترکیب فوق ساخته شود. در

صورت بروز هرزروی‌های بسیار شدید که با پیل غلیظ قادر به جلوگیری از آن نباشیم، باید از مجراوند سیمانی که در ترکیب آن بنتونیت و گلونیت وجود دارد استفاده گردد. مقدار ال-سی-ام باید بر طبق میزان هرزروی گل تنظیم گردد.

- در سازندهای تولیدی و در چاه‌های اکتشافی در سازندی که باید مورد ارزیابی قرار بگیرد برای کنترل هرزروی گل ابتدا باید از پیل و در صورت مؤثر بودن از پیل با مواد جلوگیری کننده از هرزروی باید استفاده گردد. باید توجه داشت که سازندهای تولیدی چاه‌های زمین گرمایی هرزروی کامل باید داشته باشند و اگر دلیل فنی خاصی وجود نداشته باشد، باید حفاری با آب صورت پذیرد. لذا در اغلب موارد در حفاری سازندهای زمین گرمایی نیازی به جلوگیری از هرزروی نمی‌باشد.

۱۳- زمان و هزینه حفاری



شکل (۱-۱۳) - تقسیم بندی زمان و هزینه حفاری

۱۳-۱- تجزیه زمانبندی حفاری

۱- تقسیم بندی زمان فعالیت ۲۴ ساعته دکل حفاری در گزارش روزانه عملیات حفاری باید بر مبنای تعاریف و مشخصات زیر

صورت بگیرد:

کارهای ساختمانی محل چاه

انتقال و برپایی دکل

عملیات حفاری

- حفاری
- لوله بالا/ پایین
- آزمایش فوران گیرها
- بهسازی چاه و هرزروی گل
- زاویه یابی چاه/ سرویس دکل
- حفاری جهت دار

جداره گذاری و سیمان کاری

- جداره گذاری، لوله مغزی، تاج سرچاه
- سیمان کاری
- نصب سرجداره و فوران گیرها/ حفاری سیمان و پلاگ

زمین شناسی و ارزیابی مخزن

- آزمایش سازند
- نمودارگیری
- گردش گل برای نمونه برداری
- مغزه گیری

زمان های از دست رفته

- تعمیرات

- مانده یابی

- کج کردن چاه

- سوراخ شدن و گرفتگی رشته حفاری

- انتظار

تکمیل چاه/ متروک کردن چاه/ تعلیق چاه

۲- جزئیات تقسیم بندی زمان دکل

حفاری

- زمان گردش رشته حفاری در ته چاه.

- زمان اتصال لوله ها به یکدیگر برای ادامه حفاری.

لوله بالا/پایین

- لوله بالا و پایین کردن برای تعویض مته.

- گردش گل قبل از لوله بالا برای تمیز کردن چاه.

- کنترل و بررسی چاه در ته چاه، در کفشک لوله جداری و در ابتدای لوله های وزنه.

- بلند کردن و اضافه کردن لوله حفاری و لوله وزنه.

- خارج کردن لوله ها از چاه همراه با پمپ کردن گل و شستن و تمیز کردن ته چاه هنگام لوله پائین.

آزمایش فوران گیرها

- آزمایش تاج سرچاه

- آزمایش فوران گیرها بجز در برپائی ابتدائی آنها

- آزمایش فشار وسائل جنبی مربوط به فوران گیرها

بهسازی چاه و هرزروی گل

- تراشیدن چاه
- پیمایش کوتاه چاه برای تراشیدن دیواره آن.
- ساختن گل
- افزودن مواد جلوگیری از هرزروی به گل
- خارج نمودن مواد جلوگیری از هرزروی از سیستم گل. در صورتی که انجام این عمل برای انجام مغزه گیری نباشد.
- عملیات سیمان کاری برای جلوگیری از هرزروی گل و انتظار برای سفت شدن سیمان و حفاری سیمان.
- راندن نمودار حرارتی برای تعیین محل هرزروی گل.
- کنترل کردن فوران چاه (Kicks)

زاویه یابی چاه و سرویس دکل

- زاویه یابی چاه به صورت معمولی. (بجزء در موارد حفاری جهت دار و یا برای کج کردن چاه).
- سرویس دکل.

حفاری جهت دار

- شروع به لوله بالا برای گذاشتن مجراند سیمانی در چاه و یا برداشتن وسایل حفاری زاویه دار.
- عملیات زیر:

جهت یابی چاه.

راندن ساقه حفاری (B . H . A .) برای حفاری انحرافی.

حفاری چاه با وزن و دور مته کنترل شده.

- کلیه عملیات حفاری تا رسیدن به عمق هائی و یا راندن ساقه حفاری معمولی داخل چاه و حفاری با وزن و دور مته معمولی.
- برخورد نکردن به مانده موجود در چاه. (به قسمت حفاری کج مراجعه شود).

جداره گذاری، لوله مغزی و تاج سرچاه

- مرتب کردن شرایط چاه قبل از راندن لوله جداری، لوله آستره
- لوله بالا/ پایین کردن برای کنترل و بررسی شرایط چاه قبل از راندن لوله جداری یا آستری.
- راندن لوله جداری یا لوله آستری.

سیمان کاری

- گردش گل قبل از سیمان کاری.
- برپائی وسائل سیمان کاری.
- سیمان کاری
- انتظار برای خشک شدن سیمان. اما در صورتی که وسائل آویز و آکند بلافاصله به دور گردن لوله جداری انداخته شوند و عملیات برپائی وسائل تاج سرچاه و فوران گیرها شروع شود، زمانی به عنوان انتظار برای خشک شدن سیمان منظور نخواهد شد.
- زمان لازم برای راندن نمودار کیفیت سیمان (در صورت تقاضای اداره حفاری). اگر نمودار فوق برای اداره بهره برداری رانده شود به حساب زمان تکمیل چاه خواهد بود.
- پیدا کردن و سیمان کردن محل نشست در لوله جداری.

نصب سر جداره و فوران گیرها/ حفاری سیمان و پلاگ

- شامل کلیه عملیاتی که از زمان قرار گرفتن پلاگ‌های سیمان کاری در محل خود تا شروع مجدد حفاری، یعنی زمان برپائی فوران-گیرها، جابجائی گل داخل چاه، بررسی چاه و حفاری سیمان و پلاگ‌ها.
- زمان مانده یابی برای لوله جداری و تعمیرات آن نیز در همین قسمت محاسبه می‌شود.

نمودارگیری

- گردش گل برای مرتب کردن شرایط چاه یا گل برای شروع نمودارگیری، قبل از خارج کردن مته از چاه.

- لوله بالا در صورتی که مته کند نشده باشد. در صورت کند شدن مته این لوله بالا به حساب عملیات حفاری (قسمت لوله بالا/ پایین) گذاشته می شود.
- برپائی وسائل شلومبرگر و لوبریکاتور
- نمودارگیری.
- کنار گذاشتن وسایل نمودارگیری.
- لوله بالا/ پایین کردن و یا پیمایش کوتاه چاه با مته، برای تراشیدن دیواره چاه و بهسازی شرایط چاه، در صورتی که ابزار نمودارگیری به علت شرایط بد چاه به ته آن نرسیده باشد.
- گردش گل برای نمونه برداری
- گردش گل برای گرفتن نمونه های سازند در هر عمقی از چاه بنا به درخواست زمین شناس.
- مغزه گیری
- برپائی وسائل مغزه گیری.
- لوله بالا و پایین کردن با وسائل مغزه گیری.
- زمان مغزه گیری.
- زمان اتصال لوله ها برای ادامه مغزه گیری.
- پائین گذاشتن مغزه و وسایل مغزه گیری.
- لوله بالا در صورتی که مته کند نشده باشد. در صورتی که مته کند شده باشد، این زمان به حساب عملیات حفاری (قسمت لوله بالا/ پائین) گذاشته می شود.

تعمیرات

- تعمیرات وسائل

- تمیز کردن حوضچه چاه و ناودان گل.

- تمیز کردن لوله های جریان گل، خطوط کشتن چاه و خطوط خروجی فوران گیرها.

مانده یابی

- کلیه عملیات از زمانی که مانده یابی شروع می گردد.

- بازیابی ابزار و وسائلی که در داخل لوله های جداره یا حفره باز در سیمان گیر افتاده اند.

- آزاد کردن لوله های گیر کرده در چاه. زمان را از لحظه ای که لوله ها در چاه گیر می کنند تا زمانی که حفاری ادامه یافته و یا چاه کج

می گردد به حساب عملیات مانده یابی گذاشته می شود.

کج کردن چاه (از حدود بالای مانده)

- مسدود کردن چاه

- حفاری نقطه انحراف (Kick Off Point)

- کلیه لوله بالا/ پایین کردن ها برای کج کردن چاه.

- تعیین انحراف چاه (بجزء زاویه یابی معمولی).

سوراخ شدن و گرفتگی رشته حفاری

- لوله بالا برای بررسی و تعمیر رشته حفاری.

- لوله بالا برای برطرف کردن انسداد رشته حفاری با مته.

انتظار

- انتظار برای دستور از اهواز.
- انتظار برای شلومبرگر
- انتظار برای مواد.
- انتظار برای آب بعد از شروع به حفاری.
- انتظار برای از بین رفتن شرایط نامساعد هوا برای ادامه عملیات حفاری.

تکمیل چاه/ متروک کردن چاه

- در چاه‌هایی که به صورت حفره باز تکمیل می‌گردند، کلیه عملیاتی که بعد از رسیدن به عمق نهائی و قبل از ترخیص دکل صورت می‌گیرد.
- در مورد چاه‌هایی که با راندن لوله جداری یا آستری تکمیل می‌گردند، کلیه عملیاتی که بعد از قرار گرفتن پلاگ‌های سیمان کاری در محلشان تا ترخیص دکل صورت گیرد.
- عملیات تعمیر چاه به استثناء عملیات حفاری برای عمیق تر کردن چاه. زمان حفاری چاه جدید به صورت یک چاه معمولی تقسیم - بندی می‌گردد.
- نمودار کیفیت سیمان برای عملیات بهره برداری.

برپائی و انتقال دکل

کلیه عملیات انجام شده از زمانی که دکل از محل یک چاه مرخص گردیده تا وقتی که عملیات حفاری چاه جدیدی را شروع می‌کند.

- انتظار برای محل چاه.
- انتظار برای ذخیره سازی آب برای شروع عملیات حفاری.
- انتقال دکل.

۲-۱۳- هزینه روزانه حفاری

۱- شماره حساب‌های مخصوص

از آنجائی که این سیستم محاسبه هزینه چاه پس از انقلاب دیگر مورد استفاده قرار نمی‌گیرد، از برگردان این قسمت به فارسی خودداری شده است.

در صورت نیاز به کتاب انگلیسی قوانین و مقررات اداره حفاری، بخش ۱۶ صفحه ۶- مراجعه شود.

انتقال مواد

اگر مواد گل از یک محل به محل چاه دیگری منتقل می‌شوند، هزینه این کار باید توسط ناظر فنی به یک حساب مخصوص گذاشته شود. در صورتی که مواد اضافه از محل چاه به انبارها بازگشت داده شوند باید یک گزارش بازگشت مواد "Material Return Note" به همراه آنها فرستاده شود.

هزینه حمل مواد در هنگام حفاری

- مواد گل، لوله‌های جداری و وسائل مربوطه و سوخت

هزینه حمل بعضی از مواد گل به حساب گل حفاری منظور میگردد و هزینه حمل سایر مواد و سوخت به صورت زیر مشخص می‌شود:

الف- در صورت حمل به وسیله پیمانکار حفاری یا شرکت‌های خدماتی به حساب عملیات حفاری گذاشته می‌شود.

ب- در صورت حمل با هر وسیله‌ای در یک ناحیه به حساب عملیات حفاری گذاشته می‌شود.

ج- در صورت حمل بین نواحی هزینه مربوطه به حساب عملیات حمل و نقل گذاشته می‌شود.

- سیمان

هزینه حمل، مخلوط کردن و آماده کردن سیمان به حساب سیمان کاری و در صورت استفاده برای کج کردن چاه، بهسازی شرایط چاه، تکمیل، تعلیق و یا متروک کردن چاه به حساب‌های مربوطه منظور می‌گردد.

● اسید

الف- هزینه حمل اسید از کارخانه سازنده تا انبارهای محل نگهداری آن به حساب نگهداری اسید و در پایان به حساب اسید گذاشته می شود.

ب- هزینه حمل اسید از انبار به محل چاه به حساب اسیدکاری و یا مانده گیری (در صورت استفاده) گذاشته می شود.

۲- هزینه کارهای ساختمانی و آماده سازی محل چاه

کارهای زیر به حساب کارهای ساختمانی گذاشته می شود:

- جاده های دکل رو.

- محل اردوگاه.

- باند فرود هلی کوپتر

- محل دکل.

- کارهای وابسته.

هزینه هر قسمت از کارهای ساختمانی جداگانه حساب می گردد و سپس جمع آنها به حساب ساختن و آماده کردن محل چاه گذاشته می شود. مخارجی که در هر قسمت کارهای ساختمانی صورت می گیرد بصورت زیر است:

جاده های دکل رو

ساختمان و نگهداری جاده ها، پل ها، تقاطع ها و غیره برای اتصال محل چاه به جاده های اصلی موجود.

محل اردوگاه

ساختمان و نگهداری محل استقرار موقت اردوگاه کارکنان دکل حفاری.

باند فرود هلی کوپتر

ساختمان و نگهداری باند موقت فرود هلی کوپتر که در زمان حفاری چاه مورد استفاده قرار می‌گیرد.

محل دکل

ساختمان و نگهداری پایه سیمانی برای دکل، موتورها، پمپ‌ها و حوضچه چاه، گودال‌های هرز اب گل حفاری و گودال آتش.

کارهای متفرقه

ساختمان و نگهداری لوله‌های آب و خط آتش، محل استقرار پمپ آب کنار رودخانه، و وسائل ارتباطی. همچنین هزینه حفاری چاه آب و نگهداری آب شیرین کن (در صورت نیاز)

توجه: هزینه احداث جاده‌های اولیه برای دسترسی به محل چاه و سایر کارهای اولیه به حساب هر یک از موارد مربوطه گذاشته می‌شود. باید توجه داشت که هزینه انتقال بعضی از وسائل (لوله‌های آب یا آتش) از محل یک چاه به محل دیگر و برپائی مجدد آنها به حساب ساختمانی محل جدید گذاشته می‌شود.

۳- هزینه انتقال و برپائی دکل

هزینه‌های مربوط به حمل و نقل دکل به این حساب گذاشته می‌شود. این هزینه شامل انتقال و آماده باش دکل در هنگام انتقال آن می‌باشد. سایر هزینه‌های اضافی انتقال دکل و اردوگاه و پیش آمدهای غیر منتظره در هنگام حمل و نقل دکل به این حساب گذاشته می‌شود. هزینه‌های استفاده از هلیکوپتر قبل از شروع عملیات حفاری، برپایی و باز کردن دکل، و وسائل اردوگاه و همچنین انتقال مواد گل قبل از شروع عملیات حفاری بین چاه‌ها به این حساب گذاشته می‌شود. هزینه انتقال مواد گل از منطقه‌ای به منطقه دیگر به حساب حمل و نقل مواد گذاشته می‌شود.

۴- هزینه عملیات حفاری

زمان حفاری

هزینه عملیات حفاری از روی جدول تجزیه و زمانبندی حفاری تعیین می گردد. همچنین هزینه مواد مصرف شده و سایر هزینه های متفرقه، هزینه مواد گل، وسایل گیر کرده در چاه، مته، گشاد کننده، پایدار کننده ها و سایر هزینه های مربوطه به این حساب گذاشته می شود.

لوله بالا/ پایین

هزینه زمان لوله بالا/ پایین بر مبنای جدول تجزیه زمانبندی حفاری.

آزمایش فوران گیرها

هزینه جهت زمان مصرف شده برای آزمایش فشار فوران گیرها و وسایل مربوط به آنها.

بهسازی شرایط چاه و جلوگیری از هرزروی گل

هزینه زمان مصرف شده برای بهسازی شرایط چاه و هزینه مواد استفاده شده برای جلوگیری از هرزروی گل و همچنین هزینه مخلوط کردن حمل سیمان و پمپ کردن آن بداخل چاه به منظور فوق.

تعیین انحراف چاه/ سرویس دکل

هزینه زمان مصرف شده برای زاویه یابی چاه به صورت معمولی و یا عملیات مخصوص برای تعیین انحراف چاه و هزینه سرویس دکل شامل بریدن کابل حفاری مستعمل و غیره.

حفاری جهت دار

هزینه زمان کلیه عملیات از هنگام بالا کشیدن لوله ها از چاه برای گذاشتن مجراوند سیمانی در چاه تا وقتی که با حفاری انحرافی به هدف تعیین شده رسیده و یا دوباره بتوان با ساقه حفاری معمولی و وزن روی مته و دور مته معمولی به حفاری ادامه داد.

۵- هزینه عملیات جداره گذاری و سیمان کاری

لوله جداری، لوله مغزی و تاج سرچاه

هزینه لوله های جداری و متعلقات، لوله های مغزی و متعلقات، وسایل لوله تکمیل، تاج چاه و وسائل مربوطه و هزینه زمان مصرف شده برای بهسازی چاه و پیمایش کوتاه برای کنترل شرایط چاه و راندن لوله ها به داخل چاه.

سیمان کاری

هزینه زمان و مواد مصرف شده برای سیمان کاری، هزینه سیمان و سایر مواد، مخلوط کردن، حمل و پمپ کردن سیمان به دور لوله جداری.

برپائی سرجداره و فوران گیرها/ و حفاری سیمان و پلاگها

هزینه زمان مصرف شده برای انجام کارهای فوق.

۶- هزینه زمین شناسی و مهندسی مخازن

آزمایش سازند

هزینه زمان مصرف شده برای انجام لایه آزمائی.

نمودارگیری

هزینه زمان مصرف شده برای نمودارگیری و هزینه شلومبرگر برای راندن نمودارهای الکتریکی.

گردش گل برای نمونه برداری

هزینه زمان مصرف شده برای گردش گل برای بدست آوردن نمونه های سازند بر مبنای جدول تجزیه زمانی حفاری.

مغزه گیری

هزینه زمان مصرف شده و مته مغزه گیری.

۷- هزینه عملیات زمان های از دست رفته

تعمیرات

هزینه های مربوطه برحسب زمان مصرف شده.

مانده گیری

هزینه زمان و مواد مصرف شده برای این عملیات هزینه اسید مصرف شده برای آزاد کردن لوله های گیر کرده در چاه.

کج کردن چاه

هزینه زمان و مواد مصرف شده برای این منظور. هزینه سیمان و عملیات سیمان کاری برای گذاشتن مجرا بند و ایجاد نقطه انحراف در چاه به این حساب منظور می گردد.

سوراخ شدن و گرفتگی رشته حفاری

هزینه زمان مصرف شده برای این منظور.

انتظار

هزینه زمان مصرف شده.

۸- تکمیل چاه/ متروک کردن چاه/ تعلیق چاه

هزینه زمان و مواد مصرف شده برای انجام عملیات فوق. هزینه اسید، مخلوط و آماده کردن و انتقال آن به محل چاه و اسیدکاری، هزینه‌های مشبک کاری، آزمایش بهره دهی و کلیه مواد و وسائل مصرف شده.

عملیات تکمیل شامل موارد زیر است:

- در چاه‌هایی که به روش حفره باز تکمیل می‌گردند، کلیه عملیاتی که پس از رسیدن به عمق نهائی چاه تا ترخیص دکل صورت می‌گیرد به این حساب گذاشته می‌شود.

- در چاه‌هایی که به صورت جداره پوش تکمیل می‌گردند. کلیه عملیاتی که پس از قرار گرفتن پلاگ‌های سیمان کاری در جای خود تا ترخیص دکل صورت می‌گیرد به این حساب گذاشته می‌شود.

عملیات متروک کردن و تعلیق چاه عبارتند از:

- کلیه عملیاتی که پس از رسیدن به عمق نهائی در چاه‌هایی که باید متروک گردیده یا به حالت تعلیق درآیند بدون اینکه لوله جدرای یا آستری در آنها رانده شود، تا زمان ترخیص دکل.

- در چاه‌هایی که به صورت جداره پوش تکمیل می‌گردند. کلیه عملیاتی که پس از قرار گرفتن پلاگ‌های سیمان کاری در جای خود تا ترخیص دکل صورت می‌گیرد به این حساب گذاشته می‌شود.

۹- روش محاسبه و تکمیل فرم مخارج روزانه حفاری

قسمت‌های پایه "حفاری"

هزینه کرایه "طوقه تراش" و "پایدار کننده‌ها"

قیمت مته ها

جدول (۱-۱۳) - قیمت مته های معمولی (Rock Bit)

اندازه	نوع	کارخانه سازنده	قیمت (ریال)
۲۶"	DS (09.04.88.176.1)	اسمیت	۱,۱۷۴,۸۵۶
۲۶"	OSC3A	هیوز	۵۴۹,۶۰۴
۲۶"	DS(09.04.88.270.1)	اسمیت	۴۵۰,۴۶۶
۲۶"	OSCIG	هیوز	۵۹۷,۶۸۰
۲۴"	OSC3A	هیوز	۴۹۷,۱۸۷
۱-۱۸/۲"	OSCIG	هیوز	۱۷۴,۷۴۱
۱-۱۷/۲"	SDG	اسمیت	۲۷۲,۷۷۱
۱-۱۷/۲"	SDT	اسمیت	۲۷۱,۵۷۴
۱-۱۷/۲"	M44N	سکیوریتی	۳۸۵,۶۰۱
۱-۱۷/۲"	OSCIG	هیوز	۵۰۴,۸۵۷
۱-۱۷/۲"	OSC3	هیوز	۵۰۴,۸۷۵
۱-۱۷/۲"	OSC3A	هیوز	۲۰۹,۸۲۰
۱-۱۷/۲"	S3S	سکیوریتی	۱۷۱,۷۶۳
۱-۱۲/۴"	XIG	هیوز	۹۰,۰۲۳
۱-۱۲/۴"	SDGH	اسمیت	۱۱۱,۲۶۴
۱-۱۲/۴"	X3A	هیوز	۸۸,۳۸۱
۱-۱۲/۴"	SDS	اسمیت	۹۲,۹۷۸
۱-۱۲/۴"	F2	اسمیت	۴۳۲,۶۷۵
۱۲"	SDG	اسمیت	۷۴,۶۵۵
۳-۱۱/۴"	DG	اسمیت	۶۰,۸۱۶
۳-۱۱/۴"	F2	اسمیت	۳۵۷,۴۷۹
۷-۹/۸"	XIGJ	هیوز	۶۱,۸۲۸
۵-۹/۸"	M44N	سکیوریتی	۳۸,۸۶۱
۳-۹/۸"	S4T	سکیوریتی	۳۷,۹۴۴
۳-۸/۴"	X7	هیوز	۲۹,۲۸۳
۵-۸/۸"	XV	هیوز	۳۰,۷۰۹
۱-۸/۳"	DG	اسمیت	۳۶,۷۴۰
۱-۸/۲"	M44N	سکیوریتی	۴۷,۰۹۷
۱-۸/۲"	SDG	اسمیت	۴۶,۶۰۴
۱-۸/۲"	J22	هیوز	۲۲۱,۹۳۶
۱-۸/۲"	J33	هیوز	۲۲۲,۶۷۷

اندازه	نوع	کارخانه سازنده	قیمت (ریال)
۱-۸/۲"	F3	اسمیت	۲۱۹,۶۷۱
۳-۸/۸"	F3	اسمیت	۲۰۱,۷۲۷
۳-۸/۸"	SDG	اسمیت	۴۶,۵۳۸
۳-۸/۸"	M44NT	سکیوریتی	۴۷,۸۸۰
۳-۸/۸"	F2	اسمیت	۲۱۶,۵۸۰
۳-۸/۸"	F9	اسمیت	۲۱۹,۶۷۶
۷-۷/۸"	F2	اسمیت	۴۶,۳۱۲
۷-۷/۸"	M44N	سکیوریتی	۴۶,۳۱۳
۳-۷/۸"	F2	اسمیت	۱۷۶,۲۸۹
۳-۷/۸"	S44J	سکیوریتی	۴۰,۲۱۴
۵-۶/۸"	OSC3J	هیوز	۲۸,۲۳۱
۱-۶/۸"	OSCIGJ	هیوز	۲۶,۸۶۰
۱-۶/۸"	S4J	سکیوریتی	۲۷,۷۵۲
۱-۶/۸"	J33	هیوز	۳۱۵,۴۲۸
۱-۶/۸"	F3	اسمیت	۲۳۶,۶۹۶
۷-۵/۸"	F3	اسمیت	۱۵۹,۶۱۹
۷-۵/۸"	DGJ	اسمیت	۲۷,۷۳۶
۷-۵/۸"	OWVJ	هیوز	۲۶,۹۱۹
۷-۵/۸"	M4N	سکیوریتی	۲۷,۲۳۴
۵-۵/۸"	F3	اسمیت	۱۴۲,۸۲۵
۵-۵/۸"	M4N	سکیوریتی	۲۶,۱۷۸
۱-۵/۲"	F2	اسمیت	۱۴۱,۴۵۰
۱-۵/۲"	S86F	سکیوریتی	۱۳۹,۴۳۶
۳-۴/۴"	WO	هیوز	۲۰,۶۶۳

اندازه	نوع	کارخانه سازنده	قیمت (ریال)
۱-۴/۸	V2	اسمیت	۲۱,۵۱۰
۷-۳/۸	WO	هیوز	۲۲,۰۰۲
۳-۳/۴	WO	هیوز	۲۲,۲۴۴

توجه: قیمت ها از روی آخرین لیست کامپیوتری به تاریخ دسامبر ۱۹۸۳ استخراج شده اند.

جدول (۲-۱۳) - قیمت منته های الماس

اندازه	نوع	کارخانه سازنده	قیمت (ریال)
۳-۱۲/۱۶	MD-331	کریستن سن	۲,۱۵۶,۰۹۷
۳-۱۲/۱۶	743 BRM HAWK SET	های کالوگ	۳,۲۶۶,۸۶۴
۳-۱۲/۱۶	WATC-75	های کالوگ	-
۳-۱۲/۱۶	ANGLE BUILDER	ACC	۲,۰۱۵,۹۴۶
۳-۱۲/۱۶	HD-74	HUDDY INTER.	۲,۳۶۸,۸۱۰
		SERVICE INTL.	
۳۱-۱۱/۳۲	MD-197	کریستن سن	-
۱۱-۸/۲۲	MD-197	کریستن سن	-
۱۱-۸/۲۲	SHARK TOOTH II	ACC	۱,۵۹۶,۷۲۸
۱۵-۸/۳۲	MD-197	کریستن سن	۱,۶۹۲,۰۱۰
۱۵-۸/۳۲	MH-52	های کالوگ	۱,۱۸۷,۰۶۳
۱۵-۸/۳۲	SHARK TOOTH	ACC	-
۱۵-۸/۳۲	HD-256	HUDDY INTER.	۱,۳۶۸,۳۵۸
۳-۶/۳۲	MD-331	کریستن سن	۶۶۹,۶۴۹
۳-۶/۳۲	MD-197	کریستن سن	۹۳۸,۳۱۲
۳-۶/۳۲	STYLE 204 HUSTLER	های کالوگ	۶۸۸,۷۱۸
۳-۶/۳۲	ANGLE BUILDER	ACC	۶۸۸,۶۶۳
۲۷-۵/۳۲	MD33	کریستن سن	۶۹۴,۹۷۴
۲۷-۵/۳۲	HOG NOSE	ACC	۸۵۳,۹۷۴
۲۷-۵/۳۲	SHARK TOOTH II	ACC	۹۴۷,۱۲۲
۱-۴/۸	MD-331	کریستن سن	۴۴۹,۱۶۲
۳-۳/۴	MD-33	کریستن سن	۱۷۸,۳۸۷

توجه: قیمت ها از روی آخرین لیست کامپیوتری به تاریخ دسامبر ۱۹۸۳ استخراج شده اند.

۱۴- تحویل چاه

هنگام تحویل چاه به ناظر فنی جانشین خود و یا تحویل چاه به یک اداره دیگر (بهره بردار) به موارد زیر باید توجه گردد:

۱-۱۴- تحویل چاه به ناظر فنی جانشین

گزارش خلاصه ای از عملیات انجام شده که شامل نکات زیر باشد نوشته شود:

خلاصه ای از عملیات انجام شده.

عملیات در حال انجام.

برنامه عملیات آینده.

لیستی از موادی که سفارش شده است و یا لیستی از موادی که باید سفارش شوند تهیه گردد.

کلیه گزارش های روزانه تکمیل و بایگانی شده باشند.

اگر انجام عملیاتی دارای مشکلاتی بوده است، شرح خلاصه ای از آن نوشته شود. در صورت نیاز یک تصویر نیز ضمیمه گردد.

۲-۱۴- تحویل چاه به بهره برداری

قبل از تحویل چاه به بهره برداری، نکات زیر را در نظر داشته باشید:

۱- کلیه پیچ های تاج سرچاه محکم باشند.

۲- وسیله آکند (X-BUSHING) بین لوله تولید و دالیز مجدداً آزمایش فشار شود.

۳- با توجه به فرم گزارش وسایل تاج سرچاه کلیه این وسایل را کنترل نموده و فرم مذکور کامل گردد.

۴- دسته کلیه شیرهای چاه به آنها وصل شده و شیرهای گریس کاری و آماده به کار باشند.

۵- شیر اصلی تحتانی باز و شیر اصلی فوقانی باید بسته باشد. در هنگام پایین آوردن دکل و انتقال آن هر دو شیر باید بسته باشد.

سپس شیر اصلی تحتانی باید بعداً باز گردد.

۶- محل چاه را تمیز نموده و در صورت نیاز درخواستی برای تعمیر آن به اداره ساختمانی داده شود. (اداره پشتیبانی خدمات حفاری)

۷- حوضچه چاه تخلیه و تمیز گردد.

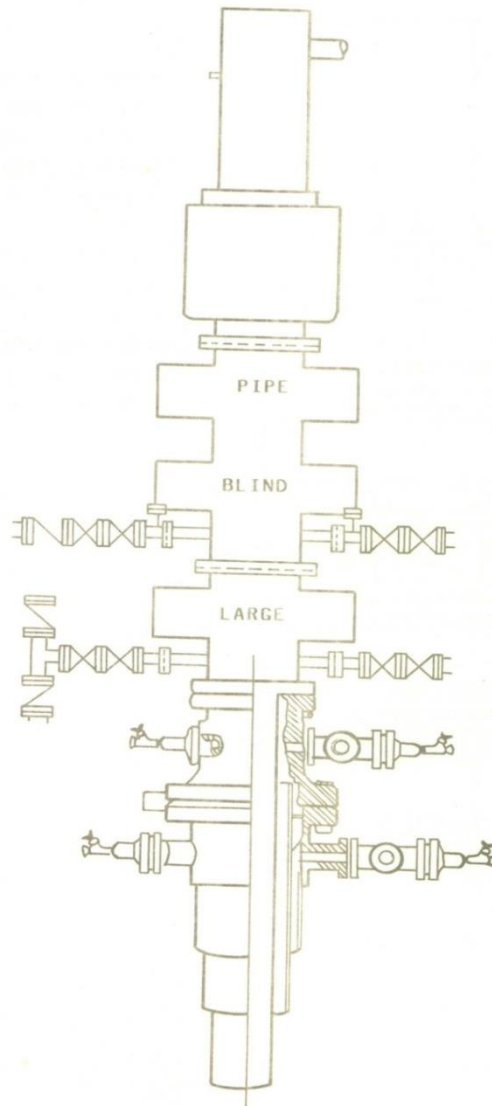
۸- کر داده شود که در هنگام جریان دادن چاه در خط تولید (باز کردن چاه) به فشار جدا رده های حلقوی توجه گردد.

مراجع

- Birch, F., Roy, R.F., and Decker, E.R.: "Heat Flow and Thermal History in New England and New York," Studies of Appalachian Geology: Northern and Maritime, E. Zen, W.S. White, J.B. Hadley and J.B. Thompson (eds.), Interscience Publishers (John Wiley & Sons, Inc.), New York City (1968) 437–451.
- Diment, W.H., Urban, T.C., Sass, J.H., Marshal, B.V., Munroe, R.J., and Lachenbruch, A.H.: "Temperatures and Heat Contents Based on Conductive Transport of Heat," Assessment of Geothermal Resources of the United States—1975, D.E. White and D.L. Williams (eds.), U.S. Geological Survey Circular 726 (1975) 84–103.
- Holligan, D., Cron, C.J., Love, W.W., and Buster, J.L.: "Performance of Beta Titanium in a Salton Sea Geothermal Production Well," SPE18696, presentation at the 1989 SPE/IADC Drilling Conference, New Orleans, Louisiana, February 28-March 3, 1989.
- Combs J, Garg SK, and Livesay BJ (2000) "Maximum Discharge of Geothermal Fluids From Slim Holes by Optimizing Casing Designs" Geothermal Resources Council Transactions, Vol. 24
- Roy DM, et al. (1980) New high temperature cementing-materials for geothermal wells: stability and properties, The Pennsylvania State University, BNL 51249
- Zoback, MD et al, Determination of stress orientation and magnitude in deep wells, International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences 40 (2003) 1049–1076
- Rickard, W.M. Foam Cement For Geothermal Wells, Geothermal Resources Council Transactions Vol. 9, August 1985
- Bour, D; Application of Foamed Cement on Hawaiian Geothermal Well, Geothermal Resources Council Transactions Vol 24, Sept. 2000
- Watson, David et al, Advanced Well Control, SPE Textbook Series Volume 10
- API Bulletin 5C3, Bulletin on Formulas and Calculations for Casing, Tubing, Drill pipe and Line Pipe Properties
- Hanold, RJ et al, Geofrac – An explosive stimulation technique for a Geothermal Well, GRC October 1982
- Calderoni A., The Lean Profile: A Step Change in Drilling Performance, SPE/IADC 52788-MS

" مجموعه فورانگیرهای " ۱۳-۵/۸ بر روی سرجداره شماره ۳ - با لوله جداری " ۹-۵/۸ "

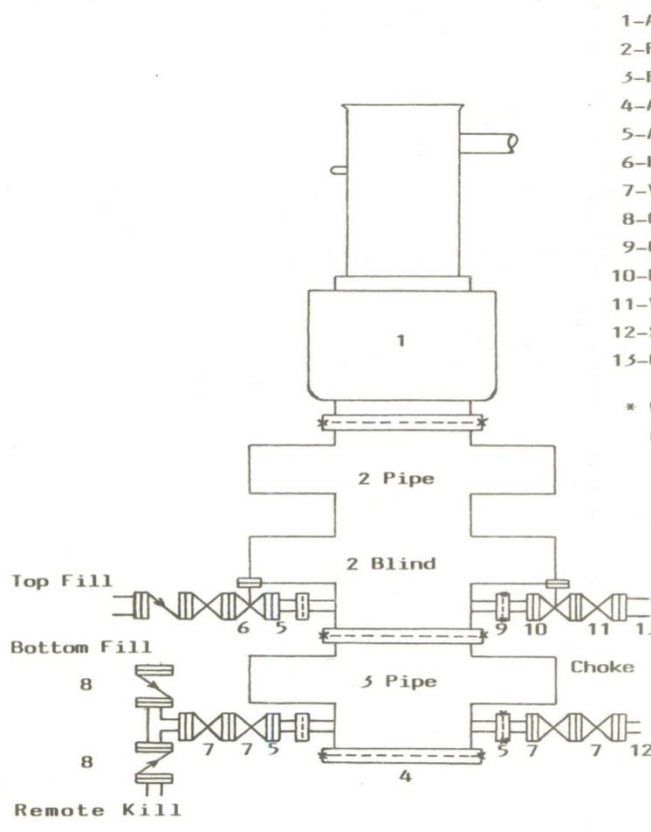
1 5/8" B.O.P. STACK ON CASING HEAD SPECIFICATION
NO. 3 WITH 9 5/8 CASING



بیوست (۱) - نمایی از مجموعه فورانگیر ۱۳-۵/۸ - بر روی سرجداره شماره ۳ - با لوله جداری ۹-۵/۸

" حفاری از طریق لوله جداری " ۱۳-۳/۸ یا ۹-۵/۸ با لوله های حفاری يك اندازه یا با اندازه های مختلف "

**DRILLING THROUGH 13 3/8" & 9 5/8"
W/ONE SIZE OR TAPERED STRING
OF DRILL PIPE**



- 1-Annular Preventer, 13 5/8", 5000 psi. *
- 2-Ram Preventer, 13 5/8", 5000 psi. (double)
- 3-Ram Preventer, 13 5/8", 5000 psi.
- 4-Adapter Flange, 13 5/8" to Company W.H.
- 5-Adapter 4"x2", 5000 psi.
- 6-Hydraulic Valve, 2", 5000 psi, (Kill line)
- 7-Valve, 2", 5000 psi.
- 8-Check Valve, 2", 5000 psi.
- 9-Choke outlet, 4", 5000 psi.
- 10-Hydraulic Valve, 4", 5000 psi. (Choke line)
- 11-Valve, 4", 5000 psi.
- 12-Secondary Choke line, 2", 5000 psi.
- 13-Choke line, 4", 5000 psi.

* WITH TAPERED STRING SMALL PIPE RAMS GO IN TOP.

- ۱ - فورانگیر دالیزی (پام ۵۰۰۰ - ۱۳-۵/۸) *
- ۲ - فورانگیر کوبه ای (دوتاشی) (پام ۵۰۰۰ - ۱۳-۵/۸)
- ۳ - فورانگیر کوبه ای (پام ۵۰۰۰ - ۱۳-۵/۸)
- ۴ - فلنج تبدیل، ۱۳-۵/۸ به ماسوره سرلوله جداری
- ۵ - تبدیل (پام ۵۰۰۰ - ۴" x ۲")
- ۶ - شیر هیدرولیکی (پام ۵۰۰۰ - ۲") (لوله کشتن چاه)
- ۷ - شیر (پام ۵۰۰۰ - ۲")
- ۸ - شیر یکطرفه (پام ۵۰۰۰ - ۲")
- ۹ - مسیر لوله خروجی (پام ۵۰۰۰ - ۴")
- ۱۰ - شیر هیدرولیکی (پام ۵۰۰۰ - ۴") (لوله خروجی)
- ۱۱ - شیر (پام ۵۰۰۰ - ۴")
- ۱۲ - لوله خروجی دوم (پام ۵۰۰۰ - ۲")
- ۱۳ - لوله خروجی (پام ۵۰۰۰ - ۴")

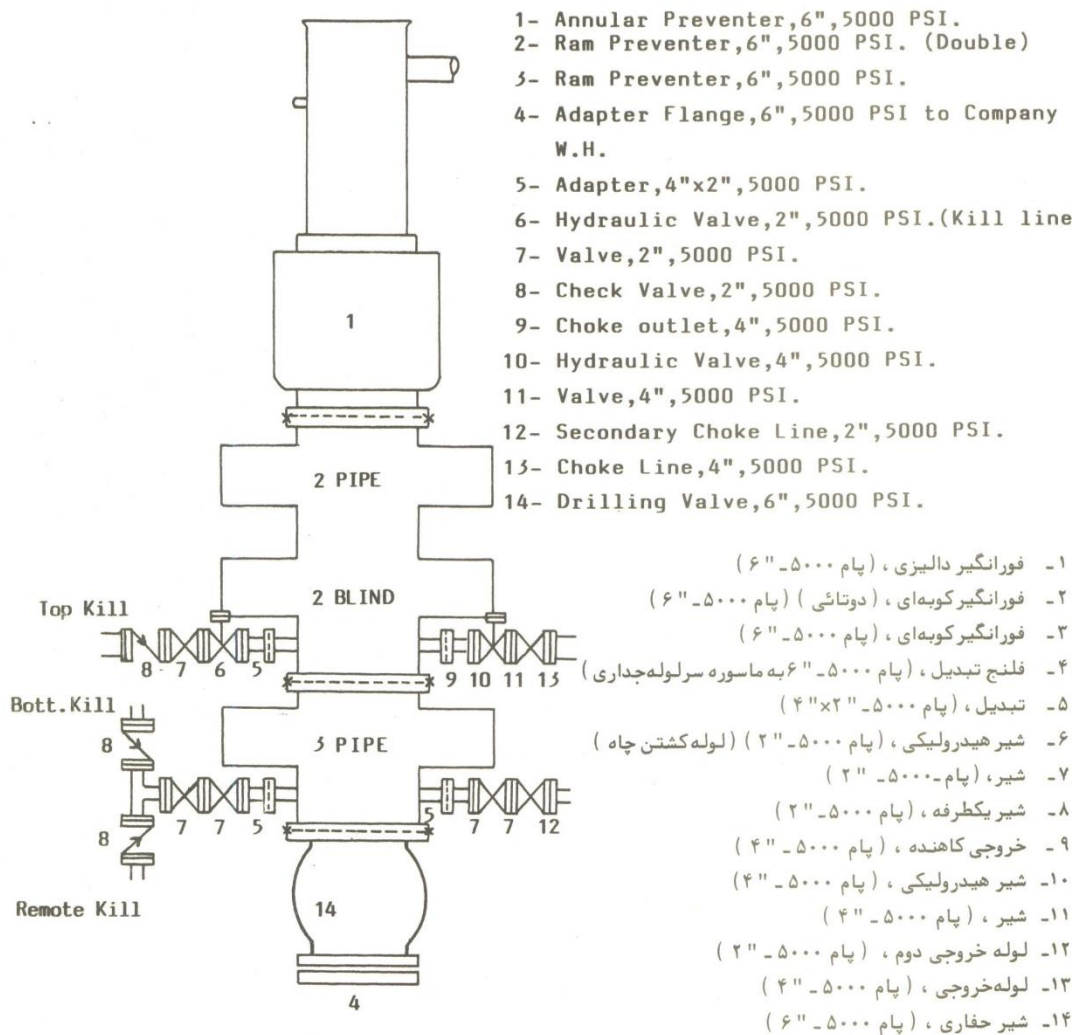
در مورد رشته حفاری با لوله های با اندازه های متفاوت، فورانگیر کوبه ای کوچک در بالا قرار میگیرد.

پیوست (۲) - طرح شماتیک حفاری از طریق لوله جداری ۱۳-۳/۸ یا ۹-۵/۸ با لوله های حفاری یک اندازه یا با اندازه های

مختلف

" حفاری از طریق لوله جداری ۷"

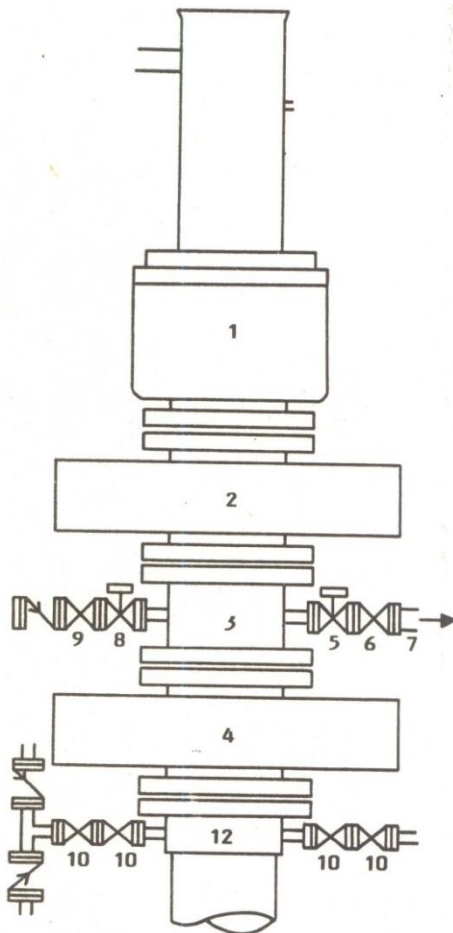
DRILLING THROUGH 7"



پیوست (۳) - حفاری از طریق لوله های جداری ۷"

" حفاری از طریق لوله جداری " ۱۸.۵/۸ "

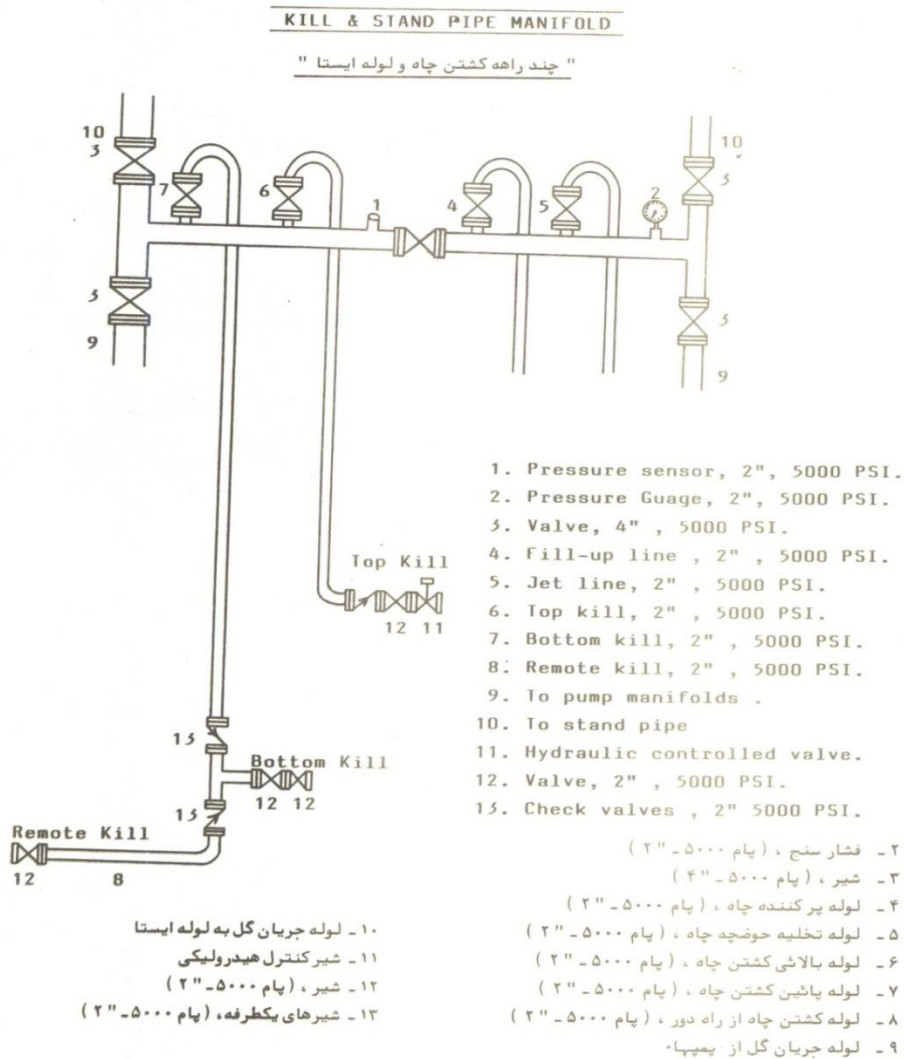
DRILLING THROUGH 18 5/8"



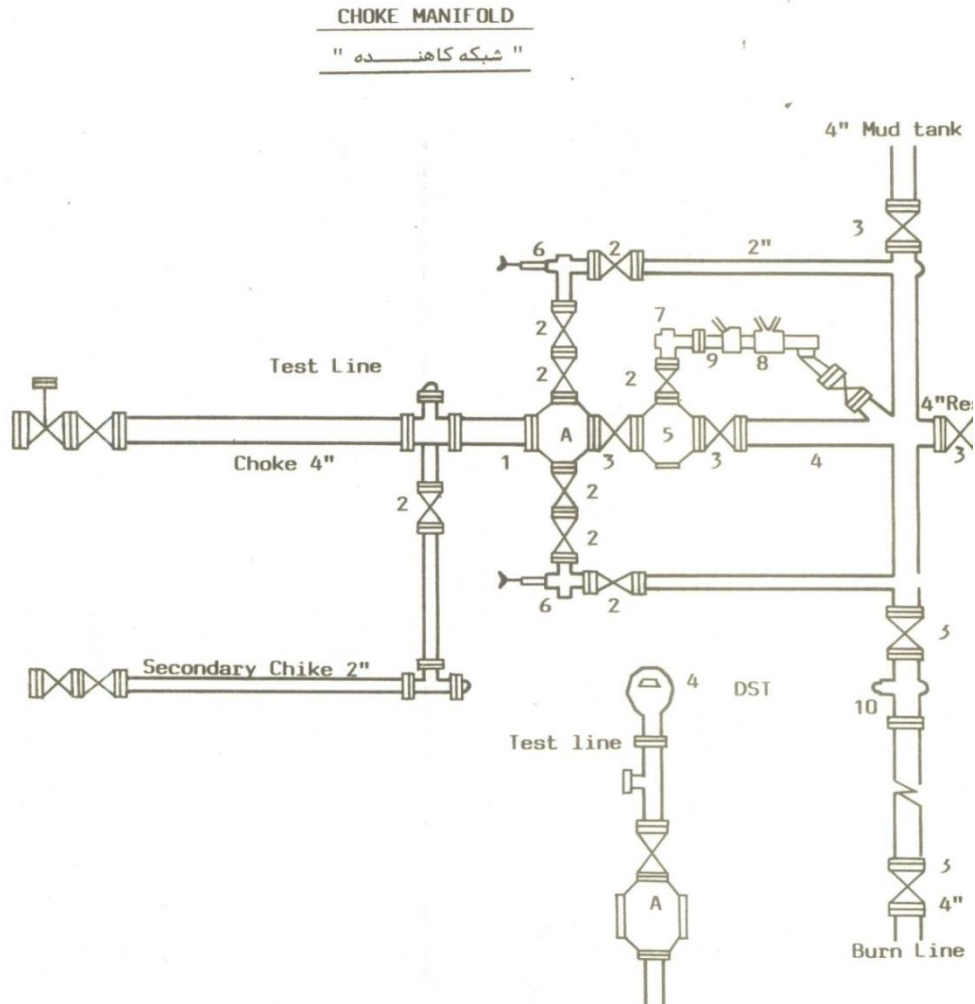
- 1-ANNULAR PREVENTER,20",2000 psi.
- 2-RAM,20",2000 psi.
- 3-DRILLING SPOOL,2"x4"OUTLETS,20",2000 psi.
- 4-RAM,20",2000 psi.
- 5-HYDRAULIC VALVE 4",2000,psi (CHOKE)
- 6-GATE VALVE, 4",2000 psi.
- 7-CHOCKE LINE,4",2000 psi.
- 8-GATE VALVE,2",2000 psi.
- 9-CHECK VALVE,2",2000 psi.
- 10-GATE VALVE(S),2",2000 psi.
- 11-CHECK VALVE,2",2000 psi.
- 12-CASING HEAD HOUSING,Wf,18 5/8"x20",2000 psi

- ۱- فورانگیر دالیزی ، (پام ۲۰۰۰-۲۰")
- ۲- فورانگیر کوبه ای ، (پام ۲۰۰۰-۲۰")
- ۳- مانوره حفاری با خروجیهای ۲"x۴" ، (پام ۲۰۰۰-۲۰")
- ۴- فورانگیر کوبه ای ، (پام ۲۰۰۰-۲۰")
- ۵- شیر هیدرولیکی ، (پام ۲۰۰۰-۴") (چوک)
- ۶- شیر دروازه ای ، (پام ۲۰۰۰-۴")
- ۷- لوله خروجی فورانگیر (پام ۲۰۰۰-۴")
- ۸- شیر دروازه ای (پام ۲۰۰۰-۲")
- ۹- شیر بکطره (پام ۲۰۰۰-۲")
- ۱۰- شیرهای دروازه ای (پام ۲۰۰۰-۲")
- ۱۲- سرلوله جداری " WF " (پام ۲۰۰۰-۲۰" x ۱۸.۵/۸")

پیوست (۴) - حفاری از طریق لوله های جداری ۱۸-۵/۸

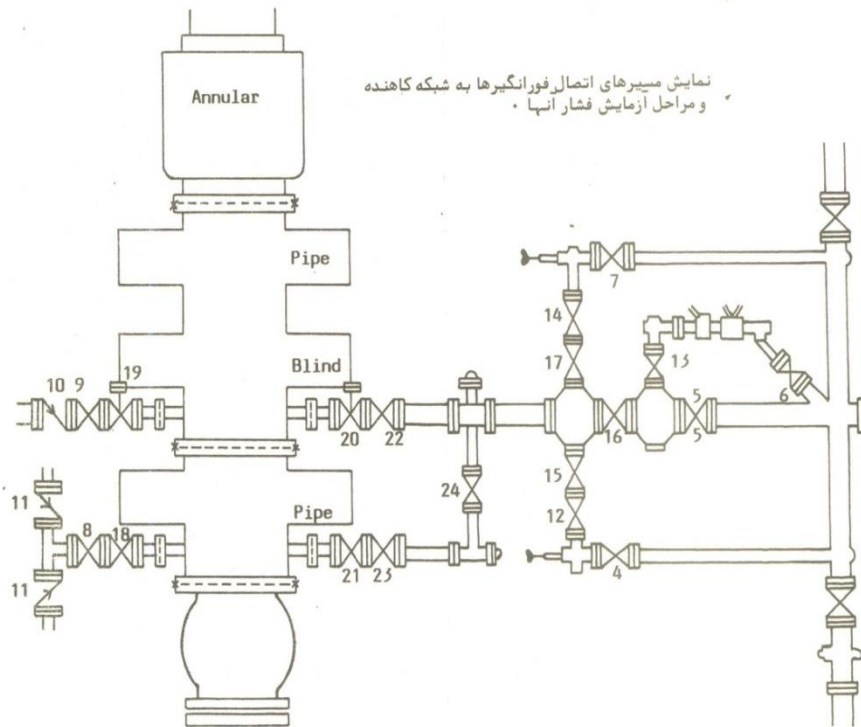


پیوست (۵) - طرح شماتیک چندراهه کشتن چاه و لوله ایستا



1. Cross, 4" 5000 PSI.
2. Valve, 2", 5000 or 3000 PSI down stream of choke.
3. Valve, 4", 5000 or 3000 PSI down stream of choke.
4. Gauge, 2", 5000 PSI.
5. Cross.
6. Adjustable choke.
7. Block I.
8. Tungsten carbide hydraulic choke *۲۲*
9. Pressure indicator.
10. 2" collar and bull plug.

پیوست (۶) - طرح شماتیک شبکه کاهنده

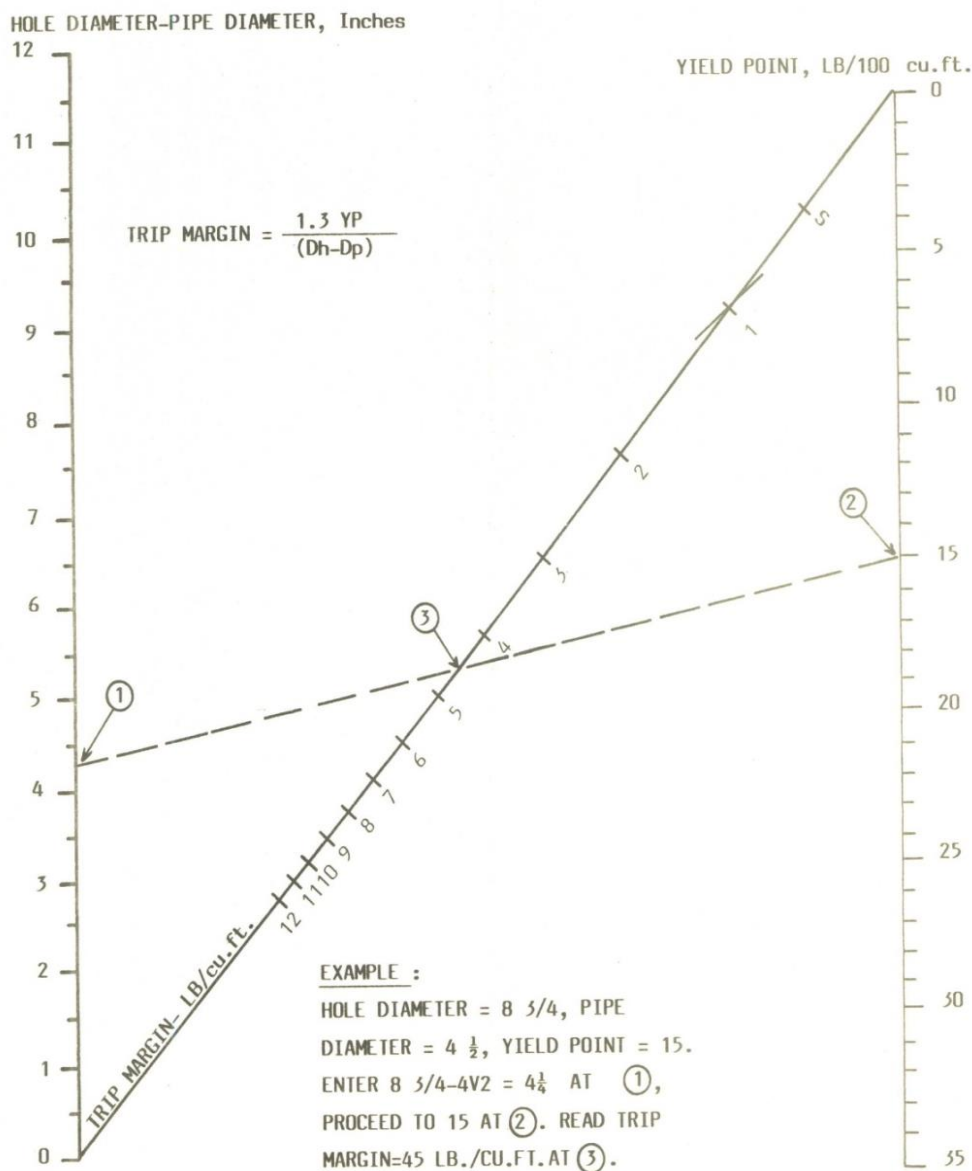


نمایش مسیرهای اتصال فورانگیرها به شبکه کاهنده و مراحل آزمایش فشار آنها

- 1- Run test plug on slotted joint with kelly. Close valve. Close valves 1,2 & 3; all other valves open.
- 2- Close annular preventer. Test to 2500 psi. Close upper pipe rams.
- 3- Open annular preventer. Test to 3000 psi.
- 4- Close valves 4,5,6, & 7. Open valves 1,2 & 3. Test to 3000 psi.
- 5- If wellhead flange is 3000 psi proceed from step 16, if wellhead flange is 5000 ps proceed as follows :
- 6- Close valves 12,13 & 14 Open valves 4,6,7 . Test to 5000 psi.
- 7- Close valves 8 & 9. Remove checks 10 & 11. Test to 5000 psi.
- 8- Close valves 15,16,17,18 & 19. Open valves 5,8,9,12,13 & 14. Test to 5000 psi.
- 9- Close valve 20 & 21 . Open valves 18 & 19 . Test to 5000 psi.
- 10- Close valves 22 & 23 . Open valves 20 & 21. Test to 5000 psi.
- 11- Close valve 24. Open valve 23. Test to 5000 psi.
- 12- Install checks 10 & 11. Close valves 18,19 & 20. Open valves 22 & 24.
- 13- Close lower pipe rams. Open upper pipe rams. Test to 5000 psi.
- 14- Close kelly cock. Open kelly valve. Test to 5000 psi.
- 15- Bleed pressure. Back off and remove slotted joint. Close blind rams. Test to 5000 psi. Remove test plug.
- 16- For 3000 psi. wellhead. Same procedure as above except test annular preventer to 1500 psi and all other tests to 3000 psi.
17. Test fluid will be fresh water.

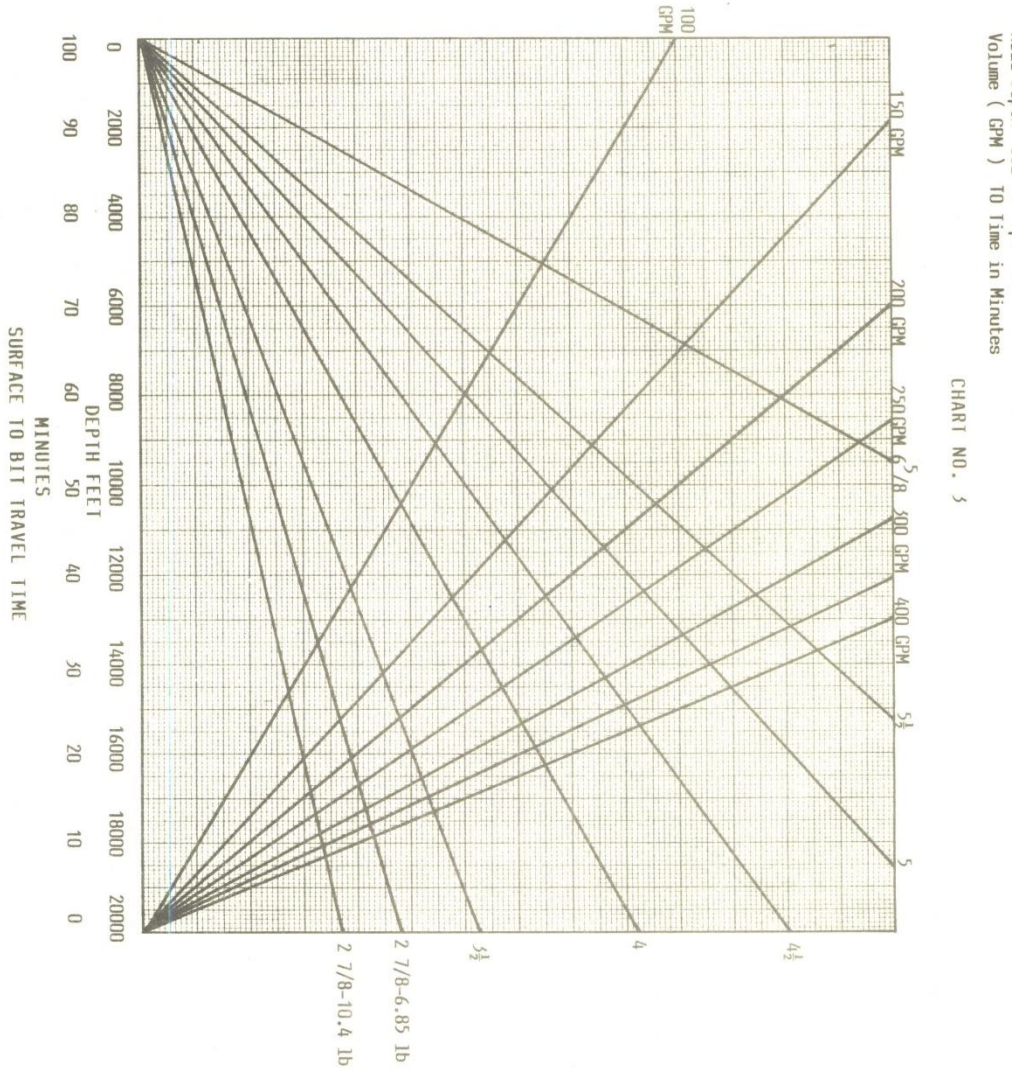
پیوست (۷) - نمایش مسیرهای اتصال فورانگیرها به شبکه کاهنده و مراحل آزمایش فشار آنها

CHART NO. 1
DETERMINATION OF TRIP MARGIN

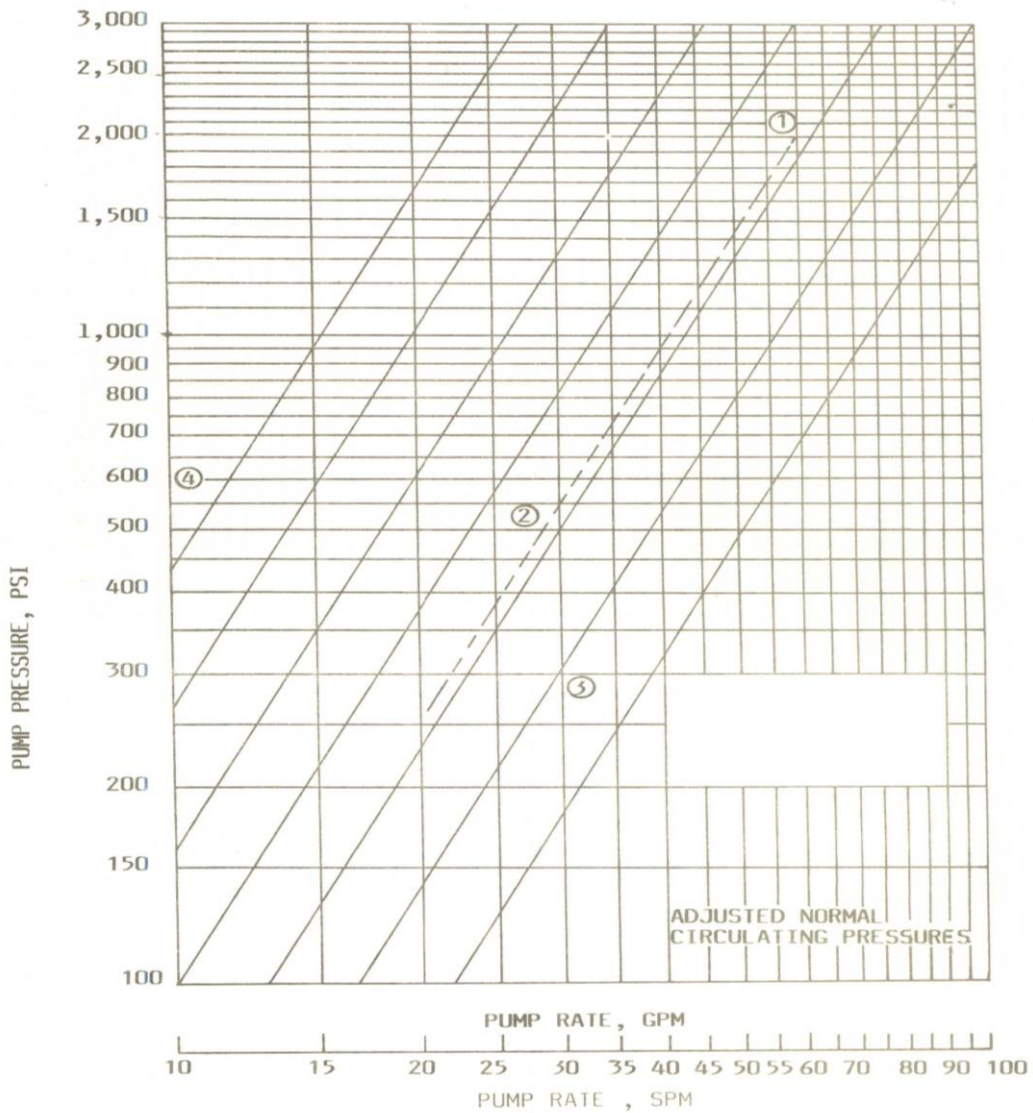


Date : June 1972

پیوست (۸) - نمودار مورد استفاده جهت تعیین وزن گل حفاری



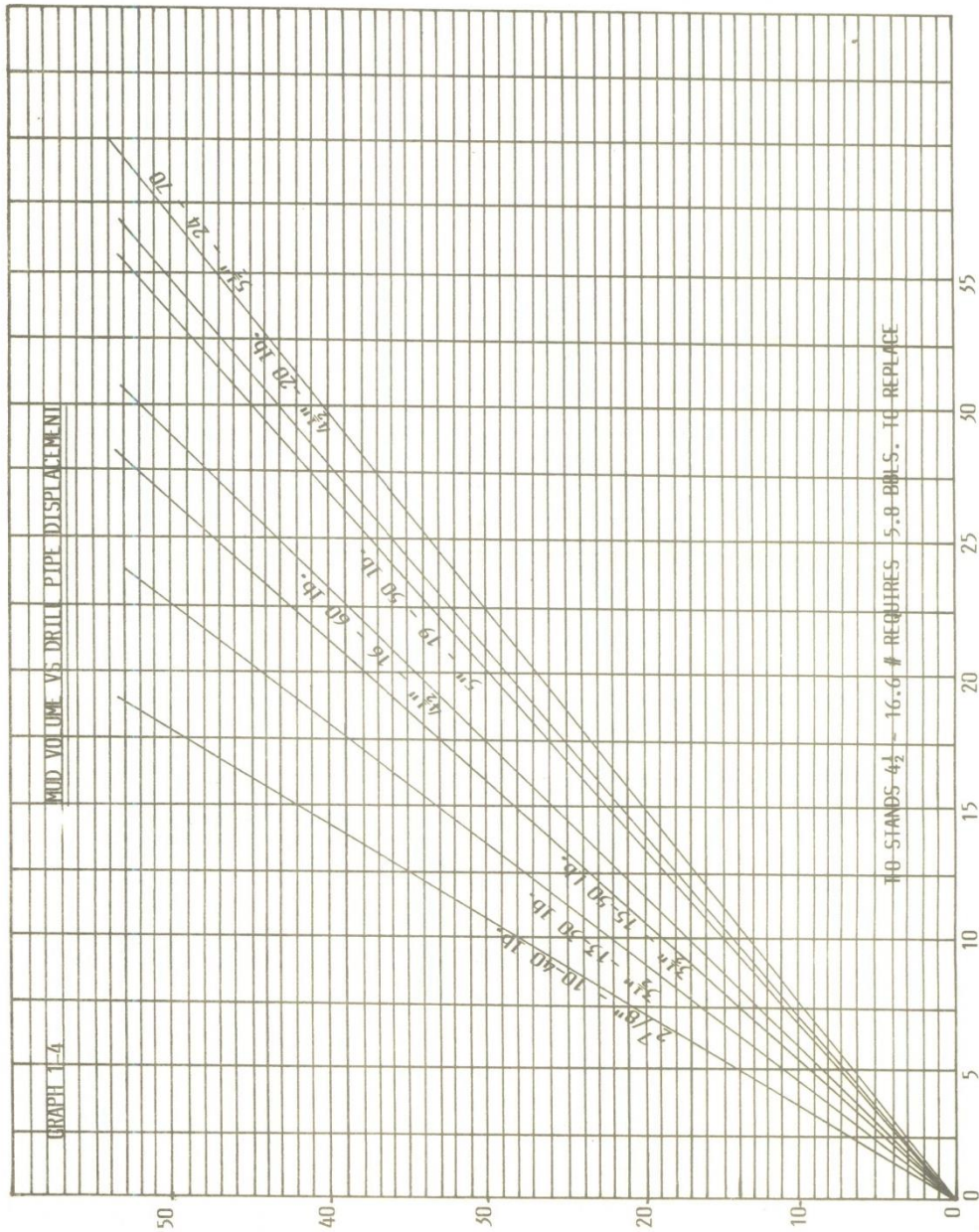
پیوست (۹)



Date : June 1972

پیوست (۱۰)

STANDS OF DRILL PIPE 90°



بیوست (۱۱) - نمودار مقایسه دور پمپ در برابر فشار پمپ

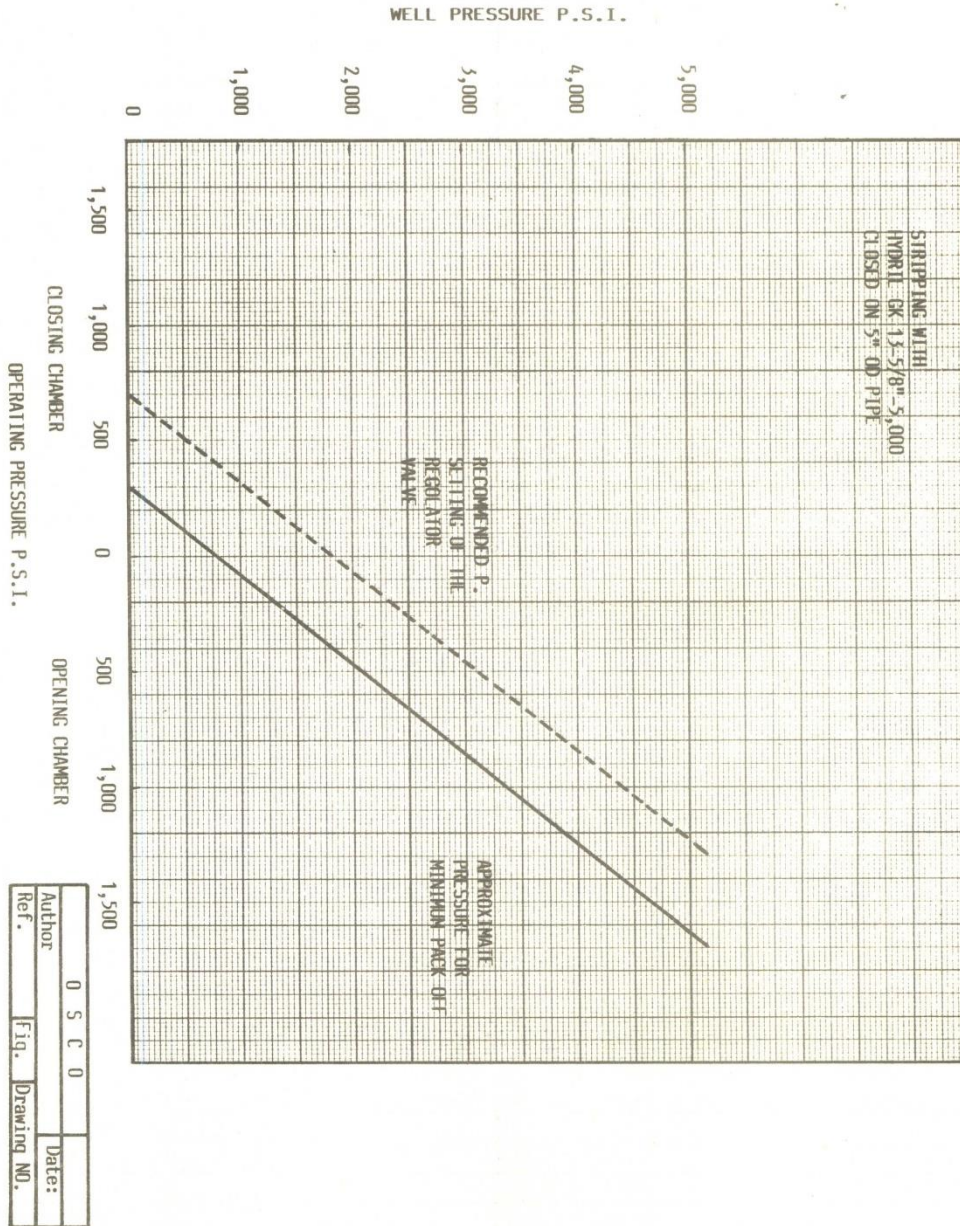
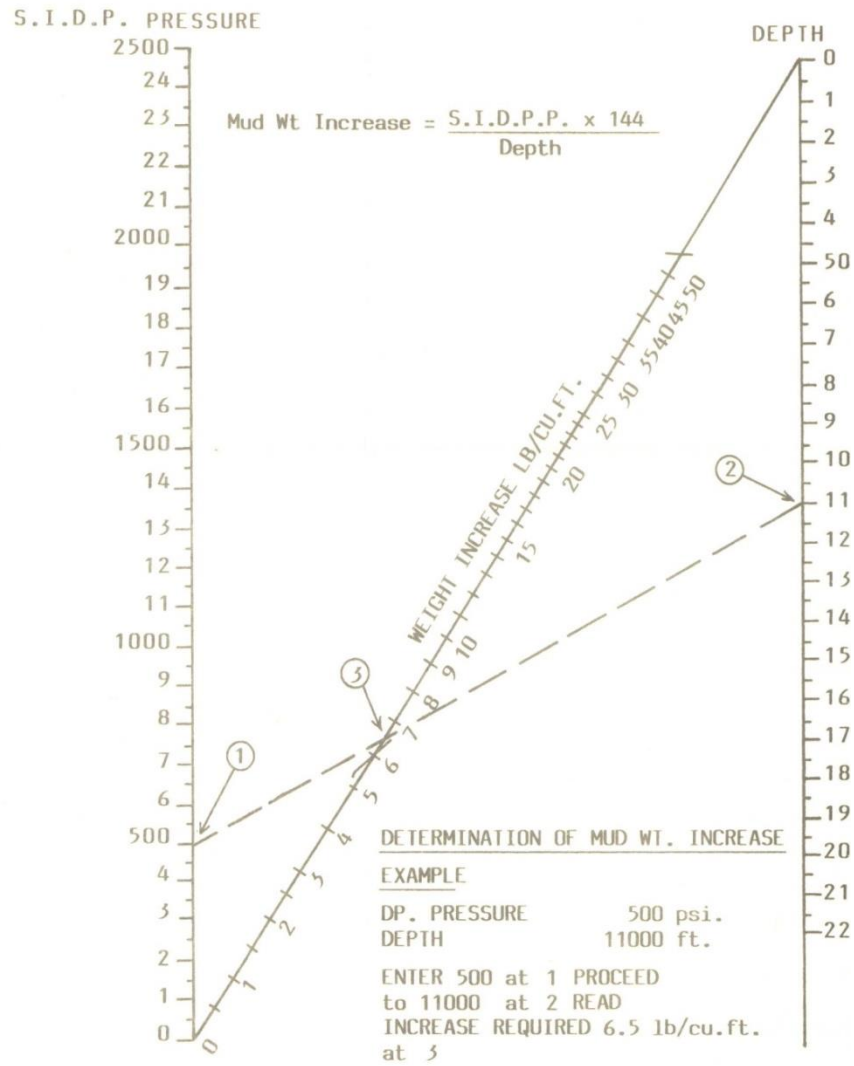
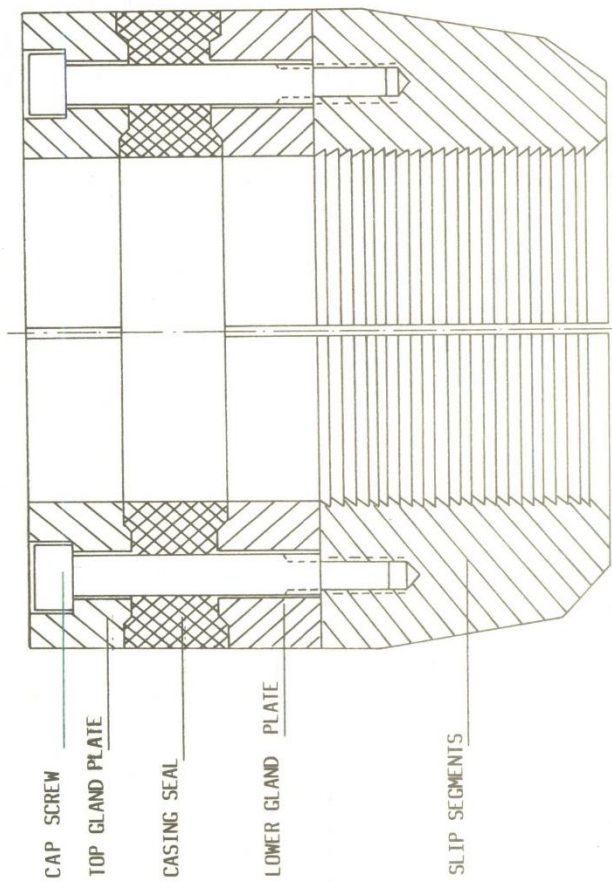


CHART 2
DETERMINATION OF MUD WEIGHT
INCREASE TO BALANCE KICK



Date : June 1972

- ۵۲ -



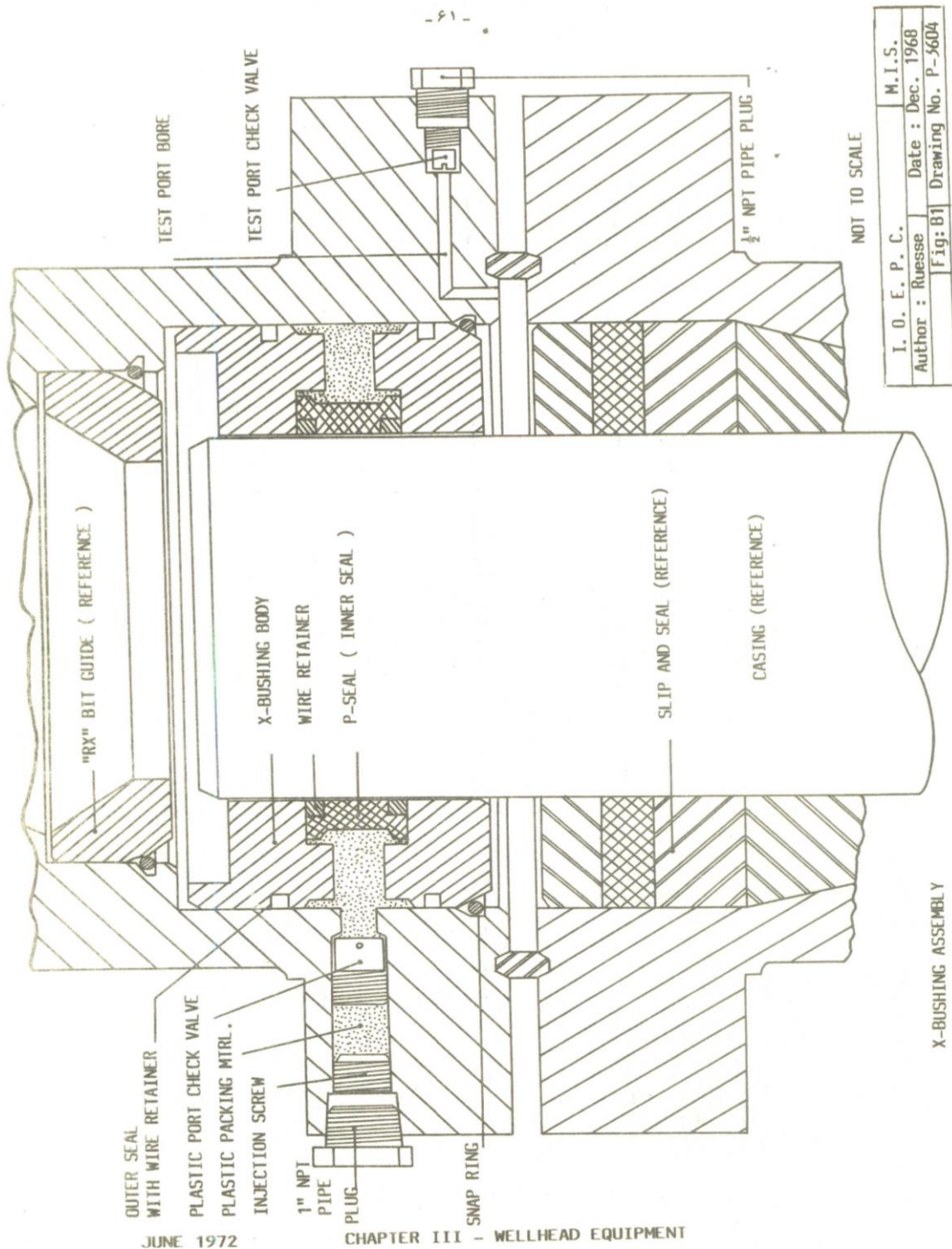
NOTE TO SCALE

I	O	E	P	C	MIS
Author	R. Ruesse	Date	: Dec. 1968		
Ref.		Fig.	A2	Drawing No.	5603

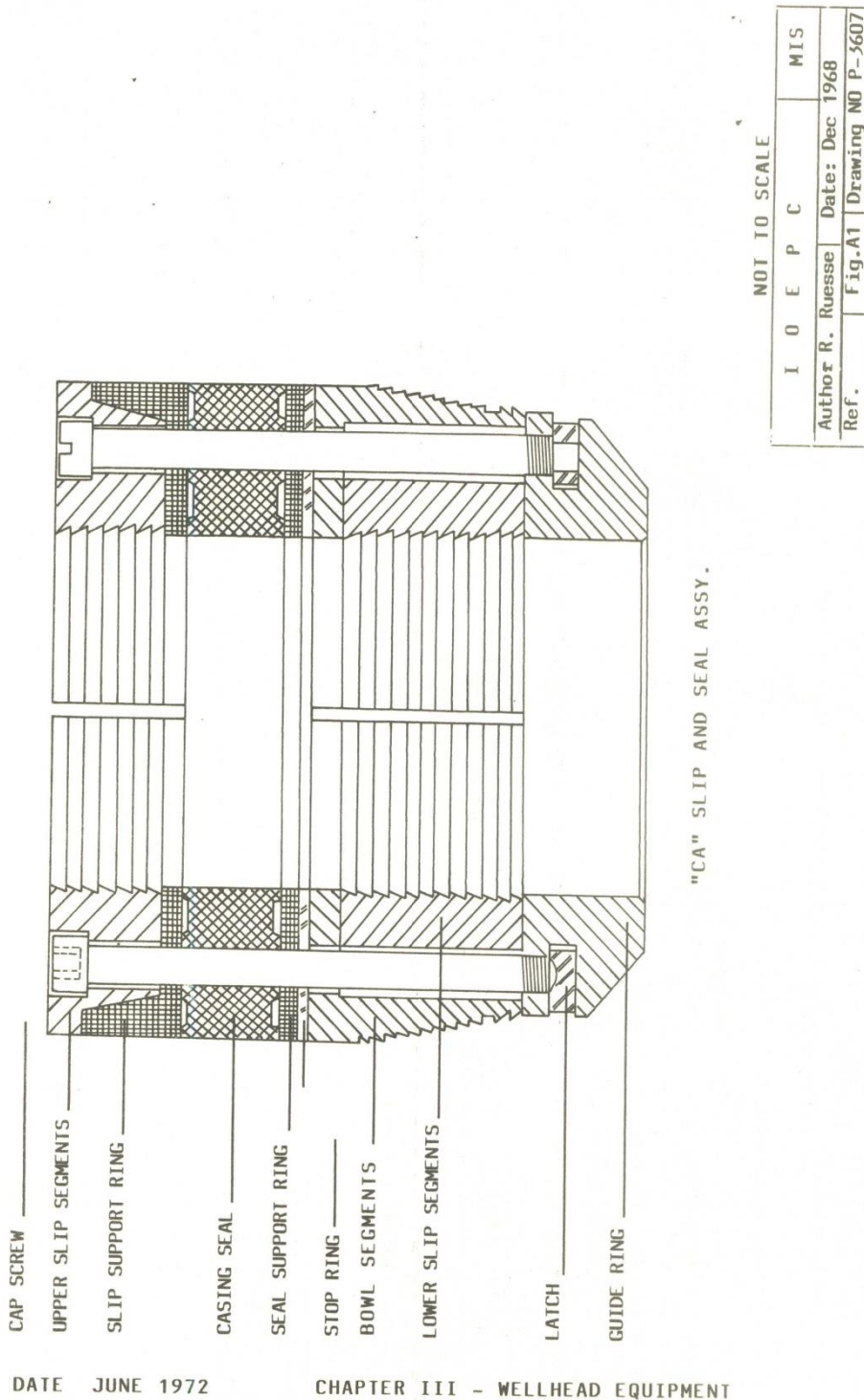
JUNE 1972

CHAPTER III - WELLHEAD EQUIPMENT

پیوست (۱۵) - نمایی از تجهیزات سرچاهی

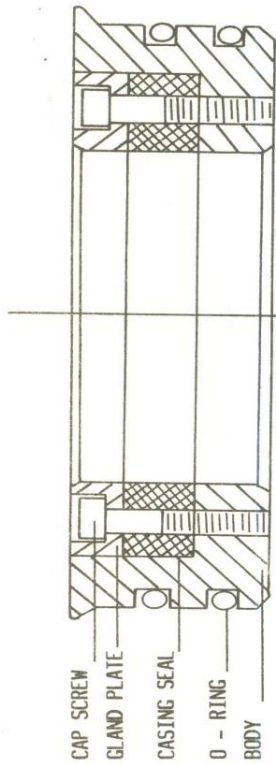


پیوست (۱۶) - نمایی از تجهیزات سرچاهی

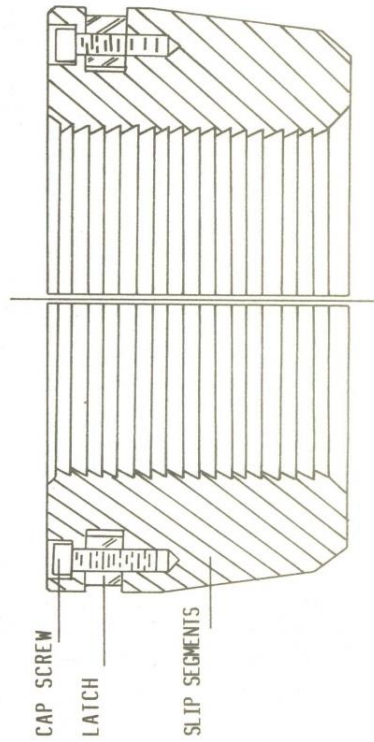


پیوست (۱۷) - نمایی از تجهیزات سرچاهی

- ۵۳ -



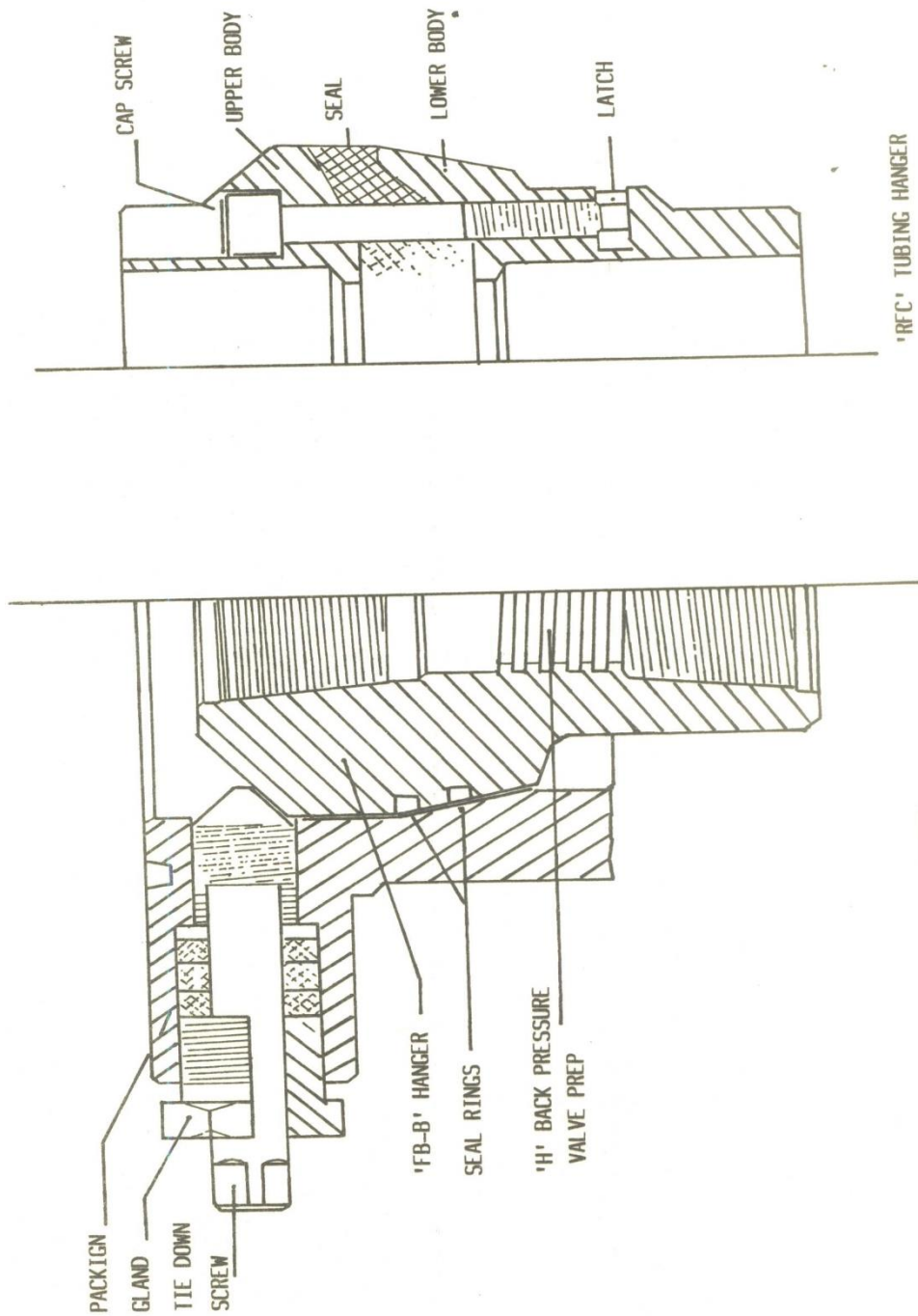
"WC" SEAL



"WC" SLIP

NOT TO SCALE

I O E P C	MIS
Author: R. Ruesse	Date: Dec. 1968
Ref.	Fig A5 Drawing NO P-5606



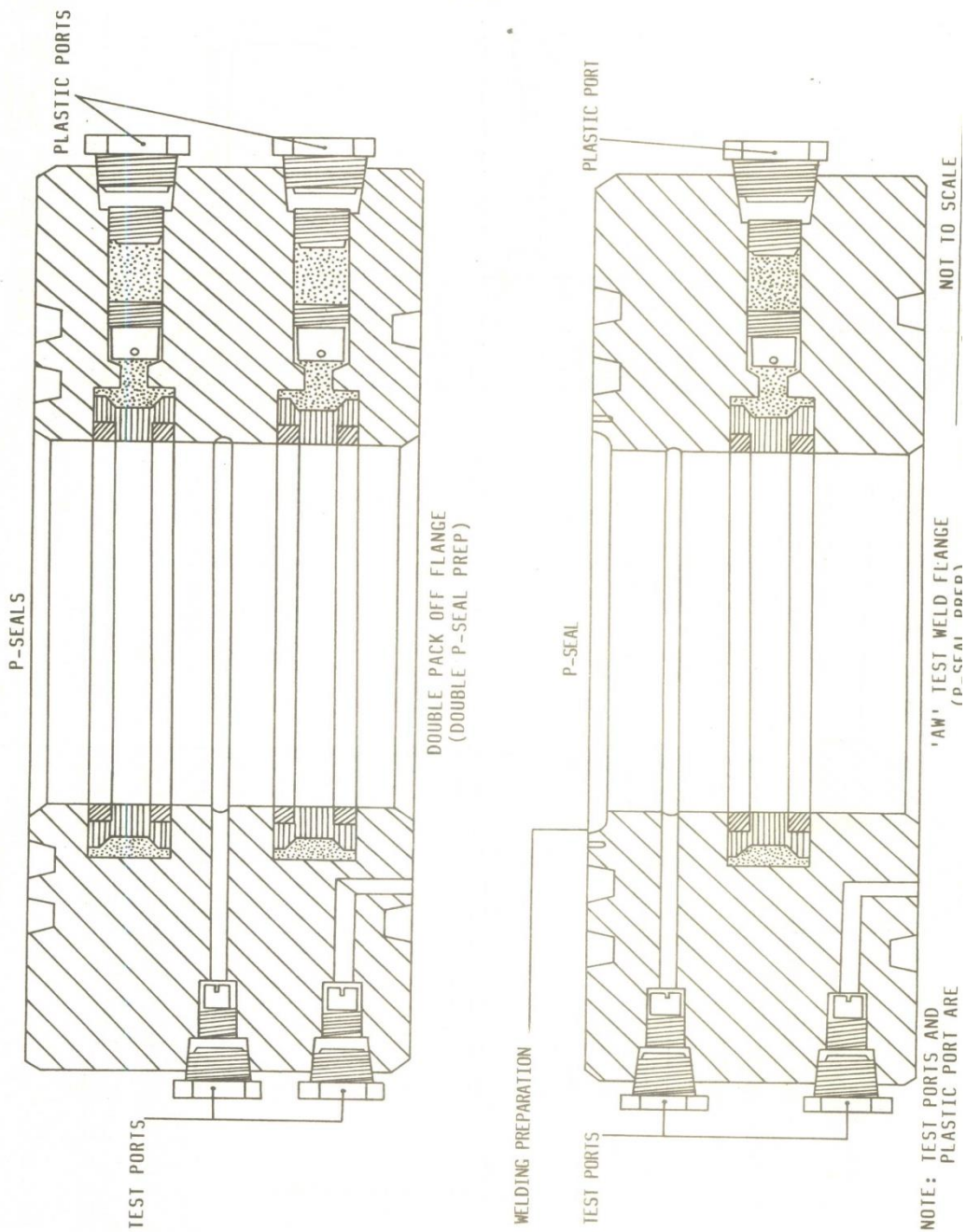
I O E P C	MIS
Author R. Ruesse	Date : Dec. 1968
Ref.	Fig C1 Drawing No. P-5602

NOT TO SCALE

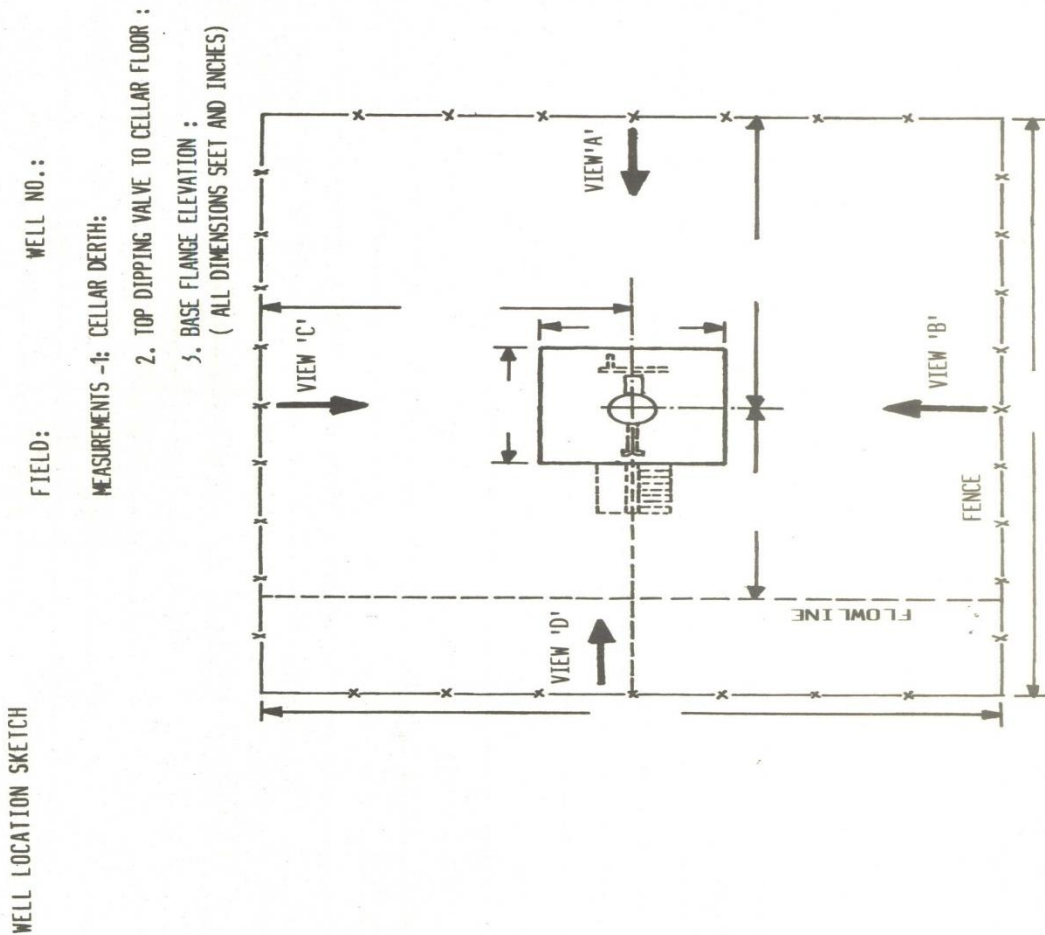
DATE JUNE 1972

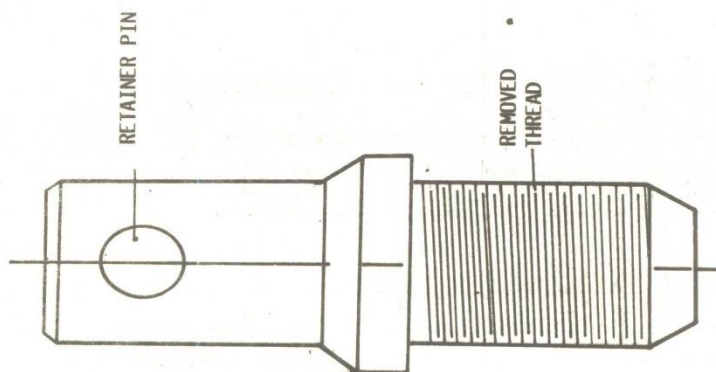
CHAPTER III WELHEAD EQUIPMENT

پیوست (۱۸) - نمایی از تجهیزات سرچاهی

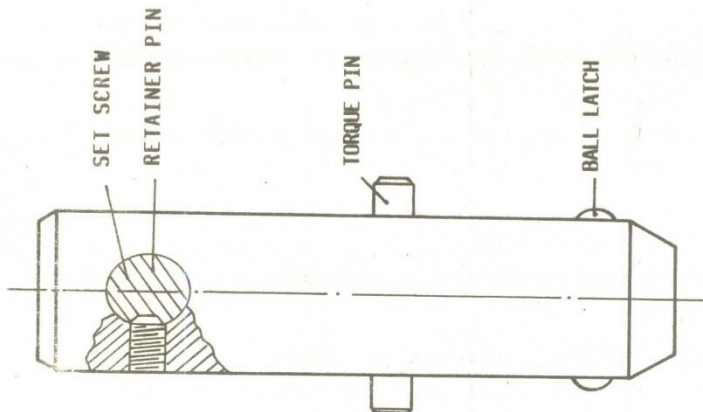


پیوست (۱۹) - نمایی از تجهیزات سرچاهی

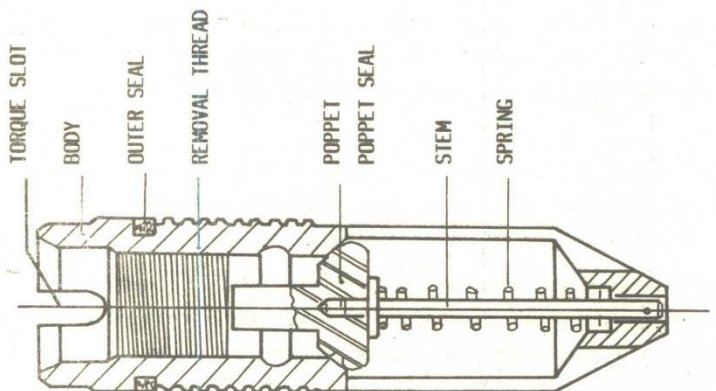




REMOVING TOOL

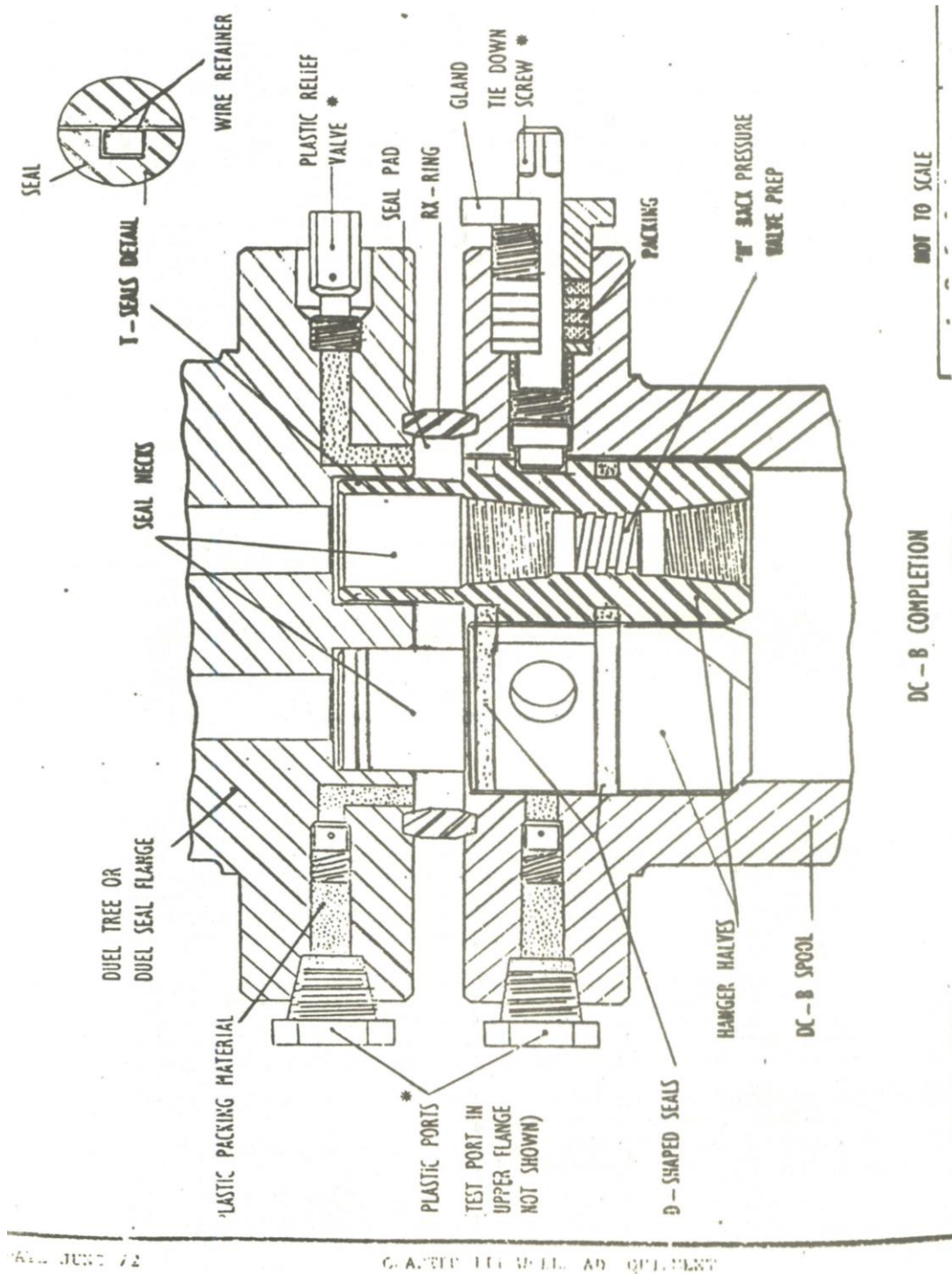


INSERTING TOOL

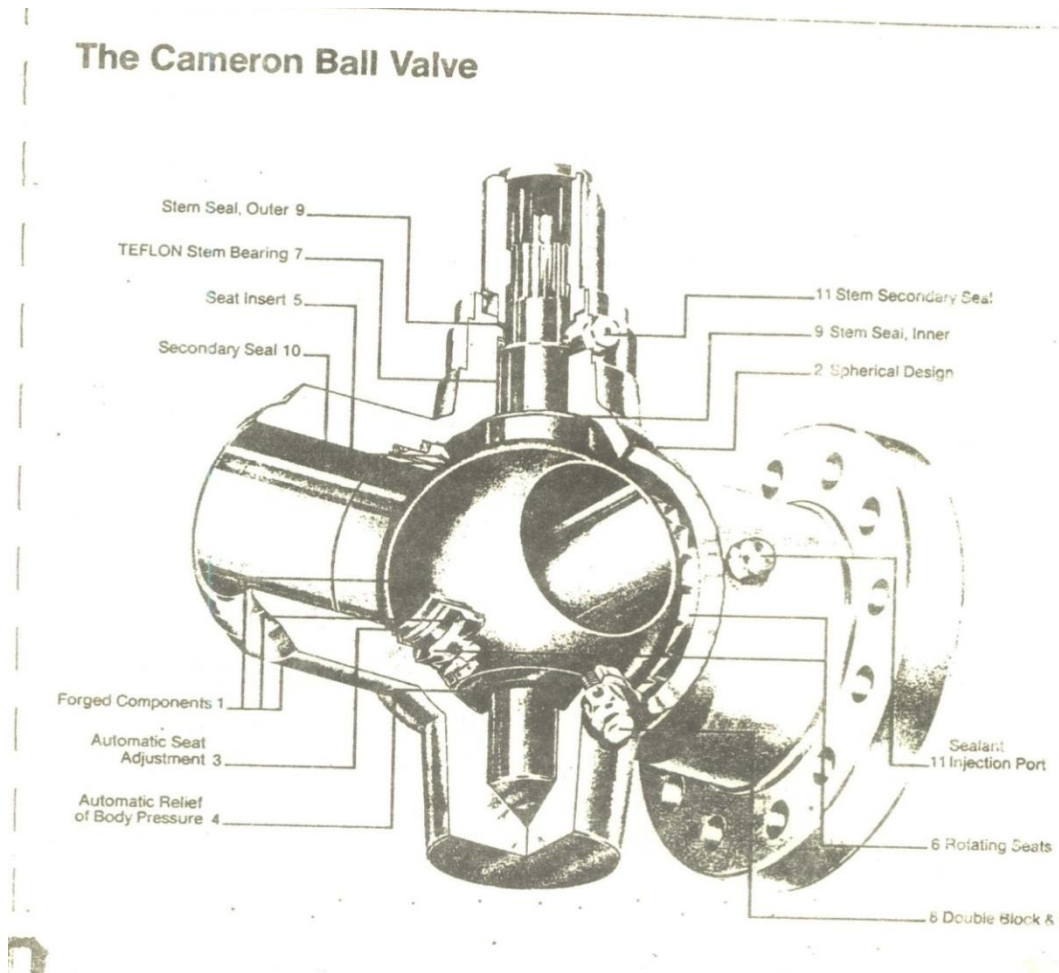


TYPE 'H'
BACK PRESSURE VALVE

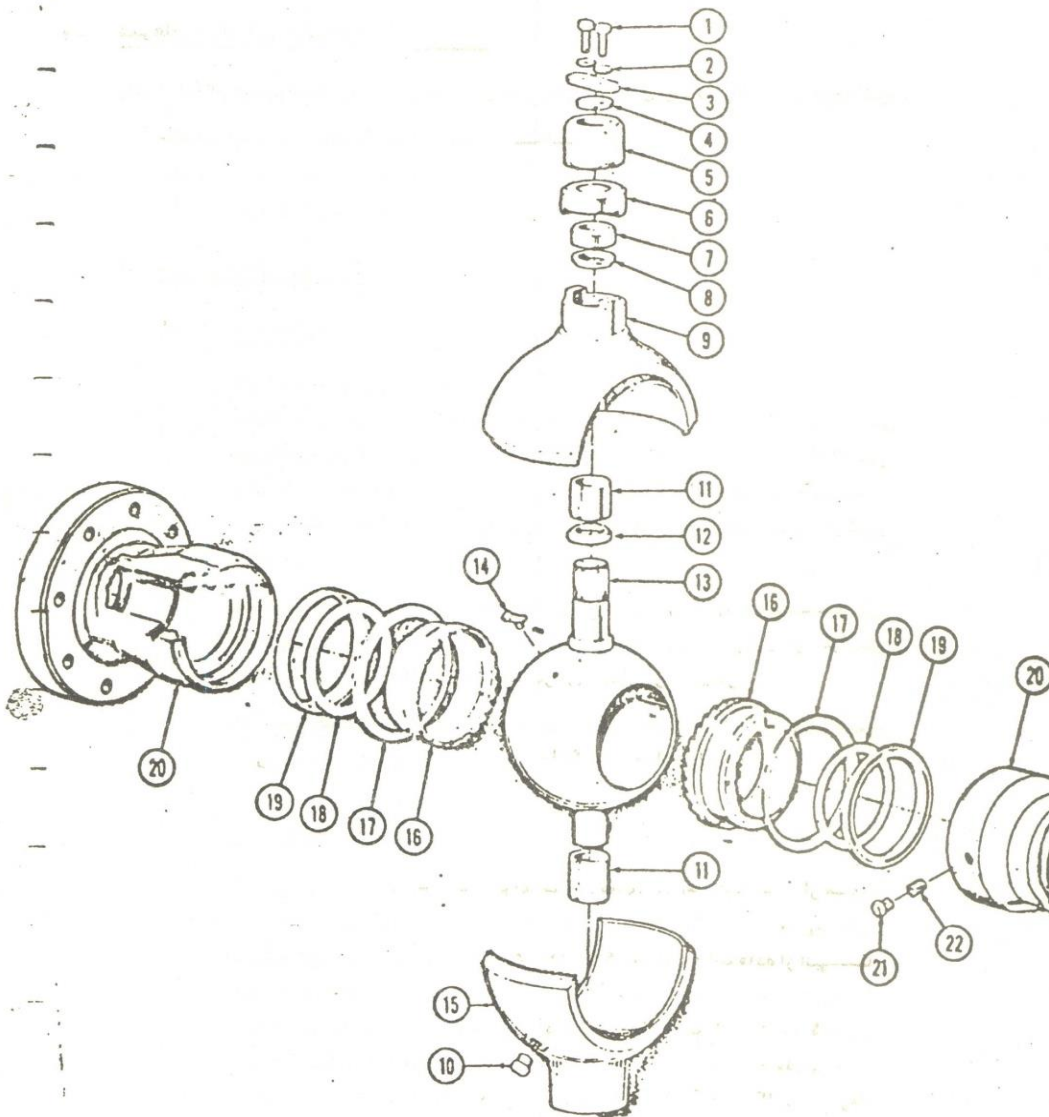
NOT TO SCALE	
I O E P C	MIS
Author R. Ruesee	Date: Dec. 1968
Ref.	Fig D1 Drawing No P5605



پیوست (۲۲) - نمایی از تجهیزات سرچاهی



پیوست (۲۳) - نمایی از شیر تویی کامرون



TYPE B-10 BALL VALVE PARTS LIST

1. Screws, cap	6. Ring, stem stop	11. Bearing	17. Sediment barrier
2. Washers, lock	7. Gland, stem seal	12. Seal, stem, inner	18. Spring, seat loa
3. Indicator	8. Seal, stem, outer	13. Assembly, ball	19. Seal, lip
4. Plate loading	9. Body, upper	14. Dog	20. Connection, end
5. Nut, operating	10. Plug, pipe (Body bleed port)	15. Body, lower	21. Plug, pipe {Se
		16. Ring, seat	22. Check Valve {po

CAMERON TYPE "F" GATE VALVE

The Cameron Type "F" Valve is a double seat, non-rising stem, lubricated, conduit gate valve which meets or exceeds API Standard 6A.

1 Positive Rotating Seats. This feature places Cameron Type "F" Valves far ahead of conventional valves. Sturdy dogs engage gear-like teeth on the outside diameter of the seat rings to rotate the rings a fraction of a turn each time the valve is operated. Rotation of the seats exposes fresh metal to absorb the erosive blast of line fluids during the critical time just as the port in the gate is uncovered on opening, or just as flow is being pinched off on closing. Wear is then distributed over the entire sealing surface of the seats instead of being confined to a small area at the lower end. Seat rotation then extends the life of the Cameron Gate Valve many times that of a conventional valve.

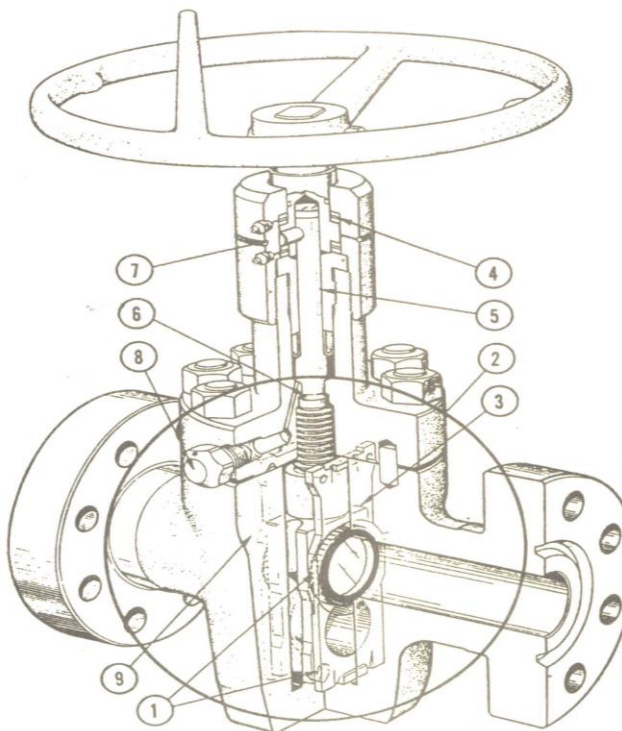
2 Gate and Seat Assembly. The gate, seat, and retainer plate assembly is so designed that it may be quickly and easily replaced without the need for special tools.

3 Solid Gate. The one-piece gate construction employed in the Cameron Gate Valve not only helps prevent line sediment from entering the body cavity but also precludes the possibility of the valve becoming pressure locked when the upstream pressure is bled off.

4 Thrust Bearings. Two high-load-capacity needle thrust bearings absorb the loads of opening or closing the gate and reduce turning effort to a minimum.

5 Threaded Packing Retainer. The stem packing is confined in the stuffing box by a threaded packing retainer. This means the bearing cap can be safely removed with pressure in the valve should it ever become necessary to change bearings or replace a sheared stem to adapter pin.

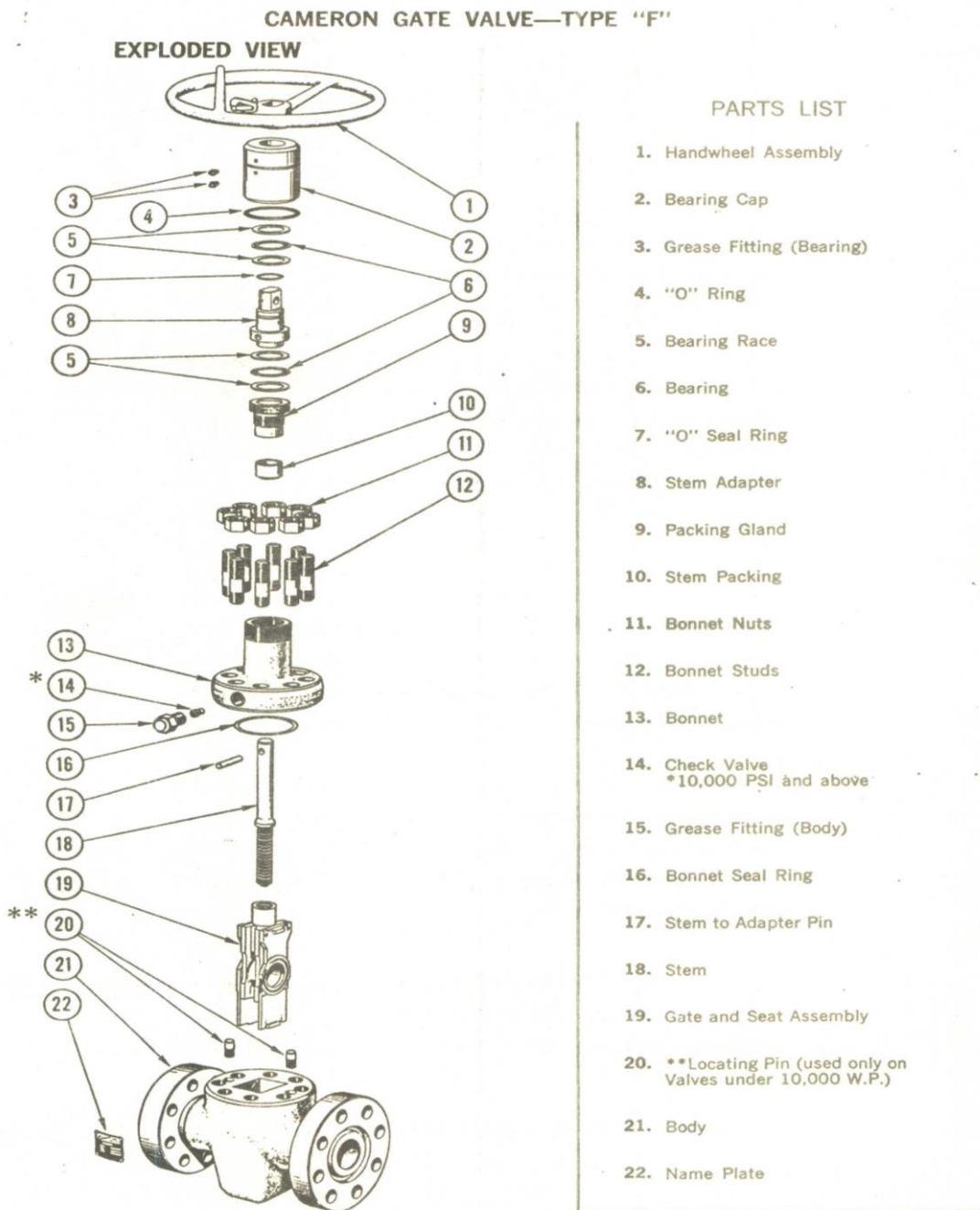
6 Back-Seating. The valve stem is equipped with a shoulder which seats against the bonnet flange to seal off the stuffing box and permit changing stem packing under pressure.

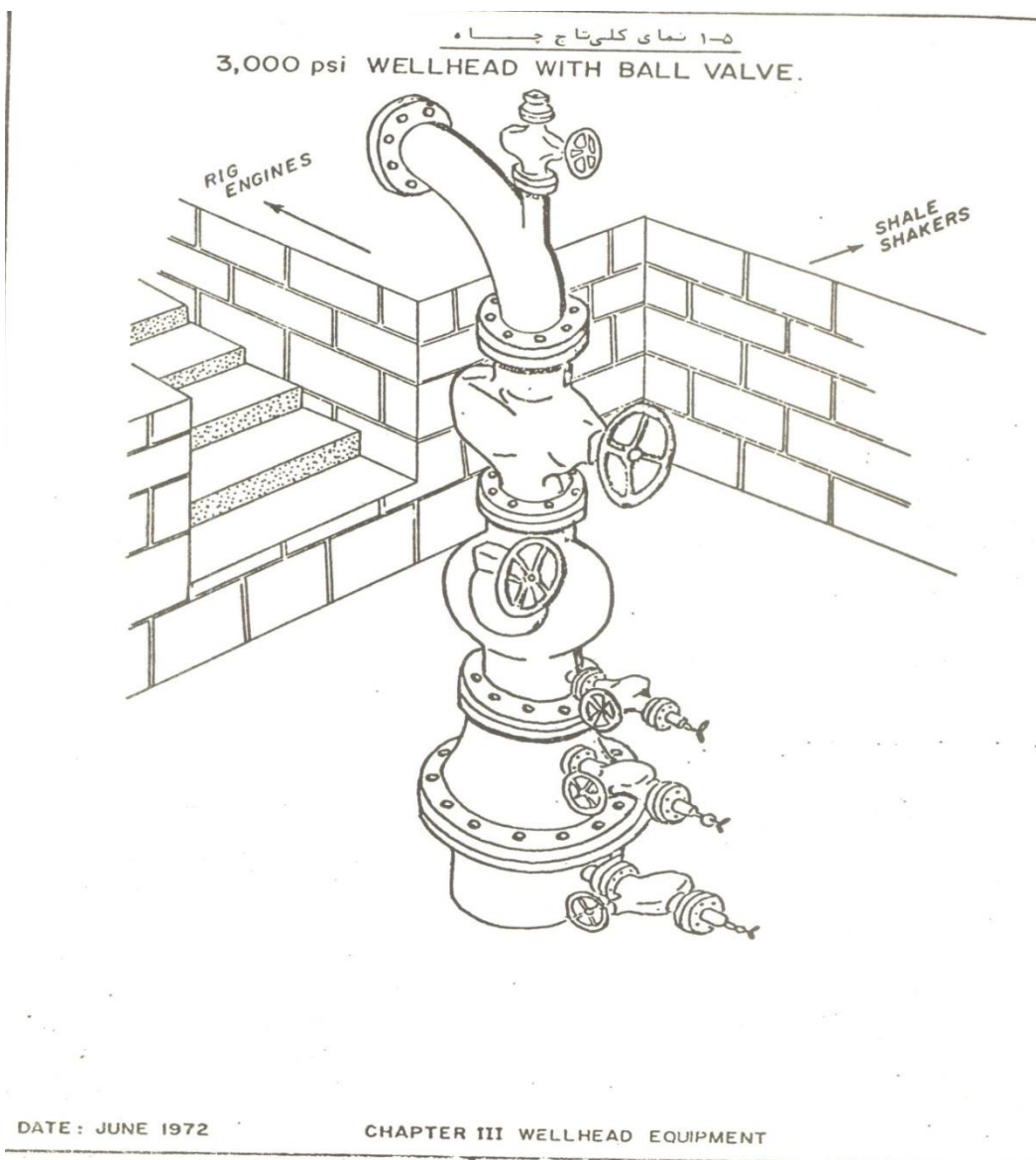


7 Stem Pin. The stem to adapter pin is so sized that a high overload torque is inadvertently applied to handwheel, the pin will shear before the stem or other internal parts fail.

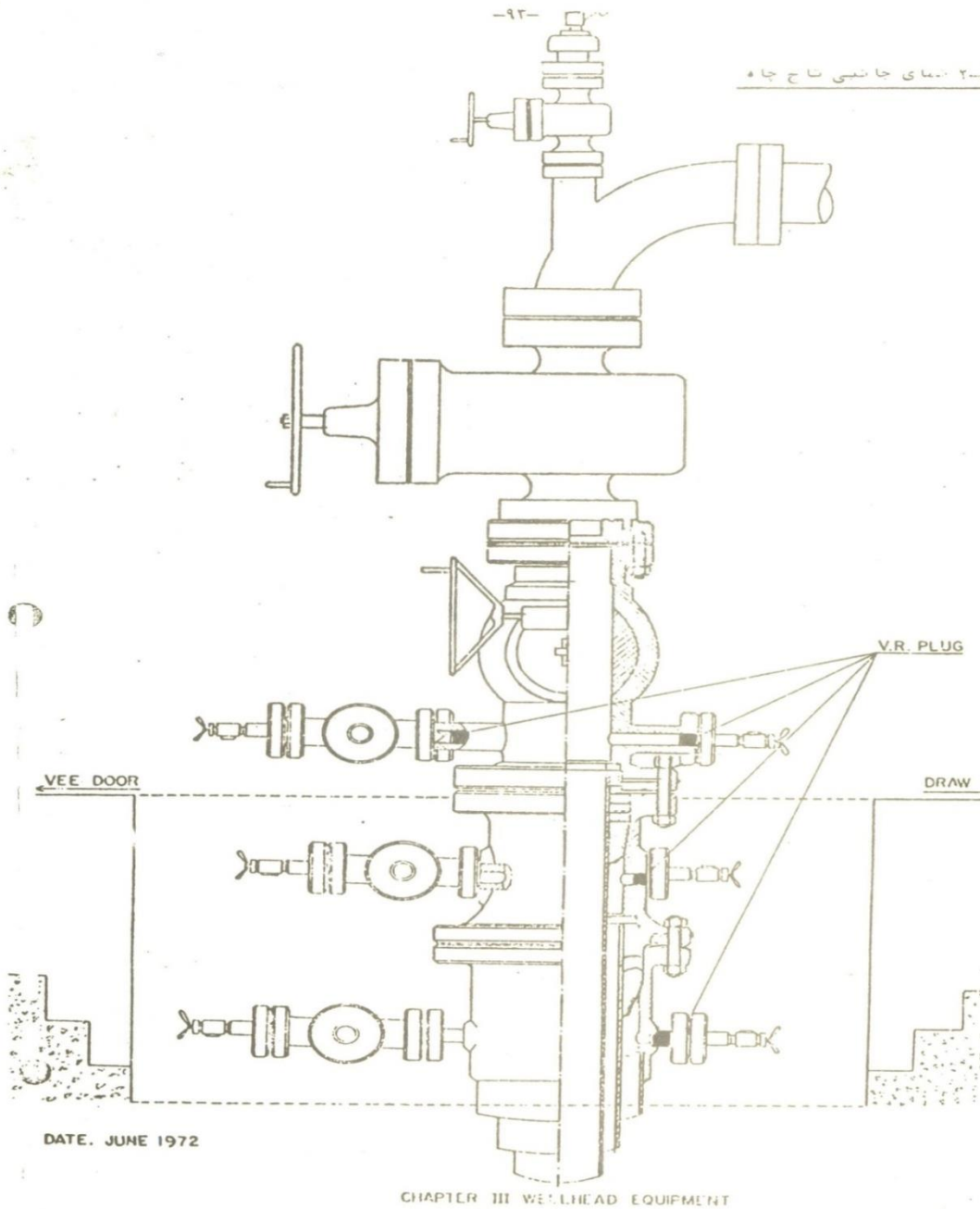
8 Grease Injection Port. The Grease Injection Port in the bonnet flange is equipped with an extreme pressure fitting which has a built-in ball check to confine body pressure while attaching a lubricating gun. On 10,000, 15,000, and 20,000 psi W.P. valves an extra check valve is placed below the grease fitting for additional safety.

9 Body and Trim. The valve body and bonnet are made of carbon steel or stainless steel, as specified. A choice of materials is available for the gate and seat assembly and the stem so the valve can be "custom built" to fit operating conditions. Engineering Bulletin 188, available on request, describes available trim combinations.

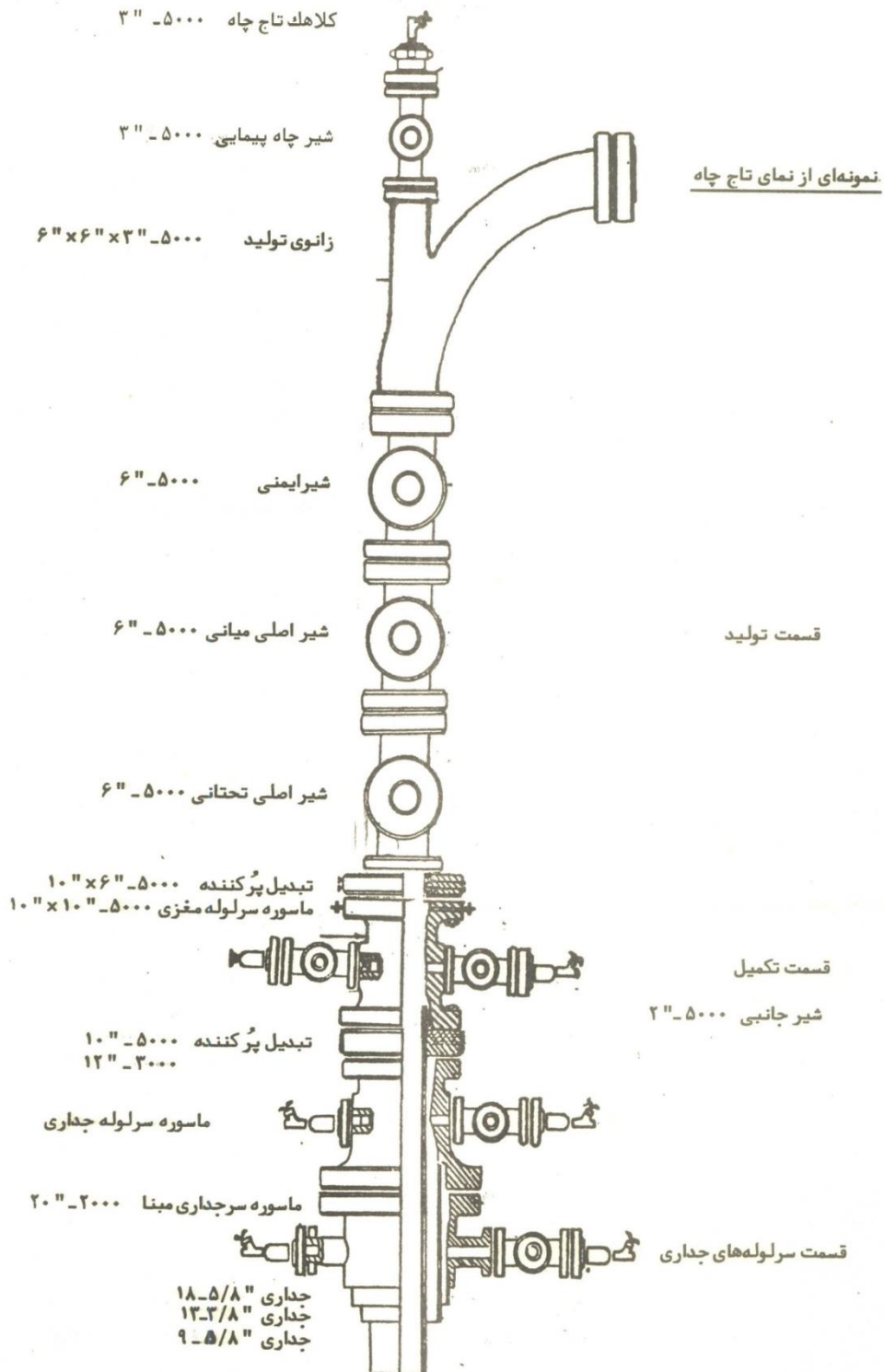




پیوست (۲۷) - نمای کلی تاج چاه

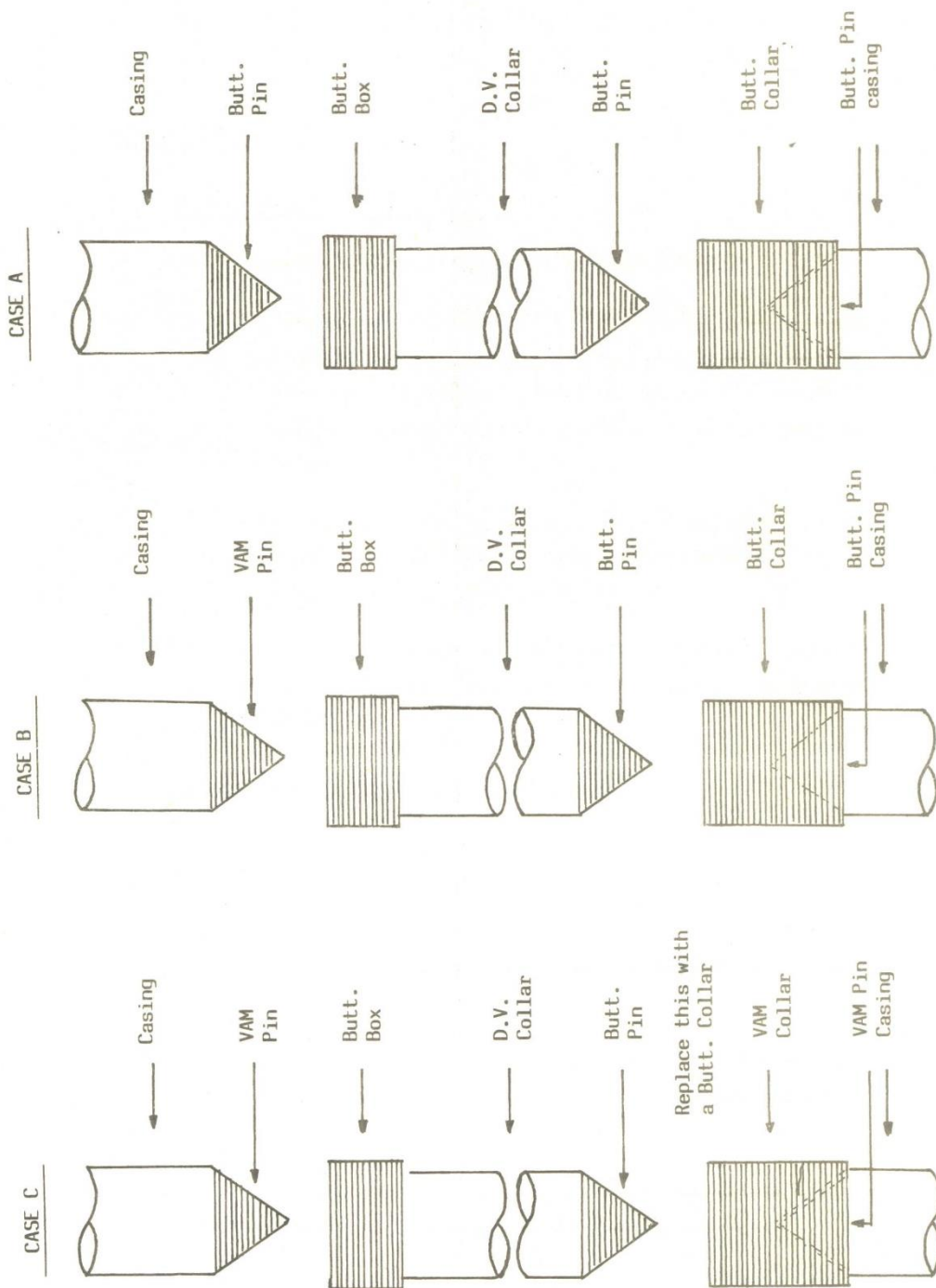


پیوست (۲۸) - نمای جانبی تاج چاه



پیوست (۲۹) - نمونه ای از نمای تاج چاه

TABLE IV-1 DV-COLLAR COUPLINGS



This change of coupling must be preplanned and done in the Tuboscope yard prior to the casing dispatch to the rig and a band of paint could be used for identification at the rig site.

DATE : JUNE 72

CHAPTER IV CASING

NOTE : IP = IMPROVED PLOW STEEL LINE
EIPS = EXTRA IMPROVED PLOW STEEL LINE

۲-۲ بالابرها (۱۲-۳/۸" ، ۹-۵/۸" و ۷")

نوع بالابر	وزن لوله ها (پاوند)
SIDE DOOR COLLAR TYPE	۲۰۰،۰۰۰ - صفر
NOTE : AFTER 200,000 LBS. CHANGE TO SLIP TYPE ELEVATOR. SLIP TYPE	حداکثر - ۲۰۰،۰۰۰

۳- مقدار کشش مجاز برای لوله جداري آزاد و لوله جداري گیر کرده در چاه

۱-۳ ضریب اطمینان لوله جداري آزاد :

$$\text{ضریب اطمینان} = \frac{\text{قدرت تحمل محل اتصال لوله ها}}{\text{وزن لوله ها در هوا} \times \text{ضریب شناوری گسل}}$$

۲-۳ ضریب اطمینان لوله گیر کرده در چاه :

$$\text{ضریب اطمینان} = \frac{\text{قدرت تحمل محل اتصال لوله ها}}{\text{وزن لوله ها در هوا}}$$

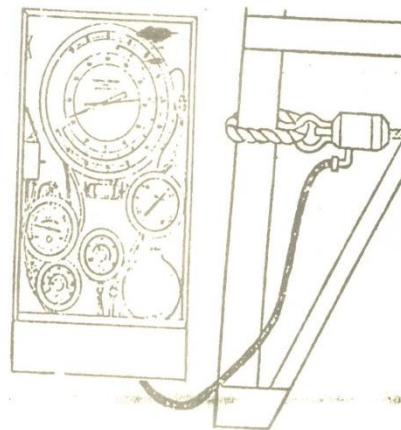
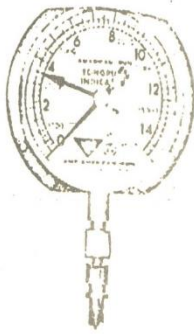
۳-۳ ضریب اطمینان لوله گیر کرده با اضافه کشش :

$$\text{ضریب اطمینان} = \frac{\text{قدرت تحمل محل اتصال}}{\text{وزن لوله ها در هوا} + \text{مقدار اضافه کشش}}$$

پیوست (۳۱)

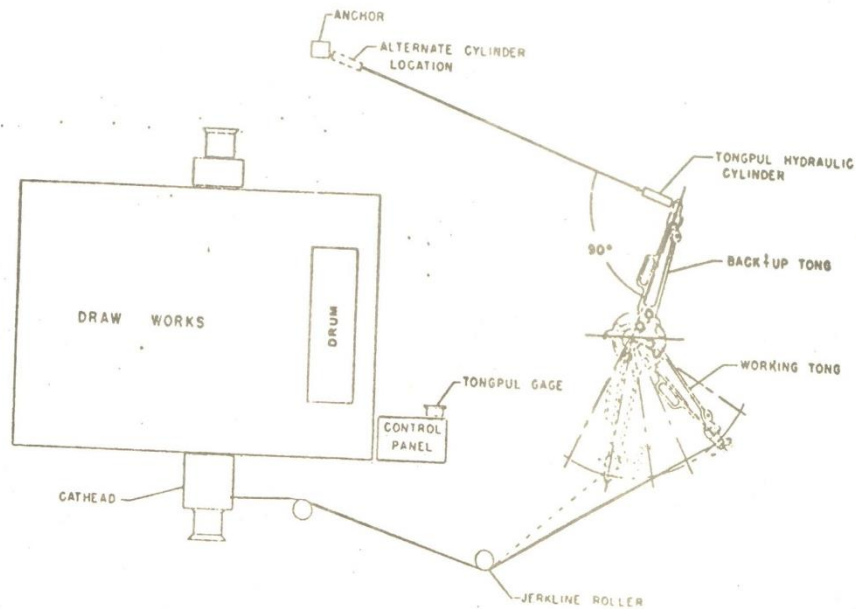
(ک) TONG TORQUE INDICATOR

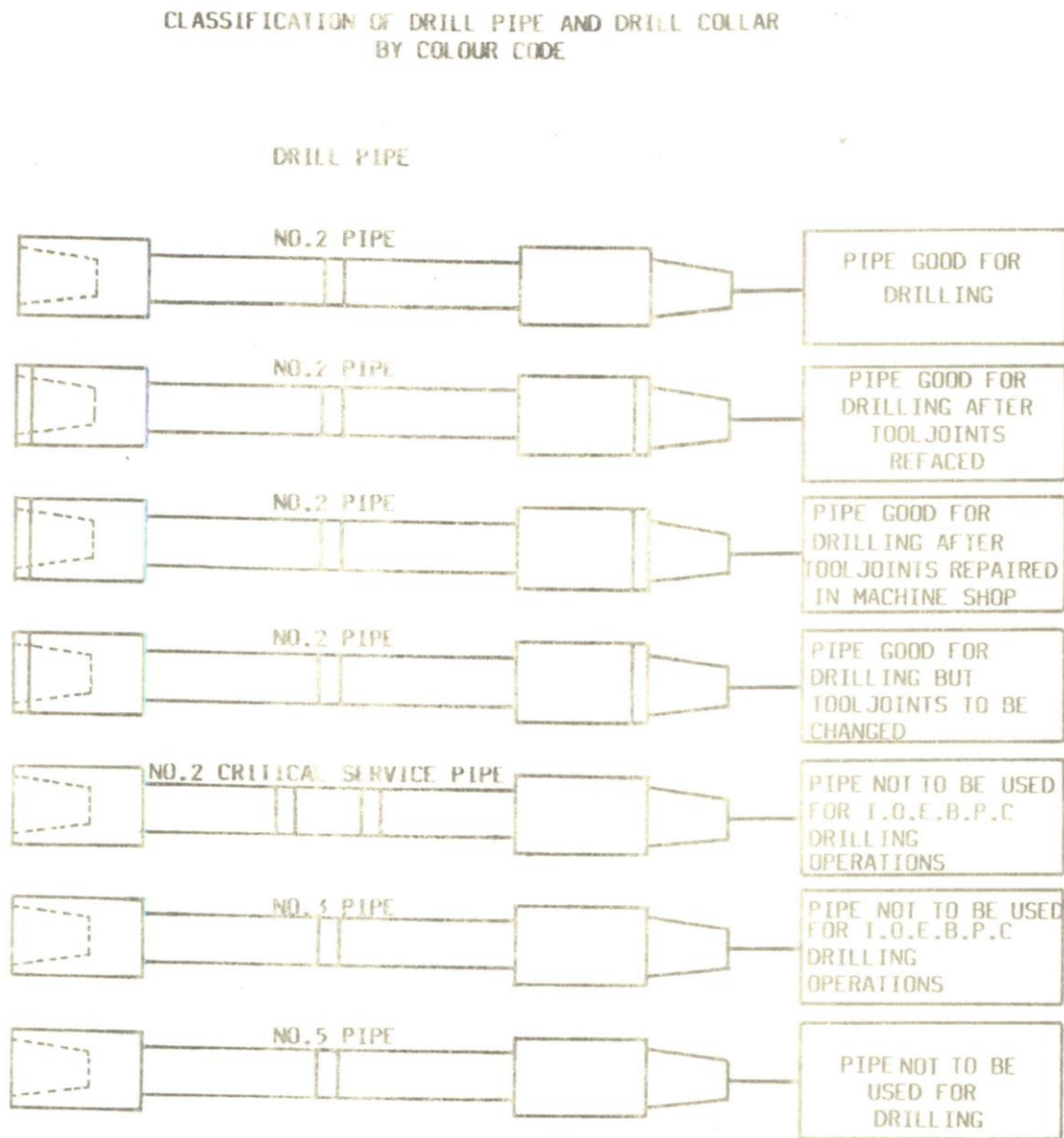
Catheads can develop a tremendous line pull and must do so when tonging up casing or drill collar connections. Since the amount of torque to be used is a critical matter, tong torque gauges of some sort are almost indispensable. The pull load element may be attached directly to the tong handle or elsewhere in the dead line or snub line but more importantly, it must be in line of pull at 90° with tong handle to assure accuracy of indicator readings.



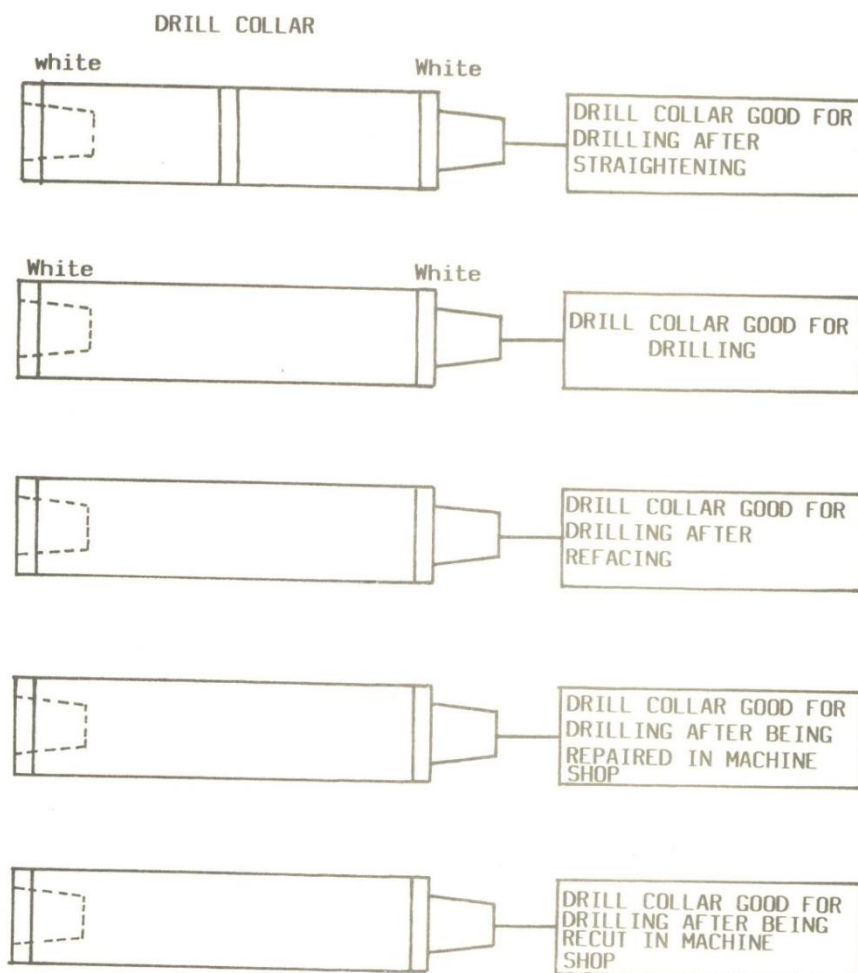
Three principal types of tong torque indicators.

Illustrations courtesy of Martin-Decker, Foster Cathrod and American Iron



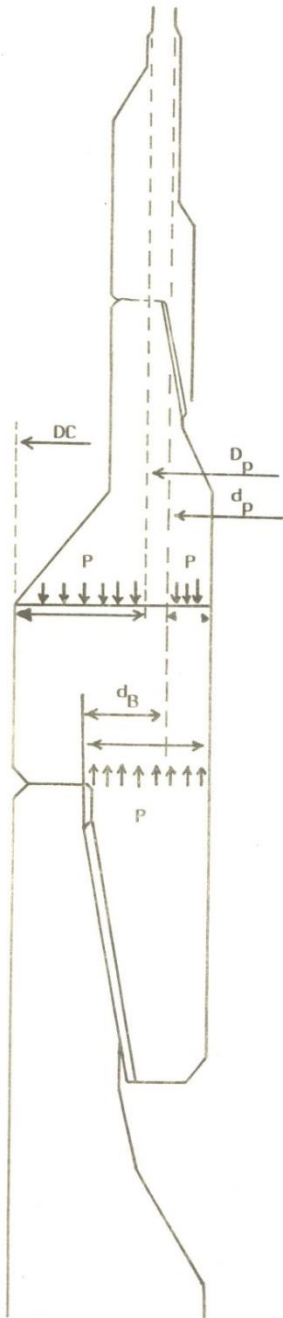


CLASSIFICATION OF DRILL PIPE AND DRILL COLLAR
BY COLOUR CODE



NOTE : THE COLOUR CODE FOR ALL SUBS WILL REMAIN THE SAME AS THE COLOUR CODE FOR DRILL COLLARS

DATE : June/72 CHAPTER VIII TORQUE AND TECHNICAL DATA



$D = \text{O.D OF DRILL COLLARS (AREA)}$
 $D_c = \text{O.D OF DRILL PIPE (AREA)}$
 $d_p = \text{I.D OF DRILL PIPE (AREA)}$
 $d_B = \text{I.D OF DRILL COLLAR BOX (AREA)}$
 $P = \text{MUD PRESSURE AT THIS DEPTH}$

SHOOTING WEIGHT

$= \text{AIR WEIGHT OF STRING}$
 ABOVE B.O POINT,
 $+ (P) \times \text{AREA OF } [(D_c - D_p) - (d_B - d_p)]$

NOTE :

Unbalanced areas can be found in table
 1 x -1. Dimensions can be found in book
 " WHAT KEEPS YOUR STRING TOGETHER .

" نمای محل اتصال لوله ها "

جدول پیوست (۲) - مشخصات وسایل تاج چاه

شماره چاه:

میدان:

ردیف	نام وسیله	نوع / مدل	کارخانه سازنده	اندازه و فشار مجاز	شماره سری
	کلاهک تاج چاه				
	با شیر سوزنی <input type="checkbox"/> با درپوش <input type="checkbox"/>				
	سایر وسایل				
	فلنج تبدیل				
	شیر چاه پیمایی				
	فلنج تبدیل				
	زانوی تولید				
	فلنج تبدیل				
	سه راهه <input type="checkbox"/> چهار راهه <input type="checkbox"/>				
	پیچ دار <input type="checkbox"/> ساده <input type="checkbox"/> پیچ شونده <input type="checkbox"/>				
	شیر سمت چپ				
	با فلنج پیوندی <input type="checkbox"/> با فلنج کور <input type="checkbox"/>				
	با درپوش <input type="checkbox"/> با خط لوله <input type="checkbox"/>				
	سایر وسایل				
	شیر سمت راست				
	با فلنج پیوندی <input type="checkbox"/> با فلنج کور <input type="checkbox"/>				
	با درپوش <input type="checkbox"/> با خط لوله <input type="checkbox"/>				
	سایر وسایل				
	فلنج تبدیل				

"مشخصات وسایل تاج چاه"

میدان:

شماره چاه:

ردیف	نام وسیله	نوع / مدل	کارخانه سازنده	اندازه و فشار مجاز	شماره سری
	شیر اصلی بالایی				
	ملاحظات				
	ایمنی <input type="checkbox"/> عمل کننده از راه دور <input type="checkbox"/>				
	شیر اصلی پایینی				
	ملاحظات				
	ایمنی <input type="checkbox"/> عمل کننده از راه دور <input type="checkbox"/>				
	فلنج تبدیل				
	شیر حفاری				
	با محل آکند نوع ایکس <input type="checkbox"/>				
	با محل آکند مواد پلاستیکی <input type="checkbox"/>				
	با خروجیهای جانبی پیچ دار <input type="checkbox"/>				
	ساده <input type="checkbox"/>				
	شیر جانبی سمت چپ				
	با فلنج پیوندی <input type="checkbox"/> با فلنج کور <input type="checkbox"/>				
	با درپوش <input type="checkbox"/> با شیر سوزنی <input type="checkbox"/>				
	سایر وسایل				
	شیر جانبی سمت راست				
	با فلنج پیوندی <input type="checkbox"/> با فلنج کور <input type="checkbox"/>				
	با درپوش <input type="checkbox"/> با شیر سوزنی <input type="checkbox"/>				
	سایر وسایل				
	فلنج تبدیل				
	تبدیل پرکننده <input type="checkbox"/> فلنج ساده <input type="checkbox"/>				
	پرکننده <input type="checkbox"/>				

"مشخصات وسایل تاج چاه"

شماره چاه:

میدان:

ردیف	نام وسیله	نوع / مدل	کارخانه سازنده	اندازه و فشار مجاز	شماره سری
	ماسوره سر لوله جداري <input type="checkbox"/> ماسوره سر لوله مغزی <input type="checkbox"/>				
	با محل آکند نوع ایکس <input type="checkbox"/> با پی - سیل <input type="checkbox"/>				
	با خروجیهای جانبی پیچ دار				
	شیر جانبی سمت چپ				
	با فلنج پیوندی <input type="checkbox"/> با فلنج کور <input type="checkbox"/>				
	با درپوش <input type="checkbox"/> با شیر سوزنی <input type="checkbox"/>				
	سایر وسایل				
	شیر جانبی سمت راست				
	با فلنج پیوندی <input type="checkbox"/> با فلنج کور <input type="checkbox"/>				
	با درپوش <input type="checkbox"/> با شیر سوزنی <input type="checkbox"/>				
	سایر وسایل				
	فلنج				
	تبدیل پرکننده <input type="checkbox"/> ساده <input type="checkbox"/> پرکننده <input type="checkbox"/>				

"مشخصات وسایل تاج چاه"

شماره چاه:

میدان:

ردیف	نام وسیله	نوع / مدل	کارخانه سازنده	اندازه و فشار مجاز	شماره سری
	شیر اصلی بالایی				
	ملاحظات				
	ایمنی <input type="checkbox"/> عمل کننده از راه دور <input type="checkbox"/>				
	شیر اصلی پایینی				
	ملاحظات				
	ایمنی <input type="checkbox"/> عمل کننده از راه دور <input type="checkbox"/>				
	فلنج تبدیل				
	شیر حفاری				
	با محل آکند نوع ایکس <input type="checkbox"/>				
	با محل آکند مواد پلاستیکی <input type="checkbox"/>				
	با خروجیهای جانبی پیچ دار <input type="checkbox"/>				
	ساده <input type="checkbox"/>				
	شیر جانبی سمت چپ				
	با فلنج پیوندی <input type="checkbox"/> با فلنج کور <input type="checkbox"/>				
	با درپوش <input type="checkbox"/> با شیر سوزنی <input type="checkbox"/>				
	سایر وسایل				
	شیر جانبی سمت راست				
	با فلنج پیوندی <input type="checkbox"/> با فلنج کور <input type="checkbox"/>				
	با در پوش <input type="checkbox"/> با شیر سوزنی <input type="checkbox"/>				
	سایر وسایل				
	فلنج تبدیل				
	تبدیل پرکننده <input type="checkbox"/> فلنج ساده <input type="checkbox"/>				
	پرکننده <input type="checkbox"/>				

"مشخصات وسایل تاج چاه"

شماره چاه:

میدان:

ردیف	نام وسیله	نوع / مدل	کارخانه سازنده	اندازه و فشار مجاز	شماره سری
	ماسوره سر لوله جداری				
	با محل آکند نوع ایکس <input type="checkbox"/> با پی - سیل <input type="checkbox"/>				
	با خروجیهای جانبی				
	<input type="checkbox"/> Open Face <input type="checkbox"/> پیچ دار <input type="checkbox"/> پیچ شونده <input type="checkbox"/>				
	شیر جانبی سمت چپ				
	با فلنج پیوندی <input type="checkbox"/> با فلنج کور <input type="checkbox"/>				
	با درپوش اینچ - با شیر سوزنی اینچ				
	سایر وسایل				
	شیر جانبی سمت راست				
	با فلنج پیوندی <input type="checkbox"/> با فلنج کور <input type="checkbox"/>				
	با درپوش اینچ - با شیر سوزنی اینچ				
	سایر وسایل				
	فلنج				
	تبدیل پرکننده <input type="checkbox"/> ساده <input type="checkbox"/> پرکننده <input type="checkbox"/>				

"مشخصات وسایل تاج چاه"

شماره چاه:

میدان:

ردیف	نام وسیله	نوع / مدل	کارخانه سازنده	اندازه و فشار مجاز	شماره سری
	سر لوله جداره مینا				
	پیوند پایینی پیچی <input type="checkbox"/> جوشی <input type="checkbox"/>				
	با خروجی های جانبی				
	پیچ دار <input type="checkbox"/> ساده <input type="checkbox"/> پیچ شونده <input type="checkbox"/>				
	شیر جانبی سمت چپ				
	با فلنج پیوندی <input type="checkbox"/> با فلنج کور <input type="checkbox"/>				
	با درپوش <input type="checkbox"/> با شیر سوزنی <input type="checkbox"/>				
	سایر وسایل				
	شیر جانبی سمت راست				
	با فلنج پیوندی <input type="checkbox"/> با فلنج کور <input type="checkbox"/>				
	با درپوش <input type="checkbox"/> با شیر سوزنی <input type="checkbox"/>				
	سایر وسایل				
	شیر لوله تولید				
	ملاحظات				
	شیر لوله آتش				
	ملاحظات				

"مشخصات لوله های جداری"

جدول پیوست (۳)- مشخصات لوله جداری تولید

اندازه	وزن پوند / فوت	درجه	نوع و اندازه ماسوره سرلوله جداری	نوع و اندازه وسایل آویز و آکند	نوع و اندازه فلنج پرکننده

جدول پیوست (۴)- مشخصات لوله جداری میانی

اندازه	وزن پوند / فوت	درجه	نوع و اندازه ماسوره سرلوله جداری	نوع و اندازه وسایل آویز و آکند	نوع و اندازه فلنج پرکننده

جدول پیوست (۵)- مشخصات لوله جداری سطحی

اندازه	وزن پوند / فوت	درجه	نوع و اندازه سرجداری مینا

جدول پیوست (۶) - خلاصه ای از مشخصات چاه

شماره چاه:

اطلاعات کلی چاه			
تاریخ تکمیل اولیه چاه:			
تاریخ خاتمه تعمیر I:			
تاریخ خاتمه تعمیر II:			
تاریخ خاتمه تعمیر I:II:			
تاریخ خاتمه تعمیر IV:			
موقعیت کنونی چاه:			
ترکیبات موجود در سیال زمین گرمایی			
عمق نهایی چاه:		عمق مجرابند:	
متر		متر	
"اطلاعات مربوطه به مخزن و فشارهای تاج چاه"			
نام سازندهائیکه چاه در آنها تکمیل شده است:		فشار سازند:	
پام		پام	
فشار جریان سرچاه:		درمیزان تولید:	
پام		بشکه / روز یا میلیون فوت مکعب / روز	
حداکثر فشار بسته سرچاه:		تاریخ اندازه گیری:	
پام		پام	
"فشارهای فضاهاى حلقوی"			
مقدار فشار	لوله جداری / لوله مغزی	لوله جداری / لوله مغزی	تاریخ اندازه گیری
ملاحظات:			

(L) TECHNICAL DATA-J

Casing Sizes And Capacities (Volume In Couplings Has Been Omitted Since The Maximum Error Incurred Is Only .2%)						
Size (O.D)	Weight Per Foot	I.D.	Cubic Feet Per Lineal Foot	Lineal Feet Per Cubic Foot	Barrels Per Lineal Foot	Lineal Feet Per Barrel
7"	17.00	6.538	.2331	4.290	.0415	24.10
7"	20.00	6.456	.2273	4.400	.0405	24.69
7"	22.00	6.398	.2233	4.478	.0398	25.13
7"	23.00	6.366	.2210	4.525	.0394	25.38
7"	24.00	6.336	.2190	4.566	.0390	25.64
7"	26.00	6.276	.2148	4.656	.0383	26.11
7"	28.00	6.214	.2106	4.748	.0375	26.67
7"	29.00	6.184	.2086	4.794	.0372	26.88
7"	30.00	6.154	.2066	4.840	.0368	27.15
7"	32.00	6.094	.2025	4.938	.0361	27.70
7"	33.70	6.048	.1995	5.013	.0355	28.17
7"	34.00	6.040	.1990	5.025	.0354	28.22
7"	35.00	6.004	.1966	5.087	.0350	28.57
7"	35.30	6.000	.1963	5.094	.0350	28.60
7"	38.00	5.920	.1911	5.233	.0340	29.41
7"	40.00	5.836	.1858	5.382	.0331	30.21
7-5/8"	24.00	7.025	.2692	3.715	.0479	20.88
7-5/8"	26.40	6.969	.2649	3.775	.0472	21.19
7-5/8"	29.70	6.875	.2578	3.879	.0459	21.79
7-5/8"	33.70	6.756	.2496	4.006	.0445	22.47
7-5/8"	36.00	6.705	.2452	4.078	.0437	22.90
7-5/8"	38.00	6.655	.2416	4.139	.0430	23.26
7-5/8"	39.00	6.625	.2394	4.177	.0426	23.47
7-5/8"	45.00	6.445	.2265	4.415	.0403	24.81
8"	26.00	7.386	.2975	3.361	.0530	18.87
8-1/8"	28.00	7.485	.3056	3.272	.0544	18.38
8-1/8"	32.00	7.385	.2975	3.361	.0530	18.87
8-1/8"	35.50	7.285	.2895	3.454	.0516	19.38
8-1/8"	39.50	7.185	.2816	3.551	.0502	19.92
8-5/8"	24.00	8.097	.3576	2.796	.0637	15.70
8-5/8"	28.00	8.017	.3505	2.853	.0624	16.03
8-5/8"	32.00	7.921	.3422	2.922	.0609	16.42
8-5/8"	36.00	7.825	.3340	2.994	.0595	16.81
8-5/8"	38.00	7.775	.3297	3.033	.0587	17.04
8-5/8"	40.00	7.725	.3255	3.072	.0580	17.24
8-5/8"	43.00	7.651	.3193	3.132	.0569	17.57
8-5/8"	44.00	7.625	.3171	3.154	.0565	17.70
8-5/8"	48.00	7.537	.3098	3.228	.0552	18.12
8-5/8"	49.00	7.511	.3077	3.250	.0548	18.25
9"	34.00	8.290	.3748	2.668	.0668	14.97
9"	38.00	8.196	.3664	2.729	.0653	15.31
9"	40.00	8.150	.3623	2.760	.0645	15.50

Casing Sizes And Capacities

(Volume In Couplings Has Been Omitted Since The Maximum Error Incurred Is Only.2%)

Size (O.D)	Weight Per Foot	I.D.	Cubic Feet Per Lineal Foot	Lineal Feet Per Cubic Foot	Barrels Per Lineal Foot	Lineal Feet Per Barrel
9"	45.00	8.032	.3519	2.842	.0627	15.95
9"	50.20	7.910	.3412	2.931	.0608	16.45
9"	55.00	7.812	.3328	3.005	.0593	16.86
9-5/8"	32.30	9.001	.4419	2.263	.0787	12.71
9-5/8"	36.00	8.921	.4341	2.304	.0773	12.94
9-5/8"	38.00	8.885	.4306	2.322	.0767	13.04
9-5/8"	40.00	8.835	.4257	2.349	.0758	13.19
9-5/8"	42.00	8.799	.4223	2.368	.0752	13.30
9-5/8"	43.50	8.755	.4180	2.392	.0744	13.44
9-5/8"	47.00	8.681	.4110	2.433	.0732	13.66
9-5/8"	53.50	8.535	.3973	2.517	.0708	14.12
9-5/8"	58.00	8.435	.3800	2.577	.0691	14.47

JUNE 1972 CHAPTER VIII – TORQUE AND TECHNICAL DATA

Casing Sizes And Capacities (Volume In Couplings Has Been Omitted Since The Maximum Error Incurred Is Only.2%)						
Size (O.D)	Weight Per Foot	I.D.	Cubic Feet Per Lineal Foot	Lineal Feet Per Cubic Foot	Barrels Per Lineal Foot	Lineal Feet Per Barrel
4"	9.50	3.548	.0687	14.56	.0122	81.97
4"	11.60	3.428	.0642	15.58	.0114	87.72
4"	12.60	3.364	.0617	16.21	.0110	90.91
4-1/2"	9.50	4.090	.0912	10.96	.0162	61.73
4-1/2"	11.60	4.000	.0873	11.45	.0155	64.52
4-1/2"	12.60	3.958	.0855	11.70	.0152	65.79
4-1/2"	13.50	3.920	.0838	11.93	.0149	67.11
4-1/2"	16.60	3.826	.0798	12.53	.0142	70.42
4-3/4"	16.00	4.082	.0909	11.00	.0162	61.73
4-3/4"	18.00	4.000	.0873	11.45	.0155	64.52
4-3/4"	20.00	3.910	.0834	11.99	.0149	67.11
4-3/4"	21.00	3.850	.0808	12.38	.0144	69.44
5"	11.50	4.560	.1134	8.818	.0202	49.51
5"	13.00	4.494	.1101	9.033	.0196	51.02
5"	15.00	4.408	.1060	9.434	.0189	52.91
5"	18.00	4.276	.0997	10.03	.0178	56.18
5"	21.00	4.154	.0941	10.63	.0168	59.52
5-1/2"	14.00	5.012	.1370	7.299	.0244	40.93
5-1/2"	15.00	4.974	.1349	7.413	.0240	41.67
5-1/2"	15.50	4.950	.1336	7.485	.0238	42.02
5-1/2"	17.00	4.892	.1305	7.663	.0232	43.10
5-1/2"	20.00	4.778	.1245	8.032	.0222	45.05
5-1/2"	23.00	4.670	.1189	8.410	.0212	47.17
5-1/2"	25.00	4.580	.1144	8.741	.0204	49.08
5-3/4"	14.00	5.290	.1526	6.553	.0272	36.76
5-3/4"	17.00	5.190	.1469	6.807	.0262	38.17
5-3/4"	19.50	5.090	.1413	7.077	.0252	39.68
5-3/4"	22.50	4.990	.1358	7.364	.0242	41.32
5-3/4"	25.20	4.890	.1304	7.669	.0232	43.06
6"	15.00	5.524	.1664	6.010	.0296	33.78
6"	16.00	5.500	.1650	6.061	.0294	34.01
6"	17.00	5.450	.1620	6.172	.0289	34.65
6"	18.00	5.424	.1605	6.231	.0286	34.97
6"	20.00	5.352	.1562	6.402	.0278	35.97
6"	23.00	5.240	.1498	6.676	.0267	37.45
6"	26.00	5.140	.1441	6.940	.0257	38.97
6-5/8"	13.00	6.255	.2134	4.686	.0380	26.31
6-5/8"	20.00	6.049	.1996	5.010	.0355	28.17
6-5/8"	22.00	5.989	.1956	5.112	.0348	28.70
6-5/8"	22.18*	5.965	.1941	5.152	.0346	28.90
6-5/8"	24.00	5.921	.1912	5.230	.0341	29.33
6-5/8"	26.00	5.855	.1870	5.348	.0333	30.03
6-5/8"	28.00	5.791	.1829	4.468	.0326	30.67
6-5/8"	29.00	5.761	.1810	5.525	.0322	31.06
6-5/8"	32.00	5.675	.1756	5.695	.0313	31.95
6-5/8"	34.00	5.595	.1707	5.858	.0304	32.89

PSI PER BARREL

Mud Wt. Api Gr. #/Gal.	Psi/Ft.	2-3/8" EU Tubing 4.7 #/Ft.	2-7/8" EU Tubing 6.5 #/F.t	2-7/8" IU Drill Pipe 10.4 #/Ft.	3-1/2" IU Drill Pipe 13.3 #/Ft.
<u>Api GR.</u>					
60	.320	82.7	55.2	72.2	43.5
55	.329	85.0	56.8	74.2	44.7
50	.338	87.3	58.3	76.2	46.0
48	.341	88.1	58.9	76.9	46.4
46	.345	89.1	59.5	77.8	47.0
44	.349	90.2	60.2	78.7	47.5
43	.351	90.7	60.6	79.2	47.7
<u>Diesel</u>					
42	.354	95.1	61.1	79.8	48.1
<u>Api Gr.</u>					
41	.355	91.7	61.3	80.1	48.3
40	.357	92.2	61.6	80.5	48.6
39	.359	92.8	62.0	81.0	48.8
38	.362	93.5	62.5	81.6	49.2
37	.364	94.1	62.8	82.1	49.5
36	.366	94.6	63.2	82.5	49.8
35	.368	95.1	63.5	83.0	50.0
34	.370	95.6	63.9	83.4	50.3
33	.373	96.4	64.4	84.1	50.7
32	.375	96.9	64.7	84.6	51.0
31	.377	96.4	65.1	85.0	51.3
30	.379	97.9	65.4	85.5	51.5
28	.384	99.2	66.3	86.6	52.2
26	.389	100.5	67.1	87.7	52.9
24	.394	101.8	68.0	88.9	53.6
22	.399	103.1	68.9	90.0	54.3
20	.405	104.7	69.9	91.3	55.1
18	.410	105.9	70.8	92.5	55.8
15	.418	108.0	72.1	94.3	56.9
12	.427	110.3	73.7	96.3	58.1
10	.433	111.9	74.8	97.8	58.9

PSI PER BARREL

Mud Wt. Api Gr. #/Gal.	Psi/Ft.	2-3/8" EU Tubing 4.7 #/Ft.	2-7/8" EU Tubing 6.5 #/Ft.	2-7/8" IU Drill Pipe 10.4 #/Ft.	3-1/2" IU Drill Pipe 13.3 #/Ft.
8.34	.433	111.9	74.8	97.6	58.9
9.0	.468	120.8	80.7	105.4	63.6
9.2	.478	123.5	82.5	107.8	65.0
9.4	.488	126.1	84.3	110.1	66.4
9.6	.499	128.8	86.1	112.4	67.8
9.8	.509	131.5	87.9	114.8	69.2
10.0	.519	134.2	89.7	117.1	70.7
10.2	.530	136.9	91.4	119.5	72.1
10.4	.540	139.6	93.2	121.8	73.5
10.6	.551	142.2	95.0	124.2	74.9
10.8	.561	144.9	96.8	126.5	76.3
11.0	.571	147.6	98.6	128.8	77.7
11.2	.582	150.3	100.4	131.2	79.1
11.4	.592	153.0	102.2	133.5	80.5
11.6	.603	155.7	104.0	135.9	82.0
11.8	.613	158.3	105.8	138.2	83.4
12.0	.623	161.0	107.6	140.6	84.8
12.2	.634	163.7	109.4	142.9	86.2
12.4	.644	166.4	111.2	145.2	87.6
12.6	.655	169.1	113.0	147.6	89.0
12.8	.665	171.8	114.8	149.9	90.4
13.0	.675	174.5	116.5	152.3	91.8
13.2	.686	177.1	118.3	154.6	93.3
13.4	.696	179.8	120.1	157.0	94.7
13.6	.706	182.5	121.9	159.3	96.1
13.8	.717	185.2	123.7	161.6	97.5
14.0	.727	187.9	125.5	164.0	98.9
14.5	.753	194.6	130.0	169.8	102.4
15.0	.779	201.3	134.5	175.7	106.0
15.5	.805	208.0	139.0	181.6	109.5
16.0	.831	214.7	143.4	187.4	113.0
16.5	.857	221.4	147.9	193.3	116.6
17.0	.883	228.1	152.4	199.1	120.1
17.5	.909	234.8	156.9	205.0	123.6
18.0	.935	241.5	161.4	210.8	127.2
18.5	.961	248.3	165.8	216.7	130.7
19.0	.987	255.0	170.3	222.6	134.2
19.5	1.01	261.7	174.8	228.4	137.8
20.0	1.04	268.4	179.3	234.3	141.3

PSI PER BARREL CUBIC FOOT					
Mud Wt. Api Gr. #/cu.ft	Psi/Ft.	2-3/8" EU Tubing 4.7 #/Ft.	2-7/8" EU Tubing 6.5 #/Ft.	2-7/8" IU Drill Pipe 10.4 #/Ft.	3-1/2" IU Drill Pipe 13.3 #/Ft.
<u>Api Gr.</u>					
60	.320	14.73	9.84	12.85	7.75
55	.329	15.14	10.11	13.21	7.97
50	.338	15.56	10.39	13.57	8.19
48	.341	15.69	10.48	13.70	8.26
46	.345	15.88	10.61	13.86	8.36
44	.394	16.06	10.73	14.02	8.45
43	.351	16.15	10.79	14.10	8.50
<u>Diesel</u>					
42	.354	16.29	10.88	14.22	8.57
<u>Api Gr.</u>					
41	.355	16.34	10.91	14.26	8.60
40	.357	16.43	10.97	14.34	8.65
39	.359	16.52	11.04	14.42	8.70
38	.362	16.66	11.13	14.54	8.77
37	.364	16.75	11.19	14.62	8.82
36	.366	16.84	11.25	14.70	8.87
35	.368	16.94	11.31	14.78	8.91
34	.370	17.03	11.37	14.86	8.96
33	.373	17.17	11.47	14.98	9.03
32	.375	17.26	11.53	15.06	9.08
31	.377	17.35	11.59	15.14	9.13
30	.379	17.44	11.65	15.22	9.18
28	.384	17.67	11.80	15.42	9.30
26	.389	17.90	11.96	15.62	9.42
24	.394	18.13	12.11	15.82	9.54
22	.399	18.36	12.27	16.02	9.66
20	.405	18.64	12.45	16.27	9.81
18	.410	18.87	12.60	16.47	9.93
15	.418	19.24	12.85	16.79	10.12
12	.427	19.65	13.13	17.15	10.34
10	.433	19.94	13.32	17.39	10.50
<u>#/Cu.Ft.</u>					
62.4	.433	19.94	13.32	17.39	10.50
70.0	.486	22.37	14.94	19.52	11.77
71.0	.493	22.69	15.15	19.80	11.94
72.0	.500	23.00	15.37	20.08	12.11
73.0	.507	23.32	15.58	20.36	12.28
74.0	.514	23.64	15.79	20.64	12.45
75.0	.521	23.96	16.01	20.92	12.62
76.0	.528	24.28	16.22	21.20	12.78
77.0	.535	24.60	16.43	21.49	12.95
78.0	.542	24.92	16.65	21.77	13.12
79.0	.549	25.24	16.86	22.05	13.29
80.0	.556	25.56	17.08	22.33	13.47

PSI PER BARREL CUBIC FOOT					
Mud Wt. Api Gr. #/cu.ft	Psi/Ft.	2-3/8" EU Tubing 4.7 #/Ft.	2-7/8" EU Tubing 6.5 #/Ft.	2-7/8" IU Drill Pipe 10.4 #/Ft.	3-1/2" IU Drill Pipe 13.3 #/Ft.
81.0	.563	25.88	17.29	22.61	13.62
82.0	.569	26.20	17.50	22.85	13.79
83.0	.576	26.52	17.72	23.13	13.96
84.0	.583	26.84	17.93	23.41	14.13
85.0	.590	27.16	18.14	23.69	14.30
86.0	.597	27.48	18.36	23.98	14.47
87.0	.604	27.80	18.57	24.26	14.63
88.0	.611	28.12	18.78	24.54	14.80
89.0	.618	28.44	19.00	24.82	14.97
90.0	.625	28.76	19.21	25.10	15.14
91.0	.632	29.08	19.42	25.38	15.31
92.0	.639	29.39	19.64	25.66	15.48
93.0	.646	29.71	19.85	25.94	15.64
94.0	.653	30.03	20.06	26.22	15.81

PSI PER BARREL CUBIC FOOT (CONTINUED)

Mud Wt. Api Gr. #/Gal. #/Gu.Ft.	Psi/Ft.	2-3/8" EU Tubing 4.7 #/Ft.	2-7/8" EU Tubing 6.5 #/F.t	2-7/8" IU Drill Pipe 10.4 #/Ft.	3-1/2" IU Drill Pipe 13.3 #/Ft.
95.0	.660	30.35	20.28	26.51	15.98
96.0	.667	30.67	20.49	26.79	16.15
97.0	.674	30.99	20.70	27.07	16.32
98.0	.681	31.31	20.92	27.35	16.48
99.0	.688	31.63	21.13	27.63	16.65
100.0	.694	31.95	21.34	27.87	16.82
101.0	.701	32.27	21.56	28.15	16.99
102.0	.708	32.59	21.77	28.43	17.16
103.0	.715	32.91	21.98	28.71	17.33
104.0	.722	33.23	22.20	29.00	17.49
105.0	.729	33.55	22.41	29.28	17.66
106.0	.736	33.87	22.62	29.56	17.83
107.0	.743	34.19	22.84	29.84	18.00
108.0	.750	34.51	23.05	30.12	18.17
109.0	.757	34.83	23.26	30.40	18.33
110.0	.764	35.15	23.48	30.68	18.50
111.0	.771	35.47	23.69	30.96	18.67
112.0	.778	35.79	23.91	31.24	18.84
113.0	.785	36.10	24.12	31.53	19.01
114.0	.792	36.42	24.33	31.81	19.18
115.0	.799	36.74	24.55	32.09	19.34
116.0	.806	37.06	24.76	32.37	19.51
117.0	.813	37.38	24.97	32.65	19.68
118.0	.819	37.70	25.19	32.89	19.85
119.0	.826	38.02	25.40	33.17	20.02
120.0	.833	38.34	25.61	33.45	20.19
121.0	.840	38.66	25.83	33.73	20.35
122.0	.847	38.98	26.04	34.02	20.52
123.0	.854	39.30	26.25	34.30	20.69
124.0	.861	39.62	26.47	34.58	20.86
125.0	.868	39.94	26.68	34.86	21.03
126.0	.875	40.26	26.89	35.14	21.19
127.0	.882	40.58	27.11	35.42	21.36
128.0	.889	40.90	27.32	35.70	21.53
129.0	.896	41.22	27.53	35.98	21.70
130.0	.903	41.54	27.75	36.26	21.87
131.0	.910	41.86	27.96	36.55	22.04
132.0	.917	42.17	28.17	36.83	22.20
133.0	.924	42.49	28.39	37.11	22.37
134.0	.931	42.81	28.60	37.39	22.54
135.0	.938	43.13	28.81	37.67	22.71
136.0	.944	43.45	29.03	37.91	22.88
137.0	.951	43.77	29.24	38.19	23.04

PSI PER BARREL CUBIC FOOT (CONTINUED)

Mud Wt. Api Gr. #/Gal.	Psi/Ft.	2-3/8" EU Tubing 4.7 #/Ft.	2-7/8" EU Tubing 6.5 #/F.t	2-7/8" IU Drill Pipe 10.4 #/Ft.	3-1/2" IU Drill Pipe 13.3 #/Ft.
138.0	.958	44.09	29.45	38.47	23.21
139.0	.965	44.41	29.67	38.75	23.38
140.0	.972	44.73	29.88	39.04	23.55
141.0	.979	44.05	30.10	39.32	23.72
142.0	.986	45.37	30.31	39.60	23.89
143.0	.993	45.69	30.52	39.88	24.05
144.0	1.000	46.01	30.74	40.16	24.22
145.0	1.007	46.33	30.95	40.44	24.39
146.0	1.014	46.65	31.16	40.72	24.56
147.0	1.021	46.97	31.38	41.00	24.73
148.0	1.028	47.29	31.59	41.28	24.90
149.0	1.035	47.61	31.80	41.57	25.06
150.0	1.042	47.93	32.02	41.85	25.23

JUNE 1972 CHAPTER VIII-TORQUE AND TECHNICAL DATA

Fluid Gradient Table

Find Fluid Gradient In Contor Column Opposite Fluid Weight Expressed By Either API Gravity, #/Gal, or #/Cu.Ft.
Multiply Fluid Gradient Depth In Feet To obtain Flydrostatic Pressure.

API Gravity	Fluid Gradient PSI/FT	Weight (#/Gal.)	Fluid Gradient (psi/ft.)	Weight (#/Cu.Ft.)
60	.320	11.0	.571	82.3
55	.329	11.2	.582	83.8
50	.338	11.4	.592	85.3
48	.341	11.6	.603	86.8
46	.345	11.8	.613	88.3
44	.349	12.0	.623	89.8
43	.351	12.2	.634	91.3
42 Diesel	.354	12.4	.644	92.8
41	.355	12.6	.655	94.3
40	.357	12.8	.665	95.7
39	.359	13.0	.675	97.2
38	.362	13.2	.686	98.7
37	.364	13.4	.696	100.2
36	.366	13.6	.706	101.7
35	.368	13.8	.717	103.2
34	.370	14.0	.727	104.7
33	.373	14.2	.738	106.2
32	.375	14.4	.748	107.7

Fluid Gradient Table

Find Fluid Gradient In Contor Column Opposite Fluid Weight Expressed By Either API Gravity, #/Gal,or #/Cu.Ft. Multiply Fluid Gradient Depth In Feet To obtain Flydrostatic Pressure.

API Gravity	Fluid Gradient PSI/FT	Weight (#/Gal.)	Fluid Gradient (psi/ft.)	Weight (#/Cu.Ft.)
31	.377	14.6	.758	109.2
30	.379	14.8	.769	110.7
28	.384	15.0	.779	112.2
26	.389	15.2	.790	113.7
24	.394	15.4	.800	115.2
22	.399	15.6	.810	116.7
20	.405	15.8	.821	118.2
18	.410	16.0	.831	119.7
15	.418	16.2	.842	121.2
12	.427	16.4	.852	122.7
10	.433	16.6	.862	124.2
Weight (#/Gal.)	Fluid Gradient (psi/ft.)	Weight (#/Cu.Ft.)	16.8	125.7
			17.0	127.2
8.34	.433	62.4	17.2	128.7
			17.4	130.2

Tubing Dimensional Data

Outside Diameter (Inches)	Nominal Weight (Lb/Ft.)	Inside Diameter (inches)	Wall Thickness (inches)	Inside Area (Sq.In.)	Outside Area (Sq.In.)	Cress Sectional Area (Sq.In.)
1.050	1.14-1.20	.824	.113	.53	.87	.34
1.315	1.68-1.80	1.019	.133	.86	1.36	.50
1.660	2.27-2.40	1.380	.140	1.50	2.16	.66
1.900	2.75-2.40	1.610	.145	2.04	2.84	.80
2.000	3.30-3.40	1.670	.165	2.19	3.14	.95
2.063	3.25-3.10	1.750	.156	2.41	3.34	.93
2.375	4.80-4.70	1.995	.190	3.13	4.43	1.30
2.875	6.40-6.50	2.441	.217	4.68	6.49	1.81
3.500	9.20-9.30	2.992	.254	7.03	9.62	2.59
4.000	9.50	3.548	.220	9.89	12.57	2.68
4.500	12.60	3.958	.271	12.30	15.90	3.60

Area Of Packer Bores			
Bore(Inches)	Area(Sq.In)	Bore (Inchos)	Area (Sq.In.)
6.00	28.26	2.50	4.91
5.24	21.55	2.42	4.60
4.75	17.71	2.28	4.08
4.40	15.20	2.06	3.33
4.00	12.56	1.96	3.00
3.87	11.76	1.87	2.75
3.62	10.29	1.68	2.22
3.25	8.30	1.53	1.84
3.00	7.07	1.43	1.61
2.68	5.67	1.25	1.23

Od Area Of Valves On Retrievable Bridge Plugs.			
Size#43	1-15/16" Diameter	2.95 in ²	
Size#45	2-21/64" Diameter	4.26 in ²	
Size#47	2-1/2" Diamoter	4.91 in ²	

CHAPTER

JUNE1972
VIII-

TORQUE AND TECHNICAL DATA

Casing Size Od. In.	Nom. Weight Lbs/Ft	Grade	Collapse Pressure psi	Burst Pressure psi	Joint Strength 1000lbs	Body Yield 1000lbs	Drift Diameter In.	Type of connection	Make-up Torque (Ft.Lbs)
4-1/2"	12.75	N-80	7500	8430	288	288		BTS	
4-1/2"	13.5	C-75	8170	8460	331	288	3.795	VAM	5400
4-1/2"	13.5	C-75	8170	8460		288	3.795	HCS	4500
4-1/2"	13.5	N-80	8540	9020	271	307	3.795	HCS	4500
4-1/2"	13.5	N-80	8540	9020	270	307	3.795	LTC	2760
4-1/2"	15.10	P-110	14320	14420	406	485	3.701	LTC	4400
4-1/2"	19.2	C-75	12960	12540	412	412		PH6	7500
4-1/2"	15	C-95	10390	9710		330		HCF JP	
5"	18	C-75	10000	9500	480	396	4.151	HSEU	5000
5"	17.93	C-75	9590	9320		389		FL4S	
5"	17	N-80	9090	9240		392		FL4S	
5"	18	C-75	10000	9500	326	396	4.151	FL4S	4000
5"	18	S-95	11880	11770	532	501	4.151	BTS	
5"	18	P-110	13450	13940	485	580	4.151	HTS	5000
5"	18	P-110	13450	13940	354	580	4.151	HFJ	
5"	18	C-75	10000	9500	369	396	4.151	HTS	3800
5"	18	C-75	10000	9500	461	396	4.151	VAM	8700
5"	18	C-75	10000	9500		396	4.151	HFJ	
5"	18	N-80	10490	10140	343	422	4.151	FL4S	4000
5"	18	N-80	10490	10140	469	422	4.151	EL	2712
5"	18	N-80	10490	10140	284	422	4.151	HFJ	
5-1/2"	20	C-75	8440	8610	497	437	4.653	VAM	8000
6-5/8"	32	C-75	9830	9410		688	5.550	HF JP	3200
6-5/8"	28	P-110	10140	12120	591	895	5.666	SF J	
7"	35	YE-125		15530		127	5.879	HSEU	
7"	29	N-80	7020	8160	806	676	6.059	HSEU	
7"	29	C-75	6760	7650	740	634	6.059	VAM	8700
7"	29	C-75	6760	7650	707	634	6.059	BTS	
7"	29	C-75	6760	7650	562	634	6.059	LTC	5620
7"	29	N-80	7020	8160		676	6.059	BDS	8650
7"	29	N-80	7020	8160	597	676	6.059	LTC	5970
7"	29	N-80	7020	8160	445	676	6.059	HFJ	

Casing Size Od. In.	Nom. Weight Lbs/Ft	Grade	Collapse Pressure Psi	Burst Pressure psi	Joint Strength 1000lbs	Body Yield 1000lbs	Drift Diameter In.	Type of connection	Make-up Torque (Ft.Lbs)
7"	29	N-80	7020	8160	746	676	6.059	BTS	
7"	29	N-80	7020	8160	781	676	6.059	VAM	8700
7"	29	P-110	8510	11220	1000	929	6.059	VAM	8700
7"	29	N-80	7020	8160	806	676	6.059	HSEU	8500
7"	29	P-110	8510	11220		929	6.059	HTS	8500
7"	29	P-110	8510	11220	1007	929	6.059	HSEU	12000
7"	29	P-110	8510	11220	955	929	6.059	BTS	
7"	32	V-150	13020	15970	1370	1398	5.969	BTS	
7"	32	V-150	13020	16990	1371	1398	5.969	VAM	8700
7"	32	P-110	10760	12460	874	1025	5.969	HTS	8500
7"	32	P-110	19760	11640	1053	1025	5.969	BTS	
7"	32	P-110	10760	12460	1053	1025	5.969	VAM	8700
7"	32	P-110	10760	12460	897	1025	5.969	LTC	8970
7"	32	C-75	8230	7930	779	699	5.969	BTS	
7"	32	C-75	8230	8490	779	699	5.969	VAM	8700
7"	32	N-80	8600	9060	823	745		VAM	8700
7"	32	P-110	10760	12460	1114	1025	5.969	HSEU	12000
7"	35	C-75	9710	7930	833	763	5.879	BTS	
7"	35	P-110	13010	12700	996	1119	5.879	LTS	9960
7"	35	P-110	13010	13670	673	1119	5.879	HF JP	5000
7"	35	P-110	13010	13670	1208	1119	5.879	HSEU	12000
7"	35	L-80	10180	9940		814	5.879	HTS	6500
7"	32	P-110	10760	12460	1002	1025	5.969	EL	3074
7"	32	C-75	8230	8490	547	699	5.969	HSF J	
7-5/8"	29.4	C-75	4720	6430		648		HSF J	
7-5/8"	26.4	C-75	3280	5650	384	564	6.844	HSF J	7500
8-5/8"	52	YE90		11000		137		HSE U	
8-5/8"	49	YE155		17360		2188	7.386	HSE U	
8-5/8"	49	YE125		14000		1764	7.386	HSE U	
8-5/8"	49	YE90		10080		1270	7.386	HSE U	
9-5/8"	43.5	C-95	4130	7510	948	1193		LTC	9480
9-5/8"	43.5	C-75	3750	5930	1016	942	8.599	BTS	

Casing Size Od. In.	Nom. Weight Lbs/Ft	Grade	Collapse Pressure Psi	Burst Pressure psi	Joint Strength 1000lbs	Body Yield 1000lbs	Drift Diameter In.	Type of connection	Make-up Torque (Ft.Lbs)
9-5/8"	43.5	C-75	3750	5930	1193	942	8.599	ASL	7000
9-5/8"	43.5	N-80	3810	6330	825	1005	8.599	LTC	8250
9-5/8"	43.5	N-80	3810	6330	1074	1005	8.599	BTS	
9-5/8"	43.5	N-80	3810	6330	1074	1005	8.599	VAM	10100
9-5/8"	43.5	S-95	5600	7510	1213	1193	8.599	BTS	
9-5/8"	43.5	S-95	5600	7510	960	1193	8.599	LTC	
9-5/8"	43.5	P-110	4430	8700	1106	1381	8.599	LTC	11060
9-5/8"	43.5	C-75	3750	5930	1133	942	8.599	HSEU	13000
9-5/8"	47	S-95	7100	8150	1311	1289	8.525	BTS	
9-5/8"	47	S-95	7100	8150	1053	1289	8.525	LTC	
9-5/8"	47	N-80	4750	6870	905	1086	8.525	LTC	9050
9-5/8"	47	N-80	4750	6870	1161	1086	8.525	BTS	
9-5/8"	47	N-80	4750	6870	1160	1086	8.525	VAM	11500
9-5/8"	47	C-75	4630	6440	852	1018	8.525	LTC	8520
9-5/8"	47	C-75	4630	6440	1098	1018	8.525	BTS	
9-5/8"	47	P-110	5310	9440	1500	1493	8.525	BTS	
9-5/8"	47	C-75	4630	6440	1228	1018	8.525	HSEU	13000
9-5/8"	47	P-110	5310	9440	1213	1493	8.525	LTC	12130
9-5/8"	53.5	L-80	6620	7930		1244	8.500*	HSEU	13000
9-5/8"	53.5	S-95	8850	9410	1502	1477	8.500*	BTS	
9-5/8"	53.5	S00140	8790	13870	2107	2177		BTS	
9-5/8"	53.5	S-105	9350	9410	1558	1477	8.500*	BTS	
9-5/8"	53.5	C-75	6380	7430	999	1166	8.500*	LTC	9990
9-5/8"	53.5	C-75	6380	7430	1173	1166	8.500*	EL	4701
9-5/8"	53.5	C-75	6380	7430	1257	1166	8.500*	BTS	
9-5/8"	53.5	P-110	7930	10900	1718	1710	8.500*	BTS	
9-5/8"	53.5	V-150	8970	14860	2251	2332	8.500*	BTS	
9-5/8"	58.4	V-150	11570	16230		2532	8.279	VAM	13600
9-5/8"	58.4	V-150	11570	16230	2098	2532	8.279	LTC	
9-5/8"	58.4	V-150	11570	16230	2444	2532	8.279	BTS	
9-5/8"	71.09	S00125		16840		2610		LTC	
9-5/8"	71.09	S00140		20200		3132		LTC	

Casing Size Od. In.	Nom. Weight Lbs/Ft	Grade	Collapse Pressure Psi	Burst Pressure psi	Joint Strength 1000lbs	Body Yield 1000lbs	Drift ⁴ Diameter In.	Type of connection	Make-up Torque (Ft.Lbs)
11-3/4"	71	YS-95	7280	8230		1940		HSEU	
11-3/4"	71	P-110	6100	9625		2297		HSEU	
11-3/4"	71	YE-155		13560		3237		HSEU	
13-3/8"	68	K-55	1950	3450	1300	1069	12.259	BTS	
13-3/8"	68	J-55	1950	3450	1140	1069	12.259	BTS	
13-3/8"	68	J-55	1950	3450	675	1069	12.259	STC	6750
13-3/8"	72	S-95	3470	6390	1935	1973	12.250*	BTS	
13-3/8"	72	N-80	2670	5380	1040	1661	12.191	STC	10400
13-3/8"	72	C-75	2590	5040	1598	1558	12.191	BTS	
13-3/8"	72	N-80	2670	5390	1693	1661	12.191	BTS	
13-3/8"	80.7	SM-95	4990			2214		BTS	
13-3/8"	98	N-80	5910	7420	2330	2287		BTS	
16"	118	N-80	3950	6260		2745		BTS	
16"	122.15	P-110	5430	8855		3944		BTS	
18-5/8"	87.5	J-55	630	2250	1329	1367	17.500	BTS	
20"	94	H-40	520	1530	1035	1077	18.936	BTS	
20"	106.5	K-55	770	2410	1683	1685	18.812	BTS	
20"	133	K-55	1500	3060	2123	2125	18.542	BTS	
20"	133	J-55	1500	3060	2012	2125	18.542	BTS	
28"	217.83	ASTM II						VETCO	
30"	383.77	ASTM II						VETCO	
30"	309.36	ASTM II						VETCO	
30"	233.98	ASTM II						VETCO	

* SPECIAL DRIFT

فهرست مطالب

۱	۱- مقدمه
۲	۲- معرفی پمپ‌های حرارتی زمین گرمایی
۲	۲-۱- فناوری پمپ‌های حرارتی زمین گرمایی
۲	۲-۲- منابع گرمایی
۴	۲-۳- دمای زمین
۴	۲-۴- خواص گرمایی زمین
۶	۲-۵- ملاحظات مربوط به ظرفیت پمپ حرارتی
۶	۲-۶- سیستم‌های پمپ حرارتی زمینی با حلقه بسته
۸	۲-۷- انواع آرایش‌های سیستم‌های زمینی
۱۱	۲-۷-۱- لوله‌های U شکل
۱۲	۲-۷-۲- لوله‌های هم مرکز
۱۴	۲-۸- تعمیر و نگهداری
۱۵	۲-۹- اتصالات موازی و سری
۱۵	۲-۱۰- مواد
۱۶	۲-۱۱- نصب
۱۶	۲-۱۲- جریان
۱۷	۲-۱۳- تئوری پمپ‌های حرارتی
۱۷	۲-۱۴- سیکل پمپ حرارتی
۲۰	۲-۱۵- پمپ‌های حرارتی و دستگاه‌های تهویه مطبوع
۲۱	۲-۱۶- کمپرسور
۲۲	۲-۱۷- مبدل‌ها
۲۲	۲-۱۸- دیفرانسیل
۲۳	۲-۱۹- سائز لوله‌ها و پمپ‌های ضدیخ

۲۶	۳- بررسی توسعه فناوری کشورهای مختلف
۲۶	۳-۱- تفسیر نقشه راه توسعه فناوری کشور کانادا
۲۷	۳-۱-۱- اجزای پمپ های حرارتی
۲۸	۳-۱-۲- طراحی
۲۹	۳-۱-۳- حفاری
۲۹	۳-۱-۴- محیط زیست
۳۰	۳-۲- نقشه راه توسعه فناوری اتحادیه اروپا
۳۱	۳-۲-۱- چشم انداز توسعه استفاده از انرژی زمین گرمایی
۳۱	۳-۲-۲- هدف گذاری برای پارامترهای مهم عملکردی برای پمپ های حرارتی
۳۲	۳-۳-۲- برنامه تدوین شده جهت تحقق اهداف چشم انداز
۳۵	۳-۳- نقشه راه توسعه فناوری آمریکا
۳۶	۳-۳-۱- فعالیت های تعریف شده
۳۷	۳-۳-۲- توسعه فناوری
۴۱	۴- وضعیت جهانی پمپ های حرارتی
۴۱	۴-۱- وضعیت پمپ حرارتی در دنیا
۴۳	۴-۲- پمپ حرارتی در کشورهای اروپایی
۵۰	۴-۲-۱- وضعیت پمپ های حرارتی در آلمان
۵۲	۴-۲-۲- وضعیت پمپ های حرارتی در انگستان
۵۲	۴-۲-۳- وضعیت پمپ های حرارتی در سوئد
۵۳	۵- درخت فناوری پمپ های حرارتی زمین گرمایی
۶۲	مراجع

فهرست اشکال

- ۷ شکل (۲-۱) - آرایش عمودی و افقی سیستم حلقه بسته
- ۸ شکل (۲-۲) - آرایش افقی یک ردیفه
- ۸ شکل (۲-۳) - آرایش افقی سری و موازی در سیستم حلقه بسته
- ۹ شکل (۲-۴) - آرایش افقی موازی روی هم
- ۱۰ شکل (۲-۵) - آرایش افقی ماریپیج شلنگی
- ۱۱ شکل (۲-۶) - آرایش عمودی
- ۱۲ شکل (۲-۷) - مقطع آرایش های عمودی
- ۱۳ شکل (۲-۸) - آرایش چاه عمودی
- ۱۴ شکل (۲-۹) - سیستم باز با آب های سطحی
- ۱۹ شکل (۲-۱۰) - نمایی از شکل مربوط به چرخه ایده آل پمپ حرارتی
- ۲۰ شکل (۲-۱۱) - نمودار p-h برای یک چرخه ایده آل پمپ حرارتی
- ۲۱ شکل (۲-۱۲) - شمایی از یک پمپ حرارتی
- ۲۴ شکل (۲-۱۳) - منحنی عملکرد پمپ ها
- ۲۵ شکل (۲-۱۴) - تغییرات دمایی خاک زمین در اعماق مختلف در طول سال
- ۳۱ شکل (۳-۱) - چشم انداز توسعه استفاده از بخش های مختلف انرژی زمین گرمایی در افق ۲۰۳۰
- ۳۲ شکل (۳-۲) - مقایسه هزینه های مربوط به بهره برداری کاربردهای مختلف انرژی زمین گرمایی
- ۳۴ شکل (۳-۳) - برنامه زمان بندی فعالیت های مربوط به بخش فناوری های متصل به زمین
- ۳۵ شکل (۳-۴) - برنامه زمان بندی فعالیت های مربوط به بخش سیستم ها، یکپارچه سازی و محیط زیست
- ۳۹ شکل (۵-۳) - میزان پتانسیل فنی و تفاوت آن با اهداف DOE برای ۶ فعالیت مربوط به توسعه تکنولوژی
- ۴۱ شکل (۱-۴) - ظرفیت جهانی پمپ های حرارتی زمین گرمایی

- ۴۲ شکل (۲-۴)- ظرفیت نصب شده جهانی پمپ حرارتی زمین گرمایی با توجه به قاره
- ۴۲ شکل (۳-۴)- ظرفیت نصب شده پمپ حرارتی زمین گرمایی برای ۶ کشور اول این فناوری
- ۴۳ شکل (۴-۴)- ظرفیت نصب شده پمپ گرمایی نصب شده در کشورهای مختلف اروپایی
- ۴۴ شکل (۵-۴)- ظرفیت نصب شده پمپ حرارتی زمین گرمایی کشورهای اروپایی
- ۴۴ شکل (۶-۴)- تقسیم بندی بر اساس کاربرد پمپ حرارتی زمین گرمایی
- ۴۵ شکل (۷-۴)- بازار پمپ های حرارتی بین سال های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۲ در کشورهای اروپایی
- ۴۶ شکل (۸-۴)- فروش دستگاه های اسپیلیت پمپ حرارتی در سال ۲۰۱۲ در کشورهای اروپایی
- ۴۷ شکل (۹-۴)- تعداد دستگاه های پمپ حرارتی در اروپا با توجه به منبع انرژی
- ۴۸ شکل (۴-۱۰)- نیروهای شاغل در زمینه پمپ های حرارتی در سال ۲۰۱۲ از مجموع ۴۰۳۵۸ نفر
- ۴۹ شکل (۱۱-۴)- فروش دستگاههای پمپ حرارتی زمین گرمایی در اروپا
- ۵۰ شکل (۱۲-۴)- تعداد آبگرم کن های پمپ حرارتی در اروپا
- ۵۱ شکل (۱۳-۴)- تعداد پمپ حرارتی در کشور آلمان در سال های ۲۰۱۲ تا ۲۰۲۰
- ۵۱ شکل (۱۴-۴)- فناوری های گرمایش در آلمان در سال های ۲۰۱۲ تا ۲۰۲۰
- ۵۲ شکل (۱۵-۴)- فناوری های گرمایش در انگلستان در سال های ۲۰۱۲ تا ۲۰۲۰
- ۵۲ شکل (۱۶-۴)- تعداد پمپ حرارتی در کشور سوئد در سال های ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۷
- ۵۳ شکل (۱-۵)- درخت فناوری پمپ های حرارتی زمین گرمایی
- ۵۴ شکل (۲-۵)- درخت فناوری بخش طراحی سیستم های باز پمپ های حرارتی زمین گرمایی
- ۵۵ شکل (۳-۵)- درخت فناوری بخش تجهیزات سیستم های باز پمپ های حرارتی زمین گرمایی
- ۵۵ شکل (۵-۴)- درخت فناوری بخش نصب و اجرا سیستم های باز پمپ های حرارتی زمین گرمایی
- ۵۶ شکل (۵-۵)- درخت فناوری تجهیزات پمپ های حرارتی زمین گرمایی
- ۵۶ شکل (۵-۶)- درخت فناوری سیستم توزیع بار سرمایشی/گرمایشی سیستمهای باز پمپهای حرارتی زمین گرمایی
- ۵۷ شکل (۷-۵)- درخت فناوری بخش طراحی سیستم های بسته افقی پمپهای حرارتی زمین گرمایی

- ۵۷ شکل (۵-۸) - درخت فناوری بخش تجهیزات سیستم‌های بسته افقی پمپ‌های حرارتی زمین گرمایی
- ۵۸ شکل (۵-۹) - درخت فناوری بخش نصب و اجرا سیستم‌های بسته افقی پمپ‌های حرارتی زمین گرمایی
- ۵۸ شکل (۵-۱۰) - درخت فناوری بخش طراحی سیستم‌های بسته عمودی پمپ‌های حرارتی زمین گرمایی
- ۵۹ شکل (۵-۱۱) - درخت فناوری بخش تجهیزات سیستم‌های بسته عمودی پمپ‌های حرارتی زمین گرمایی
- ۵۹ شکل (۵-۱۲) - درخت فناوری بخش نصب و اجرا سیستم‌های بسته عمودی پمپ‌های حرارتی زمین گرمایی
- ۶۰ شکل (۵-۱۳) - درخت فناوری بخش طراحی سیستم‌های بسته دریاچه‌ای پمپ‌های حرارتی زمین گرمایی
- ۶۱ شکل (۵-۱۴) - درخت فناوری بخش تجهیزات سیستم‌های بسته دریاچه‌ای پمپ‌های حرارتی زمین گرمایی
- ۶۱ شکل (۵-۱۵) - درخت فناوری بخش نصب و اجرا سیستم‌های بسته دریاچه‌ای پمپ‌های حرارتی زمین گرمایی

فهرست جداول

۳	جدول (۲-۱)- بازده دمایی منابع مختلف جهت استفاده در پمپ حرارتی
۵	جدول (۲-۲)- مشخصات انتقال حرارتی سنگ
۶	جدول (۳-۲)- مشخصات انتقال حرارتی خاک و شن
۲۳	جدول (۲-۴)- سائز لوله‌ها و پمپ‌های مورد استفاده در پمپ‌های حرارتی زمین گرمایی
۲۵	جدول (۲-۵)- مقدار درصد ضد یخ در پمپ حرارتی زمین گرمایی
۳۳	جدول (۳-۱)- فعالیتهای مربوط به بخش فناوری‌های متصل به زمین
۳۳	جدول (۳-۲)- فعالیتهای مربوط به بخش سیستم‌ها، یکپارچه‌سازی و محیط زیست
۳۴	جدول (۳-۳)- مجموع هزینه‌های مربوط به نقشه راه پمپ‌های حرارتی زمین گرمایی
۳۷	جدول (۴-۳)- فعالیتهای تعریف شده با اهمیت بالا
۳۷	جدول (۵-۳)- فعالیتهای تعریف شده با اهمیت کم
۴۰	جدول (۳-۶)- تعریف جامع تر ۶ فعالیت توسعه تکنولوژیکی و اطلاعات مربوط به وزن هر کدام

۱- مقدمه

اولین پیشنهاد برای استفاده از زمین به عنوان منبع گرما در سال ۱۹۱۲ در سوئیس توسط اج زولی مطرح شد، اما به دلیل بازده بسیار کم پمپ‌های حرارتی و قیمت پایین انرژی، استفاده از این پمپ‌های حرارتی گسترش نیافت. در انگلستان نیز اولین استفاده از زمین به عنوان منبع گرمایی توسط شخصی به نام سامتر جهت گرمایش یک واحد کوچک در اواسط دهه چهل صورت گرفت. در این سیستم سامر از یک کلکتور افقی از جنس لوله‌های مسی که در بتن به عمق یک متر دفن شده بود، به عنوان کویل زمینی استفاده نمود و توانست COP سیستم را به ۲/۸ برساند. او در سال ۱۹۴۸، ۱۲ پمپ حرارتی با توان ۹۰۰ نصب کرد، که Cop میانگین آنها برابر ۳ بود.

اولین پمپ حرارتی زمین گرمایی در آمریکا نیز در سال ۱۹۴۵ در خانه‌ای در ایندیاناپولیس نصب گردید، که دارای لوله‌های مسی بود و در عمق ۱/۵ متری خاک نصب گردیده بودند، در ادامه تا سال ۱۹۵۳، ۲۸ نمونه آزمایشگاهی نصب و آموزش داده می‌شد. این آموخته‌ها سپس از آمریکا به کانادا منتقل شد و اولین سیستم در کانادا در خانه‌ای واقع در تورنتو به سال ۱۹۵۲ توسط هوپر نصب گردید.

استفاده تجاری از پمپ‌های حرارتی زمین گرمایی به عنوان منبع گرمایی پمپ حرارتی در سال ۱۹۷۳ که اولین شوک نفتی وارد شد، آغاز گردید و در اواخر دهه ۷۰ مبدل‌های عمودی در اروپا مورد استفاده قرار گرفت. از سال ۱۹۸۰ تا کنون دیگر هیچ فناوری برجسته‌ای در زمینه پمپ‌های حرارتی زمین گرمایی به دست نیامده است و تنها در زمینه کنترل این سیستم‌ها اقداماتی انجام پذیرفته است.

امروزه بیش از ۱۰۰۰۰۰ دستگاه پمپ حرارتی زمین گرمایی در سراسر جهان نصب شده است، که بیشترین تعداد آنها در کشورهای آمریکا و سوئد می‌باشد و بیشترین تقاضا برای این سیستم در شمال آمریکا و اروپا می‌باشد، زیرا این سیستم هزینه اولیه انرژی را کاهش داده و سرعت افزایش گازهای گلخانه‌ای را کم می‌کند.

در هر صورت بازده پمپ حرارتی زمین گرمایی (GSHP) بیش از پمپ حرارتی هوا گرمایی می‌باشد، زیرا دمای هوا هم در روز و شب و هم در فصول مختلف تفاوت می‌کند ولی دمای زمین ثابت می‌باشد و در اوج گرما دمای زمین از دمای هوا خنک تر و در اوج سرما دمای زمین از دمای هوا گرمتر است، که این خود کمک شایانی به بهبود COP این سیستم‌ها نسبت به سیستم‌های منبع هوا می‌کند.

۲- معرفی پمپ‌های حرارتی زمین گرمایی

۲-۱- فناوری پمپ حرارتی زمین گرمایی

بر طبق نظر هندبوک انجمن مهندسين گرمایش سرمايش و تهويه مطبوع آمریکا (ASHRAE) پمپ‌های حرارتی زمین-گرمایی به سیستم‌هایی می‌گویند، که از زمین، آب‌های زیرزمینی و آب‌های سطحی به عنوان منبع گرما یا سرما استفاده کنند، که شامل پمپ حرارتی دوگانه زیرزمینی (GCHR) پمپ حرارتی آب‌های زیرزمینی گرمایی (GWHR) و پمپ حرارتی آب-های سطحی گرمایی (SWHR) می‌باشد.

۲-۲- منابع گرمایی

اجرای تکنیکی و اقتصادی یک پمپ حرارتی به خصوصیات منابع گرمایی بسیار وابسته می‌باشد. منبع گرمایی ایده آل برای پمپ‌های حرارتی منابعی هستند، که دما بالایی در فصول گرم دارند و در دسترس می‌باشند، به صورتی که نه از بین بروند (هدر روند) و نه ایجاد، آلودگی می‌کنند. علاوه بر این خاصیت گرمایی مساعدی دارند و استفاده از آنها کم هزینه باشد. در اکثر مواقع، در دسترس بودن منبع گرمایی یکی از مهمترین عوامل برای استفاده آنها می‌باشد. جدول (۱-۲) نمایش داده شده در ادامه بازه دمایی رایج ترین منابع گرمایی را ارائه می‌دهد.

جدول (۲-۱) - بازه دمایی منابع مختلف جهت استفاده در پمپ حرارتی

Heat source	Temperature Range (°C)
Ambient air	-۱۰ - ۱۵
Exhaust air	۱۵ - ۲۵
Ground water	۴ - ۱۰
Lake water	۰ - ۱۰
River water	۰ - ۱۰
Sea water	۳ - ۸
Rock	۰ - ۵
Ground	۰ - ۱۰
Waste water and effluent	>۱۰

دمای محیط و هوای خروجی، خاک و آب‌های زیرزمینی برای پمپ‌های حرارتی منابع گرمایی خوبی هستند، در صورتی که آب دریا / رودخانه / برکه، صخره و فاضلاب برای پمپ‌های حرارتی بزرگتر به کار برده می‌شوند. رایج ترین منبع گرمایی برای پمپ‌های حرارتی هوای محیط می‌باشد، که به طور میانگین ۱۵ تا ۳۰ درصد، SPF (متوسط ضریب عملکرد فصلی) پایین تری نسبت به پمپ‌های حرارتی با منبع آب دارا می‌باشند. آب‌های زیرزمینی نیز در بسیاری از نواحی با دمای $10-4^{\circ}\text{C}$ در دسترس می‌باشد. از سیستم‌های باز یا بسته برای استفاده از این منبع گرمایی می‌توان استفاده نمود. در سیستم‌های باز، آب زیرزمینی برداشته می‌شود و سپس انتقال حرارت صورت می‌گیرد و در پایان از طریق همان چاه یا یک چاه مجزا آب استفاده شده در سیستم تخلیه می‌شود.

سیستم‌های باز باید به گونه‌ای طراحی شوند، که از مشکلاتی نظیر یخ زدگی، زنگ زدگی و رسوب در امان بمانند. بزرگترین معضل پمپ‌های حرارتی زمین گرمایی هزینه بالای حفاری و نصب سیستم کویل می‌باشد. به علاوه شاید قوانین محلی الزامات سختگیرانه‌ای را در زمینه میزان آب مصرفی و امکان آلودگی خاک زمین را تحمیل کند.

از زمین نیز به عنوان منبع برای پمپ‌های حرارتی در ساختمان‌های مسکونی و تجاری استفاده می‌شود و منابع مشابه سیستم پمپ حرارتی با منبع آب‌های زیرزمینی را دارند. به طور مثال، آنها دمای سالیانه بالایی دارند و گرما به وسیله لوله‌های افقی یا عمودی که در زمین کار گذاشته می‌شود، انتقال می‌یابد. ظرفیت گرمایی خاک با میزان رطوبت و شرایط آب و هوایی تغییر می‌کند، با وجود انرژی گرمایی استخراج شده از خاک دمای خاک افت پیدا می‌کند. آب‌های رودخانه و برکه منبع گرمایی بسیار خوبی می‌باشند، ولی مشکل عمده آنها دمای پایین آنها در زمستان می‌باشد، که نیازمند دقت زیاد در حین طراحی برای جلوگیری از یخ زدگی اواپراتور می‌باشد. آب‌های دریا منبع گرمایی بسیار خوبی می‌باشند و عموماً (معمولاً) برای نصب پمپ‌های حرارتی متوسط و بزرگ استفاده می‌شوند. در عمق ۲۵-۵۰ متری دمای آب ثابت است (۵ °C تا ۸ °C) و در مورد یخ زدگی معمولاً مشکلی ندارند (نقطه یخ زدگی ۱ °C تا ۳ °C). مبدل گرمایی باید در برابر زنگ زدگی مقاوم باشد و پمپ‌ها و سوخت طبیعی در آب-های دریا کمتر استفاده شوند. فاضلاب‌ها دمای نسبتاً بالا و ثابت را در طول سال دارند و منبع گرمایی ایده آل برای سیستم پمپ حرارتی زمین گرمایی کارخانجات می‌باشند.

۲-۳- دمای زمین

به علت شار گرما بین زمین و کویل‌های پمپ حرارتی دانستن دمای زمین بسیار مهم می‌باشد و در عمق کمتر از ۲ فوت به شدت به دمای هوا وابسته است و با آن تغییر می‌کند. اما هرچه عمق بیشتر شود، این دامنه تغییرات کمتر می‌شود و در نهایت در عمق ۳۰ فوت دمای خاک ثابت می‌گردد.

۲-۴- خواص گرمایی زمین

خواص گرمایی زمین بیشترین تأثیر را در طراحی پمپ حرارتی دارد. ضریب هدایت (K)، ظرفیت گرمایی Cp و ضریب پخش حرارتی (α) می‌باشد، که توانایی زمین در هدایت انرژی گرمایی نسبت به ذخیره انرژی $\alpha = k_s / (\rho c_p)$ می‌باشد.

مهمترین اختلاف بین خاک و سنگ در این است، که سنگ‌ها ضریب هدایت و ضریب پخش حرارتی بالاتری نسبت به خاک دارند. در جداول (۲-۲) و (۲-۳) ضریب هدایت و ضریب پخش بعضی از سنگ‌ها و خاک‌ها آورده شده است.

جدول (۲-۲)- مشخصات انتقال حرارتی سنگ

Thermal Conductivity (k) - Btu/hr-°F-ft and Thermal Diffusivity (α) - ft²/day

Rock Type	% ¹ Occurance in Earth's Crust	k - All ² Ther. Con. Btu/h-ft-F	k - 80% ³ Ther. Con. Btu/h-ft-F	c _p Spec. Heat Btu/lb-F	ρ Density lb/ft ³	α (k/pc _p) Ther. Diff. ft ² /day
Igneous Rocks						
Granite (10% Quartz)	10.4	1.1-3.0	1.3-1.9	0.21	165	0.9-1.3
Granite (25% Quartz)			1.5-2.1			1.0-1.4
Amphibolite	42.8	1.1-2.7	1.5-2.2	0.12	175-195	
Andesite		0.8-2.8	0.9-1.4			
Basalt		1.2-1.4				
Gabbro (Cen. Plains)		0.9-1.6				
Gabbro (Rocky Mtns.)		1.2-2.1				
Diorites	11.2	1.2-1.9	1.2-1.7	0.22	180	0.7-1.0
Grandiorites		1.2-2.0		0.21	170	0.8-1.3
Sedimentary Rocks						
Claystone		1.1-1.7				
Dolomite		0.9-3.6	1.6-3.6	0.21	170-175	1.1-2.3
Limestone		0.8-3.6	1.4-2.2	0.22	150-175	1.0-1.4
Rock Salt		3.7		0.20	130-135	
Sandstone	1.7	1.2-2.0		0.24	160-170	0.7-1.2
Siltstone		0.8-1.4				
Wet Shale (25% Qtz.)	4.2	0.6-2.3	1.0-1.8	0.21	130-165	0.9-1.2
Wet Shale (No Qtz.)			0.6-0.9			0.5-0.6
Dry Shale (25% Qtz.)			0.8-1.4			0.7-1.0
Dry Shale (No Qtz.)			0.5-0.8			0.45-0.55
Metamorphic Rocks						
Gneiss	21.4	1.0-3.3	1.3-2.0	0.22	160-175	0.9-1.2
Marble	0.9	1.2-3.2	1.2-1.9	0.22	170	0.8-1.2
Quartzite		3.0-4.0		0.20	160	2.2-3.0
Schist	5.1	1.2-2.6	1.4-2.2		170-200	
Slate		0.9-1.5		0.22	170-175	0.6-0.9

¹ Percentage of sedimentary rocks is higher near the surface.

² "All" represents the conductivity range of all samples tested.

³ "80%" represents the mid-range for samples of rock.

جدول (۲-۳)- مشخصات انتقال حرارتی خاک و شن

Thermal Conductivity (k) - Btu/hr-°F-ft and Thermal Diffusivity (α) - ft²/day

Soil Type	Dry Density	5% Moist		10% Moist		15% Moist		20% Moist	
		k	α	k	α	k	α	k	α
Coarse 100% Sand	120 lb/ft ³	1.2-1.9	0.96-1.5	1.4-2.0	0.93-1.3	1.6-2.2	0.91-1.2	-	-
	100 lb/ft ³	0.8-1.4	0.77-1.3	1.2-1.5	0.96-1.2	1.3-1.6	0.89-1.1	1.4-1.7	0.84-1.0
	80 lb/ft ³	0.5-1.1	0.60-1.3	0.6-1.1	0.60-1.1	0.6-1.2	0.51-1.0	0.7-1.2	0.52-0.90
Fine Grain 100% Clay	120 lb/ft ³	0.6-0.8	0.48-0.64	0.6-0.8	0.4-0.53	0.8-1.1	0.46-0.63	-	-
	100 lb/ft ³	0.5-0.6	0.48-0.58	0.5-0.6	0.4-0.48	0.6-0.7	0.37-0.48	0.6-0.8	0.41-0.55
	80 lb/ft ³	0.3-0.5	0.36-0.6	0.35-0.5	0.35-0.5	0.4-0.55	0.34-0.47	0.4-0.6	0.30-0.45

Coarse grain = 0.075 to 5 mm - Fine Grain less than 0.075 mm

۵-۲- ملاحظات مربوط به ظرفیت پمپ حرارتی

با در نظر گرفتن بهینه سازی فنی - اقتصادی، پمپ حرارتی زمین گرمایی باید در اندازه‌ای انتخاب شود، تا بتواند ۶۰ تا ۷۰ درصد حداکثر بار مورد نیاز را تأمین نماید. حداکثر بار گرمایش که به ندرت در طول سال و در شرایط سخت آب و هوایی رخ می‌دهد، می‌تواند توسط یک دستگاه گرمایش کمکی برآورده شود. سیستمی که طبق این روش انتخاب می‌شود، در حقیقت حدود ۹۵ درصد از کل انرژی مورد استفاده برای گرمایش هوا و آب را تأمین می‌کند.

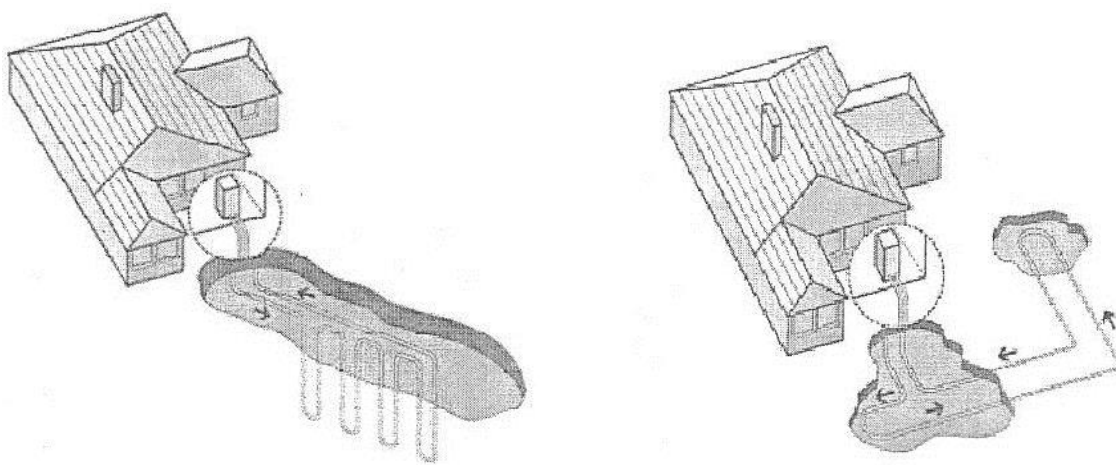
در پمپ‌های حرارتی، استفاده از کمپرسورهای دو سرعته می‌تواند مفید باشد. این سیستم‌ها می‌توانند تمام بار سرمایشی و تقریباً بیشتر بار گرمایشی را روی سرعت کم فراهم نمایند. سرعت زیاد فقط برای بارهای گرمایشی خیلی زیاد، لازم است. امروزه محدوده وسیعی از پمپ‌های حرارتی زمین گرمایی با توان‌های مختلف و همچنین با سیستم گرمایش آب، در دسترس می‌باشد.

۶-۲- سیستم‌های پمپ حرارتی زمینی با حلقه بسته

در سیستم‌های زمین گرمایی، پمپ حرارتی توسط سیستم کویل زمینی به زمین متصل می‌شود و بدین وسیله با زمین با آب-های موجود در زمین تبادل حرارتی انجام می‌دهد. بنابراین سیستم‌های پمپ حرارتی زمین گرمایی، به یک سیستم حلقه بسته (لوله کشی مدفون در خارج ساختمان)، برای دریافت و یا بیرون دادن حرارت به زمین، نیاز دارند. یک سیستم پمپ حرارتی زمین گرمایی با حلقه بسته، با استفاده از حلقه پیوسته‌ای از لوله‌های پلاستیکی مخصوص، که در زیر خاک قرار دارد، حرارت را از زمین می‌گیرد.

لوله کشی در دو آرایش اصلی عمودی و افقی انجام می‌گیرد، آرایش عمودی در شکل (۱-۲) بیشتر برای خانه‌های شهری مرسوم است، چون در آنجا فضای کمتری در دسترس می‌باشد. لوله‌ها بسته به شرایط خاک و اندازه سیستم، در چاله‌هایی به قطر ۱۵۰ میلیمتر (۶ in) در عمق ۱۸ تا ۶۰ متری (۶۰ تا ۲۰۰ ft) زمین قرار می‌گیرند. حدوداً ۸۰ تا ۱۱۰ متر (۲۷۰ تا ۳۵۰ ft) لوله کشی برای هر تن (۱۲۰۰۰ Btu/h یا ۳/۵ kw) از ظرفیت پمپ حرارتی، مورد نیاز است.

استفاده از آرایش افقی شکل (۱-۲)، بیشتر در مکان‌هایی با قابلیت دسترسی به فضای زیاد، متداول می‌باشد. لوله‌ها بسته به تعداد آنها در گودال‌هایی که به طور معمول ۱ تا ۱/۸ متر (۳ تا ۶ft) عمق دارند. قرار داده می‌شود معمولاً ۱۲۰ تا ۱۸۰ متر (۴۰۰ تا ۶۰۰ ft) لوله برای هر تن ظرفیت پمپ حرارتی، مورد نیاز است.



شکل (۱-۲) - آرایش عمودی و افقی سیستم حلقه بسته

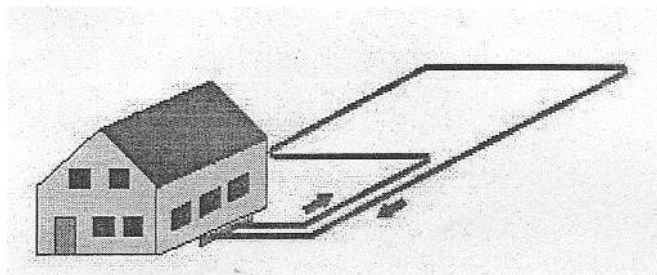
روش لوله گذاری دیگری که در فضاهای محدود، استفاده می‌شود، نوع ماریج است. در فضای محدود، گاهی از چهار یا شش لوله در هر گودال نیز استفاده می‌شود. جدا از آرایش انتخابی، با نصب مناسب، لوله‌ها می‌توانند در هر مکانی بین ۲۵ تا ۷۵ سال استفاده شوند.

حلقه‌های افقی و عمودی باید توسط پیمانکار کاردان نصب شود. لوله‌های پلاستیکی باید توسط جوش حرارتی به هم متصل گردند و تماس خوبی بین لوله‌ها و زمین برای داشتن انتقال حرارت مناسب، وجود داشته باشد.

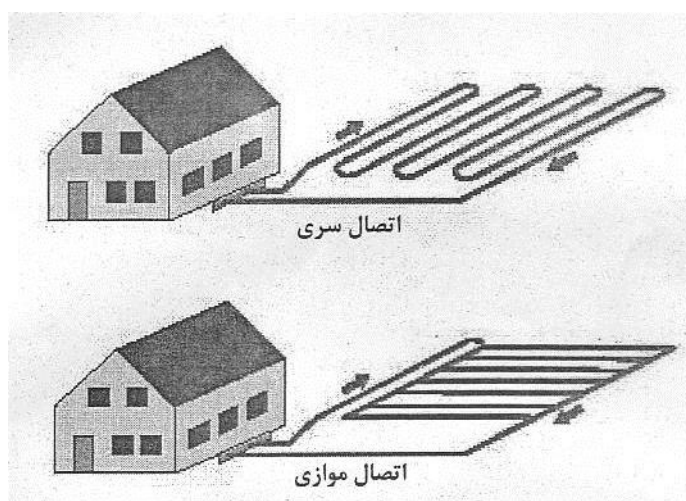
۲-۷ - انواع آرایش‌های سیستم‌های زمینی

ساده ترین نوع نصب سیستم بسته، آرایش افقی لوله‌ها در زیر زمین می‌باشد. البته این آرایش افقی خود می‌تواند به شکل‌های مختلف انجام گیرد. در نقاطی که دارای محدودیت کمتری در مورد سطح زمین است، آرایش لوله‌ها می‌تواند آزادانه طراحی شود. مثلاً یک خندق (trench) جلوی ساختمان حفر می‌گردد و لوله‌ها در یک ردیف در آن قرار داده می‌شوند، شکل

(۲-۲). در نقاطی که محدودیت فضا وجود دارد، لوله‌ها باید به طور متمرکز تری با آرایش‌های سری و موازی، قرار گیرند تا از سطح موجود بتوان، به نحو مناسب استفاده کرد، شکل (۲-۳).



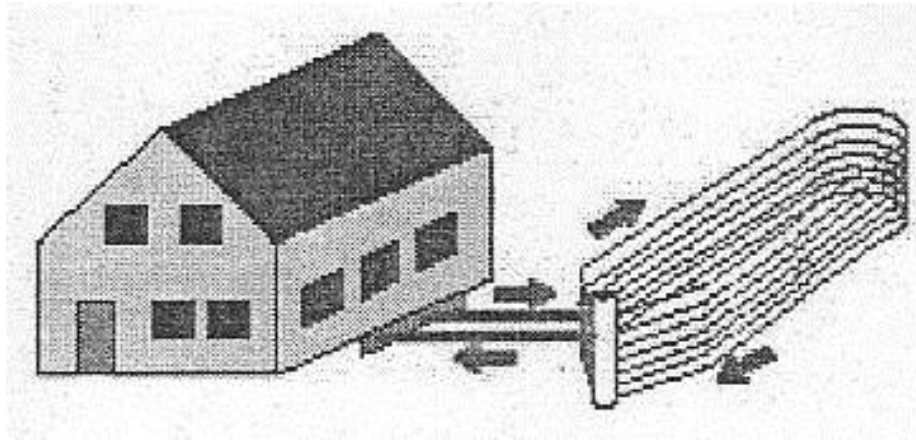
شکل (۲-۲) - آرایش افقی یک ردیفه



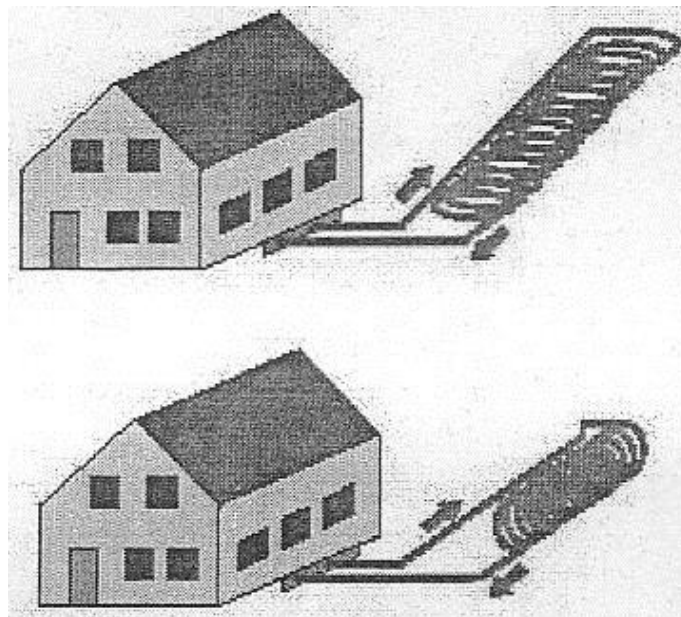
شکل (۲-۳) - آرایش افقی سری و موازی در سیستم حلقه بسته

آرایش‌های دیگری نیز با توجه به محدودیت سطح زمین در نظر گرفته می‌شود، که مجموعه مدارهای افقی به طور موازی روی هم قرار می‌گیرند. کلکتورهای ترانشه‌ای^۱ یکی از این نمونه‌ها می‌باشند، شکل (۲-۴). در این آرایش مساحت کمتری لازم است و تعدادی لوله با قطر کم در یک خندق مستطیلی با عمق کم و چند متر زیر زمین، در ردیف‌هایی، زیر هم قرار گرفته‌اند. نکته مهم آن است، که روی سطحی که لوله‌ها در زیر آن قرار گرفته‌اند، نباید توسط ساختمان و یا خودرو پوشانده شوند. نمونه دیگر آرایش که به صورت متمرکز می‌باشد، آرایش مارپیچ و یا شلنگی (slinky و spiral) می‌باشد، شکل (۲-۵).

^۱Trench Collector



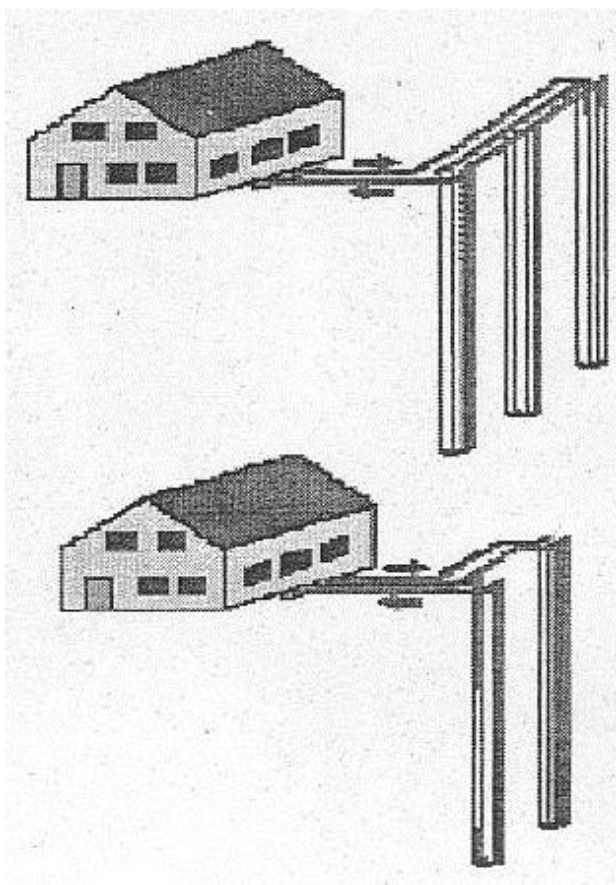
شکل (۲-۴) - آرایش افقی موازی روی هم



شکل (۲-۵) - آرایش افقی مارپیچ شلنگی

از آنجا که از عمق حدود ۲۰-۱۵ متر به پائین، دمای زمین تقریباً در تمام مدت سال ثابت می‌ماند، بنابراین سیستم‌های عمودی از پایداری دمای بیشتری برخوردار هستند.

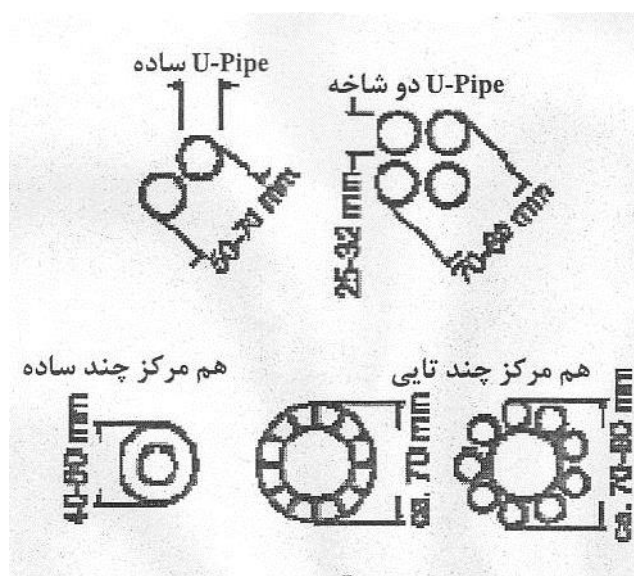
یکی از آرایش‌های اصلی عمودی به سیستم مبدل‌های حرارتی چاهی^۱ معروف است. در این آرایش، لوله‌های پلاستیکی (پلی اتیلن یا پلی بوتیلن) نصب می‌شود و سیستم لوله کشی می‌تواند به صورت چند راهه (manifold) نیز باشد. در شکل (۲-۶)، چند نمونه از آرایش‌های مختلف سیستم عمودی لوله‌های زیر زمینی نشان داده شده است. طرز قرارگیری لوله‌ها در آرایش عمودی به دو شکل عمده می‌تواند باشد.



شکل (۲-۶) - آرایش عمودی (Borehole heat exchanger)

۱-۷-۲ - لوله‌های U شکل (U-pipes)

این آرایش شامل یک جفت لوله مستقیم است، که در انتها، یک چرخش ۱۸۰ درجه ای دارد، شکل (۲-۷). یک، دو و یا سه لوله U شکل در یک چاه قرار می گیرد. مزیت U-pipe، ارزان بودن مواد لوله ها می باشد و به همین دلیل استفاده از لوله های U دو گانه، در چاه های زیر زمینی متداول شده است.



شکل (۲-۷) - مقطع آرایش های عمودی

۲-۷-۲- لوله های هم مرکز (Coaxial)

این آرایش به صورت دو لوله با قطرهای متفاوت است و می تواند در اشکال پیچیده تری نیز وجود داشته باشد. در شکل (۲-۷)، مقطع این آرایش به چشم می خورد.

یک پارامتر عمومی برای محاسبه عمق گودال، میزان دریافت حرارت در واحد طول مبدل، از زمین می باشد، که به صورت وات بر متر از طول گودال، بیان می شود. مقادیر عمومی آن بین ۴۰ تا ۷۰ وات بر متر است. البته ضریب هدایت خاک تعداد ساعت های استفاده شده از پمپ حرارتی در سال و تعداد گودال های اطراف می توانند در اندازه این پارامتر مؤثر باشند. با معلوم بودن ظرفیت سرمایش اواپراتور پمپ حرارتی، طول مورد نیاز برای گودال، طبق رابطه زیر محاسبه می شود:

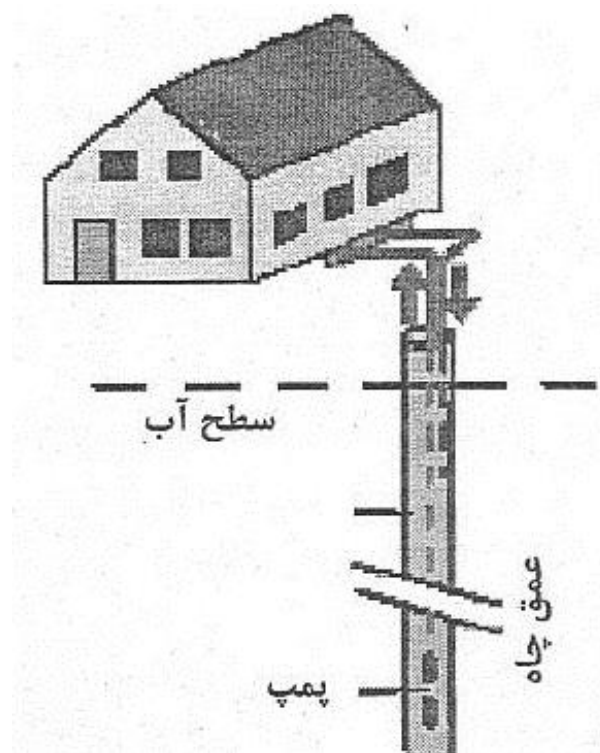
$$Length [m] = \frac{\text{حرارتی پمپ اواپراتور ظرفیت } [W]}{\text{نرخ دریافت حرارت در واحد طول مبدل } [W/m]}$$

برای تعداد زیادی از مجموعه‌های کوچک، اگر فاصله بین گودال‌ها نزدیک باشد، عمق آنها را باید بیشتر نمود. منبع حرارتی برای لوله‌های زیر زمینی در قسمت بالایی سطح، انرژی خورشید و در قسمت‌های پایینی سطح، شار حرارتی زمین به همراه اثر آب‌های زیرزمینی می‌باشد. البته اثر آب‌های زیرزمینی در بیشتر موارد نسبت به اثر زمین، زیاد نیست و پارامتر مهم، ضریب هدایت زمین می‌باشد.

سیستم‌های دیگری نیز وجود دارند که می‌توانند، در یکی از دسته‌های سیستم‌های باز و یا بسته قرار گیرند. یکی از این نمونه‌ها، چاه‌های عمیق عمودی هستند، که به آنها (Standing column well) می‌گویند، شکل (۸-۲).

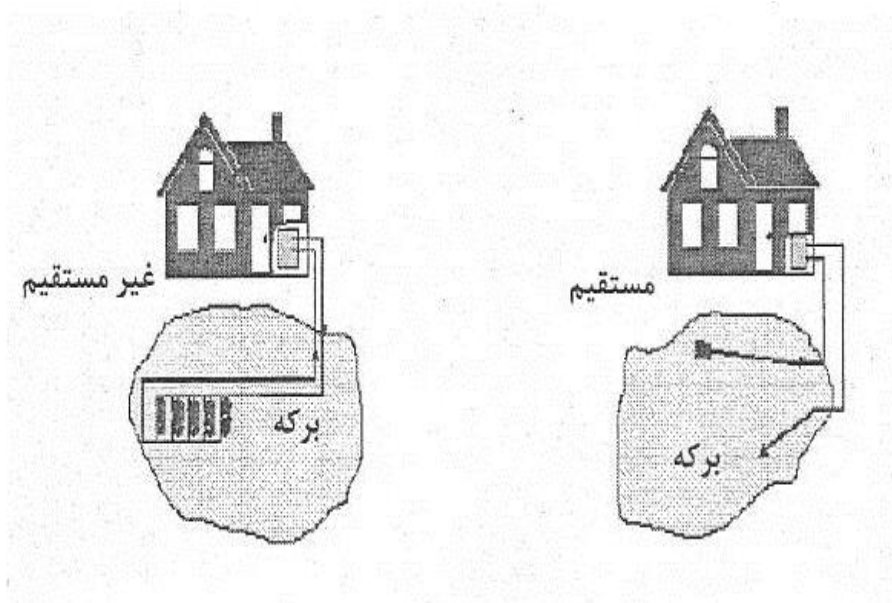
در این چاه‌ها، آب از ته چاه پمپ می‌شود و بعد از ترک پمپ حرارتی، بر روی اطراف چاه ریخته می‌شود. عمق این چاه‌ها باید به حدی باشد تا آب یخ نزند، این چاه‌ها بیش از چند صد متر عمق دارند و هزینه آنها زیاد می‌باشد و برای مجموعه‌های کوچک به صرف نمی‌باشد.

استفاده از آب‌های سطحی نیز یکی دیگر از منابع تأمین انرژی برای پمپ‌های حرارتی می‌باشند، شکل (۹-۲). نمونه‌های دیگر استفاده از آب‌های معدنی و تونل‌های آبی می‌باشد. این آب‌ها اگر در دسترس باشند، در تمام مدت سال دارای دمای یکسان هستند.



شکل (۲-۸) - آرایش چاه عمودی

(Standing column well)



شکل (۲-۹) - سیستم باز با آب‌های سطحی

۲-۸- تعمیر و نگهداری

نصب یک پمپ حرارتی زمینی نیز باید با نظارت یک کارشناس و مطابق استانداردها انجام گیرد. در این صورت طول عمر پمپ حرارتی زمین گرمایی حدود ۲۰ تا ۲۵ سال می‌باشد. این مدت از طول عمر پمپ حرارتی هوایی بیشتر است. زیرا به کمپرسور، تنش‌های حرارتی و مکانیکی کمتری وارد می‌شود و از اثرات محیط محافظت می‌شود. پمپ‌های حرارتی زمین-گرمایی به مراقبت نسبتاً کمتری نیاز دارند. سرویس و تعمیر لازم باید توسط یک پیمانکار ماهر، تقریباً یک بار در سال انجام شود، مانند پمپ‌های حرارتی هوایی، تعمیر و نگهداری فیلتر و کویل، اثر مهمی روی عملکرد سیستم و عمر دستگاه دارد. در سیستم‌های باز ممکن است، رسوبات معدنی در داخل مبدل‌های حرارتی و پمپ حرارتی حاصل شود، بنابراین باید به طور منظم، این امر بازرسی شده و توسط یک محلول اسیدی ضعیف، تمیز گردد. در سیستم‌های بسته پمپ‌های حرارتی زمینی، به تعمیر و نگهداری کمی نیاز است، چون خوب آب بندی شده اند و رسوبات معدنی و فلزی کمتر در آنها نفوذ می‌کنند.

۹-۲- اتصالات موازی و سری

اگر بیش از یک حلقه افقی یا یک ردیف لوله عمودی وجود داشته باشد، می‌توان از سیستم سری (با یک شاخه) یا موازی (سیال می‌تواند به دو یا چند بخش تقسیم شده برود) استفاده کرد.

سیستم سری به قطر لوله‌های بزرگتر و حجم بیشتر سیال نسبت به موازی نیاز دارد. بیشتر حلقه‌های افقی از سیستم موازی استفاده می‌کنند، تا مصرف انرژی جهت پمپاژ سیال را کاهش دهند. اگرچه در سیستم موازی به مقدار لوله بیشتری نیاز می‌باشد، اما سایز لوله‌ها کوچکتر شده و در نتیجه هزینه تمام شده کاهش می‌یابد، به همین جهت هزینه کلی لوله کشی سیستم موازی اندکی کمتر از سیستم سری می‌باشد.

۱۰-۲- مواد

جنس لوله‌های به کار رفته شده به انرژی پمپاژ، هزینه نگهداری، عملکرد پمپ حرارتی و شدت کار پمپ حرارتی در نظر گرفته شده بستگی دارد.

با توجه به این مطالب می‌توان نتیجه گرفت، که سایز لوله‌ها و مقاومت لوله‌ها و مواد لوله‌ها باید مناسب با عملکرد سیستم باشد. سیستم‌های گردش غیرمستقیم از لوله‌های ترموپلاستیک استفاده می‌کنند، البته مس نیز می‌تواند استفاده گردد، اما به علت اینکه قیمت آن از تمام لوله‌های ترموپلاستیک بیشتر است، اقتصادی نیست، اما طول لوله‌ها کمتر می‌شود و هزینه پمپاژ کم می‌گردد.

بیشترین لوله‌هایی که استفاده می‌گردد لوله‌های پلی اتیلن می‌باشند. این لوله‌ها بسیار انعطاف پذیر می‌باشد و با جوش گرمائی به هم متصل می‌شوند. لوله‌های PVC برای مبدل حرارتی که در زیر خاک مدفون شده مورد استفاده قرار نمی‌گیرد، زیرا تحمل فشار ناشی از انبساط و یا زلزله را ندارد.

سایز لوله‌ها باید به اندازه کافی بزرگ باشد، تا قدرت پمپاژ را پایین نگه دارد و به اندازه کافی کوچک باشد، به منظور تأمین جریان مغشوش، تا انتقال حرارت بهتری بین سیال و دیواره لوله صورت گیرد.

به این ترتیب قطر لوله بین ۲۰۰۰ تا ۴۰۰۰ مطلوب است. لوله‌های بزرگتر گران‌تر هستند و به سیال بیشتری نیاز دارند و حمل و نصب آنها مشکل می‌باشد. در این سیستم‌ها اگر لوله‌ها به درستی نصب شوند، تا مدت زمانی طولانی نیازی به رسیدگی ندارند (بعضی از شرکت‌های آمریکائی تا ۵۰ سال لوله‌های خود را گارانتی کرده اند).

۱۱-۲- نصب

اگر زمین از جنس خاک یا سنگ سخت و مقاوم باشد، باید از کلکتور افقی استفاده کرد. اکثر بلدزرها و کچ بیل‌ها تا عمق ۱ الی ۱/۵ متری را به خوبی حفر می‌کنند. برای اندازه‌های بزرگتر در اروپا کامیون‌هایی وجود دارند همراه با نوعی خیش، که از آن برای حفر زمین استفاده می‌شود. اما اگر خاک نرم باشد، بهتر است، از مبدل حرارتی عمودی استفاده کرد. برای ایجاد سوراخ‌های کم عمق در سنگ‌های سخت استفاده از دریل‌های روتاری متداول گزینه خوبی نیست، زیرا این دریل‌ها بسیار کند هستند. یک روش ساده استفاده از تراکتور می‌باشد، که مته را به آن وصل کرده اند. جاسازی مبدل حرارتی عمودی در گودال‌های باریک پیچیده می‌باشد و معمولاً از لوله‌های پلاستیکی شکل استفاده می‌کنند و قبل از نصب، این لوله‌ها را از سیال پر می‌کنند، تا به وسیله وزن خودشان سنگین شوند و به داخل گودال فرو روند. یک شرکت سوئیسی راهکار جدیدی برای نصب لوله‌های جفتی U شکل ارائه کرده است، که در آن از میله‌های فولادی قابل حرکت و برداشت استفاده کرده تا مبدل حرارتی را درون زمین جا دهند. ارتباط حرارتی خوب بین زمین و مبدل و همچنین دقت در خاکریزی روی مبدل بعد از قرار گرفتن در خاک نقش بسیار مهمی در عملکرد کلکتورهای افقی و عمودی دارد. برای مبدل‌های افقی توصیه می‌شود، که تقریباً ۱۵۰ میلی‌متر ماسه روی لوله‌ها ریخته شود و سپس خاک اصلی را روی ماسه‌ها بریزند. برای مدل ماریپیچ، تمام سطح روی کلکتور باید به دقت و به خوبی با ماسه پوشیده شود.

۱۲-۲- جریان

در صورتی که مبردی درون کویل زمینی و همین طور پمپ حرارتی در جریان باشد، این کویل زمینی از نوع جریان مستقیم می‌باشد. ولی اگر سیالی که در کویل زمینی در جریان است، با مبردی که در پمپ حرارتی در جریان است، متفاوت باشد و از طریق یک مبدل این دو سیال با هم انتقال حرارت داشته باشند، این سیستم از نوع جریان غیر مستقیم می‌باشد. امروزه سیستم غیرمستقیم بیشتر استفاده می‌شود.

سیستم مستقیم به طور ذاتی دارای بازده بیشتر است، زیرا در آن مبدل حرارتی دوم و پمپ سیرکولاسیون وجود ندارد که باعث کاهش بازده شود، اما سیستم مستقیم در طراحی و نصب دارای مشکلاتی می‌باشد (از جمله استارت کمپرسور، برگشت روغن، شارژ مبرد). اخیراً قیمت مبردها و مشکلات آنها (به عنوان مثال مبرد در درون پیچ و خم‌های کویل زمینی محبوس شده و به کمپرسور مبرد کافی نرسیده و در نتیجه فشار مبرد کم شده و کمپرسور خاموش می‌گردد) باعث شده تا مبدل‌های DX دیگر صرفه اقتصادی نداشته باشند. اخیراً توسعه و ایجاد تجهیزات جدید باعث حرکت به سمت جلو شده در زمینه این سیستم‌ها شده است. مرکز آزمایشات کانادا با یک سری آزمایشات به این نتیجه رسیده است، که در مورد کلکتورهای افقی می‌توان با راهکارهایی سطح مورد نیاز را به نصف تقلیل داد.

۱۳-۲- تئوری پمپ‌های حرارتی

پمپ‌های حرارتی تجهیزاتی هستند، که دارای دو مبدل حرارتی می‌باشند، که گرما را از محیط سرد به محیط گرم با انجام کار منتقل می‌کنند، در حالی که در طبیعت به خودی خود عکس این عمل اتفاق می‌افتد. برای داشتن مقیاسی از کارکرد مطلوب پمپ‌های حرارتی از عددی به نام COP استفاده می‌شود، که هرچه پمپ حرارتی COP بالاتری داشته باشد، این سیستم‌ها پمپ‌های حرارتی بهتر و مفیدتری هستند.

۱۴-۲- سیکل پمپ حرارتی

سیکل پایه یک پمپ حرارتی همانند یک سیکل تبرید شامل دو مبدل حرارتی اواپراتور و کندانسور، یک کمپرسور و یک شیر انبساطی می‌باشد. در این سیکل بخار مبرد وارد کمپرسور شده و با کار کمپرسور فشار آن افزایش می‌یابد، سپس گاز وارد کندانسور می‌شود و در آنجا با هوای داخل خانه، انتقال حرارت انجام می‌دهد و گرمای Q_c را به خانه می‌دهد و تبدیل به مایع

مبرد پرفشار می‌شود. از آنجا راهی شیر انبساط می‌گردد، در ورود به شیر انبساط فشار گاز کم می‌شود و به صورت مایع/ بخار کم فشار در می‌آید، سپس این سیال وارد اوپراتور شده و در آنجا گرمای Q_C را از خاک، آب یا هوا (منبع مبرد پمپ حرارتی) می‌گیرد و تبدیل به بخار کم فشار می‌گردد. از آنجا راهی کمپرسور می‌شود و مجدداً سیکل ادامه پیدا می‌کند. به لوله خروجی کمپرسور لوله رانش و به لوله ورودی آن لوله مکش گویند. لوله‌ها حفاصل بین کندانسور و شیر انبساط را لوله‌های مایع گویند. اگر سیکل ایده آل فرض شود، بر طبق قانون بقای انرژی رابطه زیر به دست می‌آید:

$$Q_C = W + Q_e$$

یک قاعده معمول این است، که COP به ازای هر یک درجه سانتیگراد که دمای اوپراتور افزایش یا دمای کندانسور کاهش می‌یابد، به اندازه ۲ تا ۴ درصد افزایش می‌یابد. همانند تمام چرخه‌های موجود که دارای یک سیکل ایده آل هستند، سیکل تبرید تراکمی بخار نیز دارای یک سیکل ایده آل است. در این سیکل بخار مبرد به صورت بخار اشباع وارد کمپرسور می‌شود و به صورت ایزنتروپیک فشار گاز افزایش می‌یابد. دمای مبرد طی این فرآیند تراکم آنتروپی ثابت به حد کافی به دمای بالاتر از محیط اطراف افزایش می‌یابد. مبرد سپس به صورت بخار مافوق گرم وارد کندانسور می‌شود و در نتیجه دادن حرارت به محیط اطراف به صورت مایع اشباع کندانسور را ترک می‌کند. مبرد به صورت مایع اشباع در این حالت با عبور از یک شیر انبساط یا لوله موئین دچار افت فشار می‌شود. فشار مبرد کاهش می‌یابد و دمای مبرد طی این فرآیند به زیر دمای منبع سرد افت می‌کند و مبرد به صورت یک مخلوط اشباع با کیفیت پائین وارد اوپراتور می‌شود سپس با جذب حرارت از فضای منبع سرد کاملاً تبخیر می‌شود. مبرد اوپراتور را به صورت بخار اشباع ترک می‌کند و با وارد شدن به کمپرسور چرخه را تکمیل می‌نماید. تمام چهار قسمت مربوط به چرخه تبرید تراکمی بخار جریان پایدار می‌باشند، لذا در هر چهار فرآیندی که چرخه را تشکیل می‌دهند، عبارات کار و حرارت معمولاً کوچک می‌باشند. با توجه به این موضوع، می‌توان از آنها صرف نظر کرد. پس معادله انرژی جریان یکنواخت بر مبنای واحد جرم به این صورت خلاصه می‌شود:

$$q - w = h_e - h_i$$

در کندانسور و اوپراتور هیچ نوع کاری انجام نمی‌شود و کمپرسور را می‌توان تقریباً آدیاباتیک در نظر گرفت. در نتیجه

COP پمپ‌های حرارتی که بر اساس چرخه تبرید تراکمی بخار کار می‌کنند، به صورت زیر بیان می‌گردند:

$$COP_{HP} = \frac{Q_H}{W_{netin}} = \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_1} = \frac{T_h}{T_L}$$

$$\text{COP}_R = \frac{QL}{W_{netin}} = \frac{Th}{Th - TL}$$

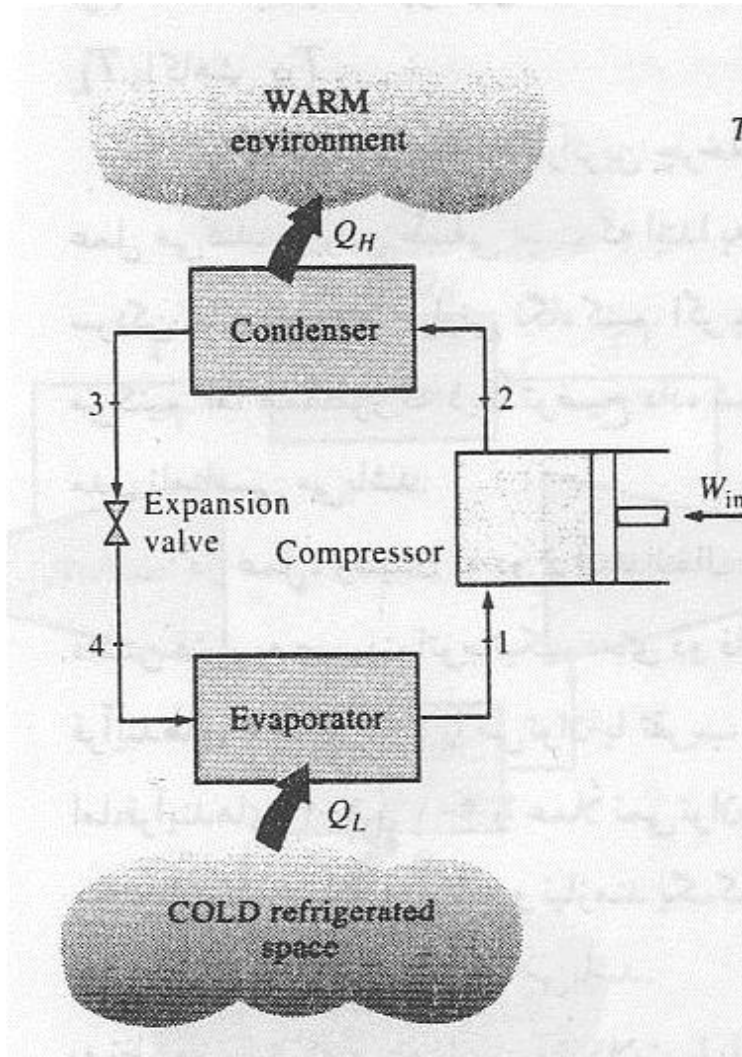
با مقایسه دو رابطه، معادله زیر بدست می‌آید:

$$\text{COP}_{HP} = \text{COP}_R + 1$$

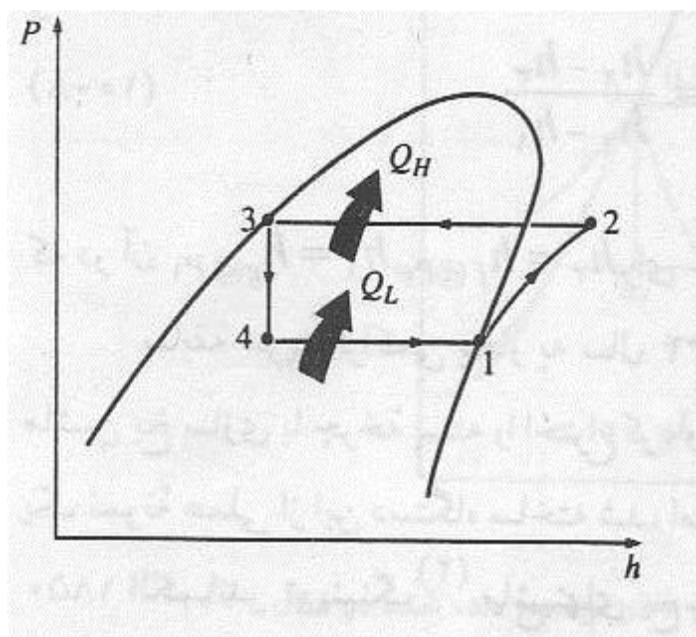
از آنجا که COP_R همیشه یک عدد مثبت است، عبارت زیر حاصل می‌شود:

$$\text{COP}_H > 1$$

به عبارت دیگر یک پمپ حرارتی در بدترین شرایط همان مقدار انرژی که مصرف می‌کند را به خانه می‌دهد و همانند یک گرم‌کن مقاومتی عمل می‌کند. این در حالی است، که در سیستم‌های مشعلی و . . . حداکثر می‌توان همان مقدار انرژی را که مصرف می‌شود، به خانه انتقال داد، که این هم با توجه به اتلاف در لوله‌ها غیر ممکن می‌باشد. در هر صورت در هر پمپ حرارتی بخشی از Q_H در بیرون از خانه در حین عبور از لوله‌ها و وسایل دیگر تلف می‌شود، تنها در این صورت ممکن است که COP پمپ حرارتی کمتر از یک گردد.



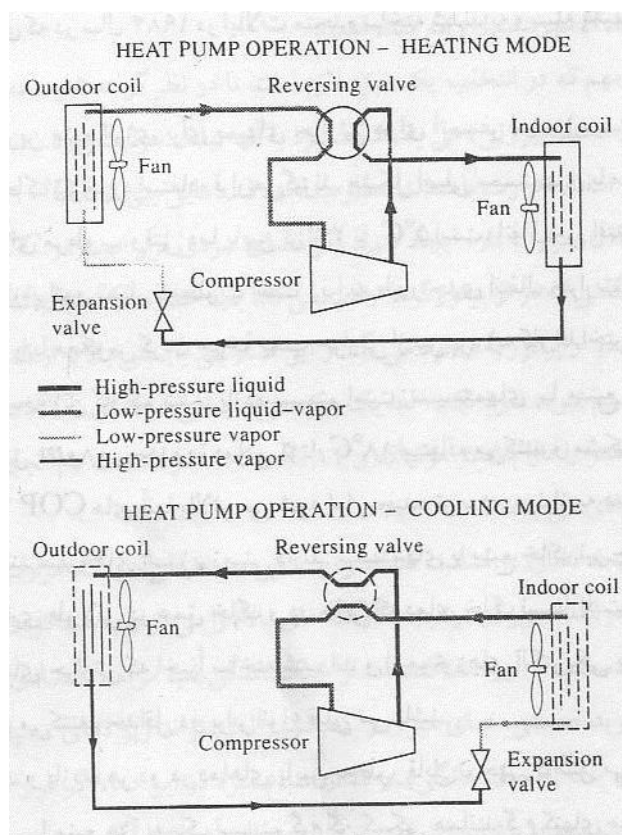
شکل (۱۰-۲) - نمایی از شکل مربوط به چرخه ایده ال پمپ حرارتی



شکل (۱۱-۲) - نمودار P-h برای یک چرخه ایده ال پمپ حرارتی

۲-۱۵- پمپ‌های حرارتی و دستگاه‌های تهویه مطبوع

پمپ‌های حرارتی و دستگاه‌های تهویه مطبوع اجزاء مکانیکی یکسانی دارند. بنابراین از لحاظ اقتصادی به صرفه نیست، که دو سیستم جداگانه برای گرم و سرد کردن یک ساختمان یا خانه وجود داشته باشد. یک سیستم می‌تواند به عنوان یک پمپ حرارتی در زمستان و یک دستگاه تهویه مطبوع در تابستان عمل کند، این کار را می‌توان با اضافه کردن یک شیر معکوس شونده به چرخه انجام داد. در نتیجه این اصلاح کندانسور پمپ حرارتی (که در داخل قرار دارد) در تابستان به عنوان اواپراتور دستگاه تهویه مطبوع عمل می‌کند، همچنین اواپراتور پمپ حرارتی (که در خارج از ساختمان است) به عنوان کندانسور دستگاه تهویه مطبوع عمل می‌کند.



شکل (۱۲-۲) - شمایی از یک پمپ حرارتی

(پمپ حرارتی برای گرم کردن یک خانه در زمستان و سرد کردن آن در تابستان به کار برده می‌شود.)

۱۶-۲-کمپرسور

مهمترین قسمت تجهیزات سیکل پمپ حرارتی کمپرسور می‌باشد. کمپرسور پرتحرکترین قسمت این سیکل می‌باشد. در گذشته اکثراً برای پمپ‌های حرارتی کمپرسور مناسبی انتخاب نمی‌کردند و در اکثر موارد کمپرسور از حرکت می‌ایستاد و حتی خراب می‌شد. در پمپ‌های حرارتی جدید طول عمر کمپرسورها را حدود ۱۵ الی ۲۰ سال در نظر می‌گیرند. به طور کلی کمپرسورها باید اختلاف فشار نسبتاً زیادی با نرخ جریان متوسط را تأمین کنند، که برای این منظور کمپرسورهای رفت و برگشتی جابجائی مثبت دارای بیشترین کاربرد هستند. قابلیت و قیمت کم برای انتخاب کمپرسور مهم هستند. در این کمپرسورها موتور با گردش روغن خنک می‌شود، اما باید روغن و مواد جاذب و مبرد با یکدیگر سازگار باشند. در این سیستم‌ها کمپرسورهای روتاری (برای کوچکترین سیستم‌ها) اسکرو اسکرال هم استفاده می‌شوند. اخیراً کمپرسورهای اسکرال در ساختمان‌های تجاری بیشتر استفاده می‌شوند و دارای عملکرد بهتری نسبت به کمپرسورهای رفت و برگشتی در درجه دماهای کم می‌باشند. بازه نرمال کمپرسورهای پمپ‌های حرارتی بین ۶۰٪ تا ۸۰٪ می‌باشد. همچنین در این کمپرسورها باید صدا و

ارتعاش نیز حداقل باشد، تقریباً اکثر سیستم‌های حلقه بسته زمین گرمایی از یک کمپرسور تک سرعت استفاده می‌کنند، اما اخیراً کمپرسور دو سرعت نیز رایج شده است. بعضی از سیستم‌ها از دو کمپرسور استفاده می‌کنند (یک سوم بار روی یکی و دوسوم بار روی دیگری) تا راندمان بهتری را تأمین کنند.

۱۷-۲-مبدل‌ها

مبدل‌ها هم جزء بسیار مهم پمپ‌های حرارتی می‌باشند، اختلاف درجه دمایی آنها تأثیر زیادی بر بازده دارد. مبدل بزرگتر باعث افزایش انتقال حرارت می‌شود، اما هزینه مبدل را نیز بالا می‌برد. بنابراین ابعاد مبدل‌ها به گونه ای انتخاب می‌شود، که از مرز اقتصادی بودن رد نشود.

به طور عمومی برای انتقال حرارت بین مبرد و هوا از جریان اجباری و پره استفاده می‌کنند و برای انتقال حرارت بین مبرد و مایع از مبدل پوست و لوله استفاده می‌کنند. به تازگی برای سیستم‌های کوچک و متوسط و جهت انتقال حرارت بین مبرد و مایع از مبدل صفحه‌ای استفاده می‌کنند. جنس مبدل باید به گونه ای باشد، که خطر خوردگی در طرف مبرد یا زنگ زدگی نداشته باشد.

۱۸-۲-دیفراست

یکی از مشکلات رایج در مورد پمپ‌های حرارتی برفک زدن اواپراتور این سیستم‌ها می‌باشد. با برفک زدن لوله‌های اواپراتور انتقال حرارت این لوله‌ها به شدت افت می‌کند و عملاً سیستم از کار می‌افتد. جهت رفع این مشکل در پمپ‌های حرارتی چند روش استفاده می‌شود.

اولین روش این است، که برای مدتی کوتاه سیکل برعکس می‌شود و اواپراتور برفک زده قبلی به کندانسور جدید مبدل می‌گردد، که به این وسیله برفک‌ها آب می‌گردد. اما در اینجا مشکلی وجود دارد و آن این است، که کندانسور قبلی نیز به اواپراتور جدید تبدیل و در نتیجه در فصل زمستان گرما از داخل ساختمان گرفته می‌شود، که این مطلوب ما نیست. برای رفع این مشکل در داخل ساختمان و در خروجی فن‌ها چند المنت مقاوم می‌گذارند، این المنت‌ها با گرم شدن خود جریان هوایی عبوری را گرم می‌کنند. روش دوم این است، که المنت‌های مقاومتری را در بین پره‌های اواپراتور قرار می‌دهند، به این ترتیب از

برفک زدن جلوگیری می‌کنند و این المنت‌ها در مدت زمان کوتاهی به صورت دوره‌ای شروع به کار می‌کنند (به عنوان مثال در هر ۱ ساعت ۵ دقیقه کار می‌کنند).

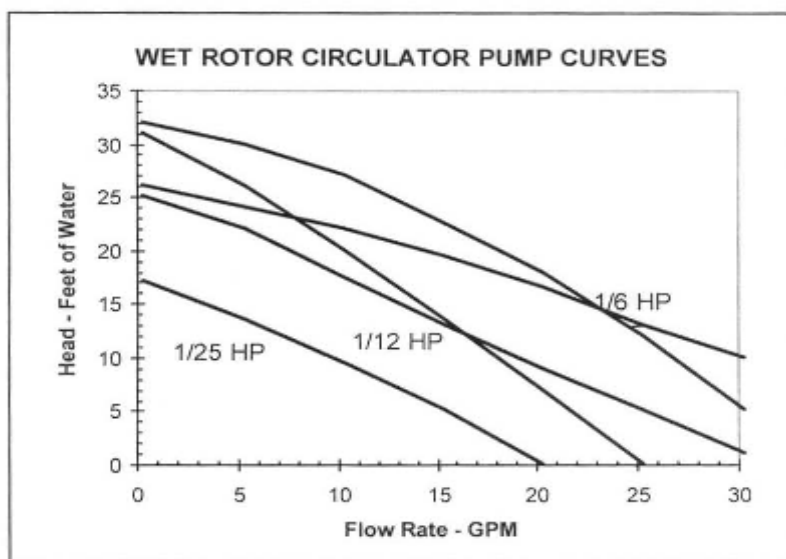
روش سوم مختص کمپرسورهای گازی بوده و بدین صورت است، که گازهای خروجی کمپرسور را به وسیله دودکش به روی اواپراتور منتقل می‌کنند. این امر دو مزیت دارد. مزیت اول این است، که با کاهش اختلاف دمای بین اواپراتور کندانسور، کار کمپرسور کمتر می‌شود و در نتیجه COP افزایش می‌یابد. در واقع با این عمل، اختلاف دما کاهش یابد. دومین فایده نیز این است، که به علت دمای بالای گازهای خروجی کمپرسور، دیگر امکان برفک زدن بر روی اواپراتور صفر می‌گردد.

۱۹-۲- سایز لوله‌ها و پمپ‌های ضد یخ

در گذشته طراحان، پمپ‌ها را بر اساس معیار مشخصی انتخاب نمی‌کردند. در تمام موارد پمپ‌ها را بسیار بزرگ می‌گرفتند، که این خود باعث کاهش شدید بازده می‌گردید. در جدول (۲-۴) اطلاعات مورد نیاز جهت انتخاب سایز پمپ و لوله ارائه گردیده است، تا مبرد کافی با کمترین مقدار هزینه پمپاژ شود.

شکل (۲-۱۳) منحنی‌های کار پمپ‌های گراندفوسی را نشان می‌دهد و با توجه به مشخصه‌های عملکردی، پمپ مورد نظر با استفاده از این منحنی‌ها انتخاب می‌شود.

در جدول (۲-۵) نیز مقدار درصد ضد یخ را در پمپ حرارتی زمین گرمایی مشخص می‌کند، که به دمای زمین بستگی دارد.



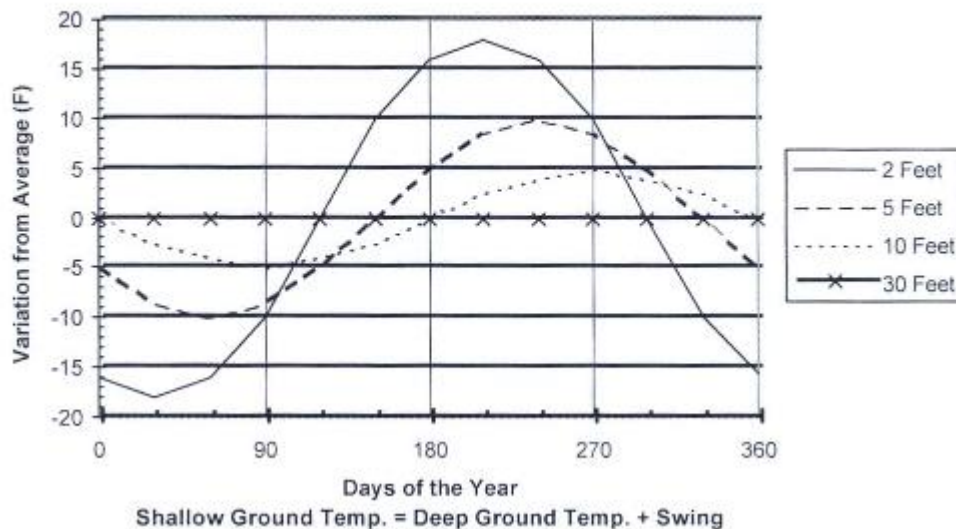
شکل (۲-۱۳) - منحنی عملکرد پمپ‌ها

جدول (۲-۴) - سایز لوله‌ها و پمپ‌های مورد استفاده در پمپ‌های حرارتی زمین گرمایی

	Nominal Heat Pump Capacity (Tons)				
	2	3	4	5	6
Coil Type	Required Flow Rate In GPM				
	5-6	7 - 9	10-12	12-15	15-18
Trench Ft.	Number of Parallel Loops				
	3-4	4-6	6-9	8-10	8-10
Slinky (10 pitch)	3-4	4-6	6-9	8-10	8-10
6-Pipe	3-4	4-6	6-9	8-10	8-10
4-Pipe	2-3	4-6	5-8	6-9	6-10
2-Pipe	2-4	3-5	4-6	5-8	6-10
Vert.-3/4" PE	2-3	3-5	4-6	5-8	6-10
Vert.-1" PE	2-3	2-4	3-5	4-6	4-6
Vert.-1-1/4" PE	1-2	1-2	2-3	2-3	2-4
Trench Ft.	Header Diameter HDPE, DR 11 Pipe				
	Less 100'	1 1/4"	1 1/4"	1 1/4"	1 1/2"
100-200'	1 1/4"	1 1/4"	1 1/2"	1 1/2"	1 1/2" - 2"
	Number & Size Of Pumps Required				
	1-1/12 hp	1 - 1/6 hp	1-1/6 hp (1 1/2" hdrs.) 2-1/12 hp (1 1/4" hdrs.)	2 -1/6 hp	2 -1/6 hp

Pipe sizing assumes 20% antifreeze solutions and heat pump water coil head loss \leq 12 ft.

Annual Ground Temperature Swing (F)



شکل (۲-۱۴) - تغییرات دمایی خاک زمین در اعماق مختلف در طول سال

جدول (۲-۵) - مقدار درصد ضد یخ در پمپ حرارتی زمین گرمایی

Recommended % Volume of Ethylene Solutions

Coil Type	Pitch Ft. pipe/Ft.trench	% by Volume 60 to 63°F Ground	% by Volume 52 to 59°F Ground	% by Volume 44 to 51°F Ground
Slinky	10	10	15	20
6-Pipe or Eqv. Slinky	6	10	15	20
2-Pipe	2	10	15	20
Vertical (3/4" Pipe)	2	0	10	20
Vertical (1 1/4" Pipe)	2	0	10	20

Warning more antifreeze will be required if loops are shorter than those recommended in Tables 1 and 2.

۳- بررسی توسعه فناوری کشورهای مختلف

در این بخش با توجه به اهداف در نظر گرفته شده در طرح "نقشه راهبری انرژی زمین گرمایی" برنامه‌های کشورها و سازمان‌های مختلف در زمینه توسعه فناوری‌های مربوط به پمپ‌های حرارتی مورد بررسی قرار گرفت، که در نتیجه ۲ کشور کانادا و آمریکا و همچنین اتحادیه اروپا جهت مطالعات جامع‌تر انتخاب شدند. در ادامه به بررسی هریک از موارد ذکر شده، پرداخته می‌شود.

۳-۱- نقشه راه توسعه فناوری کشور کانادا

با توجه به مطالب ارائه شده در این نقشه راه، که توسط CGC در مارس ۲۰۱۲ ارائه شده است، پروپوزال این پروژه در کنفرانس سالانه CGC در نوامبر ۲۰۱۰ مورد بحث و بررسی قرار گرفت. فاز مقدماتی این پروژه در ژانویه ۲۰۱۱ با هدف مشخص کردن جزئیات هزینه نقشه راه مورد نظر آغاز شد. اولین جلسه کمیته راهبری نیز در مارس ۲۰۱۱ برگزار شد، که در آن محدوده کاری این نقشه راه به ۵ بخش زیر شامل نقاط ضعف و قدرت، تهدیدها و موقعیت‌ها تقسیم شده است:

- تکنولوژی و تحقیق و توسعه
- آموزش و ظرفیت سازی
- بازاریابی
- آنالیز بازار
- سیاست گذاری و قانون گذاری

در آوریل ۲۰۱۱ دومین کارگاه کمیته راهبری با هدف بررسی سناریوها و چشم‌اندازهای مختلف تشکیل شد و در ژوئن و ژوئیه همان سال کارگاه‌های مختلفی در ایالت‌های مختلف با حضور سرمایه‌گذاران و صنعتگران مرتبط برگزار گردید. در اوت و اکتبر ۲۰۱۱ سه کارگروه تکنولوژی، آموزش و بازاریابی با حضور ذینفعان تشکیل و فرمت اولیه نقشه راه در این کارگروه‌ها تهیه شد و مورد تأیید قرار گرفت. از نوامبر ۲۰۱۱ تا مارس ۲۰۱۳ نیز فرمت نهایی نقشه راه تهیه شد و انتشار یافت.

در این نقشه راه پمپ‌های حرارتی زمین گرمایی به عنوان بهترین راه‌حل و ابزار به منظور سرمایه‌گذاری و گرمایش در سال ۲۰۲۰ شناخته و معرفی شدند. در همین راستا فعالیت‌هایی در چندین حوزه کاری جهت توسعه فناوری تعریف شد. در این گزارش با توجه به شرح خدمات خواسته شده، به فعالیت‌های مربوط به پیشرفت تکنولوژی پرداخته می‌شود.

۳-۱-۱- اجزای پمپ‌های حرارتی

مبحث مربوط به اجزای پمپ‌های حرارتی، محدوده‌ای است که سرمایه‌گذاری در زمینه تحقیقات در آن برای افزایش راندمان و کاهش هزینه‌ها بسیار مفید و مؤثر می‌باشد. بسیاری بر این باور می‌باشند که صنعت پمپ حرارتی زمین گرمایی در آمریکای شمالی برای تأثیرگذاری بر سازندگان اجزای مختلف پمپ‌های حرارتی جهت تطبیق تولیداتشان برای کاربرد زمین گرمایی بسیار کوچک می‌باشد. با این حال، شرکت کنندگان نقشه راه به این نتیجه رسیدند که تولید تجهیزات مشخصی همچون کمپرسور به صورت خاص برای استفاده در کاربرد زمین گرمایی بسیار ضروری به نظر می‌رسند. همچنین می‌بایست، روش‌هایی را جهت استفاده هیبریدی از این سیستم‌ها با سیستم‌های دیگری همچون خورشیدی به منظور افزایش ضریب عملکرد آن توسعه داد. لوله‌ها و مبدل‌های حرارتی در زمین نیز یکی دیگر از اجزایی است، که نتایج حاصل از فعالیت‌های اخیر تحقیق و توسعه در آن بسیار امیدوارکننده بوده است، به طوری که سازندگان این تجهیزات در کانادا اخیراً موفق به تولید لوله‌هایی شده‌اند، که سبکتر، مقاومتر و از نظر خواص انتقال حرارت بهتر می‌باشند. استفاده از فناوری نانو در این زمینه می‌تواند، موضوعات تحقیقاتی جدیدی در این زمینه ایجاد کند. یکی دیگر از مواردی که بسیاری از ذینفعان این صنعت را درگیر نموده است، استفاده از سیال‌های کاری سازگار با محیط زیست می‌باشد، که این امر با عملکرد این سیستم‌ها در تناقض است. تحقیقات جدید در کانادا امیدواری‌های زیادی در این زمینه ایجاد نموده است.

- استفاده از سیستم‌های هیبریدی به منظور افزایش مزایای ناشی از استفاده از پمپ‌های حرارتی زمین گرمایی
- ساده سازی نصب این سیستم‌ها در ساختمان‌های مسکونی به منظور توسعه استفاده از این سیستم‌ها

- نشان دادن امکان‌پذیر بودن استفاده از این سیستم‌ها در مناطق مختلف
- همکاری با سازندگان تجهیزات جهت طراحی اجزای پمپ‌های حرارتی مطابق نیازهای سیستم‌های زمین گرمایی برای اجزایی همچون شیرهای معکوس، شیرهای یک‌طرفه، کمپرسور، کویل‌های هوایی، کویل‌های هم محور و ...
- تهیه یک برنامه برای سازندگان جهت کمک به آنها برای تطبیق دادن کمپرسورها به انواع مختلف اواپراتور و کندانسورها
- ایجاد یک مکانیزم به منظور شناسایی سازندگانی که می‌توانند به فرایند تحقیق و توسعه سرعت بخشند.

۳-۱-۲- طراحی

تحقیق و توسعه در زمینه طراحی اغلب مورد غفلت قرار می‌گیرد، در حالی که در پمپ‌های زمین گرمایی این موضوع بسیار با اهمیت می‌باشد و تحقیق و توسعه در آن بسیار ضروری می‌باشد. طراحی دقیق که بر سایزینگ دقیق^۲ تأکید دارد، می‌تواند به عنوان ابزاری جهت فائق آمدن بر موانع مورد استفاده قرار گیرد.

به عنوان نمونه، یکی از این مشکلات عدم تطبیق طراحی سیستم و تحقیقات و بررسی‌های مربوط به منطقه می‌باشد. در بسیاری از پمپ‌های حرارتی زمین گرمایی، به ویژه سیستم‌های مورد استفاده برای ساختمان‌های مسکونی کوچک، طراحی می‌تواند ساده‌تر باشد، ولی هیچ تعریف مشخصی وجود ندارد، که آیا تست حفاری دارای توجیه می‌باشد و یا نیاز به انجام تست هدایت حرارتی خاک می‌باشد. در نقشه راه تصمیم بر این شد، که بر تفاوت‌های ساختمان‌های مسکونی و تجاری توجه بیشتری شود. پارامترهای محدود کننده‌ای همچون هزینه و راندمان باعث می‌شود، تا فعالیت‌های تحقیقاتی در زمینه ساده سازی طراحی و نصب این سیستم‌ها صورت گیرد. همچنین در راستای کیفیت بهتر و هزینه کمتر فعالیت‌های تحقیقاتی در زمینه ساخت بیشتر این تجهیزات در کارخانه و جلوگیری از ساخت این تجهیزات در محل اجرای سیستم به شرح زیر صورت می‌گیرد:

- توصیف و تأکید بر شباهت‌ها و تفاوت‌ها در طراحی ساختمان‌های مسکونی و تجاری
- توسعه استانداردها بر انجام تست هدایت حرارتی
- بررسی پیش از اجرای یک نمونه از سیستم‌های انتخاب شده جهت مشخص نمودن اینکه انجام کدامیک از تست‌ها مفیدتر است.

^۱reversing valves
^۲Right Sizing

- همکاری با سازندگان جهت تهیه استانداردهای مربوط به تجهیزات جهت اطمینان از عملکرد آنها
- تهیه یک نرم افزار جهت مشخص نمودن بهترین سیستم برای یک ناحیه مشخص برای اجرای سیستم و آنالیز طراحی سیستم بر اساس عملکرد واقعی سیستم
- تشویق سازندگان برای حرکت به سمت پیش ساخت تجهیزات استاندارد و تهیه سیستم‌ها به صورت پکیج^۱
- توسعه ابزارهای استاندارد مدیریت پروژه‌ها و توصیه‌های مربوطه

۳-۱-۳- حفاری

این اجماع در بین کارشناسان این صنعت وجود دارد، که تجهیزات مربوط به حفاری که در صنعت پمپ‌های حرارتی زمین-گرمایی استفاده می‌شود، به منظور استفاده در حفاری حفره‌های^۲ پمپ‌های حرارتی زمین گرمایی، طراحی نشده اند. تجهیزات مورد استفاده در پمپ‌های حرارتی گرمایی، ابزاری هستند، که در حفاری چاه‌های عمیق آب استفاده می‌شوند. به همین دلیل یکی از موانع مهم در صنعت پمپ‌های حرارتی زمین گرمایی عدم امکان استفاده از این تجهیزات در نقاط شهری به دلیل عدم وجود فضای مورد نیاز برای تجهیزات اشاره شده می‌باشد. علاوه بر این به دلیل اینکه صنعت پمپ‌های حرارتی نسبت به صنایع مربوط به معدن و نفت کوچکتر می‌باشد، سازندگان تجهیزات حفاری تمایل کمتری به ورود به این بخش دارند، ولی در سال-های اخیر شرایط تغییر کرده و تجهیزات بهتری وارد این صنعت شده‌اند. به همین منظور نیاز به انجام فعالیت‌های تحقیقاتی در زمینه بهبود روش‌های حفاری و کاهش هزینه‌های مربوطه به شرح زیر وجود دارد:

- سرمایه‌گذاری، هدف گذاری دقیق و همکاری‌های ماهرانه جهت جذب خبرگان حفاری
- جذب شرکت‌های فعال در زمینه حفاری به تحقیق در زمینه پمپ‌های حرارتی زمین گرمایی

۳-۱-۴- محیط زیست

محافظت از آب‌های زیرزمینی و آبخوان‌ها موضوع با اهمیتی است، که می‌بایست به آن پرداخته شود. آب‌های زیرزمینی می‌تواند از طریق روش‌های زیر مورد آسیب قرار گیرد:

- حفاری و ایجاد حفره‌ها جهت قرارگیری لوله‌ها
- نشت سیال کاری

^۱Boxed System

^۲Borhole

- انتقال حرارت از طریق سیستم‌های زمین گرمایی
 - طراحی و بهره‌برداری ضعیف در سیکل‌های باز
- به همین منظور در زمینه حفظ محیط زیست و آب‌های زیرزمینی فعالیت‌های تحقیقاتی زیر می‌بایست، صورت گیرد.
- استفاده مداوم از ابزارها و روش‌ها جهت مشخص نمودن مشخصات استاندارد زیرسطحی^۱ و روش‌های تست، بررسی علمی قوانین و مقررات محیط زیستی و قوانین مربوط به حفاری جهت حفاظت از آب‌های زیرزمینی
 - تشویق بیشتر سازمان‌های مربوط به آب‌های زیرزمینی به تعریف فعالیت‌های تحقیقاتی در این زمینه
 - مانیتورینگ دقیق چند سیستم به منظور بررسی عملکرد بلند مدت این سیستم‌ها
 - اجرای سیستم‌های مانیتورینگ در اطراف مناطق انتخاب شده جهت بررسی اثرات زیست محیطی
 - تهیه قوانین برای هر منطقه و همکاری با حکومت‌های ایالتی جهت تهیه قوانین بهتر

۲-۳- نقشه راه توسعه فناوری اتحادیه اروپا

این نقشه راه که توسط RHC زیر مجموعه European Technology Platform تهیه و تدوین شده است، به طور کلی شامل تمام زیرمجموعه‌های انرژی زمین گرمایی می‌باشد. این زیرمجموعه‌ها عبارتند از:

- تولید انرژی الکتریکی
- کاربرد مستقیم
- پمپ‌های حرارتی

با توجه به درخت فناوری ارائه شده در این گزارش، این زیرمجموعه‌ها در دو بخش انرژی زمین گرمایی کم عمق و عمیق قرار گرفته‌اند. با توجه به موضوع این گزارش به بخش انرژی زمین گرمایی کم عمق که شامل پمپ‌های حرارتی زمین گرمایی می‌باشند، پرداخته می‌شود.

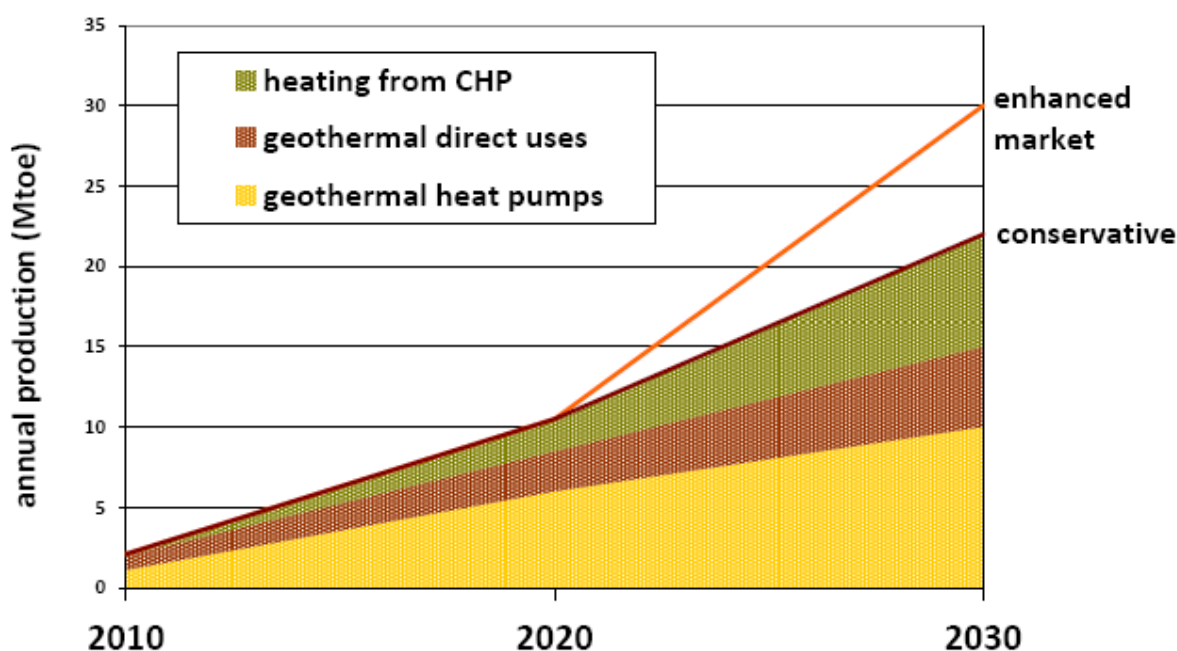
در این نقشه راه کارگاه مقدماتی بررسی پروژه‌های تحقیقاتی مربوطه در تاریخ ۲۰۱۱/۰۹/۰۴ برگزار شد و در ادامه ۲ گروه کاری انرژی زمین گرمایی کم عمق و عمیق در زمستان ۲۰۱۲ راه‌اندازی شد. سپس اولین پیش‌نویس نقشه اجرایی انرژی

^۱Standardized Subsurface Characterizations

زمین گرمایی در مارس ۲۰۱۳ تهیه و کارگاه مشورتی و اعتبارسنجی در دبلین در آوریل و می ۲۰۱۳ برگزار شد. این دو گروه در پاییز ۲۰۱۳ موفق به دریافت تأییدیه از کمیته راهبری شدند و نقشه نهایی انرژی زمین گرمایی در فوریه ۲۰۱۴ انتشار یافت.

۳-۲-۱- چشم انداز توسعه استفاده از انرژی زمین گرمایی

ظرفیت نصب شده در اروپا تا سال ۲۰۱۳ حدود ۱۵۰۰۰۰۰ و میزان تولید ۴۰۰۰۰۰ بر سال می‌باشد، که با توجه روند توسعه انتظار می‌رود تا سال ۲۰۲۰ ظرفیت نصب شده به حدود ۴۰۰۰۰۰۰ و میزان تولید به ۱۰۰۰۰۰۰ بر سال برسد. همان‌طور که در شکل (۳-۱) مشاهده می‌شود، روند توسعه استفاده از پمپ‌های حرارتی با شیب ثابتی در حال افزایش می‌باشد، به طوری که مقدار آن در سال ۲۰۳۰ به حدود حداقل ۱۰۰۰۰۰۰ برسد.

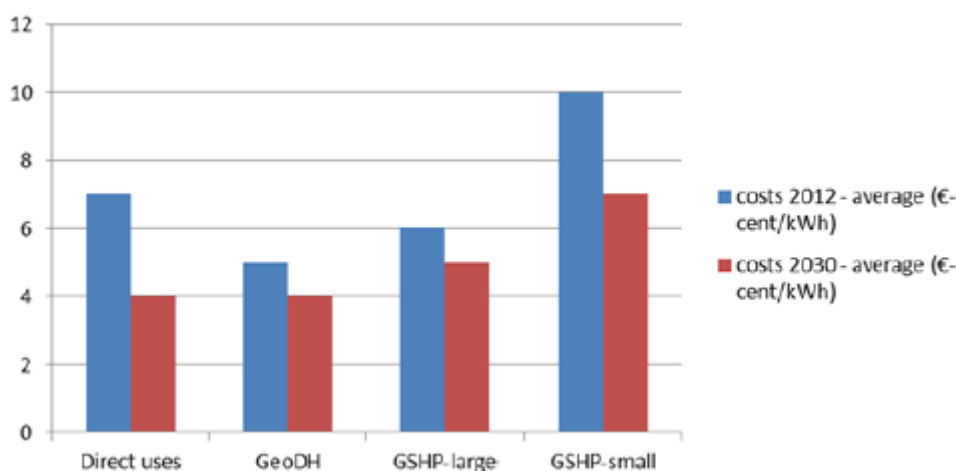


شکل (۳-۱) - چشم‌انداز توسعه استفاده از بخش‌های مختلف انرژی زمین گرمایی در افق ۲۰۳۰

۳-۲-۲- هدف گذاری برای پارامترهای مهم عملکردی برای پمپ‌های حرارتی

- افزایش ضریب عملکرد فصلی به ۵ تا سال ۲۰۲۰ (لازم به ذکر است، میزان این پارامتر در دهه ۱۹۸۰ زیر ۳ و در زمان کنونی بالای ۴ می‌باشد).

- افزایش راندمان هلسترام به حدود ۸۰ درصد (میزان این پارامتر در ۱۰ سال اخیر از ۶۰ درصد به ۷۵ درصد رسیده است).
- کاهش هزینه‌های نصب این سیستم‌ها (هزینه اجرای این سیستم‌ها از سال ۱۹۹۲ تا ۲۰۰۴ حدود ۲۷/۵ درصد کاهش یافته است).



شکل (۳-۲) - مقایسه هزینه‌های مربوط به بهره‌برداری کاربردهای مختلف انرژی زمین گرمایی

۳-۲-۳- برنامه تدوین شده جهت تحقق اهداف چشم‌انداز

در این نقشه راه، فعالیت‌های مربوط به بخش فناوری به دو بخش زیر تقسیم شده است:

- فناوری‌های متصل به زمین
- سیستم‌ها، یکپارچه‌سازی و محیط زیست

فعالیت‌های مربوط به این دو بخش، به ۹ حوزه کاری تقسیم شده‌اند، که همان‌طور که در جداول (۳-۱) و (۳-۲) آمده است، ۳

حوزه آن مربوط به بخش اول و ۶ حوزه دیگر مربوط به بخش دوم می‌باشد.

همان‌طور که در جداول (۳-۱) تا (۳-۳) نشان داده شده است، هزینه‌های مالی این ۹ حوزه مجموعاً ۱۳۳ میلیون یورو می-

باشد، که ۶۰ میلیون یورو مربوط به بخش اول و ۷۳ میلیون یورو مربوط به بخش دوم می‌باشد.

برنامه زمانبندی این پروژه‌ها در هر دو بخش در شکل‌های (۳-۳) و (۳-۴) آورده شده است.

جدول (۳-۱) - فعالیتهای مربوط به بخش فناوریهای متصل به زمین

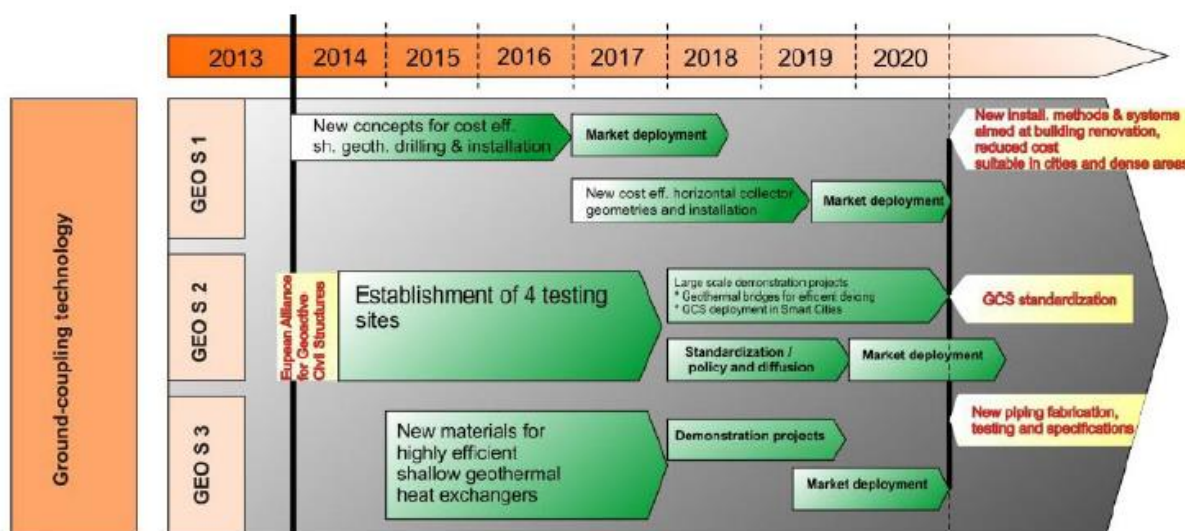
Sub section	R&D program area acronym	R&D program area title	Indicative budget	Associated TRL's	Classification
Ground coupling technologies	GEO S 1	Improved vertical borehole drilling technologies to enhance safety and reduce cost of BHE installations - Improved installation technologies and geometries for ground Heat Exchange technology. .	15 mio €	6	Development
	GEO S 2	European-wide Geoactive Structures Alliance. Development a network of laboratories to create 4 testing sites.	30 mio €	5	Research & Development
	GEO S 3	Improved pipe materials for borehole heat exchangers (BHE) and horizontal ground loops. New pipes for higher temperatures. Better thermal transfer fluid.	15 mio €	3-4	Research
	Total		60 mio €		

جدول (۳-۲) - فعالیتهای مربوط به بخش سیستمها، یکپارچه سازی و محیط زیست

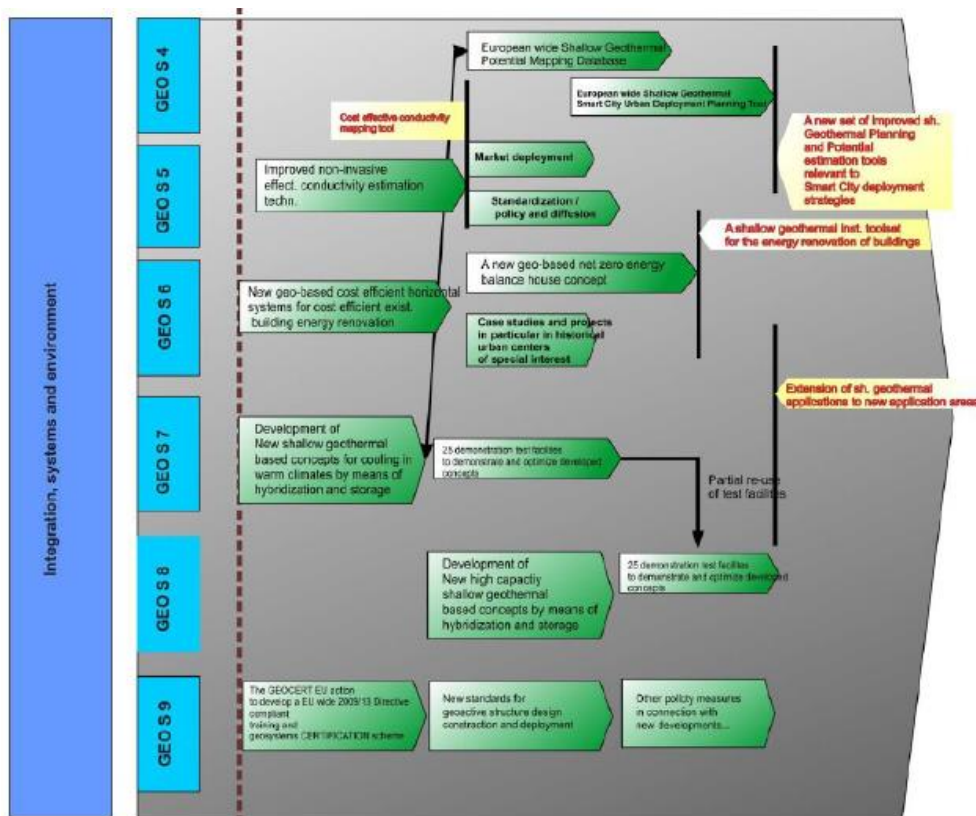
Systems, integration and environment	GEO S 4	Creation of a new European wide database to map conductivities and potential (to 100 m depth) and feasibility of vertical BHE systems	6 mio €	7-8	Development
	GEO S 5	Development of geophysical tools for Shallow reservoir potential estimation – enhanced TRT methods for non-conventional systems.	3 mio €	4-5	Research & Development
	GEO S 6	Integration of design of the shallow geothermal system and building energy system with regard to optimum thermal use and operational strategy.	10 mio €	7-8	Development
	GEO S7	System concepts and applications for geothermal large scale and medium scale cooling in warm climates – hybrid systems, new high temp pipe materials and new short term storage materials and concepts. Campaign to support 50 demonstration plants.	20 mio €	6-7	Research & Development
	GEO S 8	Development of ground coupling technologies and installation techniques for high capacities through hybrid systems and integration with other RES sources. Campaign to support 50 demonstration plants.	30 mio €	7-8	Development
	GEO S 9	Non-technical provisions: measures to increase awareness, harmonization of shallow geo- standards, shallow geothermal installer EU wide training certificate, shallow geothermal Smart City deployment policy along the line of previous projects	4 mio €	9	Development
	Total		73 mio €		

جدول (۳-۳) - مجموع هزینه‌های مربوط به نقشه راه پمپ‌های حرارتی زمین گرمایی

Subsection	Indicative budget
GROUND COUPLING TECHN.	60 mio €
SYSTEMS, INTEGRATION & ENVIRONMENT	73 mio €
	133 mio €



شکل (۳-۳) - برنامه زمانبندی فعالیت‌های مربوط به بخش فناوری‌های متصل به زمین



شکل (۳-۴) - برنامه زمان بندی فعالیتهای مربوط به بخش سیستمها، یکپارچه سازی و محیط زیست

۳-۳- نقشه راه توسعه فناوری آمریکا

در این نقشه راه ابتدا به موانع توسعه پمپ‌های حرارتی زمین گرمایی در دنیا پرداخته شده است. در همین راستا ۱۰ مانع به عنوان موانع اساسی در توسعه این سیستمها شناخته شده‌اند. از ۱۰ مانع اشاره شده، بر روی ۴ مانع اتفاق نظر وجود دارد، ولی برای ۶ مورد دیگر این اتفاق نظر وجود ندارد.

۴ مانع اساسی برای توسعه پمپ‌های حرارتی زمین گرمایی که بر روی آنها اتفاق نظر می‌باشد، به شرح زیر می‌باشند:

- با توجه به راندمان بالای پمپ‌های حرارتی منبع هوا، کاهش سود ناشی از اجرای این سیستمها، همچنین هزینه اولیه بالای این سیستمها که عمدتاً مربوط به هزینه‌های حفاری و طراحی می‌باشد، بازگشت سرمایه این سیستمها بالا می‌باشد.
- آگاهی لازم در مورد این سیستمها و مزایای آنها در بین مصرف کنندگان و سیاست‌گذاران وجود ندارد.

• محدودیت‌های اساسی و زیربنایی در زمینه نصب و اجرای این سیستم‌ها از جمله عدم وجود نصب کنندگان با صلاحیت وجود دارد.

• محدودیت‌هایی در زمینه طراحی پمپ‌های حرارتی و برنامه ریزی کسب و کار وجود دارد.

۶ مانع اساسی دیگر برای توسعه پمپ‌های حرارتی زمین گرمایی وجود دارد، که بر روی آنها اتفاق نظر وجود ندارد. این موانع عبارتند از:

- ضعف تکنولوژیکی در زمینه بهبود عملکرد این سیستم‌ها و کاهش هزینه‌ها
- محدودیت‌های ناشی از کمبود فضا در مناطق جمعیتی شهری
- مشکلات ناشی از طراحی یا نصب و اجرای نامناسب
- به وجود آمدن اختلاف دمای زیاد در دو طرف سیستم به دلیل تعادل در تبادل حرارت با زمین
- مشکلات و هزینه‌های بالا جهت تغییر سیستم‌های موجود به پمپ‌های حرارتی زمین گرمایی
- نبود شاخص‌هایی جهت اطمینان از طراحی صحیح و انتخاب مناسب در اجرای این سیستم‌ها

۳-۳-۱- فعالیت‌های تعریف شده

در جهت رفع موانع اشاره شده، ۲۷ فعالیت برای DOE تعریف شده است، که این فعالیت‌ها بر اساس ۳ پارامتر زیر وزن‌دهی شدند:

• منافع

• مأموریت‌های DOE

• مشغله‌های بحرانی^۱ DOE

در ادامه این فعالیت‌ها با توجه به وزنشان به دو بخش با اهمیت و کم اهمیت تقسیم‌بندی شدند. این تقسیم‌بندی در جدول-

های (۳-۴) و (۳-۵) آورده شده است:

^۱Criticality of DOE involvement

جدول (۳-۴) - فعالیت‌های تعریف شده با اهمیت بالا

	Final Score	Initiative	Relevant Barriers
High Priority	4.5	Collect/Analyze Data From GHP Systems	1, 2
	4.4	Facilitate GHP-Specific Maps	1, 4
	4.3	Develop Regulatory Performance Standards for GHP	2, 7, 10
	4.2	Address Barriers to Greater Utility Participation in GHP Installations	1, 2
	4	Publish Best-Practice Reference Guides	2, 7, 10
	4	Develop Integrated Design and Simulation Tool	1, 8
	4	Evaluate and Characterize the GHP-Software Landscape	1, 4, 8
	3.9	Formalize Process for Third-Party Technology Validation	7, 10
	3.9	Develop a Comprehensive Lifecycle Cost & Estimation Tool	1, 2
	3.8	Innovative System Architectures	1, 5
	3.8	Innovative Heat Sources and Sinks	1, 5
	3.8	Advanced Ground-Loop Heat Exchangers	1, 5

جدول (۳-۵) - فعالیت‌های تعریف شده با اهمیت کم

Lower Priority	3.8	Research the Impacts of GHP Use on Ground Temperature	8
	3.7	Aggregate Region-Specific Performance Data for Marketing	2
	3.6	Introduce GHP System Design Modules into Engineering Curriculums	2, 3, 4
	3.5	Review Policies and Regulations and Guide Best Approach with Model Policies	3, 4
	3.4	Collect Information on other Countries' GHP Installations and Design Approaches	1, 5
	3.3	Update Key Design Books and Include Best Practices/Pitfalls	1, 2, 10
	3.2	Support Long Term Development of Software Tools to Drive Continuous Improvement	1, 5
	3	Train Contractors in Alternative Architectures Including Hybrid and Combination GHPs	1, 3, 4
	3	Develop Industry Case studies on Validation of Existing Software Tools	4
	2.7	Establish System to Evaluate and Monitor Software Maturity and Maintain Quality Control	2
	2.3	Augment Lifecycle Cost Estimation Tools for Educational Purposes	4
	2.1	GHP-Specific Compressors	1, 5
	2.1	GHP-Specific Indoor Heat Exchangers	1, 5
	2	Advanced Drilling Technologies	1, 5, 6
	1.7	Prepare Software Case Studies (See Software) and Use for Educational Purposes	4

پیشرفت فناوری‌های مربوط به پمپ‌های حرارتی می‌تواند، منجر به کاهش هزینه‌ها و ساده شدن طراحی سیستم‌ها شود. به طور خاص اخیراً استفاده از روش‌های طراحی نوآورانه عمومیت یافته است، ولی با این وجود تاکنون به طور گسترده شناخته نشده است و مورد استفاده قرار نگرفته است. یکی از این روش‌ها استفاده از سیستم‌های تک‌لوله به جای دولوله برای ساختمان‌های بزرگ می‌باشد، که هم باعث کاهش مصرف انرژی در زمانی که با بار نسبی کار می‌کند شده و هم باعث کاهش هزینه‌های مربوط به لوله‌کشی می‌شود. علاوه بر این، توسعه خلاقانه منابع جدید همانند فاضلاب، می‌تواند باعث کاهش هزینه اجرای این سیستم‌ها به خصوص در هزینه‌های مربوط به حفاری شود.

یکی از راهکارهای دیگر کاهش مصرف انرژی بهبود راندمان اجزا مختلف این سیستم‌ها می‌باشد. بسیاری از تجهیزاتی که در پمپ‌های حرارتی زمین‌گرمایی استفاده می‌شود، از جمله کمپرسورها و مبدل‌های حرارتی به طور خاص برای این سیستم‌ها طراحی و ساخته نشده‌اند. امروزه به دلیل میزان کم فروش این سیستم‌ها نسبت به سایر سیستم‌ها، سازندگان کمپرسور تمایل به سرمایه‌گذاری جهت کمپرسورهایی که به طور خاص برای این سیستم‌ها طراحی شده باشند، ندارند. مطمئناً استفاده از تجهیزاتی که به طور خاص برای این منظور طراحی و ساخته شده باشند، می‌تواند مصرف انرژی را به صورت قابل ملاحظه‌ای کاهش دهد.

از آنجا که یکی از موانع اصلی تمرکز سرمایه‌گذاران بر روی فعالیت‌های کم ریسک می‌باشد، DOE محققان و سرمایه‌گذاران را به فعالیت‌های تحقیقاتی با ریسک بالا و طولانی مدت ترغیب نموده است. علاوه بر این دو محدوده اساسی وجود دارد، که DOE ممکن است، به توسعه آن کمک کند:

۱- رسیدن به روش‌های نوین و متفاوت برای انتقال حرارت از زمین به فضای داخلی با استفاده از مکانیزم‌ها و شکل‌های متفاوت

۲- روش‌های جدید جهت حفاری و نصب مبدل‌ها

تحقیقات در زمینه اجزای این سیستم‌ها می‌تواند برای دیگر سیستم‌های تهویه مطبوع و پمپ‌های حرارتی منبع هوا همانند پمپ‌های حرارتی زمین‌گرمایی بسیار با ارزش باشد. در صورتی که این تحقیقات در تمام این سیستم‌ها کاربرد داشته باشد و باعث کاهش مصرف انرژی در تمام این سیستم‌ها شود، می‌تواند ذینفعان را به سرمایه‌گذاری در این زمینه ترغیب نماید.

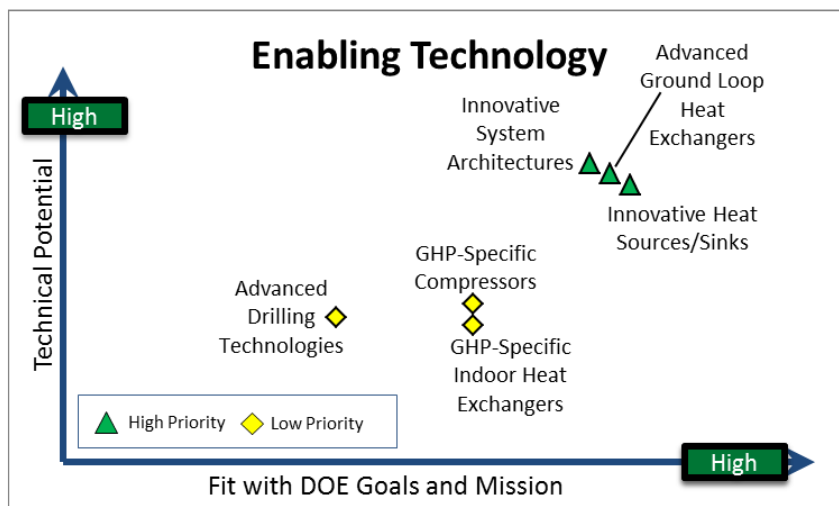
محدوده‌های مشخصی در این زمینه که در DOE می‌تواند مورد بررسی قرار گیرد، عبارتند از:

- سیستم‌های کنترل پیشرفته

- طراحی کمپرسورهای جدید
 - مبدل‌های حرارتی پیشرفته جهت بهبود عملکرد بخش توزیع هوا
 - سیستم‌های توزیع با افت حرارتی کم
 - سیستم‌های ترکیبی با گرمایش آب گرم
 - کاهش استفاده از مبردها و ترکیبات GWP
- از بین ۲۷ فعالیت اشاره شده، ۶ فعالیت زیر مربوط به توسعه فناوری می‌باشند:

- طراحی نوآورانه سیستم
- منابع و چاه‌های جدید
- ارتقاء تکنولوژی و پیکربندی مبدل‌های حرارتی
- مبدل‌های حرارتی داخل ساختمان مخصوص پمپ‌های حرارتی زمین گرمایی
- کمپرسورهای خاص سیستم‌های حرارتی زمین گرمایی
- تکنولوژی‌های پیشرفته حفاری

که میزان پتانسیل فنی آنها و همچنین تناسب آن با اهداف DOE در شکل (۳-۵) نشان داده شده است. همچنین تعریف جامع‌تر از این ۶ فعالیت و اطلاعات مربوط به وزن هر کدام در جدول (۲-۵) آورده شده است.



شکل (۵-۳) - میزان پتانسیل فنی و تناسب آن با اهداف DOE برای ۶ فعالیت مربوط به توسعه تکنولوژی

جدول (۶-۳) - تعریف جامع تر ۶ فعالیت توسعه تکنولوژیکی و اطلاعات مربوط به وزن هر کدام

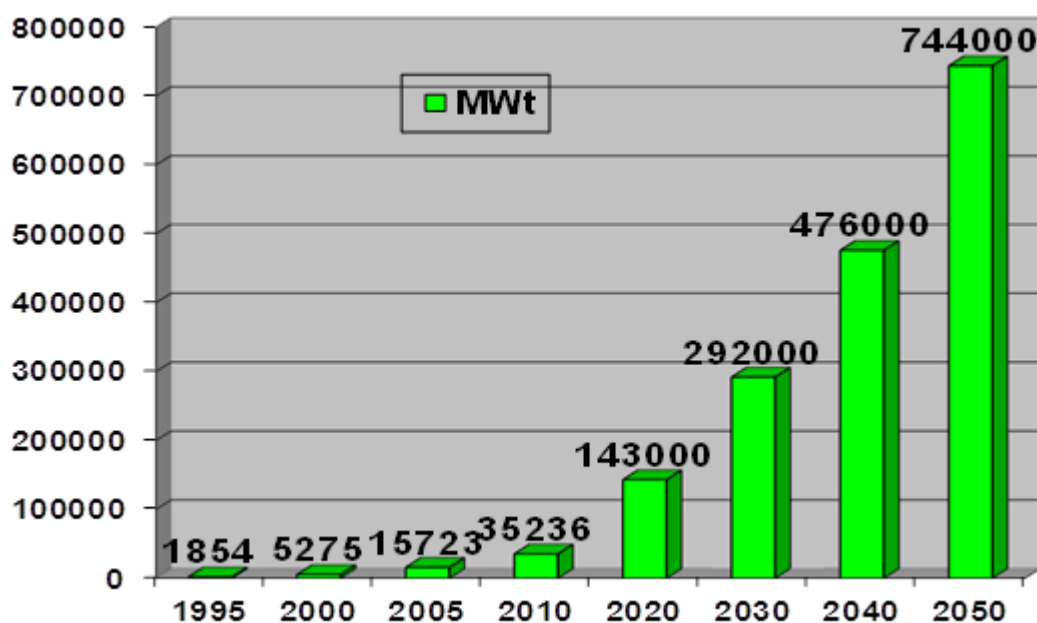
امتیاز وزنی ^۱	Criticality of DOE Involvement	تناسب با فعالیتهای DOE	مزیت	فعالیت
۳/۸	۳	۴	۴	طراحی نوآورانه سیستم (با اهمیت بالا)
طراحی نوآورانه سیستم، می‌تواند منجر به کاهش مصرف انرژی و افزایش منافع اقتصادی این سیستمها شود. انتخاب نقطه بهینه بین پارامترهای مختلف بسیار با اهمیت می‌باشد. محدوده‌هایی که دارای اهمیت زیاد می‌باشد، عبارتند از: distributed versus centralized systems، سیستمهای مرکزی با سیستم توزیع تک لوله‌ای به جای سیستم دولوله‌ای (رفت و برگشتی)، district-seasonal energy storage in the ground و or community-scale systems				
۳/۸	۳	۴	۴	منابع و چاههای جدید (با اهمیت بالا)
استفاده از منابع جدید همچون فاضلاب، حوضچه‌ها، standing column wells و ... بطور چشمگیری هزینه‌های نصب را کاهش می‌دهد. اخیراً چندین شرکت به پیشرفتهای قابل توجهی در زمینه استفاده از سیستمهای فاضلاب را به عنوان منابع جدید رسیده‌اند. افزایش اطلاعات در زمینه منافع و هزینه‌های ناشی از اجرای این سیستمها در اجرای این سیستمها و جایگزین کردن این منابع بسیار با اهمیت می‌باشد.				
۳/۸	۳	۴	۴	ارتقاء تکنولوژی و پیکربندی میدلهای حرارتی (با اهمیت بالا)
توسعه پیکربندی میدلهایی که در داخل زمین قرار می‌گیرند، می‌تواند هزینه‌های اولیه اجرای این سیستمها را بطور قابل توجهی کاهش دهد و در نتیجه باعث توسعه استفاده از این سیستمها شود. پارامترهای اساسی در این زمینه کاهش زمان نصب و دشواریهای مربوط به اجرای آن و افزایش تکرار پذیری از نظر عملکرد برای سیستمهای کوچکتر در راستای کاهش هزینه‌های مهندسی می‌باشد.				
۲/۱	۱	۳	۲	میدلهای حرارتی داخل ساختمان مخصوص پمپهای حرارتی زمین گرمایی
بهبود راندمان میدلهای حرارتی که باعث افزایش راندمان این سیستمها می‌شود. میدلهایی که هم اکنون در این سیستمها استفاده می‌شود، بطور خاص برای این سیستمها طراحی نشده است. تحقیقات در زمینه طراحی این تجهیزات می‌تواند به تعادل بین عملکرد و هزینه‌های اولیه در جهت تولید بهین کمک نماید.				
۲/۱	۱	۳	۲	کمپرسورهای خاص سیپمپهای حرارتی زمین گرمایی
سازندگان کمپرسورها با طراحی کمپرسور به طور خاص برای استفاده در پمپهای زمین گرمایی می‌توانند به بهبود عملکرد این سیستمها کمک نمایند. هم اکنون استفاده از کمپرسورهایی که در سایر سیستمهای تهویه مطبوع کاربرد دارند، بهترین گزینه ممکن برای انتخاب می‌باشند.				

۲	۲	۲	۲	تکنولوژیهای پیشرفته حفاری
<p>هزینه‌های مربوط به حفاری در این سیستمها بیشتر از هزینه‌های مربوط به تجهیزات و نصب می‌باشد. تحقیق در زمینه تکنولوژیهای بهینه حفاری می‌تواند هزینه‌های اولیه این سیستمها را بطور قابل توجهی کاهش دهد.</p>				

۴- وضعیت جهانی پمپ حرارتی

۴-۱- وضعیت پمپ حرارتی در دنیا

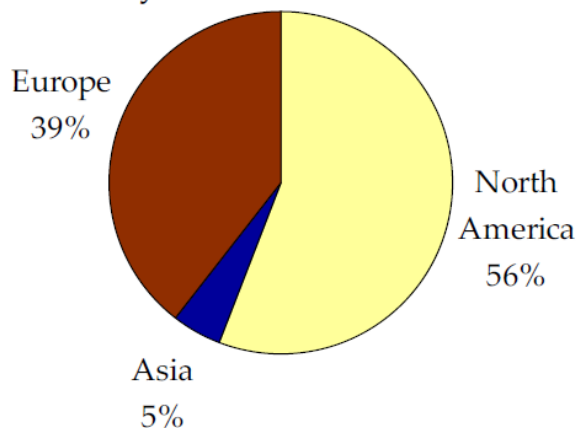
در شکل (۴-۱) ظرفیت جهانی پمپ حرارتی زمین گرمایی در سال‌های ۱۹۹۵، ۲۰۰۰، ۲۰۰۵ و ۲۰۱۰ نشان داده شده است. روند رشد ظرفیت نصب شده بسیار مشهود است. به گونه‌ای که طی سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۰ ظرفیت نصب شده تقریباً ۱۹ برابر شده است و پیش بینی می‌شود تا سال ۲۰۵۰ ظرفیت نصب شده این سیستمها تا ۷۴۴۰۰۰ مگاوات حرارتی افزایش یابد.



شکل (۴-۱)- ظرفیت جهانی پمپ حرارتی زمین گرمایی

در شکل (۴-۲) درصد ظرفیت نصب شده جهانی پمپ حرارتی زمین گرمایی با توجه به قاره‌های جهان نشان داده شده است. قاره آمریکا با ۵۶ درصد از ظرفیت نصب شده بیشترین سهم را داراست.

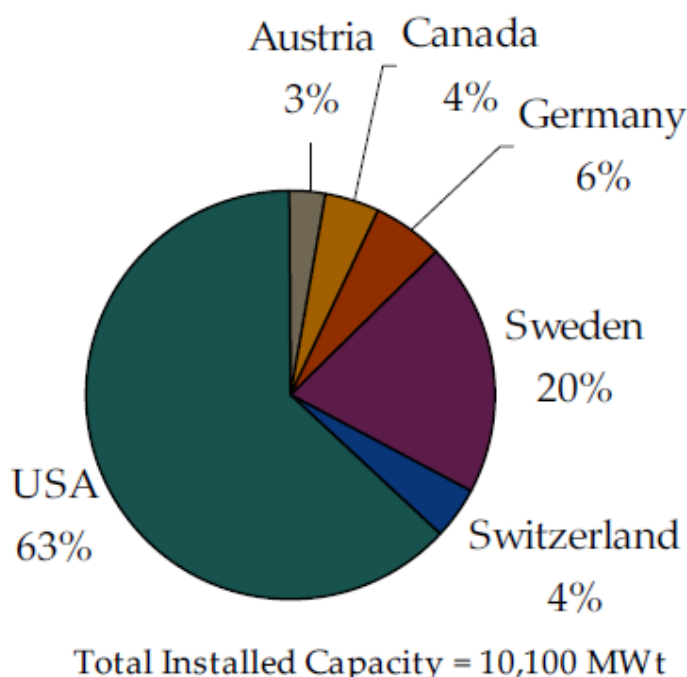
Global GSHP Installed Capacity
by Continent (MWt)



شکل (۴-۲) - ظرفیت نصب شده جهانی پمپ حرارتی زمین گرمایی با توجه به قاره

در شکل (۴-۳) ظرفیت نصب شده پمپ حرارتی زمین گرمایی برای ۶ کشور اول این فن‌آوری نشان داده شده است. کشور

آمریکا با ۶۳ درصد و پس از آن کشور سوئد با ۲۰ درصد بیشترین سهم از این فن‌آوری را در دنیا دارا هستند.

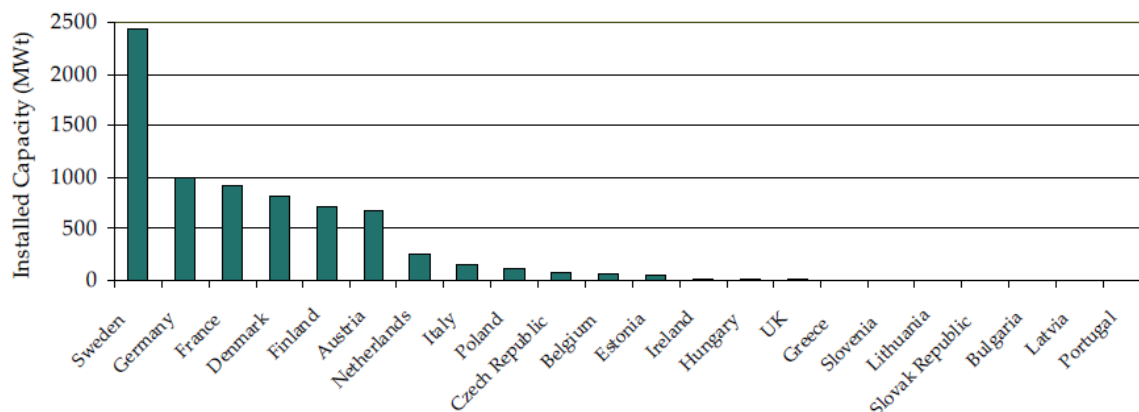


شکل (۴-۳) - ظرفیت نصب شده پمپ حرارتی زمین گرمایی برای ۶ کشور اول این فن‌آوری

۴-۲ - پمپ حرارتی در کشورهای اروپایی

در شکل (۴-۴) ظرفیت نصب شده پمپ گرمایی نصب شده در کشورهای مختلف اروپایی در سال ۲۰۰۷ نشان داده شده

است. کشورهای سوئد و آلمان و فرانسه و دانمارک بیشترین سهم از پمپ‌های حرارتی زمین گرمایی در اروپا را دارا هستند.

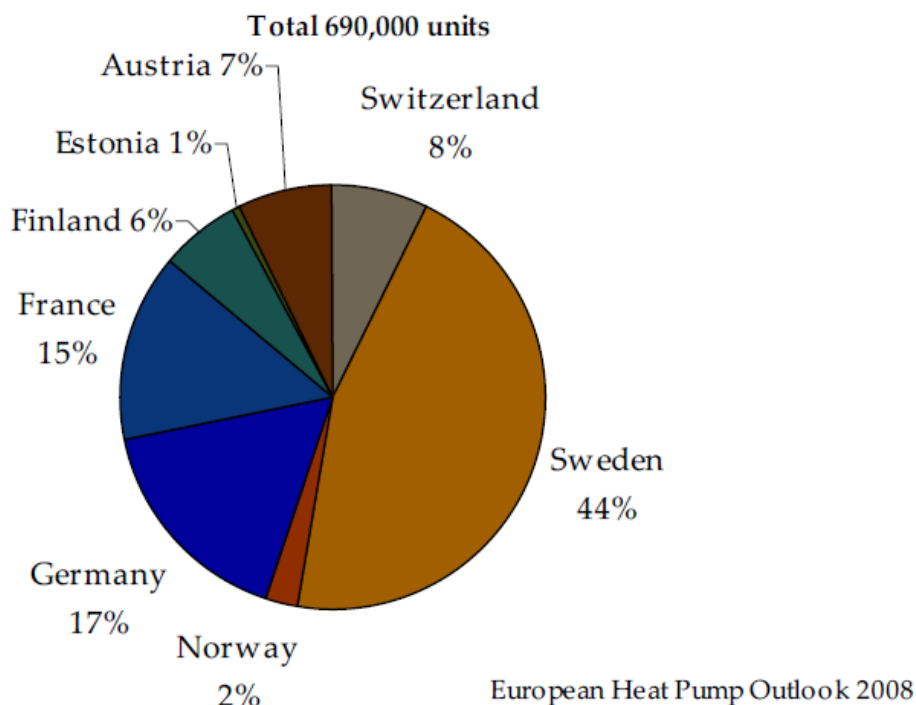


شکل (۴-۴) - ظرفیت نصب شده پمپ گرمایی نصب شده در کشورهای مختلف اروپایی

در شکل (۴-۵) ظرفیت نصب شده پمپ حرارتی زمین گرمایی کشورهای اروپایی (مجموع ۶۹۰۰۰۰ واحد) در سال ۲۰۰۷

نشان داده شده است. کشورهای سوئد و آلمان و فرانسه و دانمارک بیشترین سهم از پمپ‌های حرارتی زمین گرمایی در اروپا را

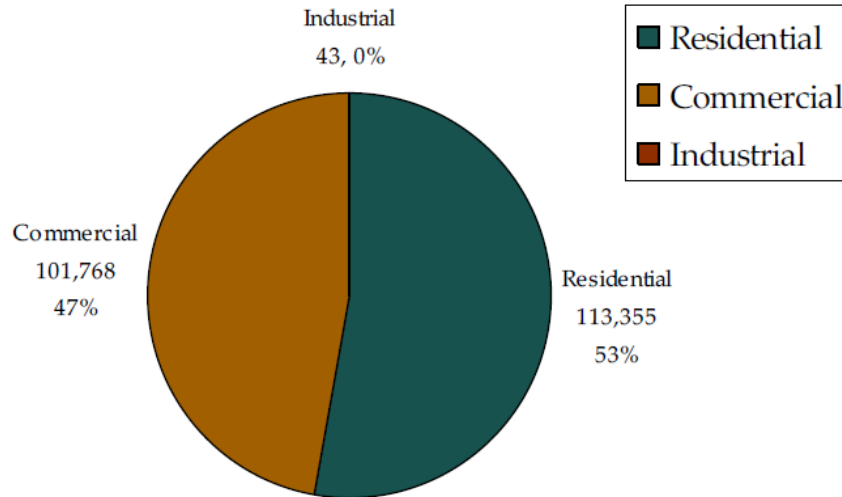
دارا هستند.



شکل (۴-۵) - ظرفیت نصب شده پمپ حرارتی زمین گرمایی کشورهای اروپایی (مجموع ۶۹۰۰۰۰ واحد)

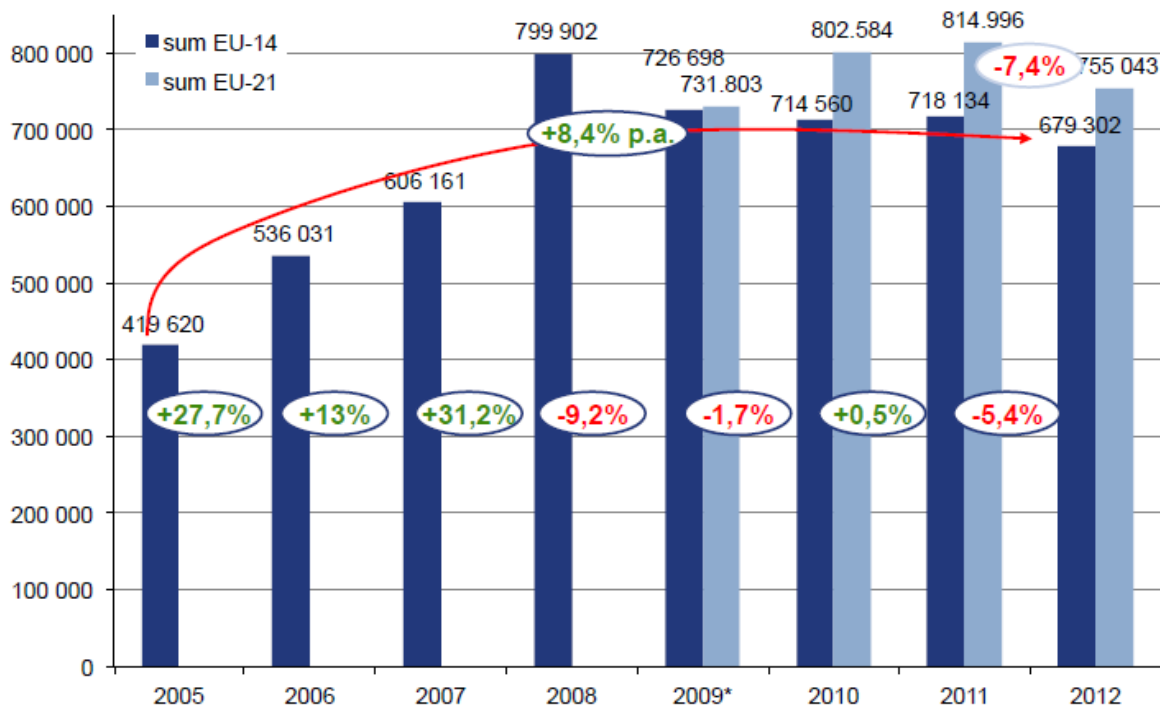
در شکل (۴-۶) تقسیم بندی بر اساس کاربری پمپ حرارتی زمین گرمایی (صنعتی، تجاری و مسکونی) بر حسب تناژ این

سیستم‌ها نشان داده شده است. بیشترین سهم مربوط به بخش مسکونی و صنعتی است و بخش صنعتی از این سیستم‌ها سهم بسیار کمی دارد.



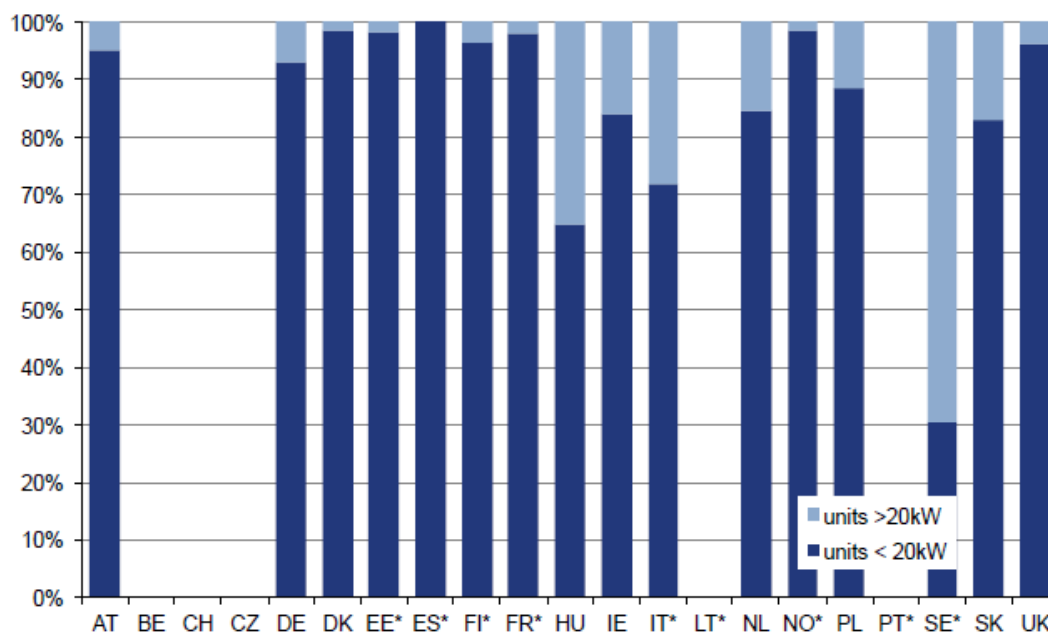
شکل (۴-۶) - تقسیم بندی بر اساس کاربری پمپ حرارتی زمین گرمایی

در شکل (۴-۷) بازار پمپ‌های حرارتی بین سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۲ در کشورهای اروپایی نشان داده شده است. تعداد کل دستگاه‌های نصب شده، ۴/۵ میلیون در اروپا تا سال ۲۰۱۲ می‌باشد.



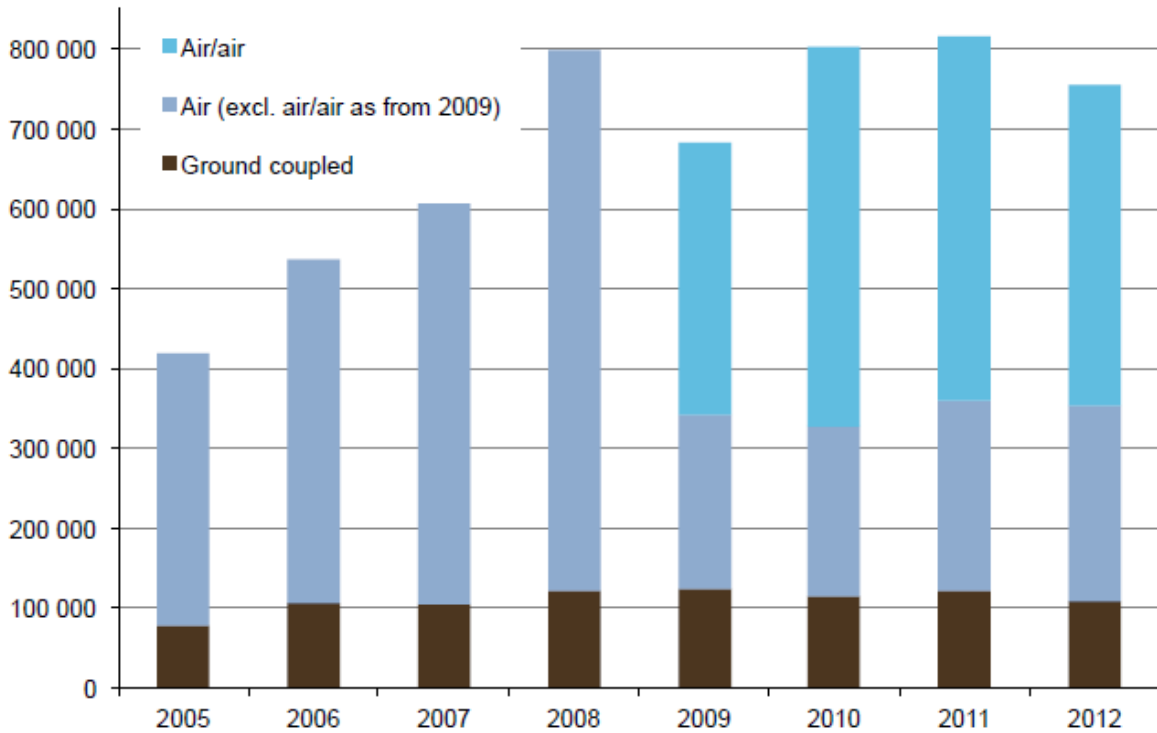
شکل (۴-۷) - بازار پمپ‌های حرارتی بین سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۲ در کشورهای اروپایی (۴/۵ میلیون نصب شده)

در شکل (۴-۸) فروش دستگاه‌های اسپیلیت پمپ حرارتی در سال ۲۰۱۲ در کشورهای اروپایی بر اساس اینکه آن دستگاه بالاتر از ۲۰ کیلووات یا کمتر از ۲۰ کیلووات نشان داده شده است. پمپ‌های حرارتی کمتر از ۲۰ کیلووات سهم بیشتری از ظرفیت نصب شده پمپ‌های حرارتی را دارا می‌باشد.



شکل (۴-۸) - فروش دستگاه‌های اسپیلیت پمپ حرارتی در سال ۲۰۱۲ در کشورهای اروپایی

در شکل (۴-۹) دستگاه‌های پمپ حرارتی در اروپا با توجه به منبع انرژی گرمایی یا هوایی تقسیم بندی شده است. این آمار از سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۲ جمع‌آوری شده است و سهم پمپ حرارتی هوایی تقریباً ۷ برابر پمپ حرارتی زمین گرمایی، در کشورهای اروپایی است.

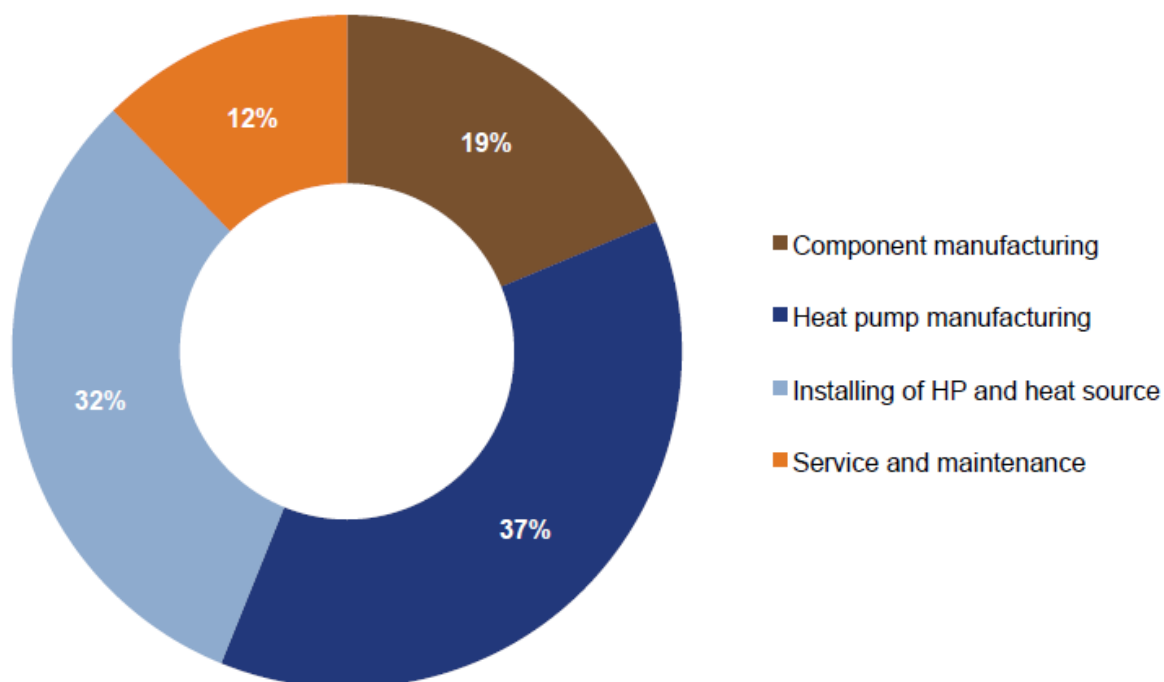


شکل (۹-۴) - تعداد دستگاه‌های پمپ حرارتی در اروپا با توجه به منبع انرژی

در شکل (۴-۱۰) تقسیم بندی نیروهای شاغل در زمینه پمپ‌های حرارتی در سال ۲۰۱۲ (از مجموع ۴۰۳۵۸ نفر) آورده شده

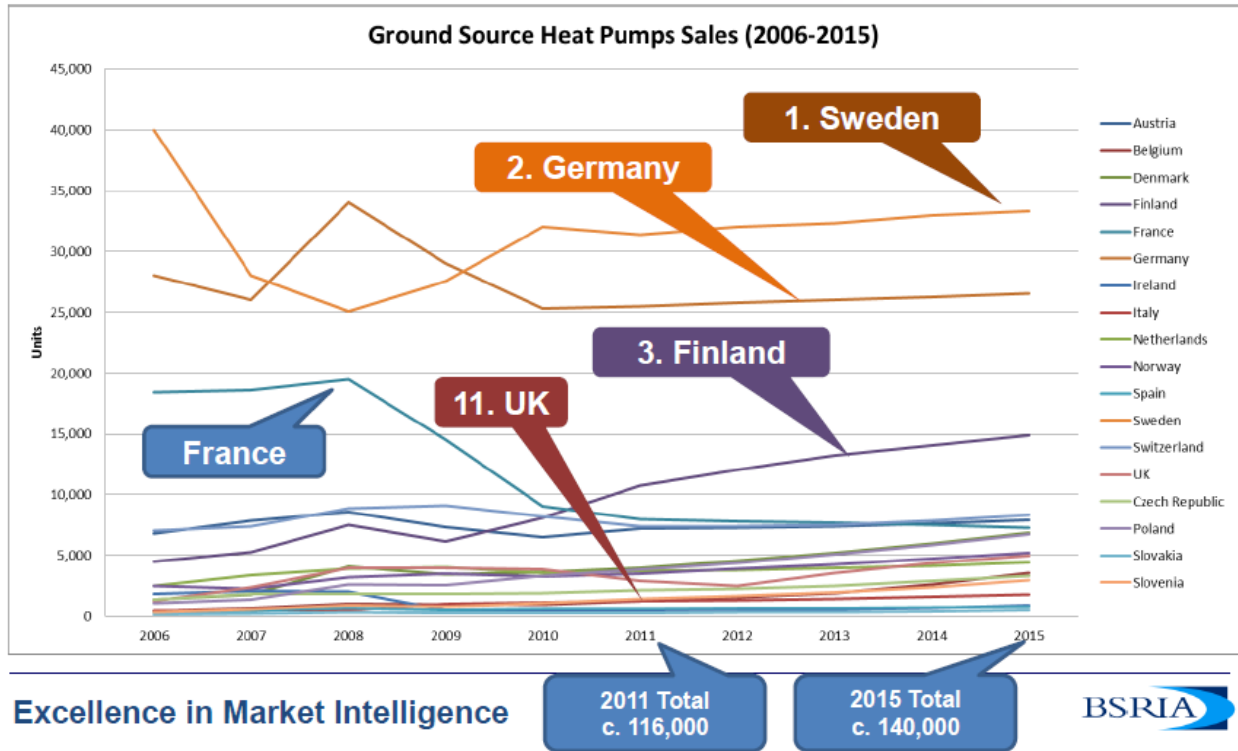
است. افراد شاغل در این زمینه در چهار بخش زیر دسته بندی شده است:

- تولیدکنندگان تجهیزات پمپ حرارتی
- تولیدکنندگان دستگاه پمپ حرارتی
- نصب کنندگان پمپ‌های حرارتی و منبع زمینی
- سرویس و نگهداری



شکل (۱۰-۴) - نیروهای شاغل در زمینه پمپ‌های حرارتی در سال ۲۰۱۲ از مجموع ۴۰۳۵۸ نفر

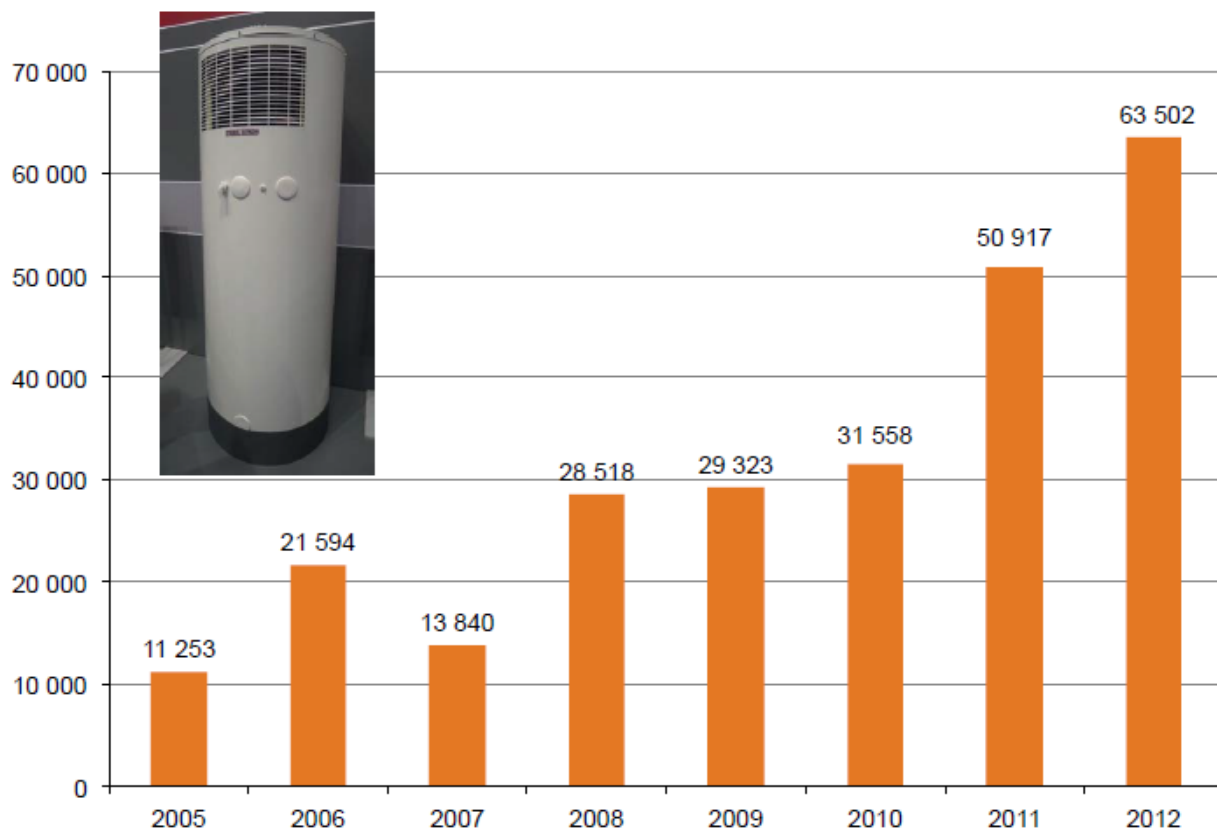
در نمودار (۱۱-۴) تعداد فروش دستگاه‌های پمپ حرارتی زمین گرمایی کشورهای اروپایی بین سال‌های ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۵ نشان داده شده است. کشورهای سوئد و آلمان از بزرگترین صادرکنندگان این فن‌آوری در اروپا هستند.



شکل (۱۱-۴) - فروش دستگاه‌های پمپ حرارتی زمین گرمایی در اروپا

در شکل (۴-۱۲) تعداد آبگرم کن‌های بهداشتی با کمک پمپ حرارتی نشان داده شده است. از سال ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۲ تعداد

این دستگاه‌ها در اروپا تقریباً ۵ برابر شده است.

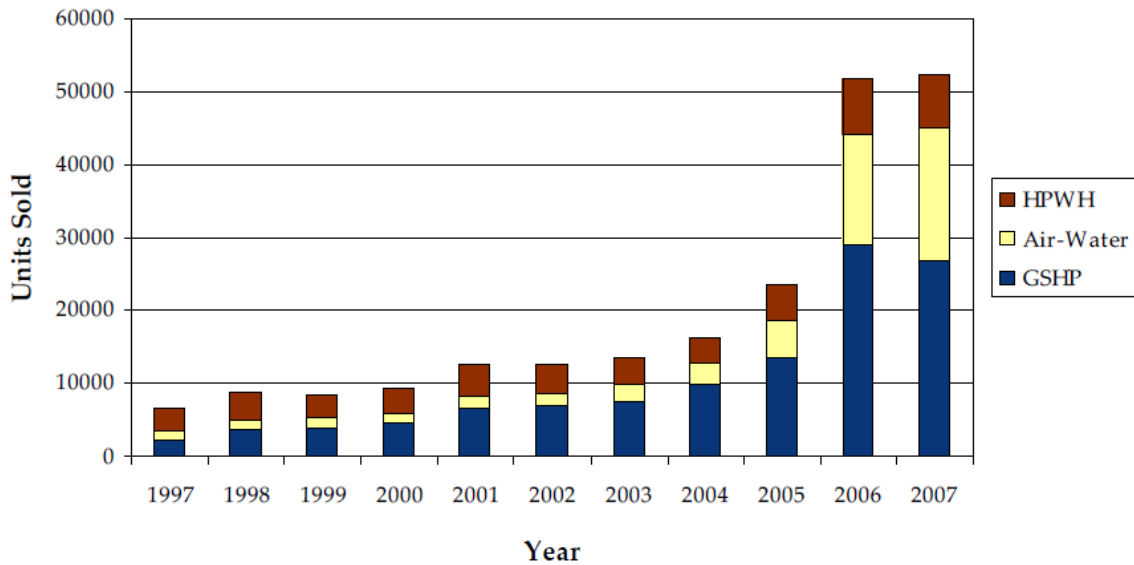


شکل (۱۲-۴) - تعداد آبگرم کن‌های پمپ حرارتی در اروپا

۱-۲-۴- وضعیت پمپ‌های حرارتی در آلمان

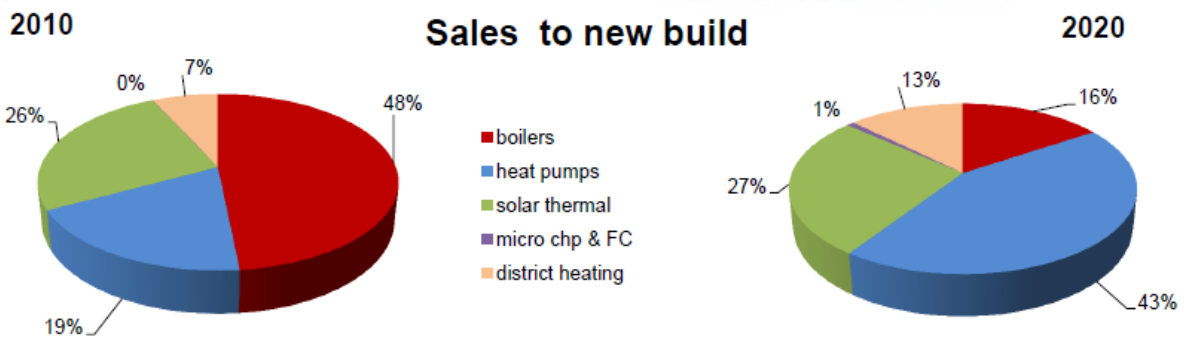
در شکل (۱۳-۴) تعداد پمپ حرارتی در کشور آلمان در سال‌های بین ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۷ بر اساس منبع حرارتی آورده شده

است. پمپ‌های حرارتی با منبع حرارتی زمین بیشترین سهم از پمپ‌های حرارتی را دارند.



شکل (۱۳-۴) - تعداد پمپ حرارتی در کشور آلمان در سال‌های بین ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۷

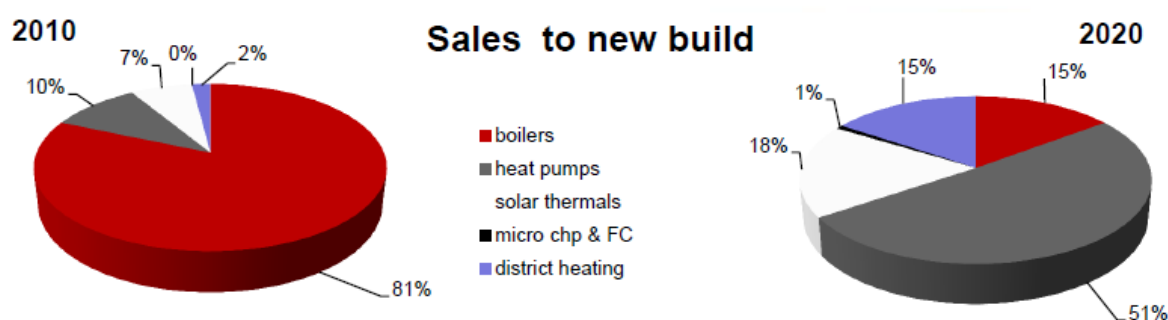
فناوری‌های گرمایش در آلمان در سال‌های ۲۰۱۲ و ۲۰۲۰ در شکل (۴-۱۴) آورده شده است. هدف کشور آلمان این است که تقریباً نصف گرمایش کشور را با استفاده از پمپ حرارتی تأمین کند. البته انرژی خورشیدی هم سهم به‌سزایی از گرمایش ساختمان‌ها را دارا می‌باشد



شکل (۱۴-۴) - فن‌آوری‌های گرمایش در آلمان در سال‌های ۲۰۱۲ و ۲۰۲۰

۴-۲-۴- وضعیت پمپ‌های حرارتی در انگلستان

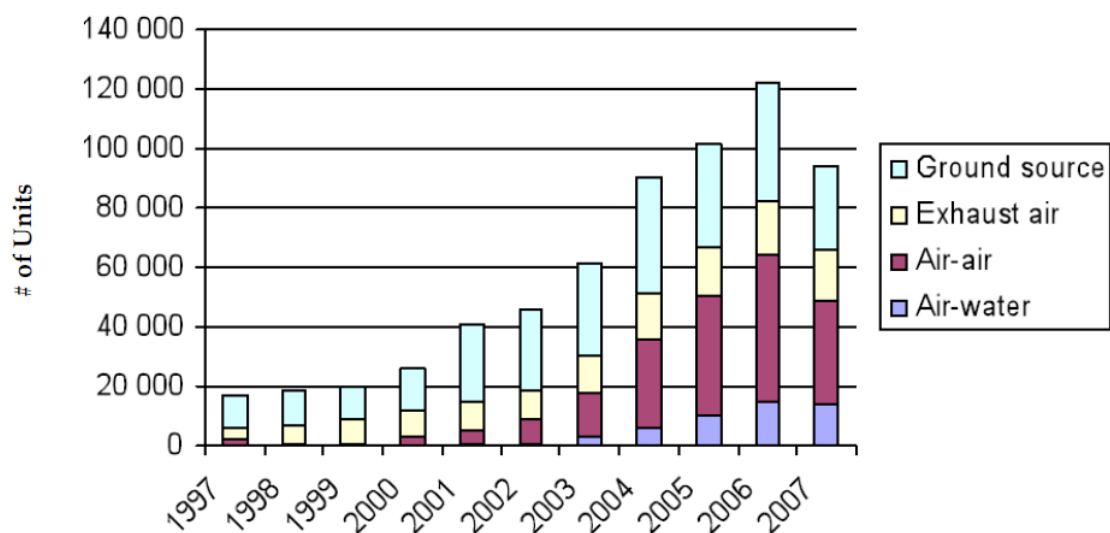
کشور انگلستان نیز در حال حاضر بیشترین میزان گرمایش را از انرژی فسیلی به دست می‌آورد، اما همان‌طور که در شکل (۴-۱۵) نشان داده شده است، طبق اهداف تا سال ۲۰۲۰، ۷۵ درصد گرمایش ساختمان‌ها را با پمپ حرارتی تأمین خواهد کرد.



شکل (۴-۱۵) - فن‌آوری‌های گرمایش در انگلستان در سال‌های ۲۰۱۲ و ۲۰۲۰

۴-۲-۳- وضعیت پمپ‌های حرارتی در سوئد

در نمودار شکل (۴-۱۶) تعداد پمپ‌های حرارتی در کشور سوئد در بین سال‌های ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۷ بر اساس منبع حرارتی آورده شده است. پمپ‌های حرارتی با منبع حرارتی زمین بیشترین سهم از پمپ‌های حرارتی را دارند. پمپ‌های حرارتی در سال‌های اخیر رشد بسیار خوبی داشته‌اند.

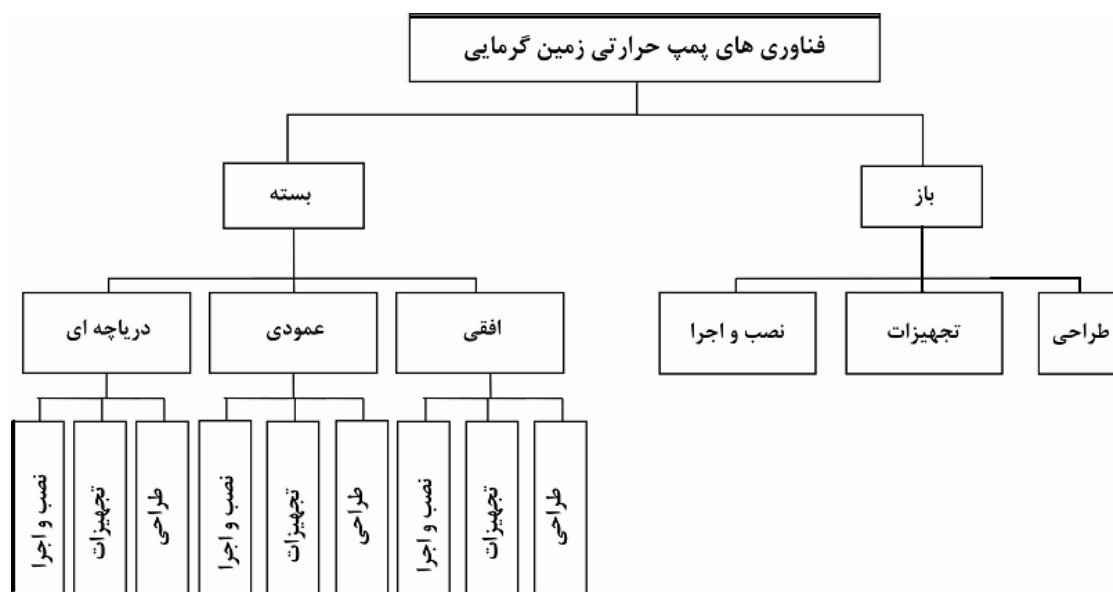


شکل (۴-۱۶) - تعداد پمپ حرارتی در کشور سوئد در بین سال‌های ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۷

۵- درخت فناوری پمپ‌های حرارتی زمین گرمایی

به منظور شناسایی حوزه‌های فناورانه به یکی از روش‌های نگرش زنجیره ارزش، نگرش فرایندی، نگرش QED و یا نگرش نگاشت فناوری و همچنین شناسایی اجزاء، کاربردها و زیر سیستم‌های تشکیل دهنده فناوری‌های زمین گرمایی در بخش پمپ‌های حرارتی، نیاز به ترسیم درخت فناوری می‌باشد. در همین راستا با همکاری و مشاوره خبرگان این صنعت درخت‌های فناوری مورد نظر تهیه و در جلسه ۱۳۹۳/۹/۲۴ کمیته راهبری ارائه شد و مورد تأیید قرار گرفت.

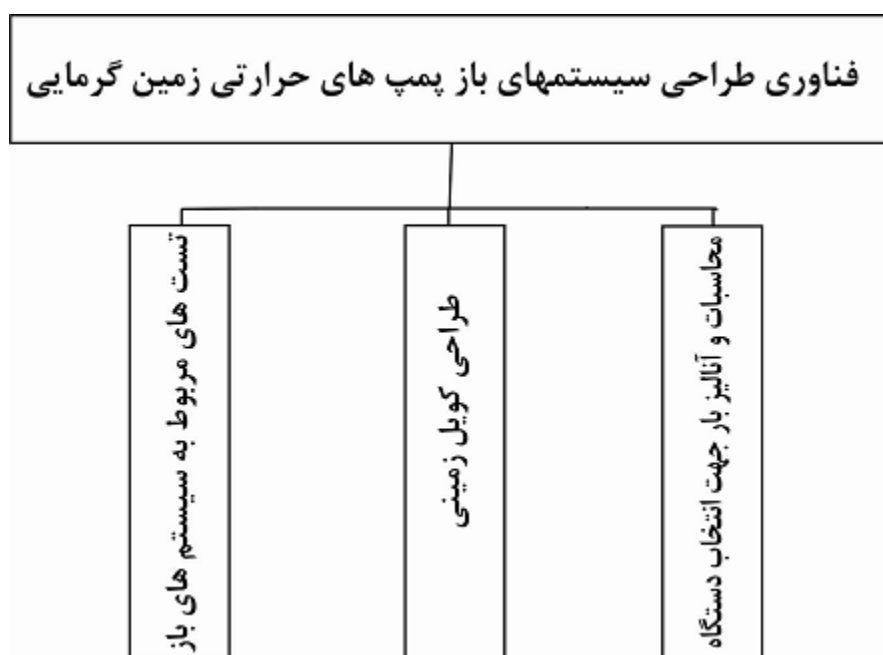
این درخت در مرحله اول همان‌طور که در شکل (۵-۱) نشان داده شده است، برحسب نوع سیستم‌ها به دو بخش سیستم‌های باز و سیستم‌های بسته تقسیم شده است. سیستم‌های بسته خود به سه بخش سیستم‌های بسته افقی، سیستم‌های بسته عمودی و سیستم‌های بسته دریاچه‌ای تقسیم شده‌اند. در مرحله بعد بر اساس زنجیره ارزش و فرایند راه‌اندازی، درخت فناوری هر کدام از سیستم‌ها به سه بخش طراحی، تجهیزات و نصب و اجرا تقسیم شده است.



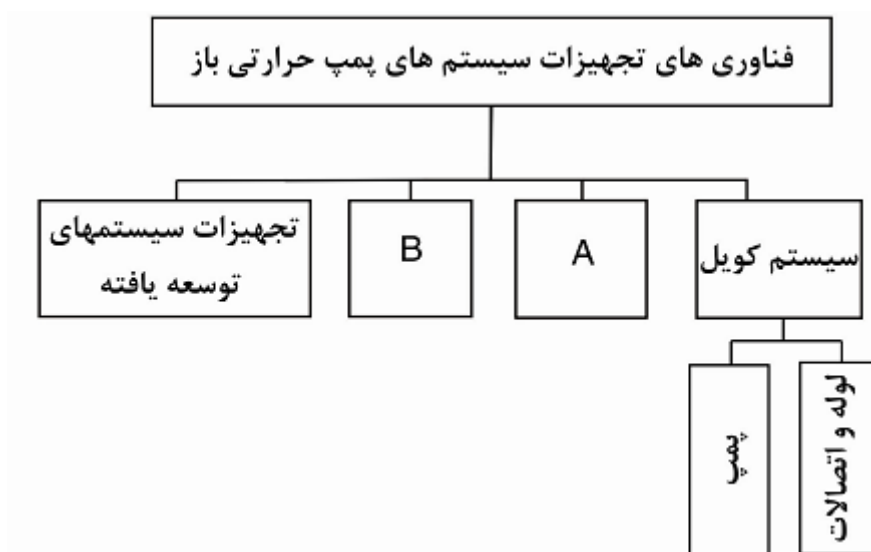
شکل (۵-۱) - درخت فناوری پمپ‌های حرارتی زمین گرمایی

شکل‌های (۵-۲) تا (۵-۶) درخت‌های فناوری مربوط به سیستم‌های باز پمپ‌های حرارتی زمین گرمایی را نشان می‌دهند. همان‌طور که در این شکل‌ها نشان داده، طراحی کوئل زمینی و تست‌های مربوط به سیستم‌های باز پمپ‌های حرارتی زمین گرمایی تقسیم‌بندی شده است، بخش فناوری‌های مربوط به تجهیزات سیستم‌های باز پمپ‌های حرارتی زمین گرمایی به ۴

بخش سیستم کویل زمینی، پمپ حرارتی، سیستم توزیع بار سرمایشی / گرمایشی و تجهیزات سیستم‌های توسعه یافته تقسیم‌بندی شده‌اند. از آنجا که بخش پمپ حرارتی و سیستم توزیع بار سرمایشی / گرمایشی در همه سیستم‌ها مشابه است، با حروف A و B مشخص شده‌اند و در شکل‌های (۵-۵) و (۵-۶) درخت فناوری این دو بخش ارائه شده است. در ادامه هر جا که این حروف مشاهده شده است، در واقع درخت فناوری آنها، موارد می‌باشد، که در شکل‌های (۵-۵) و (۵-۶) نشان داده شده است.



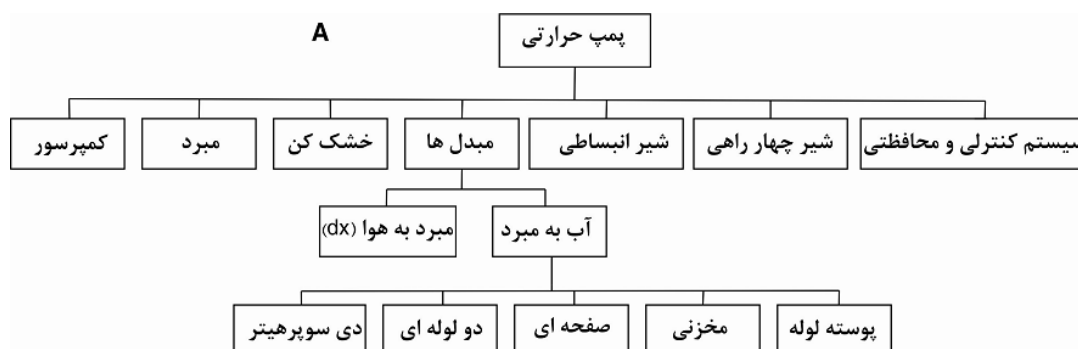
شکل (۵-۲) - درخت فناوری بخش طراحی سیستم‌های باز پمپ‌های حرارتی زمین گرمایی



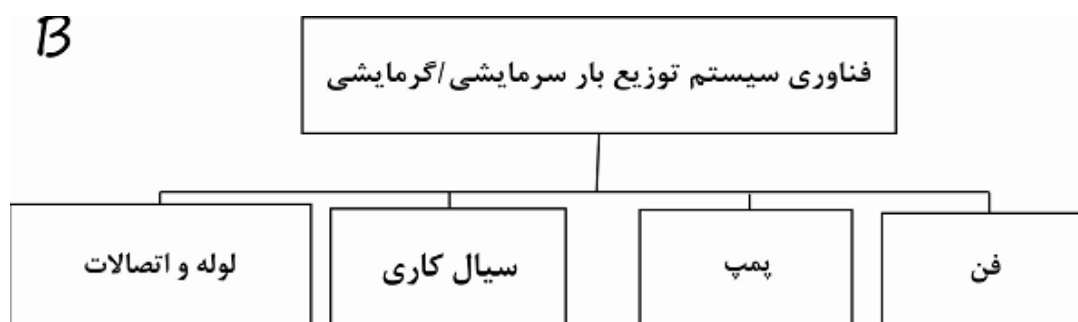
شکل (۳-۵) - درخت فناوری بخش تجهیزات سیستم‌های باز پمپ‌های حرارتی زمین گرمایی



شکل (۴-۵) - درخت فناوری بخش نصب و اجرا سیستم‌های باز پمپ‌های حرارتی زمین گرمایی

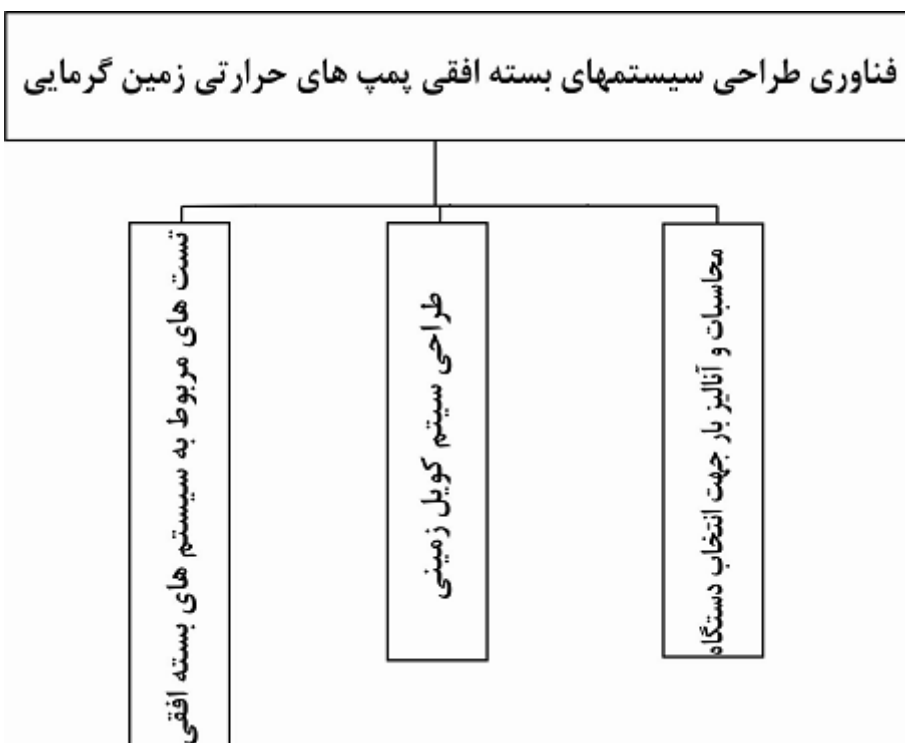


شکل (۵-۵) - درخت فناوری تجهیزات پمپ حرارتی سیستم‌های باز پمپ‌های حرارتی زمین گرمایی

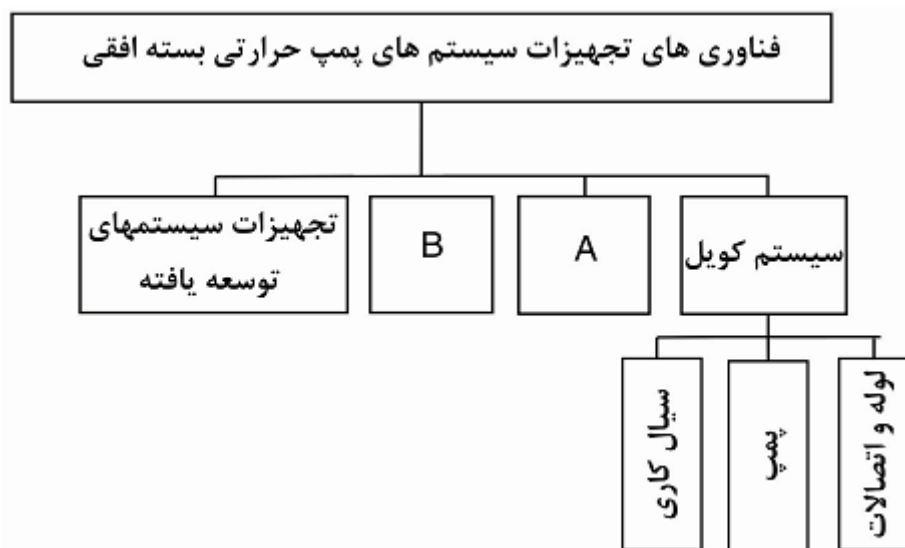


شکل (۵-۶) - درخت فناوری سیستم توزیع بار سرمایشی/گرمایشی سیستم‌های باز پمپ‌های حرارتی زمین گرمایی

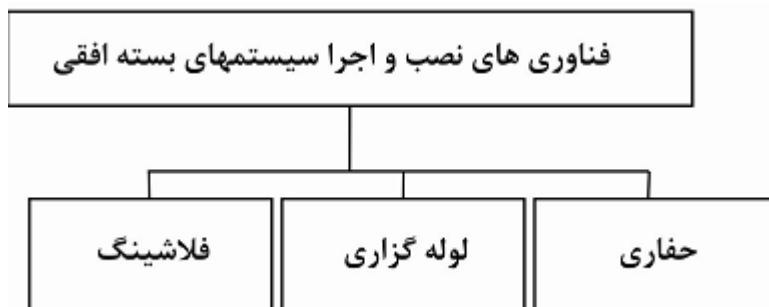
شکل‌های (۵-۷) تا (۵-۹)، درخت فناوری مربوط به سیستم‌های بسته‌افقی پمپ‌های حرارتی زمین گرمایی را نشان می‌دهد. تفاوت این درخت‌های فناوری با درخت‌های فناوری مربوط به سیستم‌های باز نوع تست‌ها و همچنین قرار گرفتن سیال کاری در بخش فناوری‌های مربوط به تجهیزات کویل زمینی می‌باشد.



شکل (۷-۵) - درخت فناوری بخش طراحی سیستم‌های بسته افقی پمپ‌های حرارتی زمین گرمایی

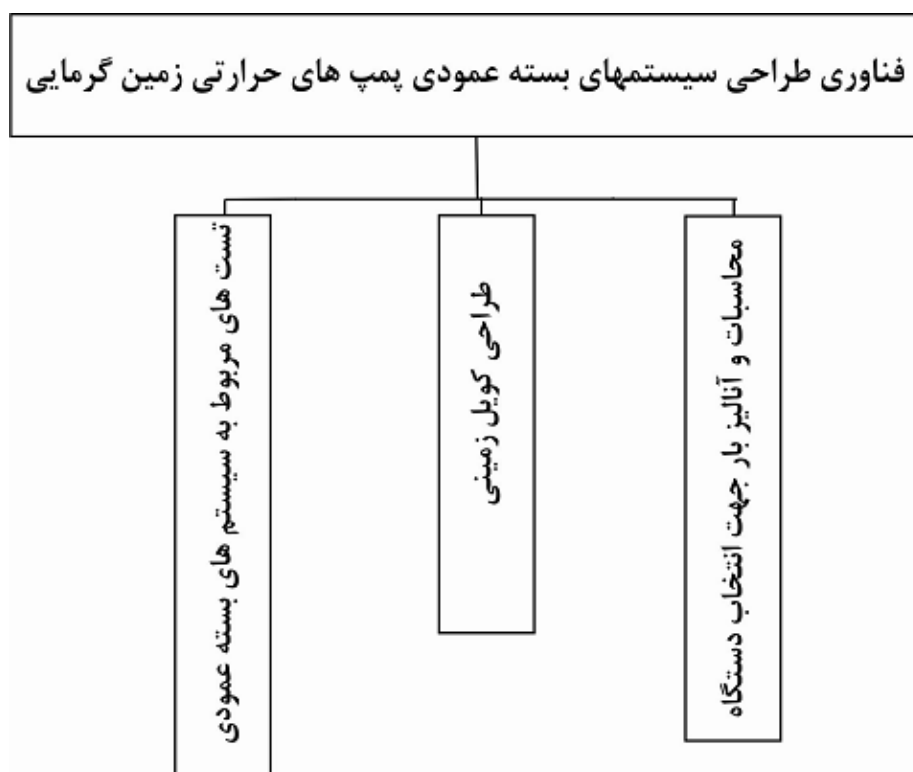


شکل (۸-۵) - درخت فناوری بخش تجهیزات سیستم‌های بسته افقی پمپ‌های حرارتی زمین گرمایی

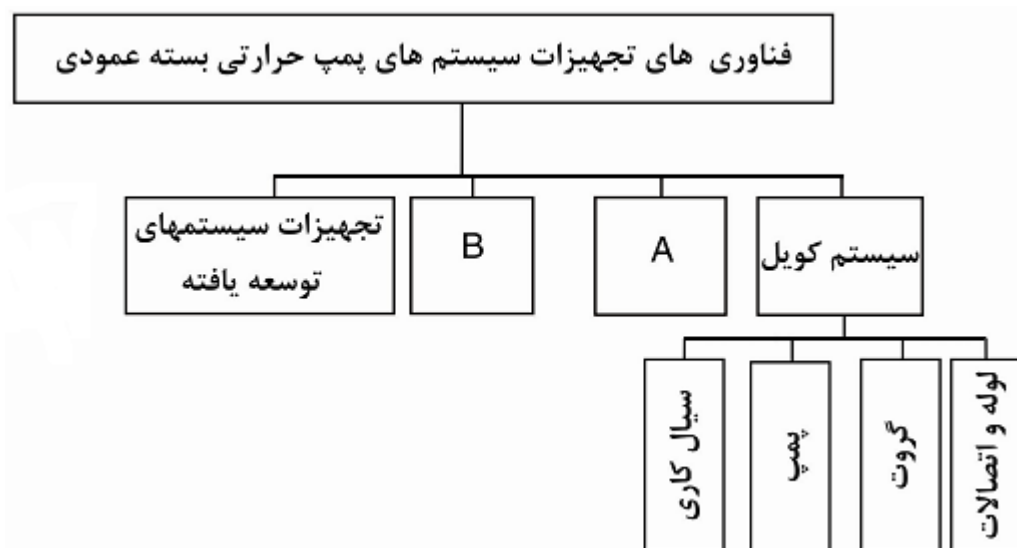


شکل (۹-۵) - درخت فناوری بخش نصب و اجرا سیستم‌های بسته افقی پمپ‌های حرارتی زمین گرمایی

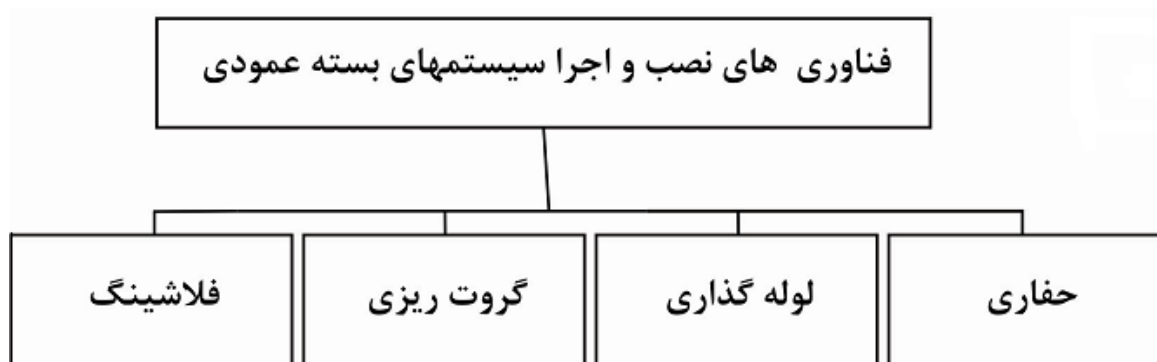
شکل‌های (۱۰-۵) تا (۱۲-۵)، درخت فناوری مربوط به سیستم‌های بسته عمودی پمپ‌های حرارتی زمین گرمایی را نشان می‌دهد. تفاوت این درخت‌های فناوری با درخت‌های فناوری مربوط به سیستم‌های باز نوع تست‌ها و همچنین قرار گرفتن سیال کاری و گروت در بخش فناوری‌های مربوط به تجهیزات کویل زمینی می‌باشد. لازم به ذکر است، تست‌های مربوط به سیستم‌های بسته عمودی دارای اهمیت بالایی می‌باشد.



شکل (۱۰-۵) - درخت فناوری بخش طراحی سیستم‌های بسته عمودی پمپ‌های حرارتی زمین گرمایی

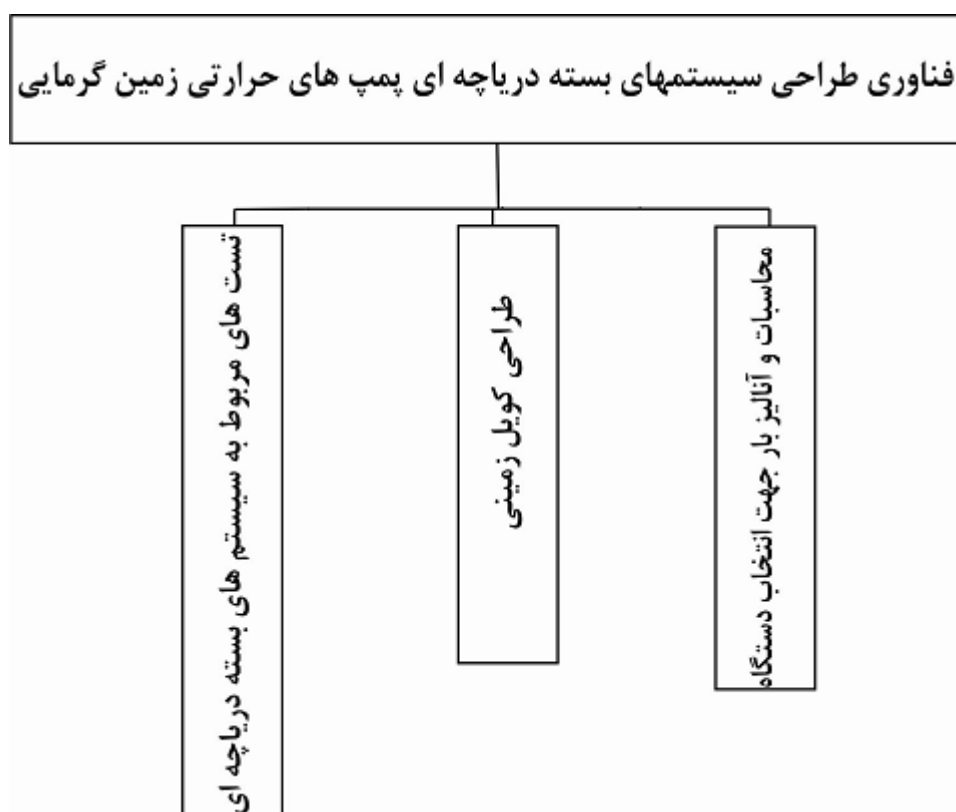


شکل (۵-۱۱) - درخت فناوری بخش تجهیزات سیستم‌های بسته عمودی پمپ‌های حرارتی زمین گرمایی

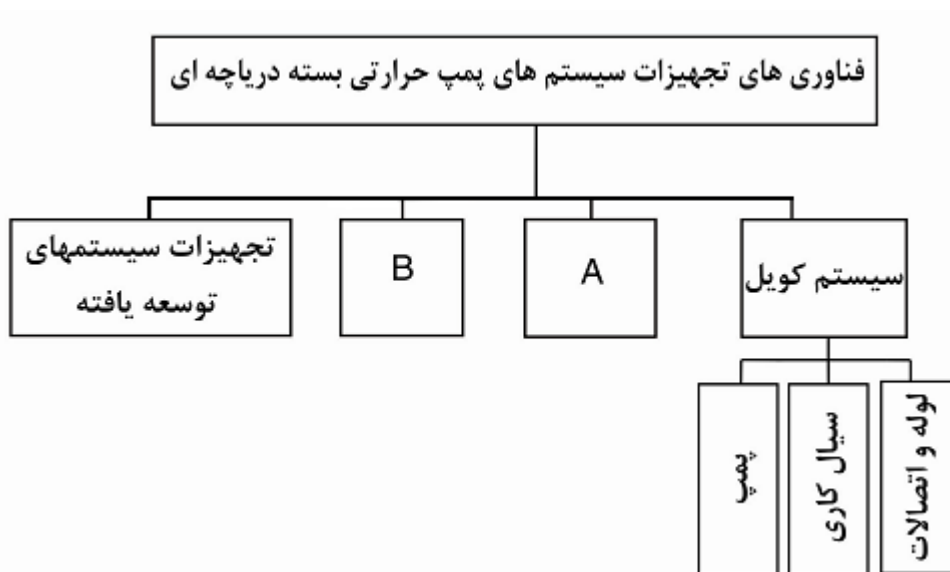


شکل (۵-۱۲) - درخت فناوری بخش نصب و اجرا سیستم‌های بسته عمودی پمپ‌های حرارتی زمین گرمایی

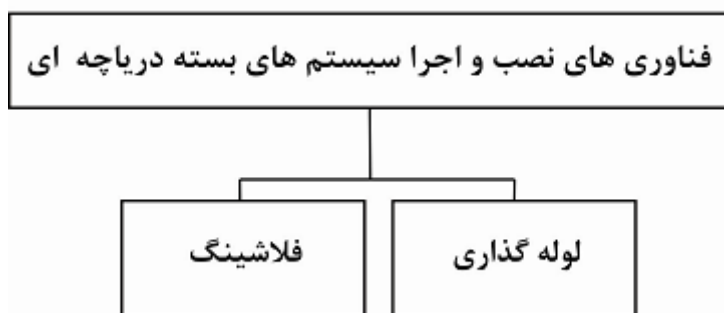
شکل‌های (۵-۱۳) تا (۵-۱۵)، درخت فناوری مربوط به سیستم‌های بسته دریاچه‌ای پمپ‌های حرارتی زمین گرمایی را نشان می‌دهد. تفاوت این درخت‌های فناوری با درخت‌های فناوری مربوط به سیستم‌های باز نوع تست‌ها می‌باشد. فناوری‌های مربوط به تجهیزات کویل زمینی در این سیستم‌ها شامل لوله و اتصالات، سیال کاری و پمپ می‌باشد.



شکل (۵-۱۳) - درخت فناوری بخش طراحی سیستم‌های بسته دریاچه‌ای پمپ‌های حرارتی زمین گرمایی



شکل (۱۴-۵) - درخت فناوری بخش تجهیزات سیستم های بسته دریاچه ای پمپ های حرارتی زمین گرمایی



شکل (۱۵-۵) - درخت فناوری بخش نصب و اجرا سیستم های بسته دریاچه ای پمپ های حرارتی زمین گرمایی

مراجع

- [1] Canadian Geo Exchange Coalition, Canadian Geothermal Heat Pump Industry Technology Roadmap(Final Report) , 2012
- [2] European Technology Platform on Renewable Heating and Cooling, Geothermal Technology Roadmap, 2014
- [3] William Goetzler ,Matt Guernsey,Rahul Kar ,Research and Development Roadmap: Geothermal (Ground-Source) Heat Pumps ,October 2012
- [4] Heat pump market and statistics report 2013 | 15.10.2013
- [5] Zoltan Karpathy , IEA Heat Pump Workshop 13. November 2012

فهرست مطالب

۱	۱- مقدمه
۳	۲- اهمیت انرژی زمین گرمایی
۴	۳- تاریخچه انرژی زمین گرمایی
۶	۳-۱- دیدگاه های اقتصادی در ارزیابی
۶	۳-۲- مزایای استفاده از انرژی زمین گرمایی
۷	۳-۳- مقایسه انرژی زمین گرمایی با انرژی های حاصل از سوخت های فسیلی
۸	۴- تعریف مهندسی مخزن
۱۰	۴-۱- شرایط وجود مخازن زمین گرمایی
۱۲	۵- اهمیت داده های مخزن
۱۴	۶- ملزومات مهندسی مخازن زمین گرمایی
۱۴	۷- جمع آوری اطلاعات
۱۵	۸- توصیف و تعیین خصوصیات مخزن
۱۶	۸-۱- نقش مطالعات ژئوشیمی در مهندسی مخازن
۱۷	۸-۲- نقش مطالعات ژئوفیزیک در مهندسی مخازن
۱۸	۸-۳- ۱-۸-۲- آشنایی با روش های مگنتوتلوریک و کاربرد آن در مطالعات زمین گرمایی
۱۸	۸-۳- نقش مطالعات زمین شناسی در مهندسی مخازن
۱۹	۸-۴- مهندسی مخازن پایه / فیزیک مخزن
۲۰	۹- وظایف عملیاتی مهندس مخازن پایه
۲۰	۹-۱- بررسی تاریخچه تولید و چاه آزمایی
۲۱	۹-۱-۱- اهمیت چاه آزمایی
۲۲	۹-۱-۲- رایج ترین روش های تست چاه های زمین گرمایی
۲۶	۹-۱-۳- عملیات های نمودارگیری
۲۷	۹-۲- بررسی مطالعات ژئوفیزیک / زمین شناسی

۲۸	۹-۳- ارزیابی پتروفیزیک
۲۹	۹-۴- خواص سیالات و سنگ مخزن
۳۰	۱۰- مطالعه مخازن زمین گرمایی کشور با استفاده از نرم افزارهای شبیه ساز
۳۱	۱۱- مدل سازی مخزن
۳۱	۱۱-۱- آغازسازی
۳۳	۱۱-۲- تطابق تاریخچه و تنظیم مدل
۳۴	۱۱-۳- مدلسازی
۳۴	۱۲- پیش بینی رفتار آینده مخزن
۳۵	۱۳- بهره برداری از سیستم های زمین گرمایی پیشرفته (EGS)
۳۷	۱۴- عملیات مهندسی مخزن در زمان بهره برداری
۳۹	۱۵- پرسنل مورد نیاز
۳۹	۱۵-۱- توانمندی های لازم برای مسئول تیم مهندسی مخازن
۴۱	۱۶- نرم افزارهای مهم در مهندسی مخازن زمین گرمایی
۴۳	۱۷- توانمندی های داخلی در حوزه مطالعات مهندسی مخزن زمین گرمایی
۴۵	۱۸- بررسی مطالعات انجام شده در سایر کشورها
۴۵	۱۸-۱- ایالات متحده امریکا
۴۵	۱۸-۲- فیلیپین
۴۵	۱۸-۳- مکزیک
۴۶	۱۸-۴- آفریقا
۴۶	۱۸-۵- ایسلند
۴۷	مراجع

فهرست اشکال

- شکل (۱-۳) - نمایی از نیروگاه لاردللو، نخستین نیروگاه زمین گرمایی در جهان ۵
- شکل (۱-۴) - کمربندهای اصلی ذخایر انرژی زمین گرمایی در جهان ۱۱
- شکل (۱-۶) - درخت فناوری مهندسی مخازن زمین گرمایی ۱۴
- شکل (۱-۸) - درخت فناوری مرتبط با توصیف و تعیین خصوصیات مخازن زمین گرمایی ۱۶
- شکل (۱-۹) - درخت فناوری مرتبط با مهندسی مخازن پایه در حوزه انرژی زمین گرمایی ۲۱
- شکل (۲-۹) - درخت فناوری عملیات چاه آزمایشی در حوزه انرژی زمین گرمایی ۲۲
- شکل (۳-۹) - نمودار تغییرات فشار مخازن زمین گرمایی در حین بهره برداری از آنها ۲۳
- شکل (۴-۹) - نمودار بدست آمده از تست افت فشار در یک چاه زمین گرمایی نمونه ۲۴
- شکل (۵-۹) - نمودار بدست آمده از تست سازنده (Buildup) در یک چاه زمین گرمایی نمونه ۲۵
- شکل (۶-۹) - نمودار بدست آمده از تست تزریقی (Injection) در یک چاه زمین گرمایی نمونه ۲۶
- شکل (۷-۹) - نمودار بدست آمده از تست افت (Falloff) در یک چاه زمین گرمایی نمونه ۲۷
- شکل (۸-۹) - طرح شماتیک عملیات نمودارگیری در یک چاه زمین گرمایی ۲۹
- شکل (۹-۹) - نمایی از نمودارهای بدست آمده از عملیات نمودارگیری در یک چاه زمین گرمایی ۳۰
- شکل (۱۰-۱) - مراحل اجرایی عملیات شبیه سازی یک سیستم نمونه ۳۱
- شکل (۱۱-۱) - نمایی از مدل استاتیک یک مخزن زمین گرمایی نمونه ۳۴
- شکل (۲-۱۱) - نمایی از مراحل تهیه یک مدل زمین شناسی برای منابع سوخت‌های فسیلی و انرژی زمین گرمایی ۳۵
- شکل (۱-۱۲) - طرح شماتیک روند راستی آزمایی مدل‌های زمین شناسی و مفهومی یک منبع زمین گرمایی نمونه ۳۷
- شکل (۱۵-۱) - نحوه ارتباط کاری بین متخصصین مختلف در حین اجرای عملیات مهندسی مخازن زمین گرمایی ۴۲
- شکل (۱۷-۱) - نقشه پراکندگی منابع زمین گرمایی در ایران ۴۶

فهرست جداول

۳۹	جدول (۱-۱۳) - مشخصات پروژه های در حال انجام منابع زمین گرمایی پیشرفته (EGS) در جهان
۴۰	جدول (۱-۱۴) - سرفصل های کلی عملیات مهندسی مخازن در حین بهره برداری از آنها
۴۳	جدول (۱-۱۶) - فهرست مهمترین نرم افزارهای مورد استفاده در عملیات مهندسی مخازن زمین - گرمایی

۱- مقدمه

مطالعات مهندسی مخزن منابع زمین گرمایی هیدروترمال از صنعت نفت و گاز اقتباس شده است. در واقع، از اواخر دهه ۶۰ میلادی، نیاز به این دانش در صنعت رو به رشد انرژی زمین گرمایی به شدت احساس می شود و همین موضوع سبب گسترش روزافزون دانش مهندسی مخازن هیدروترمال گردید. در ابتدا این دانش بر روی موارد زیر متمرکز بود:

- مشخص کردن محل حفر چاه ها
- اندازه گیری مشخصات چاه ها
- تفسیر داده های بدست آمده از چاه ها
- مشخص کردن نحوه تولید سیال از مخزن
- پیش بینی رفتار مخزن نسبت به تولید سیال از آن

در حقیقت، هدف نهایی از مطالعات مهندسی مخزن، تعیین بهینه ترین شرایط تولید سیال از مخزن به نحوی است که بتوان حداکثر توان حرارتی مخزن را تحت شرایط مناسب اقتصادی مورد بهره برداری قرار داد. مهم ترین فعالیت یک مهندس مخزن، پیش بینی رفتار چاه/مخزن در دست بررسی می باشد. برای این منظور، مهم ترین سؤالات قابل طرح عبارت هستند از:

- کدام برنامه، مناسب ترین برنامه توسعه مخزن در دست مطالعه است؟
- چه تعداد چاه در منطقه باید حفر شود تا اهداف مناسب ترین برنامه توسعه مخزن محقق شود؟ الگوی حفر چاه ها چگونه باید باشد؟
- مقدار تولید سیال چاه ها چقدر باید باشد؟
- چه مقدار از حرارت مخزن قابل برداشت است؟
- نحوه تغییر حرارت در مخزن بر اثر بهره برداری از آن چگونه خواهد بود؟

به منظور یافتن پاسخ برای سؤالات فوق، مهندس مخزن باید با دقت زیاد، از ابتدای تولید سیال، شرایط مخزن را به دقت مورد بررسی قرار دهد. وی این فرصت را در اختیار دارد تا نتایج بررسی های خود را مداوماً تغییر داده و آنها را با اضافه نمودن داده های جدید بهتر تفسیر نماید. پس از انجام مطالعات مهندسی مخزن، معمولاً به منظور درک بهتر شرایط مخزن، نتایج بدست آمده در قالب مدل های سه بعدی ترسیم می گردد.

۲- اهمیت انرژی زمین گرمایی

زمینی که زیر پای ما قرار دارد، منبع بسیار عظیم انرژی است. انرژی زمین گرمایی از انرژی خورشیدی که در طول هزاران سال در داخل زمین ذخیره شده و همچنین فروپاشی عناصر رادیواکتیو در عمق زمین نشأت گرفته است. این انرژی که به صورت حرارت از اعماق زمین به سطح هدایت می شود در صورت توسعه فن آوری استخراج آن، به تنهایی قادر خواهد بود کلیه نیازهای انرژی امروز و آینده بشر را تأمین کند. انرژی زمین گرمایی در واقع گرمای موجود در عمق زمین است و درجه حرارت زمین با رفتن به عمق آن افزایش می یابد. البته میان افزایش درجه حرارت و افزایش عمق زمین یک رابطه خطی وجود ندارد. نظر به اینکه حرارت همیشه از سمت ناحیه گرم تر به ناحیه سردتر انتقال پیدا می کند، حرارت و گرمای درون زمین به نواحی نزدیک به سطح حرکت می کند. تقریباً توانی معادل با ۴۲ میلیون مگاوات حرارتی به طور پیوسته از کل سطح کره زمین قابل استحصال است که این مقدار انرژی، به طور پیوسته به فضای سردی که زمین را در بر گرفته است منتقل می شود.

به طور میانگین، حرارتی که از اعماق زمین به بیرون و محیط آزادی که زمین را در بر گرفته آزاد می شود، معادل با ۰/۰۶ وات به ازای هر متر مربع می باشد که این رقم معادل با یک پانصدم میزان حرارتی است که در همین مقیاس از خورشید به زمین می رسد.

طبق محاسبات، مشخص شده است که انرژی حرارتی ذخیره شده در ۱۱ کیلومتر فوقانی پوسته زمین معادل پنجاه هزار برابر کل انرژی به دست آمده از منابع نفت و گاز شناخته شده امروز جهان است. پس این منبع عظیم انرژی می تواند در آینده جایگزین قابل اعتمادی برای انرژی حاصل از سوخت های فسیلی باشد. البته بدیهی است که بهره برداری گسترده از ذخایر زمین گرمایی، مستلزم توسعه بیشتر در زمینه تکنیک های اکتشاف و استخراج آن است.

میزان استفاده از انرژی زمین گرمایی در جهان در حال افزایش است و از نظر کمیت مصرفی در میان انواع پنجگانه انرژی های تجدیدپذیر بعد از انرژی برق آبی، زیست توده و انرژی بادی در رتبه چهارم قرار گرفته و انرژی خورشیدی در رتبه بعدی قرار دارد.

۳- تاریخچه انرژی زمین گرمایی

وجود کوه‌های آتش فشان یقیناً باید نیاکان ما را از این حقیقت آگاه ساخته باشد که بخش‌های خاصی از اعماق زمین داغ می‌باشد. با این حال، تا یک دوره زمانی بین قرن‌های شانزدهم و هفدهم، یعنی زمانی که اولین معادن تا عمق چند صد متری سطح زمین حفر گردیده و بشر بر اساس ادراکات فیزیکی ساده استنباط نمود که دمای زمین با عمق افزایش می‌یابد، اطلاع چندانی در این زمینه وجود نداشت.

شاید نخستین اندازه‌گیری‌ها به وسیله دماسنج در سال ۱۷۴۰ و در معدنی نزدیک Belfort در کشور فرانسه انجام پذیرفت. در سال ۱۸۷۰ از روش‌های علمی پیشرفته‌ای جهت مطالعه نوع رفتار حرارتی زمین استفاده می‌شد، اما با ورود به قرن بیستم و کشف نقشی که حرارت رادیوژنیک (حرارت ناشی از زوال مواد رادیو اکتیو) ایفا می‌کند، پرده از راز پدیده‌هایی همچون موازنه حرارتی و تاریخچه حرارتی زمین برداشته شد.

در واقع، تمامی مدل‌های پیشرفته حرارتی زمین براساس حرارت تولید شده در اثر زوال ایزوتوپ‌های رادیواکتیو اورانیوم، توریم و پتاسیم که با عمر طولانی در اعماق زمین یافت می‌شود، پایه ریزی شده‌اند.

در دهه ۱۹۸۰ میلادی دریافته شد هیچ موازنه‌ای بین حرارت تولیدی ناشی از زوال مواد رادیواکتیو در اعماق زمین و حرارت منتشر شده از سطح آن به محیط اطراف برقرار نیست و سیاره زمین به آهستگی در حال سرد شدن است.

در اوایل قرن نوزدهم، استخراج سیالات ژئوترمال با هدف بهره‌برداری از پتانسیل انرژی حرارتی آنها صورت می‌پذیرفت. در آن زمان، یک کارخانه شیمیایی در کشور ایتالیا در ناحیه‌ای که هم اکنون لاردرو نامیده می‌شود، راه‌اندازی گردید تا از آب‌های داغی که به طور طبیعی یا از طریق چاه‌های کم عمقی که مخصوصاً برای این کار حفر می‌شدند، به بیرون جریان می‌افتند، اسید بوریک تولید کند، شکل (۱-۳).



شکل (۱-۳) - نمایی از نیروگاه لاردللو، نخستین نیروگاه زمین گرمایی در جهان

در سال ۱۸۲۷ استخراج بخارات طبیعی آب با هدف بهره برداری از انرژی مکانیکی آن آغاز شد. از بخار آب زمین گرمایی برای بالا بردن مایعات در بالابرهای گازی قدیمی و همچنین بعدها در پمپهای رفت و برگشتی و گریز از مرکز و جرثقیل هایی که به نوعی با عملیات حفاری در ارتباط بوده یا در صنایع محلی تولید اسید بوریک کاربرد داشتند، استفاده می شد.

نخستین تلاش ها برای تولید برق از بخار آب زمین گرمایی در سال ۱۹۰۴ میلادی در ناحیه لاردللو انجام پذیرفت. موفقیت این آزمایش، ارزش صنعتی انرژی زمین گرمایی را به خوبی نشان داد و این آغازی بود بر بهره برداری خاصی که قرار بود بعدها به طور قابل توجهی توسعه داده شود.

سیستم نمونه ای که در کشور ایتالیا راه اندازی شد، به سرعت توسط چند کشور دیگر الگوبرداری شد. نخستین چاه های زمین گرمایی در سال ۱۹۱۹ در Beppu ژاپن و در سال ۱۹۲۱ در The Geysers کالیفرنیا (آمریکا) حفر شدند که البته در آن زمان با موفقیت چندانی همراه نبودند. در سال ۱۹۲۸ کشور ایسلند، کار استخراج سیالات زمین گرمایی (به ویژه آب داغ) را برای تأمین نیاز حرارتی منازل آغاز نمود. در همان زمان در ناحیه لاردللو با به جریان انداختن بخار آب کیفیت پایین در مبدل های حرارتی، نیاز حرارتی منازل روستایی و آب داغ مصرفی آنها تأمین می گردید.

۳-۱- دیدگاه‌های اقتصادی در ارزیابی پروژه‌های زمین گرمایی

هزینه بهره‌برداری از منابع انرژی زمین گرمایی به میزان زیادی به توان تولیدی چاه‌های حفر شده بستگی دارد. به طور کلی توان تولیدی هر چاه از حدود ۲ تا ۳۰ مگاوات الکتریکی متغیر است. همچنین هزینه حفاری چاه‌ها و تعداد چاه‌هایی که به هر علت ناموفق و غیرتولیدی می‌باشند در هزینه‌های سرمایه‌گذاری تأثیر به‌سزایی دارد. از جمله عوامل دیگر به نوع سیستم‌ها، شرایط و مشخصات میدان زمین گرمایی می‌توان اشاره کرد. به طور مثال هزینه حفاری یک چاه زمین گرمایی واقع در شهر پاریس تا یک میلیون دلار می‌رسد در حالی که در میدان‌های زمین گرمایی ایسلند و ایتالیا که سیستم‌های درجه حرارت بالا هستند این میزان در حدود چند صد هزار دلار می‌باشد.

بدیهی است به دلیل وجود پارامترهای متعدد و تغییرات گسترده هر یک از پارامترهای مذکور بسته به شرایط محلی و نوع سیستم‌های زمین گرمایی، تعیین یک مقدار ثابت و مشخص به عنوان هزینه توسعه و بهره‌برداری از انرژی زمین گرمایی غیرممکن است. در واقع هر پروژه زمین گرمایی دارای هزینه سرمایه‌گذاری خاص خود برای توسعه و بهره‌برداری است.

۳-۲- مزایای استفاده از انرژی زمین گرمایی

- تمیز بودن: در این روش همانند نیروگاه بادی و خورشیدی، نیازی به سوخت نیست، بنابراین سوخت‌های فسیلی حفظ می‌شوند و هیچ‌گونه آلودگی وارد هوا نمی‌شود.
- بدون مشکل بودن برای منطقه: فضای کمتری برای احداث نیروگاه نیاز دارد و عوارضی چون ایجاد تونل، چاله‌های روباز، کپه‌های آشغال و یا نشست نفت و روغن را به دنبال ندارد.
- قابل اطمینان بودن (پدافند غیر عامل): نیروگاه‌های زمین گرمایی می‌توانند در تمام طول سال فعال باشند و به دلیل قرار گرفتن روی منبع سوخت، مشکلات مربوط به قطع نیروی محرکه در نتیجه بدی هوا، بلایای طبیعی و یا تنش‌های سیاسی را ندارد.
- تجدید پذیری و دائمی بودن

- صرفه جویی ارزی: هزینه‌ای برای واردات سوخت از کشور خارج نمی‌شود و نگرانی‌های ناشی از افزایش هزینه سوخت وجود نخواهد داشت.
- ایجاد تنوع در سبد انرژی کشور
- توسعه فرهنگی، اجتماعی و اقتصادی مناطق محروم
- کمک به رشد کشورهای در حال توسعه: نصب آن در مکان‌های دور افتاده می‌تواند، استاندارد و کیفیت زندگی را با آوردن نیروی برق بالا ببرد.

با توجه به فوایدی که برشمردیم، انرژی زمین گرمایی در کشورهای مختلف دنیا به شدت در حال رشد است و آمارهای ذکر شده مؤید این مطلب است.

۳-۳- مقایسه انرژی زمین گرمایی با انرژی حاصل از سوخت‌های فسیلی

امروزه تولید انرژی به کمک منابع سوخت‌های فسیلی یا نیروگاه‌های هسته‌ای با آلودگی قابل ملاحظه محیط زیست توأم است و تحقیقات دانشمندان برای رفع این آلودگی‌ها همچنان ادامه دارد. خوشبختانه انرژی زمین گرمایی علاوه بر تجدیدپذیر بودن، در مقایسه با سایر منابع تولید انرژی، آلاینده‌گی کمتری داشته و جزء منابع پاک انرژی به شمار می‌رود. البته این به آن معنا نیست که انرژی زمین گرمایی کاملاً فاقد آلودگی است ولی میزان آلاینده‌گی آن نسبت به نیروگاه‌های فسیلی و یا هسته‌ای به حدی اندک است که می‌توان با هزینه نسبتاً کمی آن را به حداقل ممکن رساند. شایان ذکر است که برخی از نیروگاه‌ها و طرح‌های بهره برداری از این انرژی، کاملاً فاقد آلودگی است. از سوی دیگر میزان آلودگی تأسیسات مزبور، ارتباط مستقیمی با درجه حرارت منبع زمین گرمایی دارد، به این ترتیب که منابع حرارت بالا نسبت به انواع حرارت پایین، آلودگی بیشتری تولید می‌کنند و همچنین طرح‌های کاربرد مستقیم نیز کمتر از نیروگاه‌های زمین گرمایی محیط زیست را آلوده می‌کنند. البته مزایای این انرژی صرفاً ملاحظات زیست محیطی نبوده و شامل موارد دیگری نیز می‌شود.

مزایای انرژی زمین گرمایی را می‌توان به دو دسته کلی مزایای زیست محیطی و کاربردی تقسیم بندی کرد. یکی از دلایل مهمی که سبب گسترش روز افزون استفاده از انرژی زمین گرمایی در سراسر جهان شده مزایای زیست محیطی این انرژی است. به این

ترتیب که از یک سو نیروگاه‌ها و طرح‌های کاربرد مستقیم انرژی زمین گرمایی آلودگی بسیار کمی تولید می‌کنند و از سوی دیگر با صرفه جویی در مصرف سوخت‌های فسیلی، کمک شایان توجهی به پاکیزگی محیط زیست می‌شود. مهمترین مزایای زیست محیطی کاربرد انرژی زمین گرمایی عبارتند از عدم آلودگی هوا و منابع آب زیرزمینی و عدم نیاز به زمین وسیع.

امروزه موضوع کیفیت هوا یکی از مباحث مهم در حفاظت محیط زیست است. نیروگاه‌های سوخت فسیلی از جمله کانون‌های مهم آلاینده هواست که هر ساله با تولید حجم زیادی از گازهای گلخانه‌ای و سایر ترکیبات زیان‌آور موجبات تخریب محیط زیست را فراهم می‌آورند. خوشبختانه نیروگاه‌های زمین گرمایی به دلیل تولید بسیار کم گازهای مضر جزء پاکیزه‌ترین انواع نیروگاه‌های مولد برق به شمار می‌روند. البته میزان آلودگی این دسته از نیروگاه‌ها بر حسب نوع سیکل تولید برق به کار رفته، متفاوت است. میزان تولید گازهایی چون $\text{NH}_4, \text{SO}_2, \text{CO}_2$ در نیروگاه‌های زمین گرمایی درصد بسیار کمی از میزان تولید این گازها در نیروگاه‌های فسیلی است. گاز دی اکسید کربن (CO_2) از جمله مهمترین گازهای گلخانه‌ای است که جزء گازهای آلاینده به شمار نمی‌رود ولی باعث افزایش درجه حرارت کره زمین می‌شود. میزان گازهای گلخانه‌ای تولید شده در نیروگاه‌های زمین گرمایی نسبت به سایر نیروگاه‌ها به حدی کم است که اگر یک کیلووات ساعت برق تولیدی از نیروگاه‌های فسیلی را با یک کیلووات ساعت برق تولیدی از نیروگاه زمین گرمایی جایگزین کنیم، میزان گازهای گلخانه‌ای تولید شده در حدود ۹۵ درصد کاهش خواهد یافت. مقدار گاز CO_2 تولید شده در نیروگاه‌های زمین گرمایی به ترتیب معادل ۱۵ درصد نیروگاه‌های فسیلی گاز سوز، ۱۰ درصد نیروگاه با سوخت‌های نفتی و ۸ درصد نیروگاه‌های زغال سنگ سوز است.

۴- تعریف مهندسی مخازن

مهندسی مخازن زمین گرمایی یکی از علوم وابسته به انرژی زمین گرمایی می‌باشد. اغلب مهندسیین مخازن که در بخش علوم زمین - گرمایی کار می‌کنند معتقد هستند که دنیای مهندسی مخازن زمین گرمایی بیش از اینکه علم باشد، یک هنر است. اما هنری است که ماهیتش را سنگ و آب و گرما تشکیل داده است. باید توجه داشت که کسانی که صرفاً به دانش اکتسابی خود برای مهندسی مخازن تکیه می‌کنند در این راه موفق نخواهند شد، علاقه قلبی به این کار شرط مهم موفقیت یک مهندس مخزن است.

برخی افراد بر این باورند که مهندسی مخزن علم جدید و نوپایی بوده و هنوز به مرحله بلوغ خود نرسیده است. در حالی که اینگونه نیست. پروسه فیزیکی نفوذ سیال در محیط متخلخل (Porous media) به اندازه کافی در معادلات اختلاف جزئی سهمی شکل (Partial differential equations) توضیح داده شده است. معادلات انتقال حرارت با دقت بسیار بالا و روش‌های تحلیل آنها بر پایه علوم بنیان نهاده شده فوریه (Joseph Fourier) می‌باشند. این معادلات توسط تی اس (Thies, ۱۹۳۵) و جاکوب (Jacob, ۱۹۴۶) با مخازنی که دارای آب سرد می‌باشند یا در حال سرد شدن هستند تطبیق داده شده و توسعه یافته‌اند. هرچند در ابتدا در مباحث مهندسی مخازن نفت و سپس در مباحث مهندسی مخازن زمین گرمایی وارد شده‌اند.

اولین مقاله و اثر علمی که در زمینه مهندسی مخازن زمین گرمایی نوشته شده است، به مباحث تخمین انرژی درجای مخزن اشاره دارد، در واقع طبیعت این کار نیز چنین است، که اولین قدم در مهندسی مخازن زمین گرمایی آگاهی داشتن از اندازه مخزن و انرژی نهفته در آن است. البته اخیراً گرایش‌های مهندسی به سمت ظرفیت چاه‌ها و قدرت تولیدی آنها نیز به عنوان اولین قدم‌های اکتشاف، انعطاف پیدا کرده است.

بهترین سناریو در حال حاضر کدام است؟ اگر قدرت تولید مخزن یا چاه پایین آید چه خواهد شد؟ آیا چاه‌های موجود پاسخگوی ظرفیت درخواستی برای سال‌های آینده است؟ دقیقاً چند سال چاه‌ها می‌توانند تولید مورد درخواست را داشته باشد؟ یک سال؟ دو سال؟ پنج سال و یا ده سال؟ اینها از جمله سئوالاتی هستند که پاسخ دقیق به آنها جزء چالش‌های اصلی مهندسی مخازن می‌باشد. بنابراین پاسخ دادن به این قبیل سئولات، با دقت بالا، تنها از راه حفر چند چاه و داده‌برداری منظم و با برنامه، امکان پذیر خواهد شد.

اگر بخواهید نقش اصلی مهندس مخزن را در یک جمله خلاصه کنید باید بگویید که مهندس مخزن نگهبان و محافظ مخزن است، بدین معنی که تمامی ورود و خروج‌ها به مخزن، تمامی تغییرات آن که باعث می‌شود حالت پایدار آن به هم بخورد، یا آخرین مدل را تغییر دهد بایستی تحت نظارت مهندس مخزن صورت پذیرد. بدین ترتیب کارشناس مربوطه همواره بر اساس تغییرات صورت گرفته در مخزن مدل میدان را به روز می‌کند و با ورود اطلاعات جدید به سیستم، مدل تکمیل تر شده، و به واقعیت خود مخزن و رفتارهای آینده نزدیک تر می‌شود. با توسعه مدل سه بعدی مخزن زمانی فرا خواهد رسید که تمامی پیش‌بینی‌ها دقیق خواهند بود و

با کمترین خطا، گزارش داده خواهند شد. در این زمان است که می توان آینده مخزن زمین گرمایی را با دقت بسیار بالا پیش بینی کرد. در نتیجه کمیت و کیفیت داده های میدانی برای شبیه سازی و مدل کردن مخزن زمین گرمایی از اهمیت به سزایی برخوردار است. چرا که هر چقدر داده زیادتیر باشند و هر چقدر کیفیت داده ها مطلوب تر باشد، تخمین آینده، دقیق تر بوده و تصمیم گیری ها را برای هرگونه فعالیت میدانی آسانتر می کند.

۱-۴- شرایط وجود مخازن زمین گرمایی

در زیر به چهار شرط اصلی که منابع زمین گرمایی را قابل بهره برداری می کند اشاره می کنیم :

- یک منبع حرارتی، جسم ماگمایی و یا سنگ داغ خشک واقع در اعماق زمین .
 - سیالی که در مخزن به عنوان حامل حرارت ایفای نقش کند.
 - بستری تراوا، که قابلیت هدایت سیال حامل را در هنگام تولید، به درون چاه داشته باشد.
 - پوش سنگ (تله)، که سیال حامل انتقال گرما را، در مخزن محبوس کند.
- منابع وسیستم های گرمایی با توجه به تفاوت دمائیشان به سه گروه زیر تقسیم بندی شده اند :

- سیستم های آنتالپی پائین ، $200^{\circ}\text{C} - 300^{\circ}\text{C}$

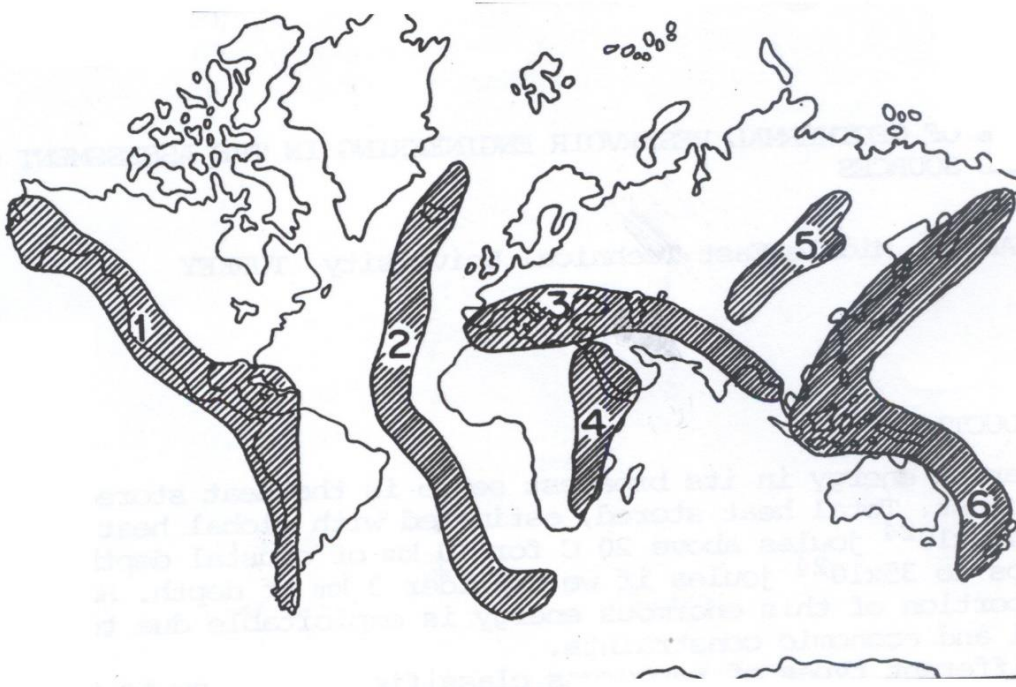
- سیستم های دما بالا، $120^{\circ}\text{C} <$

- سیستم های سنگ داغ خشک، منابع مصنوعی که برای تولید مایع پر حرارت به یک چرخه خارجی نیاز دارند.

سیستم های با آنتالپی پائین معمولاً برای استفاده های مستقیم مناسب می باشند و در واقع این قبیل سیالات به شکل مایع در مخزن وجود دارند. بهره برداری از منابعی که دارای دمای بالاتری هستند، اغلب برای تولید الکتریسیته مناسب می باشند. و ممکن است تمام سیالات این مخازن مایع، دو فاز و یا بخار باشد.

مخازن مصنوعی، سیستم های سنگ داغ خشک، هنوز در مرحله نمایش و اثبات هستند اما وارد شدن به همین مرحله نیز روشی دشوار برای استخراج حرارت از سنگ داغ محسوب می شود.

محل منطقه های زمین گرمایی بر روی پوسته زمین توسط زمین ساختارهای جهانی ارائه شده است. بیشتر این شش کمر بند اصلی زمین گرمایی مطابق با این فرضیه وجود دارند. در این منطقه ها پتانسیل پایه منابع زمین گرمایی بیش از 41×10^{24} ژول تخمین زده شده است.



شکل (۱-۴) - کمر بندهای اصلی ذخایر انرژی زمین گرمایی در جهان

در شکل (۱-۴) - کمر بندهای اصلی زمین گرمایی در جهان نشان داده شده است.

(۱) کمر بند اقیانوسی (۲) کمر بند آتلانتیک میانی (۳) کمر بند هیمالیا-آلپ

(۴) کمر بند آفریقای شرقی (۵) کمر بند آسیای مرکزی (۶) کمر بند اقیانوسی

۵- اهمیت داده‌های مخزن

امروزه بیش از ۶۰ مخزن زمین گرمایی تولیدی در بیش از ۲۵ کشور جهان شناسایی شده است و از پتانسیل موجود در این مخازن برای تولید برق و نیز استفاده‌های مستقیم بهره می‌گیرند. بعضی از مخازن کشف شده به بلوغ و تکامل کامل رسیده‌اند اما برخی دیگر در حال حاضر قابل بهره‌برداری نبوده و برای توسعه نیازمند برنامه ریزی دقیقی می‌باشند تا در آینده بتوان از آنها بهره‌برداری نمود. در طی تمام این سال‌ها جنبه بسیار مهم این نوع مخازن توسط مهندسين مخزن به اثبات رسید، چنانچه تحلیل‌ها و آنالیزهای آنها نشان دهنده تجدیدپذیری انرژی این مخازن می‌باشد.

اگر از میادین بیشتر از ظرفیت شارژ مجددشان تولید شده باشد، در این صورت کاهش در مقدار سیال و در نتیجه انرژی خروجی امری اجتناب ناپذیر خواهد بود. بنابراین از وظایف مهندس مخزن است که شروع مرحله اکتشاف و در نهایت عمر مخزن را ارزیابی و محاسبه نماید.

بیش از ۴۵ سال است که مهندسی مخزن نیز به عنوان علم نوینی وارد این عرصه شده است و به کمک این علم رفته رفته از خواص، پدیده‌ها و رخداد‌های فیزیکی مخازن آگاهی بیشتری به دست می‌آوریم.

طبیعت دینامیکی (پویا) مخازن زمین گرمایی، حتی از نظر حالت طبیعی شان آنها را از انواع مختلف مخازن هیدروکربوری متفاوت می‌سازد. رفتار جریان و فشارهای گذرا به وسیله سیستم‌های تخلخل دوگانه و یا با به وسیله شکاف‌ها کنترل می‌شوند. ترکیب شیمیایی سیالات مخازن زمین گرمایی، مخصوصاً برای سیالات چگال ناپذیر، CO_2 مؤلفه اصلی کنترل کننده رفتار فازیست. مقیاس گذاری که از ملزومات مهم و قابل توجهی است، به دلیل تأثیر بر کاهش توان تولیدی چاه به خوبی در تسهیلات نیروگاه، در نتیجه چندین گونه شیمیایی در سیالات داغ زمین گرمایی حل شده است. با این وجود احساس می‌شود در سال‌های آینده، دانشمندان و متفکرین این رشته برای دستیابی و درک بیشتر خواص سنگ‌ها و سیالات (تک فازی یا دو فازی) مخازن زمین گرمایی کارهای زیادی می‌توانند انجام دهند. تشریح خوب مخزن به کمک داده‌های زمین‌شناسی و ژئوفیزیکی موجب می‌شود تا تفسیر داده‌ها از فشارهای گذرا و tracer profile نیز به خوبی انجام گردد.

با پیشرفت فن‌آوری‌های اطلاعاتی و جمع‌آوری حجم عظیمی از داده‌های ژئوفیزیکی (دو، سه و چهار بعدی)، حفاری، تعمیر و تکمیل چاه‌ها، یافته‌های زمین‌شناسی و پیشرفت‌های حاصل در تعبیر و تفسیر اطلاعات زمین‌شناسی، آمار و اطلاعات تولید چاه و مخزن، فن‌آوری‌های نوین در تسهیلات و فرآیندهای تولید، بروز پیچیدگی‌های اقتصادی در بازار انرژی، لزوم به کارگیری مدل‌های شبیه‌ساز مخزنی کاملاً محسوس بوده و مطالعات جامع شبیه‌سازی با هدف بررسی کامل تمامی گزینه‌های فنی، اقتصادی گسترش یافته‌اند. به موازات این مهم نگرش‌های جدیدی در خصوص کارهای تیمی کارشناسی و برقراری ارتباطات بیشتر مطالعات کارشناسی و تجربیات میدانی مد نظر قرار گرفته است.

روشن است که بدون به کارگیری ابزار پویا و انعطاف‌پذیر مدل‌های شبیه‌ساز، انجام مطالعات جامع و در نتیجه تعیین و تعریف اهداف استراتژیک و بلند مدت مدیریتی میسر نمی‌گردد، زیرا این مهم نیاز به شناخت بیشتر از مخزن، آگاهی کاملتر از فن‌آوری‌های روز، دسترسی کامل به دانسته‌ها و تجربیات موجود و در نهایت تعریف هدف بر اساس شرایط محیطی و سیاسی ویژه دارد. بدیهی است که بر مبنای تعریف این اهداف، لزوم برنامه‌ریزی در فعالیت‌ها مطرح می‌گردد. تدوین یک برنامه جامع شامل تعریف دقیق اهداف دراز مدت تولید و توسعه، جمع‌آوری، تجزیه و تحلیل اطلاعات، تکمیل مطالعات زمین‌شناسی بر مبنای نتایج تفسیرهای متعدد داده‌های ژئوفیزیکی، انجام جمع‌بندی‌های نهائی جهت تعریف و شناخت کامل رفتار مخزن، تهیه مدل‌های شبیه‌ساز مخزنی و تعیین میزان انرژی درجا، ارائه برنامه‌های پیش‌بینی تولید، تدوین برنامه‌های حفاری و تعمیرات موردنیاز چاه‌ها و تأسیسات در آینده، آگاهی یافتن از نیازهای تسهیلات سطح‌الارضی مورد نیاز، انجام مطالعات اقتصادی و بهینه‌سازی تولید و نهایتاً اخذ مصوبه‌های مدیریتی می‌گردد که تنها با استفاده از مدل‌های رایانه‌ای مخزنی و بهره‌گیری از تجربیات کارشناسان با زمینه‌های کاری و تخصصی متفاوت قابل اجرا خواهد بود.

انگاشته‌های مدیریت یک مخزن را می‌توان به عنوان یک پیکره واحد متشکل از ایده‌ها و عقاید، اصول و قواعد، عملیات و تجربیات دانست که با تلفیق صحیح این مجموعه می‌توان به مدیریت هوشمند میدان دست یافت.

۶- ملزومات مهندسی مخازن زمین گرمایی

همانطور که در شکل (۶-۱) ذکر شده است، فعالیت های پروژه های مدل سازی سه بعدی مخازن زمین گرمایی به طور کلی در چهار فاز قابل دسته بندی است که شامل بخش های ۱. گردآوری داده ها به کمک نرم افزارهای خاص مهندسی مخزن، ۲. توصیف و تعیین خصوصیات مخزن، ۳. شبیه سازی و ۴. پیش بینی رفتار آینده مخزن می باشد.



شکل (۶-۱) - درخت فناوری مهندسی مخازن زمین گرمایی

۷- جمع آوری اطلاعات

در فاز جمع آوری اطلاعات، ابتدا، کلیه اطلاعات موجود از مخزن زمین گرمایی جمع آوری گردید و پس از گردآوری، دسته بندی و غربال سازی اطلاعات خام، بانک اطلاعاتی مورد نظر ساخته می شود.

پس از جمع آوری اطلاعات میدان، فاز توصیف و تعیین خصوصیات مخزنی به عنوان بخشی از مطالعه میدان انجام گردیده که شامل مطالعه بخش های ژئوفیزیک، زمین شناسی، پتروفیزیک و مهندسی مخازن پایه می باشد.

در این فاز، مطالعات زمین شناسی با تمرکز بر اطلاعات ژئوفیزیک و زمین شناسی موجود که شامل مطالعه همزمان ساختمان زمین-شناسی، چینه‌شناسی، سنگ‌شناسی، تقسیم بندی مخزن و مطالعه شکاف‌ها جهت ساخت مدل استاتیک مخزن می‌باشد، صورت می‌گیرد. بدین منظور، ابتدا یک مجموعه از نقشه‌های هم تراز از سطح بالای مخزن تهیه و شبکه‌بندی گردیده و پس از ورود به نرم افزار و تطابق با اطلاعات موجود گسل‌ها، مدل اولیه تهیه می‌شود. مدل استاتیک مخزن را می‌توان در نرم افزارهای Petrel یا RMS ساخته و مخزن را شبکه بندی کرد.

با توجه به اینکه در بخش مهندسی مخازن پایه با در نظر گرفتن داده‌های موجود، اطلاعات دما و فشار اولیه محاسبه گردیده و همچنین سطح بالای مخزن از داده‌های آزمایش رشد حرارت (heat up) و هرزروی گل (mud loss) تخمین زده شده، منطقه جریان اصلی از آنالیز داده‌های آب از دست رفته (water loss survey) تعیین و خصوصیات سیال مخزن با استفاده از نرم افزارهایی که آنالیز PVT انجام می‌دهند مدل‌سازی کرده و نهایتاً خصوصیات فیزیکی از قبیل تراوایی و خصوصیات شکاف‌ها با استفاده از نتایج عملیات‌های چاه آزمایشی محاسبه خواهد شد.

بر اساس نتایج حاصل از مطالعات مهندسی مخازن پایه، گسل‌ها و شکاف‌ها که معمولاً نقش اصلی در تولید از مخازن زمین گرمایی را ایفا می‌کنند فاز شبیه سازی و پیش‌بینی عملکرد مخزن آغاز می‌شود. رایج‌ترین نرم افزار جهت انجام مدل‌سازی دینامیک مخازن زمین گرمایی Tough2 می‌باشد.

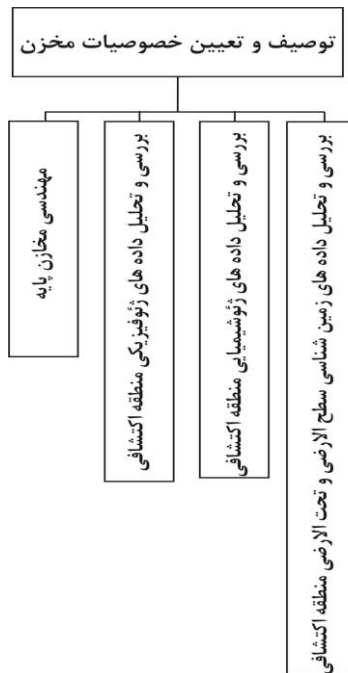
در نهایت به منظور پیش‌بینی رفتار آینده مخزن سناریوهای مختلفی بررسی شده است که تعدادی از این سناریوها معمولاً در تمامی مدل‌ها تعریف می‌شود ولی تعدادی دیگر از این سناریوها نیز بنا به درخواست کارفرما قابل تعریف است.

۸- توصیف و تعیین خصوصیات مخزن

برعکس مخازن نفت و گاز که خود سیالات این مخازن منبع انرژی می‌باشند سیال زمین گرمایی در اصل به طور ذاتی ارزش کمتری دارد و در واقع این سیال به صورت حامل انرژی رفتار می‌کند به بیانی دیگر ارزش و اهمیت مخزن زمین گرمایی زمانی

حاصل می گردد که انرژی حرارتی اش برای استفاده و توسعه فراهم گردد. با توجه به این موضوع مسلماً سیالات این نوع مخازن تنها زمانی مفید و قابل استفاده خواهند بود که به سطح زمین هدایت شوند.

از آنجا که وضعیت زمین شناسی منابع زمین گرمایی، متفاوت است، ابزار اکتشافی و همچنین روش های تحقیقاتی مورد استفاده برای اکتشاف و تعیین خصوصیات این منابع می تواند متفاوت باشد. در اغلب موارد، روش های اکتشاف برای یک ناحیه خاص بر اساس تمام اطلاعات موجود، توسط گروه زمین شناسان، ژئوفیزیست ها و ژئوشیمیست ها تهیه شده و برای مدیریت این منابع توسط گروه مهندسی مخزن نهایی می شود. باید توجه کرد که قبل از انجام هرگونه ارزیابی مفصل لازم است که نتایج کارهای تحقیقاتی و آزمایشات قبلی جمع آوری شوند. لازم به ذکر است در برای بسیاری از نواحی، اطلاعات زمین شناسی، هیدرولوژی، ژئوشیمی، ژئوفیزیک، توپوگرافی و هواشناسی توسط گروه های دیگر مانند سازمان های زمین شناسی و غیره از قبل موجود هستند.



شکل (۸-۱) - درخت فناوری مرتبط با توصیف و تعیین خصوصیات مخازن زمین گرمایی

در این بخش مواردی که شامل فعالیت های انجام شده جهت تعیین خصوصیات مخزنی در بخش های ژئوشیمی، ژئوفیزیک، زمین شناسی، پتروفیزیک و مهندسی مخازن پایه می باشد توضیح داده خواهد شد، شکل (۸-۱).

۸-۱- نقش مطالعات ژئوشیمی در مهندسی مخازن

آنالیز شیمیایی سیالات خارج شده از عمق، توسط چاه‌های حفاری شده، اطلاعات با ارزشی را در مورد الگوی جریان سیالات مخزن فراهم می‌کند. ژئوترموترهای شیمیایی که به خصوصیات شیمیایی سیال و دمای مخزن مربوط هستند، به طور متداول در ارزیابی توانایی مخزن برای تولید انرژی زمین گرمایی به کار گرفته می‌شوند. در حین تولید، آزمایش و استفاده از انرژی زمین گرمایی، ژئوترموترها می‌توانند با کنترل تغییرات خواص شیمیایی سیالات خارج شده از چاه‌ها و مخزن در تشخیص تغییرات دما و سطوح آب در مخزن موثر باشند. بررسی‌های ژئوشیمیایی به نوبه خود در مقایسه با بررسی‌های ژئوفیزیکی و حفاری ارزان نیستند. با این حال، روش‌های ژئوشیمی به طور گسترده‌ای در تمام مراحل اکتشاف و توسعه نیروگاه زمین گرمایی به کار گرفته می‌شوند. اگر بخواهیم نقش اصلی مطالعات ژئوشیمی را در مطالعات کلان مهندسی مخازن بیان کنیم، بایستی عنوان کرد که علم ژئوشیمی در دستیابی به اطلاعات منشاء سیال زمین گرمایی، ترکیب شیمیایی سیالات زمین گرمایی و تخمین دمای مخزن توسط ژئوترموترها مورد توجه مطالعات مخازن می‌باشد.

هر کدام از این بخش‌ها مباحث مفصلی را شامل می‌شوند که برای مطالعه در این خصوص بایستی مطالعات ژئوشیمی را از کتب مرجع جستجو کرد. همچنین برای درک بهتر مسائل بهتر است با دانش زمین‌شناسی و شیمی آشنا بود.

۸-۲- نقش مطالعات ژئوفیزیک در مهندسی مخازن

روش‌های ژئوفیزیکی با تعیین تغییرات جرم حاصل از خروج یا ورود سیالات و تعیین تغییرات در میزان اشباع و محتوای گاز در حین مرحله تولید در اکتشاف منابع و سپس در تهیه نقشه توسعه مخزن زمین گرمایی، نقش اساسی دارد. روش‌های متعدد ژئوفیزیکی می‌توانند اطلاعات با ارزشی برای فهم حرکت سیالات مخازن در پاسخ به خروج آن‌ها و تزریق مجدد در حین مرحله اکتشافی میدان زمین گرمایی فراهم آورده و بنابراین به مدیریت مناسب مخزن در جهت تولید پایدار در مدت زمان طولانی کمک کنند. بنابراین نتایج ژئوفیزیکی، در کنار نتایج زمین‌شناسی، هیدرولوژی و ژئوشیمی داده‌های ضروری هر برنامه مطالعه مخازن را تشکیل می‌دهند. آنومالی‌های ژئوفیزیکی مرتبط با یک منطقه اکتشافی زمین گرمایی معمولاً حاصل اختلاف بین خصوصیات فیزیکی سنگ-ها و سیالات درون آن‌ها یا سیالات نزدیک و خارج از مخزن می‌باشد. معمول‌ترین خصوصیات فیزیکی که هدف اکتشافات

ژئوفیزیکی می‌باشند شامل دما، مقاومت الکتریکی، چگالی، تخلخل، القاء مغناطیسی و سرعت امواج لرزه‌ای می‌باشد. نوع روش به کار گرفته شده در اکتشاف ژئوفیزیکی یک منطقه زمین گرمایی، تحت تأثیر اطلاعات قبلی مانند اطلاعات زمین‌شناسی و زمین‌ساختی، نوع سیستم زمین گرمایی و ویژگی‌های هیدرولوژیکی منطقه می‌باشد.

۱-۲-۸- آشنایی با روش مگنتوتلوریک و کاربرد آن در مطالعات زمین گرمایی

مگنتوتلوریک یکی از شاخه‌های کاربرد الکترو مغناطیس است که با کمک آن می‌توان با مطالعه مقاومت الکتریکی لایه‌های زمین، ساختار زیرسطحی را به تصویر کشید. این روش در مطالعات نفت و گاز، زمین گرمایی، معدن و آب‌های زیر زمینی کاربرد دارد. این روش هم اکنون بطور مطالعاتی در شناسایی پوسته زمین و پیش‌بینی زلزله به کار می‌رود. سنگ‌های مختلف، رسوبات و ساختارهای زیرزمینی طیف وسیعی از مقاومت الکتریکی را دارا هستند. تباین مقاومت الکتریکی در لایه‌های زمین، کلیدی‌ترین نکته در استفاده از این روش است. بازه فرکانسی مورد استفاده در مطالعه مگنتوتلوریک از ۱۰۰۰۰ هرتز تا ۱۰۰۰۰ ثانیه است.

در این روش می‌توان طراحی برداشت اطلاعات را به روش‌های دو و سه بعدی انجام داد و به تصویری دو یا سه بعدی از مدل مقاومتی دست یافت. گرچه این روش در مطالعات ژئوفیزیکی به عنوان یک روش تکمیلی و در کنار سایر روش‌ها به کار گرفته می‌شود ولیکن در مطالعات زمین گرمایی به عنوان روش استاندارد مطالعه مخزن شناخته شده و امروزه به طور فراگیر در تمام دنیا از این روش در شناسایی مخازن زمین گرمایی استفاده می‌کنند.

با توجه به ماهیت هیدرودینامیکی مخازن زمین گرمایی، وجود سیال به عنوان پارامتر اساسی در تغییر مقاومت الکتریکی مخزن زمین گرمایی و نواحی اطراف بوده و به واسطه وجود تباین الکتریکی بین مخزن و محیط اطراف، مگنتوتلوریک به خوبی وجود و محدوده مخزن را به تصویر می‌کشد. آنچه در طراحی عملیات و پردازش اطلاعات حائز اهمیت است، درک صحیح از محدوده مطالعه (از منظر سطحی و از منظر عمقی) می‌باشد.

۳-۸- نقش مطالعات زمین شناسی در مهندسی مخزن

مطالعات زمین شناسی با تمرکز روی اطلاعات ژئوفیزیک و زمین شناسی موجود که شامل مطالعه همزمان ساختمان زمین شناسی، چینه شناسی، سنگ شناسی، تقسیم بندی مخزن و مطالعه شکاف ها جهت ساخت مدل استاتیک مخزن می باشد، صورت می گیرد. در ابتدا یک مجموعه از نقشه های هم تراز سطح بالای مخزن تهیه و شبکه بندی می گردد و سپس ورود به نرم افزار و تطابق با اطلاعات موجود گسل ها مدل اولیه تهیه می شود. سپس خصوصیات مخزن در نرم افزار تعیین شده و مخزن جهت شبیه سازی شبکه بندی می گردد. در اغلب موارد و در بسیاری از مخازن زمین گرمایی، گسل ها و شکاف ها نقش اصلی در تولید ایفا می کنند. پس از ساخت مدل سه بعدی زمین شناسی حجم کلی مخزن با استفاده از نرم افزارهای مرتبط تعیین می گردد. باید به این نکته توجه نمود که اصولاً در مطالعات زمین شناسی به علت ضعف و کمبود داده های پایه مهندسی، عدم قطعیت به عنوان یک عامل بسیار مهم مطرح می باشد.

۴-۸- مهندسی مخزن پایه / فیزیک مخزن

در بخش مهندسی مخزن پایه با در نظر گرفتن داده های موجود، اطلاعات دما و فشار اولیه محاسبه خواهد شد. همچنین سطح بالای مخزن از داده های آزمایشات درون چاهی از قبیل (heat-up) و هرزروی گل (mud loss) تخمین زده می شود، در اغلب موارد می توان منطقه جریان های اصلی را از آنالیز داده های آب از دست رفته (water loss survey) تعیین کرد، خصوصیات سیال مخزن با استفاده از نرم افزار شبیه سازی گردیده و خصوصیات فیزیکی از قبیل تراوایی و خصوصیات شکاف ها با استفاده از تست های درون چاهی از قبیل Completion test و Injection و Fall off محاسبه می گردد. همچنین جهت دستیابی به نتایج بهتر توصیه می گردد تا آنالیز مغزه های معمولی و مخصوص صورت گیرد.

مبحث فیزیک مهندسی مخزن با اندازه گیری های خصوصیات فیزیکی مخزن و انجام مطالعات آزمایشگاهی بر روی مواد خروجی حاصل از چاه های حفر شده در مخزن زمین گرمایی به بازسازی و تخمین وضعیت مخزن می پردازد. اندازه گیری های خارج از مخزن معمولاً مربوط به میزان دما، فشار، نفوذپذیری و ترکیب سیال است. علاوه بر این نرخ جریان اجزاء مختلف سیال مختلف، مانند بخار، گاز و آب داغ در چاه اندازه گیری می شود. تحلیل فشار گذار به طور فزاینده ای در تعیین عوامل بحرانی مانند حجم زهکشی،

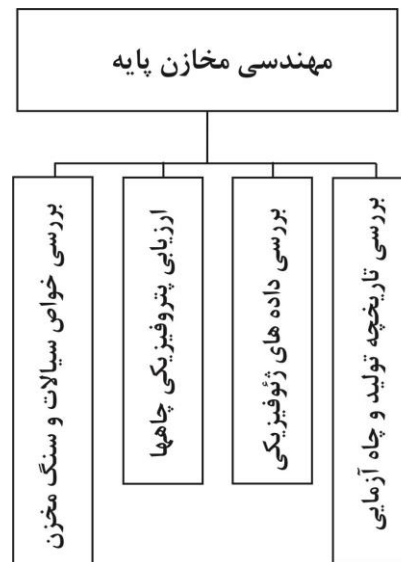
تخلخل، نفوذپذیری و متوسط فشار سازندی به کار گرفته می شود. به کارگیری مدل سازی ریاضی در حل جریان دو مرحله ای، الگوهای همرفتی و سایر مشکلات مربوط به دینامیک مخزن، تحت فرضیات ساده شده مشخص، مفید هستند.

ویژگی های بخار و آب تحت شرایط فیزیکی مختلف کاملاً شناخته شده و در جداول مربوط به ویژگی های بخار انتشار یافته اند. این خصوصیات و سایر خصوصیات به دست آمده، مانند تبخیر سریع و خشکی، به طور گسترده ای در اندازه گیری های مربوط به چاه ها و خصوصیات مخازن زمین گرمایی مورد استفاده قرار می گیرند.

۹- وظایف عملیاتی مهندس مخازن پایه

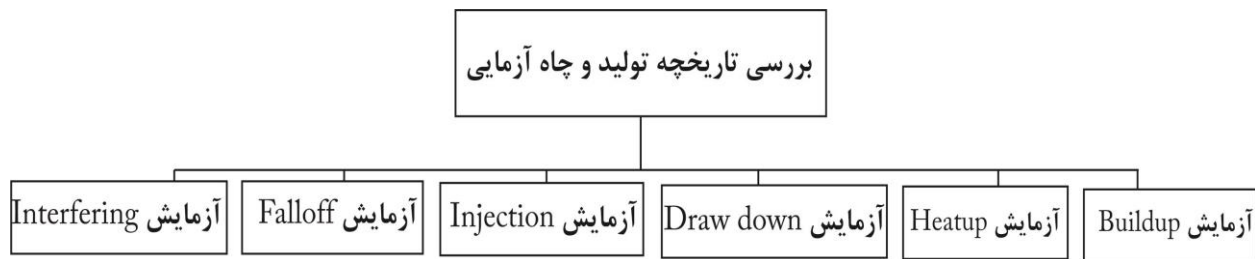
۹-۱- بررسی تاریخچه تولید و چاه آزمایی

محاسبه سیال زمین گرمایی درجا، تهیه نمودارهای فشار و دما بر حسب زمان و بررسی آنها، بررسی ارتباط بین لایه ها و سازندها، بررسی تاریخچه تولید، تجزیه و تحلیل آزمایش های سرچاهی.



شکل (۹-۱) - درخت فناوری مرتبط با مهندسی مخازن پایه در حوزه انرژی زمین گرمایی

عملیات‌های چاه آزمایشی مجموعه عملیات‌هایی هستند که طی آن می‌توان در دو بخش درون و برون چاهی اطلاعات مهمی از وضعیت دبی تولیدی سیالات مخزن با کاهنده‌های مختلف، فشار و دمای درون و برون چاهی مخزن، وضعیت تخلخل و تراوایی سنگ مخزن، برخی خواص سیالات مخزن را توسط تجهیزات سطحی و درون چاهی بدست آورد. عملیات آزمایش چاه در مراحل مختلف حفاری و تولید و تکمیل انجام می‌گیرد و به منظور دستیابی به استراتژی‌ها و برنامه ریزی‌های دراز مدت توسعه میادین با لحاظ کردن کلیه عوامل به خصوص فاکتورهای اقتصادی انجام می‌شود.



شکل (۲-۹) - درخت فناوری عملیات چاه آزمایشی در حوزه انرژی زمین گرمایی

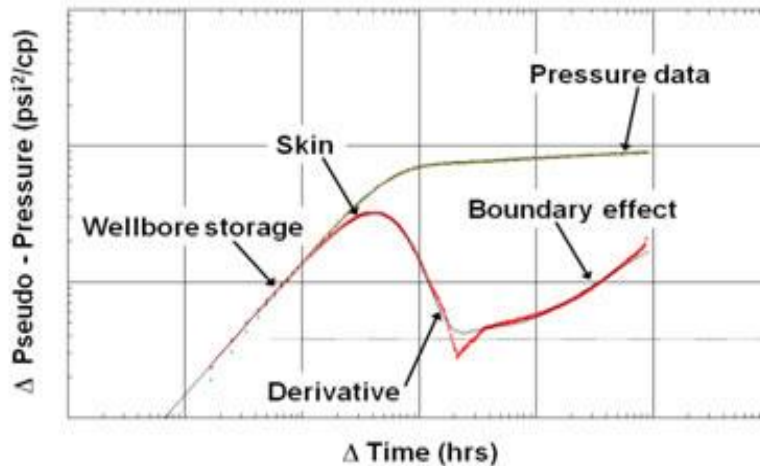
نکته: مجموعه آزمایشات Injection test, Falloff test, Heatup test را Completion test می‌نامند.

۹-۱-۱- اهمیت چاه آزمایشی

به محض حفر یک چاه در درون مخزن و آغاز استخراج سیال درون آن، تغییراتی در پارامترهای مخزنی مانند فشار، حجم سیال درون مخزن، گرانی سیال و... ایجاد می‌شود. تغییر پارامترهای مخزن باعث تغییر رفتار مخزن مانند چگونگی فازهای سیال (مایع و بخار) درون مخزن و یا چاه، در نتیجه چگونگی فازهای سیال استخراج شده، میزان دبی و... می‌شود. بنابراین با گذشت زمان و ادامه برداشت از مخزن، رفتار مخزن تغییر می‌کند. در واقع پارامترهای مخزن به نوعی تابع زمان هستند. عملیات چاه آزمایشی (Well Testing) تجزیه و تحلیل رفتار مخزن و چاه بر اساس زمان است؛ نتایج حاصل از آن می‌تواند تأثیر زیادی در تشخیص مقادیر واقعی پارامترهای مخزنی داشته باشد.

از این رو چاه آزمایشی یکی از مهمترین ابزارهای مهندسان برای شناخت مخزن زمین گرمایی محسوب می‌شود. به دست آوردن مقدار واقعی این تغییرات نقش عمده‌ای در ایجاد یک مدل دقیق و به روز از مخزن دارد.

Skin Damage & Boundary Effect Example



شکل (۹-۳) - نمودار تغییرات فشار مخازن زمین گرمایی در حین بهره برداری از آنها

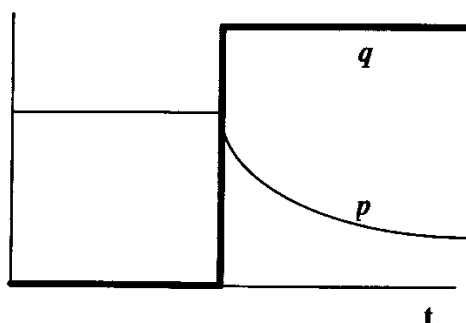
۹-۱-۲- رایج ترین روش های تست چاه های زمین گرمایی

روش های گوناگونی برای تست مخزن و چاه های زمین گرمایی وجود دارد. اما چند متد اصلی تست چاه های زمین گرمایی به شرح زیر می باشد. باید در طراحی و انتخاب روش انجام تست توجه داشت که متدهای تست به هدف اجرای تست وابسته می باشند، اگر چه در بسیاری موارد توان فنی در دسترس و میزان تجهیزات نیز در تغییر سناریوی تست تأثیر عمده ای دارد، شکل (۹-۲).

Draw Down Test

در تست افت فشار، چاه در شرایط پایدار Static به سر می برد، چاه بسته است. در صفر زمانی چاه باز شده و شروع به تولید می کند برای حصول نتیجه باید نرخ تولید ثابت باشد. در طول زمان پاسخ چاه (ثابت شدن فشار) تست ادامه دارد. پارامترهای فشار چاه با

توجه به مکان ابزار اندازه گیری فشار در واحدهای زمانی منظم برداشت می شود. شکل (۴-۹) به صورت شماتیک روند تست را نشان می دهد.



شکل (۴-۹) - نمودار بدست آمده از تست افت فشار در یک چاه زمین گرمایی نمونه

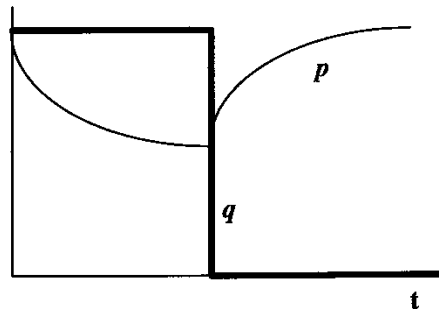
پارامترهای فشار به ازاء واحدهای زمانی برداشت شده و از عمده ترین متدهای محاسباتی برای محاسبه پارامترهای مخزن استفاده می شود. اگر چه رسیدن به نرخ ثابت تولید برای چاههایی که در حالت استاتیک هستند کار آسان و قابل دسترسی نیست به خصوص اگر مدت زمان اندکی از حفر آن گذشته باشد، اما در این مدل ثابت بودن نرخ تولید فرض است.

استفاده از این روش تست در زمان های اندک و در شرایط کمبود تجهیزات روش مناسبی است. برای به دست آوردن اعداد مورد نیاز برای آنالیز و حصول نتیجه در مورد مرزهای مخزن، تست باید برای مدت بیشتری اجرا شود.

Buildup Test

برای انجام تست سازنده در شرایط ایده آل تغییرات فشار یک چاه در حال تولید (با نرخ ثابت) که در صفر زمانی بسته می شود برداشت شده و مورد آنالیز قرار می گیرد. استفاده از این روش شرایط مناسب تری از لحاظ اجرایی دارد. در چاههایی که برای مدت زیادی تولید داشته اند نگهداشتن نرخ ثابت تولید قابل اجرا است. (نرخ تولید در لحظه صفر، صفر است و چاه تولید ندارد). شکل (۹-۵) نمای شماتیکی از تست سازنده را نشان می دهد.

بدست آوردن نرخ ثابت تولید جز در شرایط ایده آل قبل از بسته شدن چاه امکان پذیر نیست، به خصوص که برای فرستادن ابزار اندازه گیری فشار به داخل چاه باید چاه قبل از تست نیمه بسته شود. نکته قابل توجه دیگر در مورد تست این است که درحین انجام تست سازنده فرآیند تولید مختل می شود.



شکل (۹-۵) - نمودار بدست آمده از تست سازنده (Buildup) در یک چاه زمین گرمایی نمونه

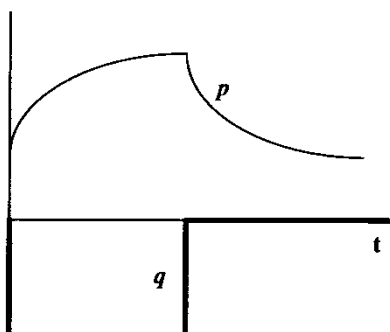
تست تزریقی Injection Test

در یک مدل عمومی اجرای تست، پس از اتمام حفاری تست تزریقی اجرا می شود. در این تست تزریق سیال و یا ورودی سیال باید بیش از خروج و یا تولید سیال باشد. در یک مدل کلی اجرای تست چاه های زمین گرمایی، پس از پایان حفاری تست تزریقی به ازاء نرخ تزریق های متفاوت اجرا می شود. میزان سیال انتقالی جهت انجام تست بستگی به شرایط چاه در پذیرش سیال دارد و در واقع میزان سیال تزریقی با افزایش قدرت پذیرش چاه افزایش می یابد.

تست تزریقی معمولاً بهتر از تست تولید قابل کنترل است. کنترل سیال ورودی و اندازه گیری دقیق آن قبل از ورود با کمک شیرکنترل ها و ابزار اولیه قابل برآورد است.

فرآیند آنالیز اطلاعات در مخازن آب بالنده به مراتب آسانتر است اما در مخازن آب - گاز دو فازی محاسبات بسیار پیچیده خواهد بود. انجام تست تزریقی در چاه های تازه حفاری شده دیواره چاه را شسته و چاه را برای فرآیند تولید آماده می سازد. بررسی فرآیند

سرد شدن و گرم شدن چاه در خلال تست و پس از آن اطلاعات بسیار مهمی در اختیار مدیران میدان و توسعه دهندگان آن قرار می دهد. (Heat up Period). شکل (۶-۹) فرایند تست تزریقی را به صورت شماتیک نمایش می دهد.

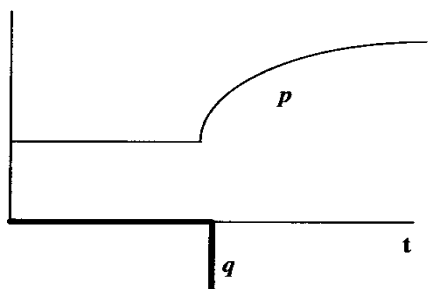


شکل (۶-۹) - نمودار بدست آمده از تست تزریقی (Injection) در یک چاه زمین گرمایی نمونه

تست افت Falloff Test

سیال درون چاه در حال تزریق است، فشار داخلی چاه مرتب برداشت شده، میزان سیال تزریقی کاهش می یابد و یا صفر می شود. فرآیند افت صورت می گیرد. کاهش میزان سیال تزریقی از q_1 به q_2 در حالیکه $q_2 < q_1$ و یا $q_2 = 0$ است.

انجام فرآیند تست به صورت کوانتائی و مراحل استاندارد برای پردازش و تکمیل محاسبات انجام می شود. در صورت تفاوت و تناوبی بود فرآیند تزریق (بدون معیار زمانی برداشت شده) محاسبه پیچیده شده و تا حدی غیرقابل تکمیل می گردد. شکل (۷-۹) مدل شماتیکی از تست افت (Falloff test) را نشان می دهد.



شکل (۷-۹) - نمودار بدست آمده از تست افت (Falloff) در یک چاه زمین گرمایی نمونه

مونتیتورینگ تغییرات فشار با استفاده از چاه‌های مختلف Interference Test

در این روش تست عملیات تولید و یا تزریق در یک چاه انجام می‌شود و فشار و تغییرات آن در چاه (چاه‌ها) دیگری برداشت می‌شود. در این روش تست بررسی تغییرات از طریق چاه دیگر و یا چاه‌های دیگر تأثیر فاکتورهای محلی و وابسته به چاه را کم می‌کند. (نظیر Skin) و پاسخ مخزن با دقت بیشتری برداشت می‌شود.

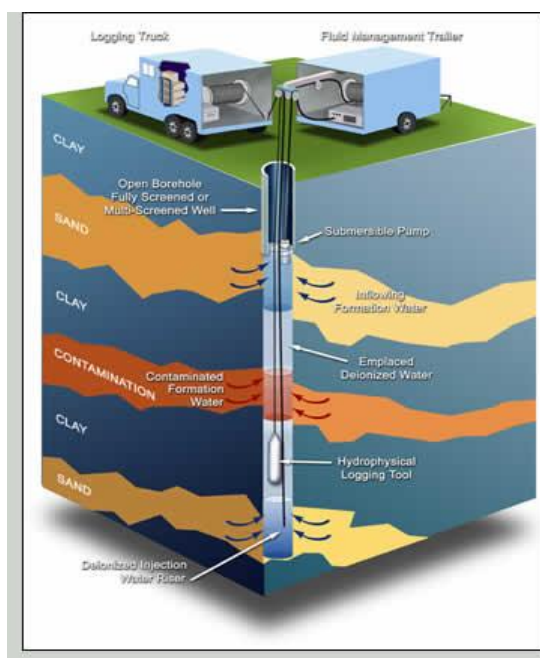
نظر به تغییرات اندک فشار و سرعت انتقال آن به چاه شاهد در خلال تزریق و یا تولید چاه مورد تست استفاده از ابزارهای حساس فشار برای تست بین دو چاه ضروری است. از سوی دیگر بین زمان صفر و شروع برداشت و یا تزریق در چاه مورد تست با صفر شروع تغییرات به شرایط لایه‌های حد واسط وابسته است که بعضاً طولانی می‌شود. استفاده از این متد وابسته به نوع تست در حال اجرا وابسته نیست. برای هر یک از مدل‌های معرفی شده تنها با برداشت اطلاعات به طور همزمان از یک چاه شاهد تست بین دو چاه قابل اجرا است.

۳-۱-۹- عملیات نمودارگیری

نمودارهای چاه پیمایی اطلاعات ضروری را برای ارزیابی کمی سیال زمین گرمایی و همچنین نوع سنگ و خصوصیات سیال درون سازند در اختیار قرار می‌دهد. چاه پیمایی از نقطه نظر تصمیم‌گیری، بخش مهمی از مراحل حفاری، تکمیل چاه و مطالعات جامع مخازن محسوب می‌گردد. کسب اطلاعات دقیق و کامل از نمودارها امری ضروری است. گروه نمودارگیری بر اساس یک برنامه منظم و همیشگی، کامیون حامل نمودارگیری را با چاه در یک ردیف قرار داده و کابل نمودارگیری را از روی قرقره‌های مخصوص عبور می‌دهند و سپس ابزارهای نمودارگیری را به آن وصل می‌کنند. مهندس عملیات، درجه بندی لازم را در سطح زمین انجام می‌دهد و مجموعه نمودارگیری را با سرعتی که ایمنی آنها را تضمین نماید به ته چاه می‌راند. آنگاه درجه بندی ته چاه را مجدداً انجام و پس از مرتب کردن مقیاس‌های ثبت نمودار، دستگاه را به آهستگی بالا می‌آورد. یک نمودار چاه‌پیمایی گرافی است در مقابل عمق که پارامترها و یا کمیت‌های فیزیکی اندازه‌گیری شده در یک چاه زمین گرمایی و یا پارامترهای مشتق شده از آنها را به صورت منحنی عرضه می‌کند. پاره‌ای از اندازه‌گیری‌های دیگر از قبیل میزان فشار روی کابل نیز می‌تواند به صورت منحنی به مجموعه اضافه گردد. تقریباً تمام نمودارهای مدرن مجموعه‌ای از چندین نمودار است.

چاهی که برای نمودارگیری آماده میگردد ممکن است که دارای خصوصیات زیر باشد:

- عمق چاه: که می تواند از حدود ۳۰۰ تا ۵۰۰۰ متر باشد (به استثنای بعضی از چاه های عمیق تر)
- قطر چاه: که می تواند بین ۵ تا ۱۷ اینچ متغیر باشد. ولی معمولاً ۹/۸ اینچ می باشد
- انحراف چاه: از حالت قائم که در خشکی معمولاً از چند درجه تا ۵۰ درجه است
- درجه حرارت ته چاه: که می تواند بین ۵۰ تا ۴۵۰ درجه سانتی گراد متغیر باشد.
- فشار ته چاه: که می تواند بین ۱۰۰ تا ۱۵۰۰ بار متغیر باشد شکل (۸-۹).



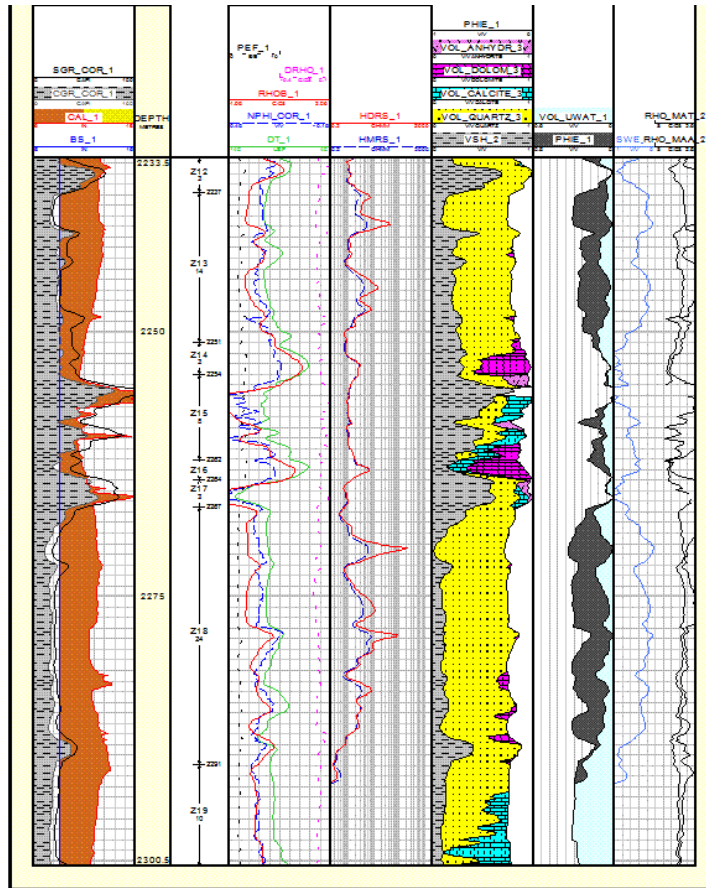
شکل (۸-۹) - طرح شماتیک عملیات نمودارگیری در یک چاه زمین گرمایی

۹-۲- بررسی مطالعات ژئوفیزیک / زمین شناسی

بررسی نقشه های عمقی، تصحیح سر سازندها، تبدیل سیستم های جغرافیایی، تصحیح عمق حفاری، تهیه نقشه های پایه، بررسی وضعیت شکستگی ها، تهیه جداول عمق ورودی سر سازندها، تهیه نقشه های هم ضخامت برای انواع خواص.

۳-۹- ارزیابی پتروفیزیکی:

همراه ارزیابی سنگ های مخزنی از اهمیت ویژه ای در صنعت زمین گرمایی برخوردار بوده است. توانایی روش های پتروفیزیکی و پتروگرافی به عنوان مکمل یکدیگر در شناسایی زون های مخزنی و مطالعه آنها در زمین شناسی مخازن زمین گرمایی دارای اهمیت بسزایی است. این علم واکنش مجموعه سنگ و سیال موجود در عمق های مختلف را در مقابل تحریک های فیزیکی و الکتریکی خارجی بررسی و تجزیه و تحلیل می کند. به عبارت دیگر ارزیابی پتروفیزیکی همان علم تعبیر و تفسیر اطلاعات حاصل از نمودارهای چاه پیمایی های لیتولوژیکی است، که یکی از مهمترین فاکتورها در تعیین ویژگی های سنگ مخازن زمین گرمایی است. کالیبراسیون نمودارهای درون چاهی، ارزیابی مجدد نمودارها، تهیه نمودارهای نشان دهنده خواص، تعیین حدود برش، محاسبه میانگین تخلخل، اشباع و غیره، تعیین ناحیه ها با فازهای ترمودینامیکی مختلف، از مهم ترین کارهای این بخش به شمار می آیند شکل (۹-۹).



شکل (۹-۹) - نمایی از نمودارهای بدست آمده از عملیات نمودارگیری در یک چاه زمین گرمایی

۹-۴- خواص سیالات و سنگ مخزن

برای فهم و پیش بینی رفتار حجمی مخازن زمین گرمایی به صورت تابعی از فشار، داشتن اطلاعات کافی از خواص فیزیکی سیالات مخزنی ضروری است. این خواص معمولاً از نتایج آزمایش های نمونه های حقیقی سیالات مخزن تعیین می شوند. اگر این خواص اندازه گیری شده به صورت نتایج آزمایشگاهی موجود نباشند، مهندسان مخزن می توانند با استفاده از برخی روابط تجربی آنها را تعیین کنند. لذا ارزیابی تغییرات درجه حرارت و فشار، تجزیه و تحلیل آزمایشات PVT، بررسی و تخمین خواص سیالات نسبت به فشار و درجه حرارت از اهم کارهای این بخش می باشد.

۱۰- مطالعه مخازن زمین گرمایی کشور با استفاده از نرم افزارهای شبیه ساز

در این گونه مطالعات جامع، بایستی دو قابلیت مهم زیر توسط شبیه سازان ارائه گردد:

• مدل سازی وضعیت اولیه (یا همان مدل استاتیک قبل از بهره برداری) که در آن نحوه توزیع دما، فشار و خواص شیمیایی

سیال توسط برنامه شبیه ساز طی مقیاس زمانی متناسب با پدیده‌های زمین شناسی تولید می شود.

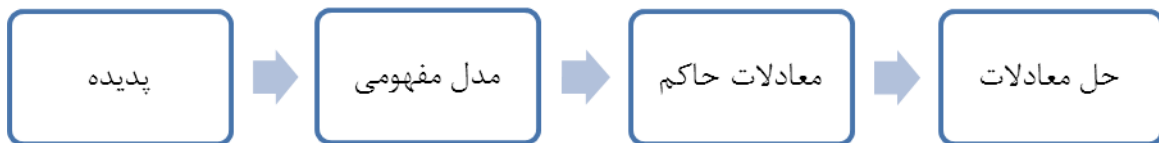
• پیش بینی شرایط آتی چاه‌ها و مخزن بر اساس سناریوهای محتمل بهره برداری.

اولین قدم برای حل و شبیه سازی یک سیستم، فهم فیزیک حاکم بر آن می باشد. با درک کامل پدیده فیزیکی و یا مسأله واقعی،

مدل مفهومی آن ایجاد می گردد. این مدل شمایی ساده از مسئله واقعی می باشد. پس از آن با استفاده از این مدل مفهومی، مدل

ریاضی پدیده استخراج می شود که عموماً به شکل معادلات دیفرانسیل می باشد. در نهایت این معادلات با استفاده از روش های

تحلیلی و یا عددی حل می شوند، شکل (۱-۱۰).



شکل (۱-۱۰) - مراحل اجرایی عملیات شبیه سازی یک سیستم نمونه

شبیه سازی فرآیندهای زمین گرمایی متضمن حل معادلات غیرخطی و به شدت به هم وابسته بوده که این معادلات توصیف کننده

انتقال ماده و انرژی در محیط پیچیده و ناهمگن می باشند. علاوه بر این از نکات مهم دیگری که باعث افزایش پیچیدگی شبیه

سازی رفتار واقعی مخازن زمین گرمایی به نسبت سایر پدیده‌های مشابه می گردد می توان به موارد زیر اشاره کرد که همواره بایستی

مورد توجه مهندسان مخازن سایر رشته‌ها از جمله مهندسان مخازن نفت که در پروژه‌های زمین گرمایی فعالیت می کنند.

• محیط مخازن زمین گرمایی دینامیک می باشد.

• زمین شناسی خاصی در مخازن زمین گرمایی وجود دارد

• تکمیل چاه‌های زمین گرمایی متفاوت است

• مقدار PH در نقاط مختلف مخزن می تواند به شدت متفاوت باشد

• فرآیندها در دماهای بالا رخ می دهند

• سیال مخزن از چند فاز و چند جزء تشکیل می شود

• رفتار فازها پیچیده تر است

• رفتار فازها با کاهش فشار بخار و حضور گازهای تراکم ناپذیر (چون دی اکسید کربن) و نمک پیچیده تر می شود.

• تغییر فاز (تبخیر یا چگالش) می تواند به صورت طبیعی و یا بر اثر تزریق یا برداشت رخ دهد. بر اثر این تغییر فاز، مواد معدنی

میتوانند حل شوند یا رسوب نمایند که این مسأله بر روی نفوذپذیری و تخلخل محیط متخلخل در محدوده چاه تأثیر می -

گذارد.

• مرزهای مخزن به مانند مخازن هیدروکربوری معمولاً بسته نبوده و شبیه ساز باید بتواند انتقال گرما را از یک یا چند منبع، یا

از دست دادن گرما را به علت انتقال آن به سازند نفوذناپذیر بالایی یا اتمسفر در نظر بگیرد.

• خواص شیمیایی منحصر بفرد مخازن زمین گرمایی

۱۱- مدل سازی مخزن

اولین مرحله در مدل سازی مخزن، آماده سازی Data File اولیه مطابق با مدل استاتیک ساخته شده توسط نرم افزار و همچنین

گزارش شناسایی مخزن (Reservoir Characterization Report) می باشد. پس از آغازسازی مدل، تطابق تاریخچه بر اساس

نتایج حاصل از تست های درون چاهی و سر چاهی انجام گردیده و در نهایت مدل توسط پارامترهای حرارتی و سنگ مخزن تنظیم

می شود.

۱۱-۱- آغاز سازی

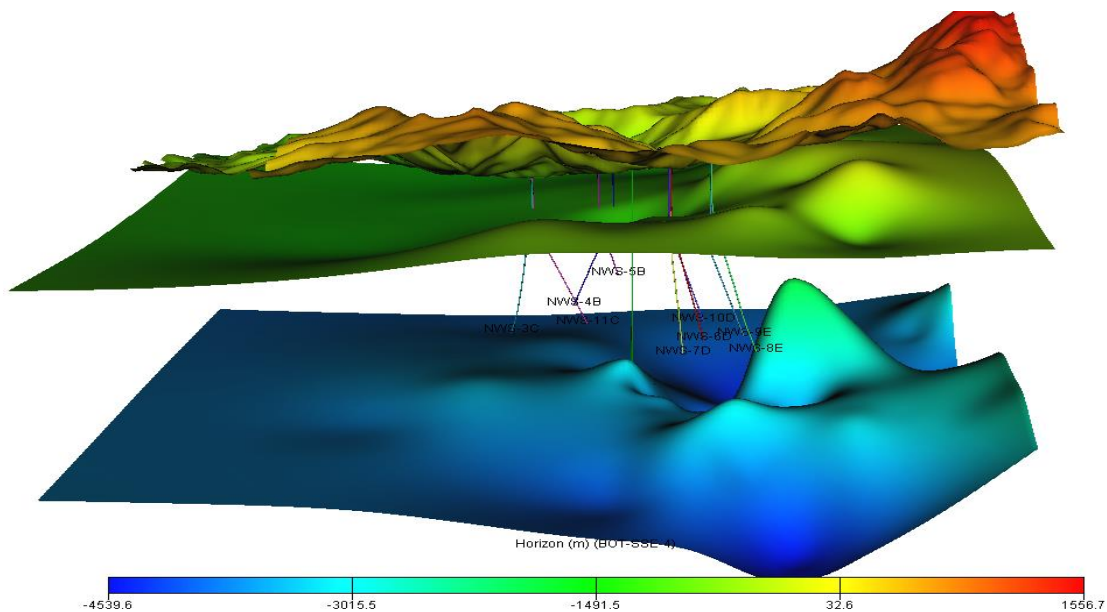
در این بخش از مطالعه ابتدا به منظور آغاز سازی مدل شبیه ساز، مدل زمین شناسی مخزن مجدداً در نرم افزارهای مربوط به این

کار (مثلاً Flogrid از سری نرم افزارهای موجود در مجموعه GEOQUEST) شبکه بندی و مخزن در نواحی میان گسل های

اصلی ریزتر و در سایر نواحی با هدف کاهش زمان اجراء درشت تر شبکه بندی می گردد. به عنوان مثال در شکل (۱-۱۱) لایه های یکی از مخازن زمین گرمایی و همچنین موقعیت گسل های اصلی و چاه های مخزن در مدل استاتیک ساخته شده، نشان داده شده است.

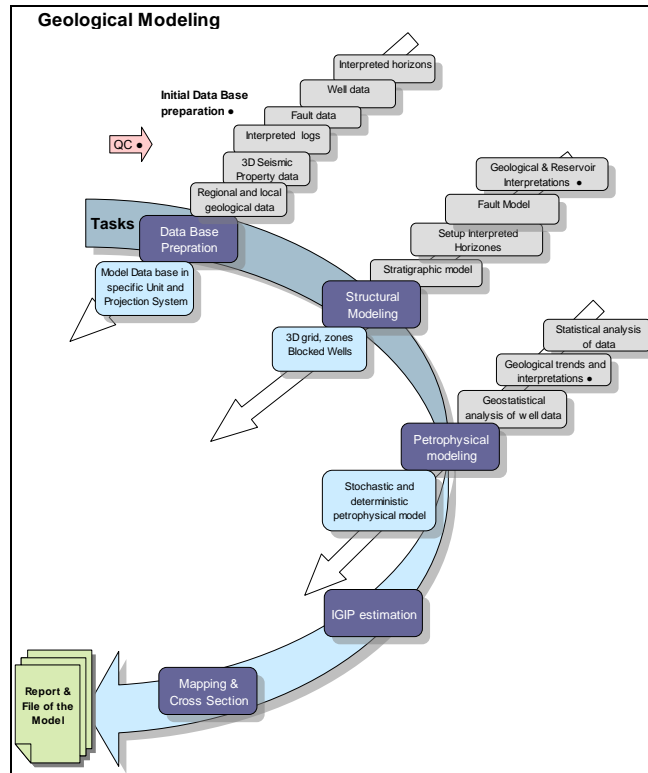
در واقع، مراحل ساخت یک مدل زمین شناسی ایستا (Static Geological Model) به طور خلاصه به شرح زیر است:

- بارگذاری (Loading) اطلاعات در داخل نرم افزار و کنترل کمی داده ها
- ساختن مدل ساختمانی (Structural Modeling)
- مدل سازی گسل ها (Fault Modelig)
- ساخت مدل سه بعدی شبکه دانه ریز (Fine Gird)
- توزیع پارامترهای مخزنی در مدل دانه ریز (رخساره، تخلخل، اشباع آب و تراوانی) (Petrophysical Modeling)
- مقیاس گردانی (Upscaling) و ساختن مدل دانه درشت
- تهیه خروجی (Export Data)



شکل (۱-۱۱) - نمایی از مدل استاتیک یک مخزن زمین گرمایی نمونه در این مدل، موقعیت گسل ها و چاه های حفر شده در مخزن، نشان داده شده است.

در شکل (۱۱-۲) چرخه کاری تهیه مدل زمین شناسی به طور کامل نشان داده شده است.



شکل (۱۱-۲) - نمایی از مراحل تهیه یک مدل زمین شناسی برای منابع سوخت های فسیلی و انرژی زمین گرمایی

۱۱-۲ - تطابق تاریخچه و تنظیم مدل

پس از اتمام آغاز سازی، با استفاده از نتایج تست های صورت گرفته در میدان از قبیل تست های Heat up, Discharge test, injection test, tracer test, مدل مخزنی ساخته شده به شرایط واقعی میدان نزدیک می گردد. بدین منظور، آنالیز حساسیت سنجی بر روی پارامترهای مختلف ماتریکس و شکاف و همچنین پارامترهای حرارتی، انجام و در نهایت تطابق مطلوب بین اطلاعات آزمایش و مدل سازی مخزن بدست می آید.

در آنالیز حساسیت سنجی انجام شده مقادیر مختلفی برای تخلخل و نفوذپذیری، ماتریکس و شکاف در نظر گرفته می‌شود. همچنین پارامترهایی همچون Sigmax و ارتفاع بلوک‌های ماتریکس (DZ matrix) به نحوی تنظیم می‌گردد که بهترین تطابق میان نتایج تست و مدل شبیه سازی شده حاصل گردد.

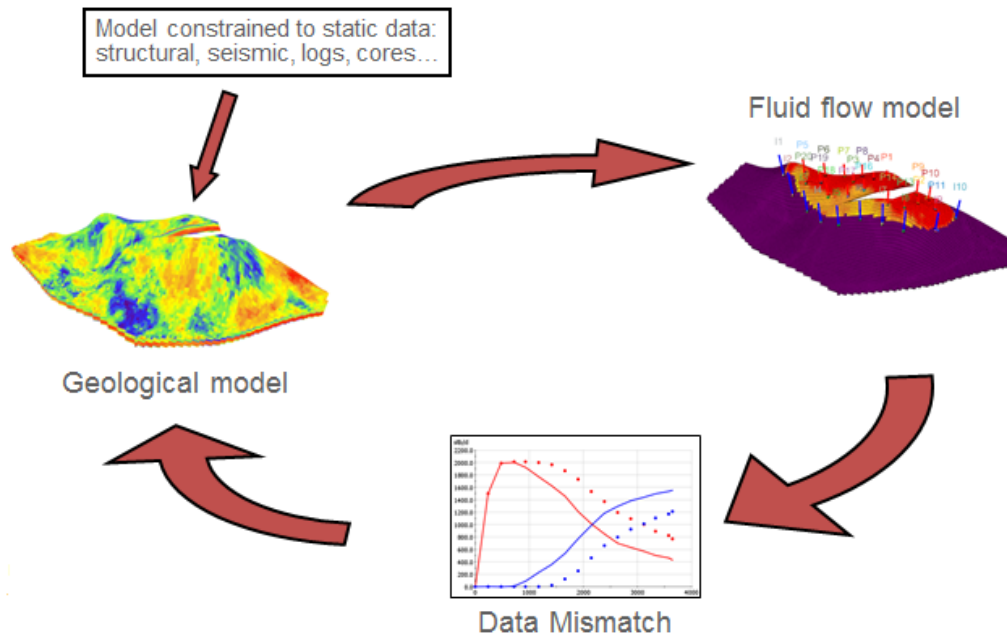
۳-۱۱-مدل سازی

در این بخش از مطالعه، مدل سازی هیدرولیکی جریان سیال در ستون هر یک از چاه‌های مخزن زمین گرمایی و محاسبات مربوط به فشار و سایر خصوصیات جریان در سرچاه بررسی می‌گردد. برای شبیه سازی و آنالیز چاه‌های مخزن زمین گرمایی در حالت جریان طبیعی از نرم افزارهایی چون (Holo و یا VFPI) می‌توان استفاده کرد.

لذا، پس از ورود اطلاعات مورد نیاز به نرم افزار مربوط به این کار، معادله مناسب برای هر یک از چاه‌ها، جهت دستیابی به بهترین تطابق و نزدیک‌ترین دبی و فشار سرچاهی به شرایط واقعی انتخاب می‌گردد.

۱۲- پیش بینی رفتار آینده مخزن

در این بخش از مطالعه به منظور پیش‌بینی عملکرد آینده مخزن زمین گرمایی، سناریوهای مختلفی برای میدان تعریف می‌گردد. نتایج حاصل از بررسی سناریوهای مختلف نشان می‌دهد که در آینده موقعیت میدان چه خواهد شد و می‌توانیم با رجوع به این نتایج و مقایسه سناریوها با یکدیگر بهترین شرایط تولید و تزریق را انتخاب نماییم همچنین می‌توان با تعریف سناریوهای خاصی از نتایج توسعه مجدد میدان نیز آگاهی یافت، شکل (۱-۱۲).



شکل (۱-۱۲) - طرح شماتیک روند راستی آزمایی مدل های زمین شناسی و مفهومی یک منبع زمین گرمایی نمونه

۱۳ - بهره برداری از سیستم های زمین گرمایی پیشرفته (EGS) Enhanced Geothermal System

سیستم EGS بدون نیاز به منابع طبیعی هیدروترمال، انرژی الکتریسته از انرژی زمین گرمایی تولید می کند. تا همین اواخر، بهره برداری از انرژی سیستم های زمین گرمایی که به طور طبیعی حرارت، آب و سنگ های نفوذ پذیر را دارا بودند جهت استخراج کافی بودند. هرچند تاکنون اغلب منابع انرژی زمین گرمایی، در دسترس در سنگ های داغ خشک و نفوذ ناپذیر است. در واقع تکنولوژی EGS توسط سنگ های داغ و خشک و به واسطه محیطی که این سنگ ها در آنجا ایجاد کرده اند، نوعی تحریک هیدرولیکی را ایجاد می کند.

در این تکنیک، زمانی که درز و شکاف ها و محیط های متخلل به گونه ای باشند که جریان سیال در آن محیط ضعیف بوده یا حداقل توجیه اقتصادی نداشته باشد، با پمپ آب سرد با فشار بالا به درون چاهی تزریقی که قبلاً حفر شده است می توان شکاف های موجود قبلی ولی ضعیف را تحریک کرده و به بیانی دیگر شکاف های مصنوعی ایجاد کرده و نفوذپذیری سنگ ها را در ناحیه مورد مطالعه

بالا برد. تزریق مداوم فشار سیال را در چاه و شکاف‌ها بالا برده و شکاف ایجاد شده باعث افزایش نفوذپذیری سیستم می‌گردد. نکته قابل توجه در اینگونه سیستم‌ها این است که نفوذ پذیری فوق العاده بالایی نیاز نیست بلکه لازمه مهم کار ایجاد یک سیستم چرخشی دائمی و بدون توقف است. مهندسی این کار نیز بایستی به نوعی صورت پذیرد تا شکستگی‌های ثانویه ایجاد شده به نوعی حفظ گردند. به این فرایند مهندسی برش آبی (Hydro Shearing) گفته می‌شود. مهندسی شکستگی‌ها بسیار شبیه به اصول شکست هیدرولیکی شکاف‌هاست که در صنایع نفت و گاز استفاده می‌شود. مهاجرت آب توسط شکاف‌ها در سنگ، جهت دریافت حرارت سنگ‌ها و سپس، خارج کردن این حرارت از چاه دیگری است که به آن چاه تولیدی گفته می‌شود. سپس این حرارت خارج شده از چاه، بسته به نوع سیال و کیفیت آن برای تولید جریان الکتریسیته در ابعاد مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد. پس از استفاده از انرژی سیال و پس از خنک شدن آن، مجدد سیال سرد شده را به درون چاه تزریقی، پمپ کرده و منتظر می‌مانیم تا سیال مجدد گرم شده و در چاه مجاور تولید شود. توجه داشته باشید که این یک سیکل بسته می‌باشد.

تکنولوژی EGS به مانند انرژی زمین گرمایی معمول (هیدروترمال) و نیز نیروگاه‌هایی که از سوخت فسیل استفاده می‌نمایند، می‌تواند بار پایه شبکه قرار بگیرد، چراکه در ۲۴ ساعت شبانه روز می‌تواند انرژی تولید نماید. برخلاف سیستم‌های هیدروترمال، به نظر می‌رسد که تکنولوژی EGS را در تمام نقاط جهان استفاده کرد فقط باید به محاسبات اقتصادی بودن حفاری با توجه به شرایط منطقه مورد مطالعه توجه داشت.

عمر مفید چاه‌های EGS به ۲۰ الی ۳۰ سال می‌رسد و عمق متوسط آنها بین ۳ الی ۵ هزار متر می‌باشد. سیستم‌های EGS در حال حاضر در کشورهایی چون فرانسه، انگلیس، استرالیا، ژاپن، آلمان، ایالات متحده آمریکا و سوئیس آزمایش شده و توسعه داده شده است. استرالیا صاحب بزرگترین پروژه EGS به ظرفیت ۲۵ مگاوات در جهان می‌باشد (حوضه کوپر واقع در شمال شرقی بخش جنوبی استرالیا). پیش بینی شده است حوضه کوپر توانایی تولید انرژی ۵۰۰۰ الی ۱۰۰۰۰ مگاواتی را دارا باشد.

جدول (۱-۱۳) - مشخصات پروژه های در حال انجام منابع زمین گرمایی پیشرفته (EGS) در جهان

Project	Type	Country	Size (MW)	Plant Type	Depth (km)	Developer	Status
Soultz	R&D	France (EU)	۱.۵	Binary	۴.۲	ENGINE	Operational
Landau	Commercial	Germany (EU)	۳	Binary	۳.۳	?	Operational
Aardwarmt e Den Haag	Commercial	Netherlands (EU)	۶ □□(□□)	Thermal	۲.۰	Municipality, Eneco, E.On Benelux, IF Tech	Operational 2012; wells tested 2010. Heating 4,000 homes in central city.
Desert Peak	R&D	United States	۱۱-۵۰	Binary		DOE, Ormat, GeothermEx	Development
Paralana (Phase 1)	Commercial	Australia	۷-۳۰	Binary	۴.۱	Petratherm	Drilling
Cooper Basin	Commercial	Australia	۲۵۰-۵۰۰	Kalina	۴.۳	Geodynamics	Drilling
The Geysers	Demonstration	United States	(Unknown)	Flash	۳.۵ - ۳.۸	AltaRock Energy, NCPA [disambiguation needed]	Suspended (Oct ۲۰۰۹)
Bend, Oregon	Demonstration	United States	(Unknown)		۲ - ۳	AltaRock Energy, Davenport Newberry, DOE	Permitting (Mar ۲۰۱۰)
Ogachi	R&D	Japan	(Unknown)		۱.۰ - ۱.۱		CO ₂ experiments
United Downs, Redruth	Commercial	United Kingdom	۱۰ □□	Binary	۴.۵	Geothermal Engineering Ltd	Fundraising
Eden Project	Commercial	United Kingdom	۳ □□	Binary	۳-۴	EGS Energy Ltd.	Fundraising

۱۴- عملیات مهندسی مخزن در زمان بهره‌برداری

همواره مهندس مخزن از آغاز عملیات‌های اکتشاف در کنار دیگر اعضای تیم حضور داشته و نقش این مهندسی با بهره‌برداری از نیروگاه‌های زمین گرمایی از اهمیت ویژه تری برخوردار می‌شود. توجه داشته باشید که وظیفه مدیریت مخزن که در واقع سوخت نیروگاه‌های زمین گرمایی است به عهده این گروه می‌باشد.

به منظور انجام ادامه یک مطالعه جامع مخزن، به دلیل تنوع زیاد و پایه‌ای بودن اطلاعات، بهره‌برداری، گردآوری، دسته‌بندی صحیح و آنالیز اطلاعات بهره‌برداری، از اهمیت قابل توجهی برخوردار می‌باشد. به منظور ارائه تصویری روشن از فعالیت‌های مهندسی مخازن بهره‌بردار در ارتباط با انجام یک مطالعه جامع مخازن در یک کار تیمی، جدول (۱-۱۴) به ارائه سرفصل کلی این فعالیت‌ها و ریز فعالیت‌های مورد نیاز اختصاص داده شده است.

جدول (۱-۱۴) - سرفصل‌های کلی عملیات مهندسی مخازن در حین بهره‌برداری از آنها

تاریخچه حفاری، تعمیر و تکمیل	خلاصه اطلاعات حفاری / تعمیر و تکمیل چاه و بررسی مشکلات چاه
تاریخچه تولید و تزریق	آمار تولید و تزریق چاه و فشار جریانی (سر چاهی)
تاریخچه فشار	آزمایش‌های فشار ایستا (در عمق مینا) ، آزمایش‌های افت و خیز فشار چاه‌ها
عملیات اسید کاری	انگیزش چاه با اسید در انواع مختلف و بررسی نتایج آزمایش‌های بهره‌دهی چاه قبل و بعد از اسیدکاری
نمودارنگاری تولید	تعبیر و تفسیر نمودارهای تولیدی
نمودارهای دما	تعیین و ثبت درجه حرارت در حالت‌های جریانی و ایستا با استفاده از بررسی داده‌های حاصل از آزمایش‌ها، نمودارهای پتروفیزیکی و نمودارهای تولید
ارزیابی عملکرد چاه (میدان)	تجزیه و تحلیل رفتار چاه با توجه به تمامی داده‌های موجود و مقایسه رفتار چاه‌های همجوار از نظر گروه‌بندی آنها و تهیه گزارش‌های موسوم به پرونده‌ی
ارزیابی عملکرد چاه (میدان)	بررسی روند کلی تغییرات در میدان با توجه به عملکرد جمعی چاه‌ها
پیش بینی عملکرد سیال در ستون عمودی چاه	شمای تکمیلی درون چاهی
پیش بینی عملکرد سیال در ستون	آزمایش تعیین پروفایل فشار در حالت جریانی
	آزمایش تعیین پروفایل درجه حرارت در حالت جریانی

عمودی چاه	فشارهای جریان
	آزمایش های ساختار فشار

۱۵- پرسنل مورد نیاز

۱-۱۵- توانمندی های لازم برای مسئول تیم مهندسی مخازن

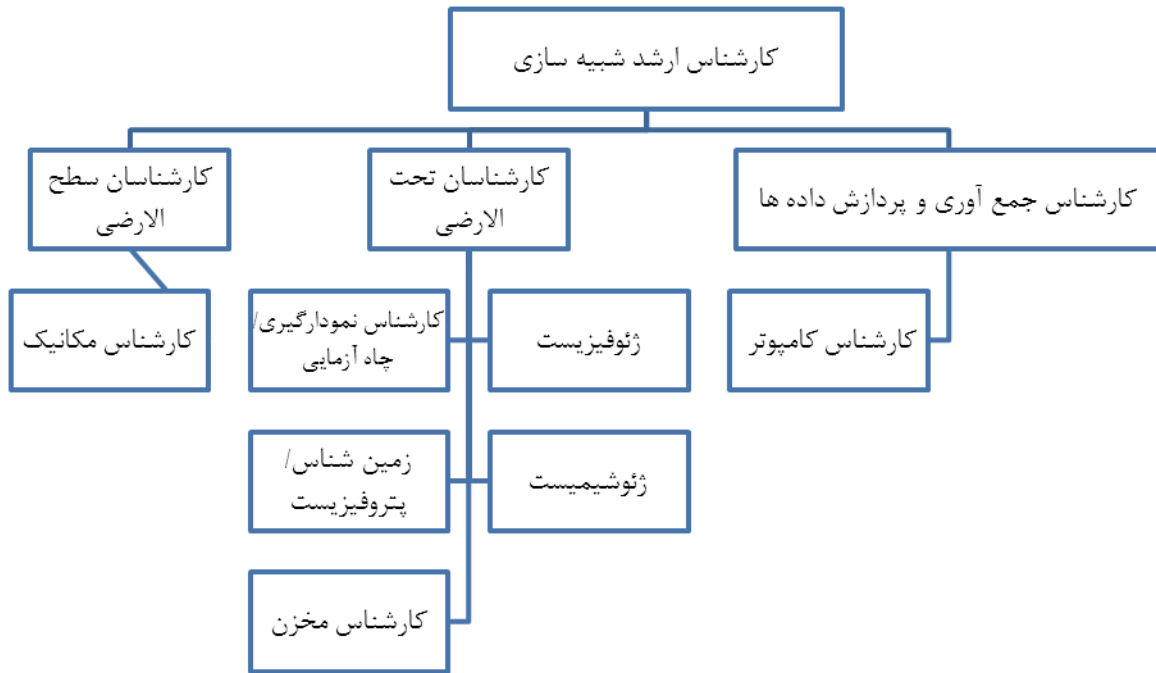
مهندس مخازن زمین گرمایی مسئول برنامه ریزی درازمدت تولید صیانتی از مخازن زمین گرمایی در سطح اختیارات قانونی و کاری خود است. با توجه به ویژگی خاص و منحصر بفرد برنامه ریزی تولید از مخازن زمین گرمایی ضروری است برنامه ریزی های وسیعی برای تدوین اطلاعات مخازن با استفاده بهینه از فن آوری های موجود و جدید، کاربرد شیوه های مناسب و متنوع ارزیابی و نیز مطالعاتی و استفاده از تجارب دیگر کشورها خصوصاً در مدیریت مخازن بر اساس مراحل تولیدی و شرایط خاص هر مخزن، صورت پذیرد. انجام این امور مستلزم هماهنگی با دیگر بخش های مهندسی، جامع نگری، بازنگری منطقی شیوه ها و روزآمد کردن آنها، تلاش برای ارتقاء دانش و کارآمدی کارشناسان، استفاده صحیح از نرم افزارهای پیشرفته و تکنولوژی روزآمد و مورد نیاز، تقویت روحیه کارکرد دسته جمعی و تیمی، تقویت روحیه تحول گرایی، برنامه ریزی و زمان بندی دقیق مطالعاتی، گسترش ارتباط با مجامع علمی، پژوهشی و کاربردی داخلی و بین المللی، حداکثر استفاده از توانمندی های موجود درون کشور و ارائه توانمندی های عظیم علمی و مطالعاتی می باشد.

با توجه به اینکه گروه/دفتر مهندسی مخزن هم در مناطق عملیاتی و هم در دفاتر مرکزی مشغول به کار خواهند شد، لذا بایستی به دو گروه تقسیم شوند، گروه اول پرسنلی هستند که بایستی تخصص کافی برای مهندسی و اجرای پروژه هایی از قبیل چاه آزمایی و نمودارگیری (در انواع مختلف) را داشته باشند، با توجه به اینکه عملیات ها در محل چاه زمین گرمایی اجرا خواهد شد و با عنایت به این نکته که در اغلب عملیات های چاه آزمایی و برخی عملیات های نمودارگیری، کارشناس مربوطه روزها و بلکه هفته ها درگیر عملیات خواهد بود، لذا بایستی نحوه حضور و غیاب این گروه از کارشناسان به صورت خاصی غیر از ضوابط معمول اداری باشد. معمولاً این افراد به دو صورت مشغول به کار می شوند: حالت اول به این صورت است که با شخص مربوطه فقط یک پرسنل عملیاتی بوده و به ازای ۲۴ ساعت کاری که انجام داده است بایستی ۲۴ ساعت استراحت نماید، که این کار معمولاً به صورت ۱۴

روز کار و ۱۴ روز استراحت اجرا می‌شود. لذا مجری کار بایستی از هر تخصص حداقل ۲ نفر در اختیار داشته باشد تا در زمانی که شخص اول در استراحت است شخص دیگر، جایگزین او گردد. این حالت معمولاً زمانی اجرا می‌گردد که عملیات‌ها شبانه روزی بوده و کار بدون وقفه در حال اجراء است. حالت دوم بدین گونه است که شخص به صورت اداری استخدام شده ولی به حالت مأموریتی به منطقه اعزام می‌شود. و پس از بازگشت از منطقه مجدد در دفتر حضور دارد.

مهندس شبیه‌ساز سه بعدی مخزن، با توجه به اینکه مجرب ترین پرسنل تیم مهندسی مخزن است، معمولاً در دفتر مرکزی مستقر بوده و پس از جمع‌آوری اطلاعات و کارهایی که توسط دیگر اعضاء تیم انجام شده است، کار شبیه سازی نهایی را انجام می‌دهد.

هر چند بایستی بر اساس نوع و حجم پروژه، آرایش و چیدمان مهندسی گروه را طراحی کرد ولی معمولاً یک تیم کامل مهندسی مخازن زمین گرمایی دارای تخصص‌های ذیل می‌باشد، که همانطور که ذکر شد این افراد یا در دفتر مرکزی هستند و یا در منطقه عملیاتی، ولی بایستی توجه داشت که این حالت مطلق نبوده و حسب شرایط قابل تغییر می‌باشد، چرا که حضور برخی کارشناسان در تمام مدت اجرای عملیات در منطقه لازم نمی‌باشد و این گروه از افراد به صورت موردی به منطقه اعزام می‌شوند، مانند کارشناسان حوزه زمین شناسی، ژئوفیزیست، شکل (۱-۱۵). به این ترتیب گروه ستادی/ دفتری شامل: کارشناس ارشد شبیه سازی، کارشناس کامپوتر، پتروفیزیست، مهندس مکانیک، و گروه عملیاتی شامل: مهندس مخزن، کارشناسان نمودارگیری و چاه آزمایی، پتروفیزیست، ژئوفیزیست، ژئوشیمیست، می‌باشند. نکته بسیار مهم در بخش جمع‌آوری و پردازش داده‌ها این است که کارشناس کامپیوتر این بخش بایستی به داده‌های مهندسی نفت و مهندسی پردازش آنها تسلط داشته باشد.



شکل (۱۵-۱) - نحوه ارتباط کاری بین متخصصین مختلف در حین اجرای عملیات مهندسی مخازن زمین گرمایی

۱۶- نرم افزارهای مهم در مهندسی مخازن زمین گرمایی

پرواضح است که دانش رایانه‌ای به قدری گسترش یافته است که در اکثر زمینه‌های مهندسی نرم افزارهای گوناگونی تهیه شده و فراخور تقاضا، و یا کاربرد، این نرم افزارها توسط مراکز علمی و یا شرکت‌های مربوط به حوزه‌های زمین گرمایی توسعه یافته است. لذا در جدول ذیل تنها به تعدادی از کاربردی‌ترین نرم افزارهای حوزه مهندسی مخازن زمین گرمایی اشاره گردیده است. لذا ممکن است در سطوح آکادمیکی برنامه‌هایی نوشته شده باشد که جهت محاسبات مهندسی مخازن استفاده می‌شوند، از طرفی در جدول (۱۶-۱) سعی شده است از نرم افزارهای رشته‌های مرتبط با مهندسی مخازن زمین گرمایی که خروجی داده‌های آنها به نوعی ورودی نرم افزارهای مخزنی می‌باشد نیز نام برده شود. ولی به طور کلی نام نرم افزارهای دیگر رشته‌ها آورده نشده است.

جدول (۱-۱۶) - فهرست مهمترین نرم افزارهای مورد استفاده در عملیات مهندسی مخازن زمین گرمایی

ردیف	نام نرم افزار / برنامه	کاربرد
۱	BOILCUR	برای محاسبه دمای جوش بر حسب عمق
۲	LIP	برای محاسبه آنتالپی و دبی سیال خروجی از چاه
۳	PREDYP	برای محاسبه فشار ستون آب در حالت استاتیک بر حسب عمق
۴	TAFLA	برای محاسبه خواص بخار و آب
۵	Tracecal	برای محاسبات مربوط به تست ها و گراف های تست ردیاب
۶	/Trinv /Trcurv /Trcorrq /Trcorr Trmass	برای محاسبات مربوط به تست های ردیاب
۷	Trcool	برای محاسبه تغییرات دمای چاه‌های تولیدی در اثر تزریق
۸	WATCH	برای محاسبه خواص ترکیبات شیمیایی درون چاهی
۹	BERGHITI	تخمین دمای سازند
۱۰	HOLA	شبیه سازی شرایط سیال درون چاه
۱۱	LUMPFIT	مدل سازی تغییرات فشار مخزن و چاه
۱۲	Eclipse	مدل دینامیک و شبیه سازی‌های سه بعدی مخزن
۱۳	Petrel	مدل استاتیک و شبیه سازی‌های سه بعدی مخزن
۱۴	Wellsim	مدل سازی درون چاهی
۱۵	PVT	مدل سازی خواص سیالات مخزن
۱۶	Well tester	چاه آزمایی و شبیه سازی تست های درون چاهی
۱۷	Grapher	رسم داده‌ها
۱۸	Surfer	شبیه سازی‌های مدل‌های مفهومی و استاتیک مخزن
۱۹	Safier	چاه آزمایی و شبیه سازی تست های درون چاهی
۲۰	GeothermEx	شبیه سازی سه بعدی مخزن
۲۱	Leapfrog geothermal	مدل سازی زمین شناسی / استاتیک مخزن
۲۲	TOUGH2	مدل دینامیک و شبیه سازی های سه بعدی مخزن
۲۳	AQUA	آنالیز هیدرولوژی آبهای سطحی و سفره های زیر زمینی
۲۳	RMS	مدل زمین شناسی و ساخت مدل استاتیک
۲۴	CMG	شبیه سازی های سه بعدی مخزن
۲۵	Pan system	چاه آزمایی

۱۷- توانمندی های داخلی در حوزه مطالعات مهندسی مخازن زمین گرمایی

در کشور ما ایران از سال ۱۳۵۴ و به منظور شناسایی پتانسیل های منبع انرژی زمین گرمایی مطالعات گسترده ای توسط وزارت نیرو با همکاری مهندسین مشاور ایتالیایی ENEL در نواحی شمال و شمال غرب ایران در محدوده ای به وسعت ۲۶۰ هزار کیلومتر مربع آغاز گردید. نتیجه این تحقیقات مشخص نمود که مناطق سبلان، دماوند، خوی، ماکو و سهند با مساحتی بالغ بر ۳۱ هزار کیلومتر مربع جهت انجام مطالعات تکمیلی و بهره برداری از انرژی زمین گرمایی مناسب می باشند. همین راستا برنامه اکتشاف، مشتمل بر بررسی های زمین شناسی، ژئوفیزیک و ژئوشیمیایی برنامه ریزی شد. در سال ۱۳۶۱ با پایان یافتن مطالعات اکتشاف مقدماتی در هر یک از مناطق ذکر شده، نواحی مستعد با دقت بیشتری شناسایی شده و در نتیجه در منطقه سبلان: نواحی مشکین شهر، سرعین و بوشلی، در منطقه دماوند ناحیه: نونال، در منطقه ماکو- خوی نواحی: سیاه چشمه و قطور و در منطقه سهند پنج ناحیه کوچکتر جهت تمرکز فعالیت های فاز اکتشاف تکمیلی انتخاب شدند. پس از یک وقفه نسبتاً طولانی و با هدف فعال نمودن مجدد طرح، گزارش های موجود مجدداً در سال ۱۳۶۹ توسط کارشناسان UNDP بازنگری شده و منطقه زمین گرمایی مشکین شهر به عنوان اولین اولویت جهت ادامه مطالعات اکتشافی معرفی شد.

در اولویت اول به منظور ادامه مطالعات قبلی و تکمیل نمودن فاز اکتشاف در ناحیه مشکین شهر در سال ۱۳۷۴ کارشناسان معاونت امور انرژی وزارت نیرو با هدف نصب اولین نیروگاه زمین گرمایی در کشور برنامه فاز اکتشاف تکمیلی را تهیه و بخش مطالعات سطح الارضی شامل عملیات ژئوفیزیکی، زمین شناسی و بررسی های ژئوشیمیایی و ماهواره ای آغاز گردید این مطالعات توسط مهندسین مشاور کینگستون موریسون از کشور نیوزلند و با مدیریت سازمان انرژی های نو ایران طی سال ۱۳۷۷ به انجام رسید. با هدف دستیابی به نقاط حفاری و آماده سازی سایت های حفاری و همچنین ساخت تجهیزات مربوط به تست چاه ها، شرکت مشانیر به منظور تهیه نقشه های اجرایی و سپس نظارت بر مراحل ساخت به عنوان مشاور و ناظر ایرانی برگزیده شده و پیمانکاران مورد نیاز (شرکت های راهداری و ساختمانی به همراه بزرگترین پیمانکار حفاری ایران، شرکت ملی حفاری ایران) نیز از طریق برگزاری مناقصات انتخاب شدند. در فاز دوم پروژه زمین گرمایی سبلان به منظور توسعه مراحل اکتشافی و توسعه میدان چند چاه دیگر در منطقه شمال غرب سبلان توسط شرکت ملی حفاری ایران مجدد حفر گردید. نمودارگیری از این چاه ها نیز توسط پیمانکاران ایرانی

صورت پذیرفت. در مرحله اول یک شرکت فیلیپینی به عنوان گروه نظارت بر انجام کار در کنار شرکت مشاور قرار گرفتند که بعدها به گروه‌های ایرانی به تنهایی و بدون حضور مشاوران خارجی مرحله اکتشاف را به اتمام رساندند. در نهایت پس از پایان یافتن تست چاه‌ها اطلاعات مورد نیاز جهت انجام مدل سازی و مطالعات مهندسی مخزن و در نتیجه برآورد پتانسیل حرارتی مخزن زمین گرمایی در منطقه مشکین شهر توسط مهندسیین و شرکت‌های ایرانی فراهم گردید.

هم‌اکنون در ایران مناطق مستعدی برای توسعه منابع زمین گرمایی شناسایی شده‌اند که نواحی این مناطق به شرح زیر می‌باشند. هر چند ممکن است اگر مناطق زیر در مرحله اکتشاف و توسعه قرار بگیرند مناطق بیشتری به این لیست اضافه گردد.

- منطقه سبلان (مشکین شهر - سرعین - بوشلی)

- منطقه دماوند ناحیه ناندل

- منطقه ماکو ناحیه سیاه چشمه

- منطقه خوی ناحیه قطور

- منطقه سهند

- منطقه تفتان - بزمان

- منطقه نایبند

- منطقه بیرجند - فردوس

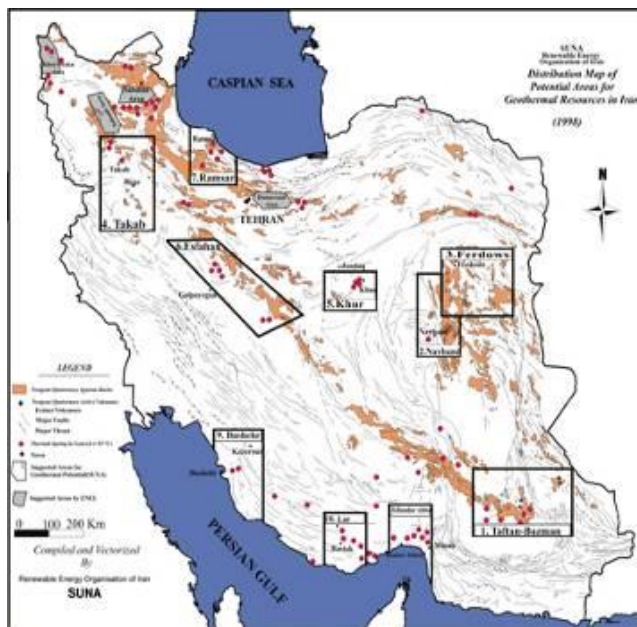
- منطقه تکاب - هشترود

- منطقه خور - بیابانک

- منطقه اصفهان - محلات

- منطقه رامسر

- منطقه بندرعباس - میناب



- منطقه بوشهر - کازرون

شکل (۱-۱۷) - نقشه پراکندگی منابع زمین گرمایی ایران

- منطقه لار - بستک

۱۸- بررسی مطالعات انجام شده در سایر کشورها

فعال ترین و مهمترین کشور در تولید برق زمین گرمایی و افزایش در ظرفیت نصب شده نیروگاهی کشور ایسلند است. این کشور از سال ۲۰۰۵ تا به حال حدود ۲۵۰ مگاوات ظرفیت جدید نصب شده و ۱۱۵٪ افزایش داشته است. در حال حاضر در ۲۱ کشور جهان از انرژی زمین گرمایی برای تولید برق استفاده می‌شود. (آمریکا، ایسلند، ایتالیا، فرانسه، نیوزلند، مکزیک، روسیه، ترکیه، چین، ژاپن، فیلیپین، اندونزی) ۲۵ کشور جدید نیز در مراحل مطالعه و بررسی برای بهره‌برداری در سال‌های آتی هستند.

۱۸-۱- ایالات متحده آمریکا

این کشور در تولید برق زمین گرمایی مقام اول را داراست. بزرگترین نیروگاه بخار خشک جهان در این کشور واقع بوده که ۱۳۶۰ مگاوات ظرفیت نصب شده را داراست که این ظرفیت میزان ۷۵۰ مگاوات برق را به شبکه می‌دهد. نیروگاه دیگری واقع در کالیفرنیا مرکزی دارای ظرفیتی معادل ۷۵۰ مگاوات است. نیروگاه‌های دیگری نیز در مناطق مختلف این کشور واقع است. ظرفیت کل نصب شده در این کشور ۲۸۵۰ مگاوات و ظرفیت فعال آن ۱۹۳۵ مگاوات می‌باشد و در حدود ۱۳۰ مگاوات ظرفیت جدید در حال ساخت است.

۱۸-۲- فیلیپین

این کشور طبق طبقه بندی IGA مقام دوم را در تولید برق از انرژی زمین گرمایی داراست. ظرفیت نصب شده در این کشور در حدود ۱۹۷۱ بوده و ظرفیت فعال و در حال کار آن بیش از ۱۸۷۵ مگاوات است و این میزان در حدود ۲۷٪ از برق این کشور را تأمین می‌کند.

۳-۱۸- مکزیک

این کشور از لحاظ ظرفیت نیروگاهی نصب شده مقام سوم را در جهان داراست. تولید برق از انرژی زمین گرمایی با ظرفیت نیروگاهی بالغ بر ۹۵۹/۵ مگاوات تا پایان سال ۲۰۰۷ است. این میزان ظرفیت ۳/۲۴٪ از الکتریسیته این کشور را تأمین می‌کند.

۴-۱۸- آفریقا

انرژی الکتریکی زمین گرمایی در این قاره از لحاظ اقتصادی نقش بسیار مهمی را ایفا می‌کند. در کشور کنیا دو نیروگاه ۴۵ و ۶۵ مگاوات و سه نیروگاه خصوصی ۴۸ مگاواتی ساخته شده است. کشور کنیا در صدد است ظرفیت این نیروگاه‌ها را تا سال ۲۰۱۷ به میزان ۵۷۶ مگاوات رسانده و از این طریق حدود ۲۵ درصد از برق مورد نیاز این کشور را از این طریق تأمین نماید.

از کشورهایی که پیشرفت قابل ملاحظه‌ای در زمینه زمین گرمایی در قاره آفریقا داشته‌اند کشور گینه نو است که با تولید ۵۶ مگاوات برق زمین گرمایی در حدود ۷۵٪ برق مورد نیاز این کشور تأمین می‌شود. این کشور با بهره برداری از معادن طلا، از این منطقه برای تولید انرژی الکتریکی زمین گرمایی نیز استفاده می‌کند.

۵-۱۸- ایسلند

این کشور در منطقه‌ای آتش فشانی واقع بوده و موقعیتی ایده‌آل برای استفاده از انرژی زمین گرمایی داراست. در حدود ۲۶ درصد از انرژی الکتریکی این کشور از انرژی زمین گرمایی تأمین می‌شود. به علاوه سیستم‌های گرمایشی زمین گرمایی، حدود ۸۷٪ گرمای منازل این کشور را تأمین می‌کنند. کل ظرفیت نصب شده در این کشور بیش از ۴۲۲ مگاوات بوده و چند مگاوات ظرفیت جدید دیگر نیز در حال ساخت است.

مراجع

۱. Abrigo, M.F.V., Molling, P.A., Acuña, J.A., 2004. Determination of recharge and cooling rates using geochemical constraints at the Mak-Ban (Bulalo) geothermal reservoir, Philippines. *Geothermics* v33 (1/2), 11e36.
۲. Amistoso, A.E., Orizonte, R.G., 1997. Reservoir response to full load operation Palinpinon production field, Valencia. Negros Oriental, Philippines. Proc, 17th PNCO-EDC conference, pp. 1e14
۳. Capuno, V.T., Sta. Maria, R., Stark, M.A., Minguez, E.B., 2010. Mak-Ban geothermal field, Philippines: 30 years of commercial operation. World Geothermal Congress paper 0649.
۴. Clotworthy, A.W., 2000. Reinjection into low temperature loss zones. Proceedings, World Geothermal Congress paper 0090.
۵. Roux, B., Sanyal, S.K., Brown, S., 1979. An improved approach to estimating true reservoir temperature from transient temperature data. Proceedings, 5th Workshop on geothermal reservoir engineering, Stanford University, pp. 373e384
۶. Tokita, H., Haruguchi, K., Kamenosono, H., 2000. Maintaining the rated power output of the Hatchobaru geothermal field through an integrated reservoir management. Proceedings, World Geothermal Congress paper 0381.

فهرست مطالب

۱	۱- مقدمه
۲	۲- مراقبت و تعمیر چاه‌های زمین گرمایی
۲	۲-۱- پروفایل لوله‌های جداری
۲	۲-۲- شیر سرچاهی
۵	۳- نظارت بر چاه‌های زمین گرمایی
۵	۳-۱- محاسبات پارامترهای اصلی
۵	۳-۲- سیستم مانیتورینگ
۶	۳-۳- نشانه‌های غیرطبیعی
۸	۴- احیا و کشتن چاه
۸	۴-۱- پروفایل‌های دما و فشار بر حسب عمق چاه
۹	۴-۲- کشتن چاه
۹	۴-۳- احیاء چاه
۱۰	۵- تعمیر و تمیز کردن چاه
۱۱	۵-۱- تزریق مواد شیمیایی
۱۱	۵-۱-۱- سیستم بازدارنده رسوبات کلسیتی در چاه‌های زمین گرمایی CIS
۱۴	۵-۱-۲- پروتکل نمونه گیری و تست بازدارنده‌های شیمیایی
۲۲	۵-۱-۳- راه‌اندازی CIS
۲۲	۵-۲- بازدارنده‌های شیمیایی
۲۴	۵-۳- مواد شیمیایی مختلف جهت از بین بردن سیلیس
۲۴	۶- مدت عمر پیش‌بینی چاه زمین گرمایی
۲۵	۷- نتایج
۲۶	۸- مراجع

فهرست اشکال

۳	شکل (۲-۱) - شیر سرچاهی بدون اسپول های انبساط
۴	شکل (۲-۲) - شیر سرچاهی مجهز به Expansion spool
۸	شکل (۳-۱) - وجود کلسیت داخل لاینر
۱۳	شکل (۵-۱) - شمایی از سیکل کلی CIS
۱۸	شکل (۵-۲) - شمایی از یک پمپ تزریق
۱۹	شکل (۵-۳) - ایستگاه تحویل گیری و رقیق سازی ماده شیمیایی
۱۹	شکل (۵-۴) - تانکرهای تغذیه کننده
۲۰	شکل (۵-۵) - شمایی از سیکل تجهیزات بازدارنده های شیمیایی در محل سایت

فهرست جداول

۱۴	جدول (۵-۱) - نمونه مثال برای ترسیم جدول در زمان نمونه گیری
۱۶	جدول (۵-۲) - نمونه ای از پارامترهای مورد بررسی در تست بازدارنده قبل از استفاده
۱۶	جدول (۵-۳) - ملزومات ماده شیمیایی بازدارنده
۱۷	جدول (۵-۴) - نوع ماده شیمیایی بر حسب غلظت
۲۴	جدول (۵-۵) - ارتباط بین فاکتور وزن مولکولی و بهره وری آن در کاهش پوسته
۲۴	جدول (۵-۶) - مقایسه قیمت سه اسید (۱۳۹۳)

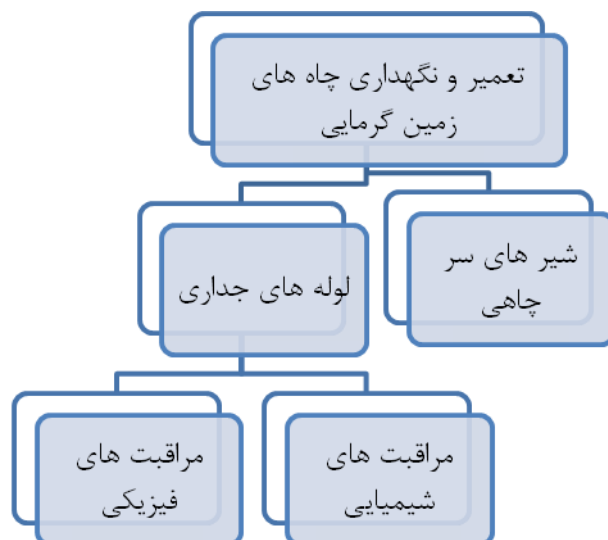
۱- مقدمه:

تعمیر و نگهداری از چاه‌های زمین گرمایی در دستیابی برای موفقیت و بهره‌برداری بهینه از این منابع بسیار مهم می‌باشد. صنعت انرژی زمین گرمایی در دهه‌های اخیر رشد شگرفی داشته است. لذا برای بهره‌برداری صحیح از این دارایی‌ها، روش‌های صحیح نگهداری و تعمیر جهت افزایش عمر میدان ضروری می‌باشد. استفاده از چاه‌های زمین گرمایی به منظور تولید انرژی و در واقع به هدف دستیابی به یک منبع انرژی پایدار و قابل اعتماد در صورتی صحیح می‌باشد که روش‌های بهره‌برداری مناسبی در پیش گرفته باشیم و قبل از وقوع هرگونه رخدادی، آن را پیش‌بینی کرده و تا حد ممکن از این پیشامد جلوگیری نماییم. اینگونه استراتژی‌های عملیاتی زمانی هنگام ورود به فاز نیروگاهی، بیشتر نمود پیدا می‌کنند از چاه‌های زمین گرمایی برای تولید مستمر و بدون وقفه استفاده خواهد شد.

تجربه‌های چشمگیری در چگونگی انجام عملیات نگهداری از چاه‌ها وجود دارد. از این رو مواردی که در ذیل به آنها اشاره خواهد شد، تجربه‌های عملیاتی گروه‌هایی است که بیش از چهل سال وظیفه مراقبت از چاه‌های مهم زمین گرمایی را در میدان‌های زمین-گرمایی ایسلند، آمریکا و فیلیپین، به عهده داشته‌اند.

صنعت زمین گرمایی بعد از نیمه دوم قرن گذشته و علی‌الخصوص پس از سال ۱۹۷۰ در سرتاسر جهان رشد کرد. به موازات با این رشد تجارب ارزشمندی هم برای بهره‌برداری ایمن از چاه‌های زمین گرمایی به دست آمد. مخصوصاً در سال‌های اخیر، که به دلیل تغییر سیاست‌های مالکین منابع، حضور بخش‌های خصوصی در این عرصه و تغییر تکنیک‌های تجاری جهان، شاهد این مهم بوده-ایم.

۲- درخت فناوری مراقبت و تعمیر چاه های زمین گرمایی

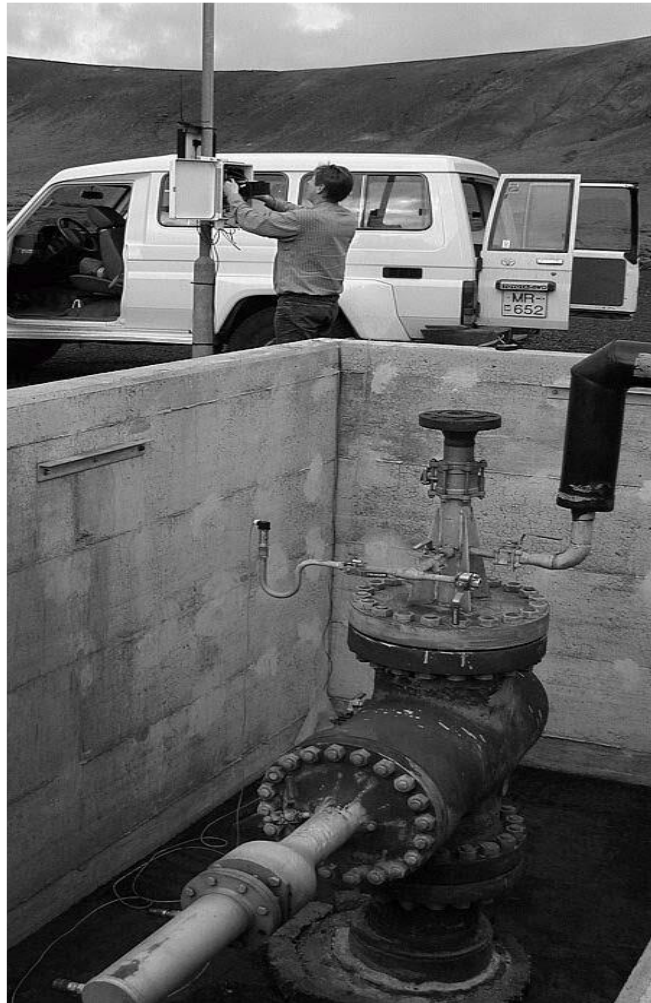


۲-۱- پروفایل لوله های جداری

در یک مقایسه کلان دو نوع چاه زمین گرمایی وجود دارد، چاه های دما بالا و چاه های دما پایین. بر این اساس دو نوع کیسینگ گذاری تعریف می شود. کیسینگ گذاری برای چاه های دما بالا و کیسینگ گذاری برای چاه های دما پایین. متریکال ساخت و نوع طراحی پروفایل های چاه های دما بالا معمولاً در سرتاسر جهان و در میدان های مختلف شبیه به هم می باشد. ناگفته نماند که این طراحی ها از صنعت نفت الگو گرفته اند و تنها طراحی های ویژه ای هستند که پروفایل چاه های زمین گرمایی را متمایز می کنند. معمولاً لوله های جداری یا همان کیسینگ های تولیدی چاه های زمین گرمایی با سایز ۹ ۵/۸ اینچ می باشند. البته سایز ۱۳ ۳/۸ اینچ نیز به عنوان کیسینگ تولیدی استفاده می شود ولی از آنجاییکه حداکثر توان تولیدی چاه ها، یا همان ریت تولیدی با قطر لوله های جداری ارتباط دارد، بدین ترتیب کیسینگ مشبک شده ۷ اینچ نیز برای نواحی درون مخزن مناسب می باشد که برای این کار هنگ کردن این لوله جداری مناسب خواهد بود. کانکشن های کیسینگ ها بهتر است باترس و درجه شاخص API آنها K55 قابل جوش و یا L80 غیر قابل جوش باشند.

۲-۲- شیر سرچاهی

دو نوع اصلی شیر سرچاهی وجود دارد. در ابتدا، بالای لوله جداری و یا شیر اصلی به طور مستقیم به لوله جداری تولیدی متصل می شد و فضای بین دیواره چاه و کیسینگ باز می ماند یا توسط یک استافینگ باکس مسدود می شد، شکل (۲-۱).



شکل (۲-۱) - شیر سرچاهی بدون اسپول های انبساط

ولی اکنون شیرهای سرچاهی به expansion spool مجهز می باشند، شکل (۲-۲). این باعث می شود که شیر سرچاهی آزادانه در اثر انبساط حرکت نماید بدون اینکه جابجایی شدید داشته باشد و بدین صورت در اثر تکان های شدید چاهی آسیب کمتری به چاه وارد می آید.



شکل (۲-۲) - شیر سرچاهی مجهز به expansion spool

۳- نظارت بر چاه های زمین گرمایی

۳-۱- محاسبات پارامترهای اصلی

در این بخش به ضرورت دریافت، ثبت و در نهایت پردازش داده های پرداخته می شود که با آنالیز آنها خواص فیزیکی و شیمیایی مخزن و چاه مشخص می گردد، این پارامترها به شرح ذیل می باشند:

- فشار سرچاهی
- دبی خروجی از چاه
- فشار درون چاهی
- دمای درون چاهی
- ثبت داده های همزمان چاه تولیدی و تزریقی
- داده های لاگ های caliper
- نمونه های شیمی سیالات
- نمونه های بخار
- برداشت ذرات خوردگی و آنالیز این تأثیرات، که گاهاً بر روی تجهیزات سطحی از جمله شیرهای سرچاهی ایجاد شده اند.

۳-۲- سیستم مانیتورینگ

برداشت و ثبت داده های سرچاهی از جمله برداشت منظم داده ای فشار و دبی و ثبت و نگهداری آنها در یک سیستم مناسب از مهم ترین کارهای تیم بهره برداری به شمار می آید. پیشنهاد می گردد این داده ها به صورت دیجیتالی ثبت و در سیستمی مانند SCADA ذخیره گردند. همچنین پیشنهاد می گردد تمامی این داده ها توسط امکانات مخابراتی از جمله اینترنت یا تلفن به طور منظم به دفتر مرکزی جهت بایگانی و پردازش ارسال گردد.

۳-۳- نشانه‌های غیر طبیعی

معمولاً تغییر در شرایط طبیعی چاه به صورت تدریجی اتفاق می‌افتد یعنی اینکه اتفاق ناگهانی در رفتارهای طبیعی چاه رخ نمی‌دهد. اگر نگهداری و مراقبت از چاه به طور صحیح صورت پذیرد و داده‌های ثبت شده به طور صحیح آنالیز گردند، لذا بایستی انتظار داشت که حتی چندین سال چاه تولیدی و یا تزریقی بدون تغییر به کار خود ادامه دهد. تغییراتی که در یک بازه زمانی کوتاه رخ می‌دهد، یا به دلایل خطاهای اپراتوری است و یا به دلیل نگهداری غلط از چاه می‌باشد. در این حالات است که دسترسی به داده‌های صحیح می‌تواند بازگوکننده علت رخداد غیرطبیعی باشد. در ذیل به چند دلیل از این گونه نشانه‌ها اشاره می‌کنیم که می‌تواند در حین عملیات و مانیتورینگ مفید واقع گردد.

- تغییر ناگهانی در فشار ممکن است به دلیل خرابی فشارسنج و یا ابزار آلات مرتبط با فشارسنج باشد.
- کاهش یا افزایش فشار ممکن است بر اثر وجود رسوباتی در شیرهای سرچاهی و یا پشت گیج باشد.
- کاهش تدریجی فشار طی چند روز یا چند هفته، به شرطی که چاه باز باشد می‌تواند تأثیر در دبی خروجی نیز داشته باشد این امر ممکن است به دلایل زیر رخ دهد:

✓ کلسیت (CaCO_3) ماده معدنی قابل نهشت متداولی است که در چاه‌هایی با دمایی بین ۱۸۰ الی ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد رخ می‌دهد. این ماده معدنی در محدوده بالای فلش پوینت شروع به نهشت می‌کند و به سمت بالای چاه صعود می‌کند و گلوله‌های چاه را تنگ‌تر و تنگ‌تر می‌کند، شکل (۱-۳). البته توجه داشته باشید که رسوب به تدریج پس از طی چند متر دیگر نشانه‌های خود را از دست خواهد داد و تقریباً در سطح نشانه‌ای از رسوب دیده نخواهد شد. بنابراین کلسیت در مسافتی به محدوده چند صد متری کیسینگ نهشت خواهد کرد و به راحتی قابل رفع می‌باشد. بعد از رفع رسوبات کلسیت، چاه به مانند گذشته خواهد شد. لذا جای هیچ‌گونه نگرانی وجود ندارد. توجه داشته باشید که رسوباتی هم در پایین‌تر از محدوده فلش پوینت و در درون سوراخ‌های لاینر وجود دارد که البته رفع این رسوبات کار دشواری می‌باشد.

- ✓ سیلیکا یا سولفید اغلب با هم در چاه پخش می‌شوند. لذا کاهش فشار سریعاً در نهشت این ماده تأثیر ندارد.
- ✓ هجوم جبهه آب سرد و سرریز شدن آن به درون مخزن عامل کاهش فشار خواهد بود.
- ✓ فشار کم و حجم پایین مخزن در مدت زمان بهره‌برداری طولانی تأثیرگذار است.

• افزایش تدریجی فشار سرچاهی

✓ چاه در مرحله گذرا است از تغییر فاز بین فاز مایع به دو فاز شدن، و در نهایت ایجاد کلاهدک گازی. مثلاً افزایش

فشار از ۱۴ بار گیج به ۲۰ بار گیج می تواند بیانگر این نکته باشد.

✓ چاه بعد از سرد شدن در اثر تست، حفاری و غیره در حال گرم شدن است.

• کاهش سریع فشار

✓ به دلیل فرو ریختن یا کولپس شدن لوله های جداری

✓ وقوع زمین لرزه (حتی ممکن است در سطح قابل ادراک نباشد)

✓ لوله های کوپل یا لوله های بازدارنده های شیمیایی شکسته شده اند

✓ مشکلی در شیرهای کنترلی بوجود آمده است.

• افزایش سریع فشار

✓ ریزش موادی که نهشت کرده بودند

✓ وقوع زمین لرزه (حتی ممکن است در سطح قابل ادراک نباشد)

✓ مشکلی در شیرهای کنترلی به وجود آمده است.



شکل (۱-۱)- وجود کلسیت در داخل لاینر

۴- احیاء و کشتن چاه

۴-۱- پروفایل های دما و فشار بر حسب عمق چاه

پروفایل های دما و فشار برای چاه های زمین گرمایی متفاوت می باشد. به عبارت دیگر هیچگاه دو مخزن وجود ندارد که رفتارهای دمایی و فشاری به مانند همدیگر داشته باشند، قطعاً داده های هر کدام متفاوت خواهد بود. حتی در درون یک مخزن نیز دو چاه عین هم پیدا نمی شود. لذا هر پروفایل دمایی و فشاری مختص هر چاه و هر مخزن می باشد. آنچه مهم است تا مهندسين بهره برداری بدانند این است که به داده های فشار و دمای درون چاهی در حالت های مختلف ایستا و تولیدی دسترسی داشته و توانایی آنالیز آنها را داشته باشند. به روز بودن داده ها نیز نکته مهمی است، چرا که داده های قدیمی، ارائه ای از شرایط کنونی و احتمال وجود کلاهِک های گازی را بیان نمی کنند. حتی ممکن است در اثر تغییرات فشاری، نقطه جوش مخزن تغییر کرده و مخزن تغییر فاز داده باشد.

۲-۴- کشتن چاه

یکی از سفارشات که معمولاً برای گروه بهره‌بردار ارائه می‌شود، قطع جریان تولیدی با کاهش فشار می‌باشد، این کاهش فشار باید به سمت فشار سرچاهی صفر سوق داده بشود. به این عملیات در اصطلاح کشتن چاه یا خاموش کردن چاه می‌گویند. برای این منظور چند روش پیشنهاد می‌گردد:

- ✓ کشتن چاه با بستن چاه و پمپ کردن آب سرد، این کار برای چاه‌های موجود سبلان پیشنهاد می‌گردد.
- ✓ در صورتی که چاه دارای فشار بسیار بالایی باشد، چاه می‌بایستی با سیالی که چگالی بیشتری نسبت به آب دارد کشته شود. برای این کار می‌توان از باریت استفاده کرد.
- ✓ با بستن شیر دهانه چاه و انتظار برای چند روز هم می‌توان چاه را کشت. برای این منظور چاه‌هایی که آنتالپی پایین‌تری دارند پیشنهاد می‌شود. بر اساس اطلاعات موجود امکان کشتن چاه‌های سبلان به این روش وجود دارد.
- ✓ امکان کشتن چاه برای برخی از چاه‌ها که دارای کلاهدک گازی قوی می‌باشند به طور دائم وجود ندارد و چاه‌های سبلان فعلاً جزء این دسته نیستند.

۳-۴- احیاء چاه

اغلب چاه‌های زمین گرمایی به جهت اینکه فشاری کمتر از فشار اتمسفر در دهانه چاه دارند، نیاز به احیاء دارند. به عبارت دیگر چاه‌های زمین گرمایی با فشار سرچاهی پایین، برای تولید، به اجرای روش‌های عملیاتی نیاز دارند، در ذیل به چند نمونه از این روش‌ها اشاره می‌کنیم. لازم به توضیح است که چاه‌های سبلان جزء چاه‌های فشار سرچاهی پایین بوده و برای احیا به یکی از روش‌های ذیل نیاز دارد.

- ✓ پمپ کردن فشار هوا به درون چاه
- ✓ پمپ کردن نیتروژن به درون چاه
- ✓ باز کردن دهانه چاه و خارج کردن گازهای موجود در چاه
- ✓ همزدن ستون آب سرد با آب داغ موجود در چاه و تغییر دادن نقطه جوش سیال درون چاه
- ✓ تزریق بخار یا سیال دو فاز با فشار بالا، از چاه‌های مجاور به چاه مورد نظر

✓ با جابجا کردن پیستون‌هایی که در کیسینگ رانده می‌شوند و اصطکاک را کم می‌کنند.

۵- تعمیر و تمیز کردن چاه

اغلب عملیات‌های تعمیر چاه‌های زمین گرمایی برای تمیز کردن مواد معدنی نهشته شده در چاه می‌باشند، معمولاً مواد معدنی نهشته شده در چاه و چسبیده به چاه از نوع کلسایت، سیلیکا و سولفید می‌باشند. از آنجاییکه این رسوبات سفت و سخت بوده و بر طرف کردن آنها از دیواره چاه بسیار سخت می‌باشد، لذا از دکل‌های حفاری برای این کار استفاده می‌شود. برای چاه‌های زمین گرمایی سیلان استفاده از دکل حفاری و نیز در برخی حالات استفاده از کویل تیوبینگ برای رفع رسوبات پیشنهاد می‌گردد. شایان ذکر است، این روش جزء متداول‌ترین روش‌ها برای رفع رسوبات می‌باشد. اما استفاده از روش‌های زیر نیز در برخی میادین کاربرد دارد:

✓ استفاده از جت کردن آب سرد و پمپ کردن آب به چاه‌های مجاور که قبلاً کشته شده اند

✓ استفاده از اسید کاری

✓ تزریق مواد شیمیایی اینهیبیتور ها به درون چاه

✓ پمپ کردن آب سرد (در چاه‌های دما پایین)

در مبحث کنترل، مراقبت و نگهداری از چاه‌های زمین گرمایی مطالب بسیاری می‌توان عنوان کرد و به شرح آنها پرداخت از جمله این نکات کلیدی پرداختن به روش‌های نگهداری از شیرهای سرچاهی و دقت در سالم نگه داشتن شیرهای سر چاهی می‌باشد، که مطالب مربوط به این روش‌ها را می‌توان از مراجع عمومی دیگر نیز جستجو کرد.

۱-۵- تزریق مواد شیمیایی

۱-۱-۵- سیستم بازدارنده رسوبات کلسیتی در چاه‌های زمین گرمایی CIS

کلسیت چیست؟

کلسیت در بیشتر موارد بافت موزائیکی بی شکلی را دارد و در الیت‌ها و بعضی از سیمان‌های ته‌نشین شده ممکن است شکل شعاعی یا رشته‌ای داشته باشد. کلسیت در سنگ‌های آهکی هم به صورت اولیه و هم به صورت ثانویه وجود دارد. مواد اسکلتی بعضی از موجودات آراگونیتی، و بعضی منحصراً کلسیتی است و در بعضی از آنها بخشی از آراگونیتی و بخشی کلسیتی می‌باشد. کلسیت‌های موجود در سنگ‌های آهکی معمولاً از نوع $CaCO_3$ خالص می‌باشند و تقریباً عاری از آهن و منیزیم می‌باشند. کلسیت در بیشتر سنگ‌های آهکی یا به صورت اجزای اصلی تشکیل دهنده خرده‌های فسیلی بوده، و یا به صورت سیمان ته‌نشینی دیده می‌شود. ضمناً ممکن است کلسیت از تبلور مجدد آراگونیت نیز ایجاد شده باشد که این اشکال مختلف کلسیت را می‌توان از روی شکل هندسی بافت آنها از یکدیگر متمایز کرد. کلسیت یکی از کانی‌های فراوان سنگ‌های رسوبی و دگرگونی است سنگ آهک، تراورتن و مرمر فقط از کلسیت ساخته شده‌اند. حدود ۵۰ درصد ترکیب مارن‌ها، کلسیت است. بخش اعظم ماسه‌سنگ‌های آهکی را کلسیت می‌سازد. کلسیت در سنگ‌های آذرین بیرونی به طور ثانوی تشکیل می‌شود. اسکلت آهکی موجودات زنده، ممکن است کلسیتی باشد.

گل سفید یک نوع آهک متخلخل و نرم و خاکی است که از پوسته آهکی روزن‌داران تولید شده است. مرمر اونیکس یک نوع آهک است که از رشته‌های ظریف کلسیت ساخته شده است. تراورتن نیز کلسیت است که در محل چشمه‌های آهکی تشکیل می‌شود. در ایران سنگ‌های آهکی که از کلسیت همراه با ناخالصی تشکیل شده‌اند، بسیار فراوان هستند و تقریباً در همه استان‌ها وجود دارند. این کانی در سیستم هگزگونال در رده اسکالونوهدرال متبلور می‌شود و بلورهای آن به شکل‌های متفاوت دیده می‌شود و در حدود ۳۰۰ نوع بلور متفاوت در آن تشخیص داده شده است.

وجود کلسیت در سیستم چاه‌های زمین گرمایی یکی از مهم‌ترین مشکلات این صنعت به شمار می‌رود که باعث افت جریان سیال می‌شود که اگر این روال بدون در نظر گرفتن تمهیدات پیشگیرانه ادامه یابد منجر به توقف کامل سیکل زمین گرمایی می‌شود.

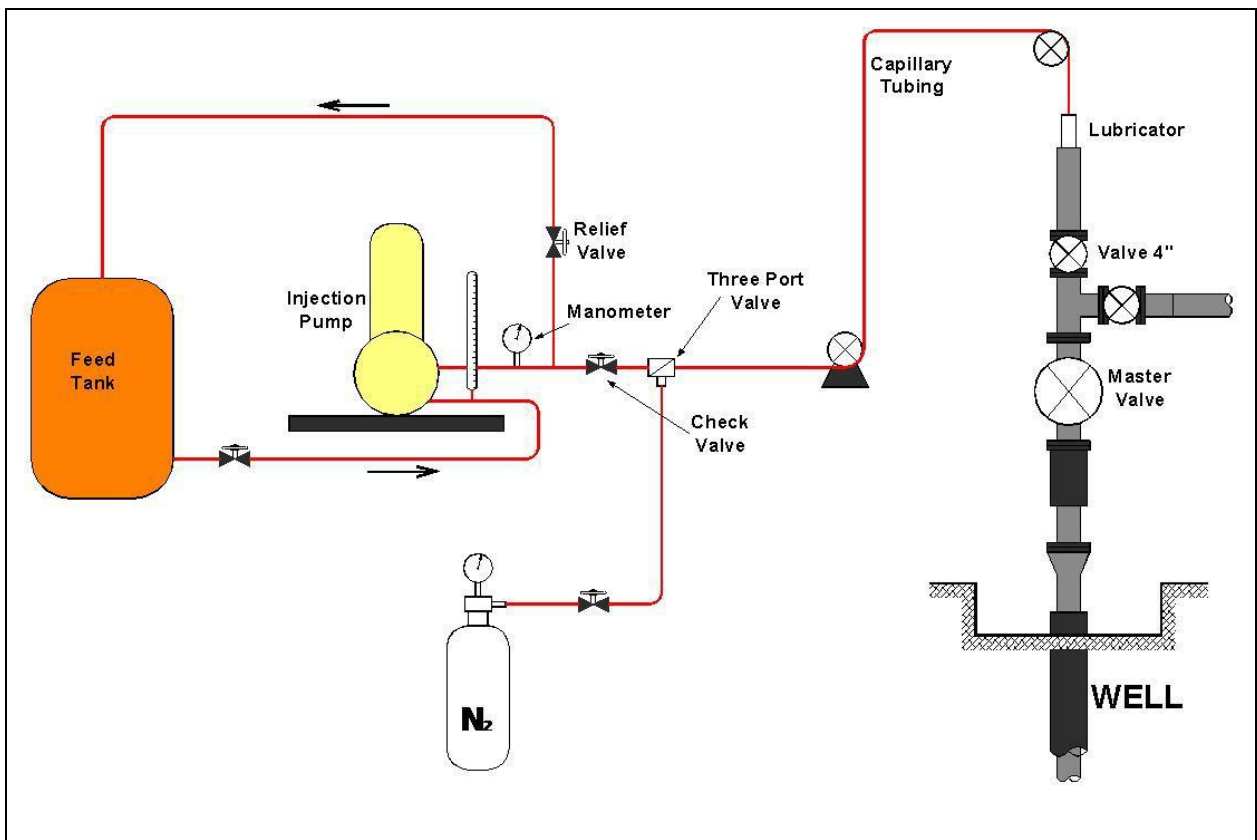
عملکرد و چیدمان اجزاء سیستم بازدارنده نهشت کلسیت در چاه‌های زمین گرمایی مختلف دنیا بسیار با هم شباهت دارد. اساساً این روش شامل فرستادن یک لوله به درون چاه و قراردادن آن در یک عمق مشخص است.

در برخی موارد لازم است که چاه قبلاً با روش مکانیکی، مثلاً حفاری تمیز شده باشد. اغلب مشکلات در CIS های به کارگرفته شده در میادین زمین گرمایی دنیا به طور آشکار منشاء مکانیکی دارند. برخی از این مشکلات آنقدر سریع اتفاق می‌افتند که مشخصاً هیچ فرصتی برای بروز و کشف مشکلات مرتبط با شیمی سیال، نرخ جریان یا دمای بالای سیال نمی‌ماند. مشکل اصلی در CIS خوردگی لوله تزریق کننده توسط ماده شیمیایی بازدارنده و سیال زمین گرمایی است. از اینرو نوع مواد به کار برده شده در سیستم تزریق بازدارنده شیمیایی باید به صورتی طراحی شود که در مقابل خوردگی سیال دما بالا و فشار سیال مقاوم باشد. سیستم بازدارنده نهشت کلسیت شامل دو بخش اصلی است:

✓ تجهیزات تغذیه کننده سطحی

✓ سیستم تزریق دورن چاهی

برای آشنایی هرچه بهتر این سیستم شکل (۱-۵) نمایشی از سیکل کلی این سیستم می‌باشد.



شکل (۱-۵)- شمایی از سیکل کلی CIS

تجهیزات تغذیه کننده سطحی

ایستگاه رقیق سازی

این محل جای انبارش حجمی و آماده سازی مواد شیمیایی مختلف، قبل از ارسال به mixing tanks است. این محل از لحاظ ایمنی و شرایط کاری باید دارای ویژگی هایی باشد که احتمال توقف آماده سازی و انتقال ماده شیمیایی را به CIS چاه ها از بین ببرد. از این رو در انتخاب موقعیت آن نسبت به چاه ها یا CIS ها، تردد ماشین های حمل موارد، سکوندی با ارتفاع مناسب، آسفالتی بودن محل و نصب سایبان برای محل اصلی باید دقت نمود. مراحل کلی تحویل و ذخیره سازی مواد شیمیایی به شرح زیر می باشد:

- ✓ دریافت مواد شیمیایی بازدارنده (محصولات خالص) و سپس بررسی کیفیت و کمیت آنها و در نهایت انبارش آن در تانکرهای ۵۰۰۰۰ لیتری.
- ✓ رقیق‌سازی ماده شیمیایی خالص و آب با غلظت‌های متفاوت بسته به سیستم پمپاژ و دُز تزریقی توصیه شده برای هر چاه.
- ✓ توزیع بازدارنده شیمیایی رقیق شده به تانکرهای تغذیه کننده CIS مستقر در هر چاه، توسط یک لجن‌کش.
- از لحاظ فنی، بازدارنده‌های شیمیایی بایستی از برخی جنبه‌های فیزیکوشیمیایی مورد آزمایش قرار گیرند. از اینرو در مورد روش بررسی کیفیت بازدارنده‌های شیمیایی تحویل داده شده به ایستگاه رقیق‌سازی، شرایطی به شرح زیر را باید مد نظر قرار داد:

۲-۱-۵- پروتکل نمونه‌گیری و تست بازدارنده‌های شیمیایی

نمونه‌گیری

- ۱- تعداد و اندازه کیسه مواد شیمیایی تحویل داده شده را مشخص و ثبت کنید.
- ۲- بر اساس جدول زیر، اندازه کیسه‌هایی که باید نمونه‌برداری شوند را مشخص کنید.
- ۳- کیسه‌ای را به صورت گزینشی انتخاب و نمونه‌ای ۵۰۰ میلی لیتری از آن بردارید (مقدار هر نمونه بسته به نوع آزمایش ممکن است تغییر کند).

جدول (۱-۵)- نمونه مثال برای ترسیم جدول در زمان نمونه‌گیری

تعداد کیسه‌ها در محموله دریافتی	تعداد کیسه‌های که باید آزمایش شوند	سطح کیفی مورد پذیرش (۰، ۱)
۲-۸	۲	تعداد پذیرش = ۰
۹-۱۵	۳	تعداد طرد = ۱
۱۶-۲۵	۵	AQL (Acceptable Quality Level) = 0 اگر حتی یک نمونه مورد پذیرش واقع نشود، آن محموله طرد می‌شود.
۲۶-۵۰	۸	
۵۱-۹۰	۱۳	
۹۱-۱۵۰	۲۰	
۱۵۱-۲۸۰	۳۲	
۲۸۱-۵۰۰	۵۰	

تست

در مورد بازدارنده های شیمیایی، آزمایشات زیر باید انجام گیرند:

۱- pH

۲- وزن ویژه

۳- پایداری گرمایی (TST)

۴- آزمون NACE

۵- Differential Scanning Calorimetry (DSC)

۶- Fourier Transform Infra-Red Spectroscopy (FTIR)

۷- Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (EDX)

در میدین دما بالا پایداری گرمایی بازدارنده های شیمیایی جهت دریافت برگه تأییدیه ای مبنی بر کارایی کامل بازدارنده در جلوگیری از زهشت کلسیت، هم برای بازدارنده عادی و هم برای بازدارنده گرمادیده، از طریق آزمون NACE سنجیده می شود. برگه یا مدرک تأییدیه یک بازدارنده می تواند با استناد به تجربیات قبلی در مورد استفاده از یک بازدارنده خاص، همراه با گواهی افرادی که کارایی آن بازدارنده را تأیید می کنند و یا مقالات ارائه شده در مورد آن بازدارنده، مورد پذیرش قرار گیرد. طرح و جدول صفحه بعد به طور ساده مراحل تست بازدارنده ها، قبل از به کارگیری در چاه را نشان می دهد.

ارزیابی

تمام آزمایشات باید ویژگی های مورد لزوم بازدارنده ها را تأیید کنند. سطح کیفی مورد پذیرش (Acceptable Quality Level) ۱/۰ (در سطح بازرسی دو حداکثر ۱۰۰۰۰ عدد کیسه بررسی می شود)، به معنی عدم پذیرش یک نمونه از یک کیسه و در نتیجه رد کیفیت تمام آن کیسه است.

جدول (۲-۵) - نمونه‌ای از پارامترهای مورد بررسی در تست بازدارنده قبل از استفاده

ویژگیها	آزمون‌ها
۳/۷-۵	pH
(در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد) ۱/۱-۱/۳	وزن ویژه
تغییر اندک پس از حرارت دهی به آن	پایداری گرمایی
پلیمر اسید کربوکلیک (گروه تابعیت COOH- از زنجیره C)	FTIS
تنها شامل عناصر O و C (برای تأیید کیفیت DG934 و Nalco 1340 HP به این آزمایش نیاز است)	EDX
این پروتکل برای بازدارنده‌های شیمیایی کلسیت، قبل از پذیرش آنها مورد استفاده است. در مورد مارک‌های تجاری Nalco 1340HP و DG9349 نیاز به انجام تمام آزمایشات نیست.	ملاحظات

جدول (۳-۵) - ملزومات ماده شیمیایی بازدارنده

ملزومات ماده شیمیایی بازدارنده	خصوصیات ماده شیمیایی
۱- نام ماده شیمیایی	X
۲- مؤلفه فعال مشخص شده (تنها پلیمرهای دارای گروه کربوکسیلی قابل قبول هستند)	COOH
۳- غلظت پیشنهادی از ماده شیمیایی (ppm) در کل جریان چاه	ppmX
۴- نیاز محاسبه شده از ماده شیمیایی بازدارنده برای یک سال	(Xkgdrum)drumsX و KgsX
۵- برگه اطلاعات ایمنی مواد (MSDS) باید تهیه گردد.	یک سری از MSDS ها
۶- برگه تأییدیه عملکرد مناسب بازدارنده با غلظت بالا توسط آزمون NACE	- نتایج آزمون NACE در غلظت‌های ۱ و ۲ و ۳ و ۴ و ۵ ppm (در صورتیکه غلظت‌های بین این مقادیر پیشنهاد شود، نتایج آزمون در آن موارد نیز بایستی شامل شود). - نتایج آزمون NACE روی بازدارنده گرمادیده در غلظت‌های پیشنهادی
۷- آزمون پایداری گرمایی ماده شیمیایی (TST) شامل انجام و اعلام نتایج فیزیکی تست و FT-IR ماده شیمیایی قبل و بعد از آزمون NACE (T ≥ ۲۸۰ °C). ۷ و ۸ را می‌توان برای آنها حذف نمود.	- مشاهدات فیزیکی بعد از آزمون پایداری حرارتی - FT-IR (اصلی) - FT-IR (گرمادیده) - تصاویر ماده شیمیایی قبل و بعد از TST
۸- تهیه یک لیتر از بازدارنده شیمیایی و انجام تست‌های فیزیکی، شیمیایی و ویژگیهای بازدارنده نهشت کلسیت که مورد ادعای تأمین کننده آن است.	- تست یک لیتر از بازدارنده شیمیایی
۹- تأییدیه کارایی مناسب بازدارنده شیمیایی برای چاه‌های زمین گرمایی (مانند مقاله علمی با شهادت مدعیان). این مورد انتخابی است و می‌توان در نظر گرفت.	- مقاله علمی و یا - شهادت مدعیان

مواد شیمیایی با دارنده نهشت کلسیت قابل قبول که نیاز به آزمون NACE و TST ندارند و تقریباً به طور کامل مورد تأیید هستند.

جدول (۴-۵) - نوع ماده شیمیایی بر حسب غلظت

غلظت (ppm)	نوع ماده شیمیایی
2	Desco Betz DG 9349
5	Nalco 1340 HP
4	Nalco 1340 HP Plus
2	Tesco XP310 (Goosperse 8410CS)
4	Canphil ATC 1553A

تانکر ذخیره با دارنده شیمیایی

این تانکرها که عموماً از پلی اتیلن پرچگال (high-density polyethylene) ساخته شده‌اند در سه اندازه بکار می‌روند:

(الف) تانکرهای مخصوص مخلوط کردن مواد شیمیایی (mixing tank) با ظرفیت بالایی در حدود ۵۰۰۰۰ لیتر و این

تانکرها در ایستگاه رقیق سازی تعبیه می‌شوند.

(ب) تانکرهای تغذیه کننده (feed tank) مخصوص هرچاه با ظرفیت ۲۵۰۰ تا ۵۰۰۰ لیتر که به تانکرهای مخلوط کننده

متصل است.

(ج) تانکر ماده شیمیایی با دارنده (chemical tank) مخصوص هر چاه با ظرفیت حدود ۵۰۰ لیتر که به تانکرهای تغذیه

کننده متصل است.

تانکرها و محل قرارگیری آنها باید دارای سیستم محافظتی و ایمنی باشند تا از لحاظ عملی و همچنین زیست‌محیطی

دارای کارایی مناسب باشد.

اجزاء جابجا کننده سیستم تزریق دورن چاهی

این اجزاء برای تسهیل در وارد کردن، خارج کردن و بستن لوله موئینه ضروری هستند. هدف از طراحی این اجزاء تنها جنبه اجرایی

آنها نیست، بلکه تسهیل و ایمن سازی روند کار که در حالت عادی ممکن است یک الی دو ساعت بطول بیانجامد نیز هست. به طور

ساده این اجزاء شامل یک قرقره لوله موئینه و یک قرقره آویزان (Hay pulley) با قطر مناسبی است که باعث خستگی (fatigue)

غیر ضروری لوله موئینه و در نتیجه پارگی یا ترک برداشتن آن نشود می باشد. جهت عملکرد بهتر این دسته از اجزاء باید آنها را به طور دوره ای روغن کاری کرد.

پمپ تزریق

پمپ تزریق جهت انتقال محلول بازدارنده به درون چاه از طریق لوله موئینه مورد استفاده قرار می گیرد. بهتر است ۲ عدد پمپ تزریق ماده شیمیایی ۱/۳HP تهیه شود، به این معنی که یکی از آنها ذخیره باشد تا در هنگام نقص در دیگری جایگزین شود و مانع توقف تولید شود. لازم است که پمپ ها دارای فیلترهای ریزشکه (fine mesh filter) متناسب با قطر داخلی و طول لوله موئینه باشند. پمپ تزریق باید در هنگام استفاده هفته ای یک بار کالیبره شود تا در کنترل و محاسبات مربوط به ماده شیمیایی تزریق شده اشتباهی ایجاد نگردد. در بازار انواع مختلفی از این پمپ ها وجود دارد اما تنها برخی جهت کار طولانی مدت برای محلول بازدارنده و همچنین برای فشار پمپاژ مورد نیاز مناسب می باشند. در همین رابطه مقاومت پمپ در برابر خواص شیمیایی بازدارنده نیز باید مدنظر قرار گیرد، تا از خورده شدن آن توسط مواد شیمیایی جلوگیری شود. در شکل (۲-۵) شمایی از یک پمپ تزریق نشان داده شده است.



شکل (۲-۵) - شمایی از یک پمپ تزریق

سایر تجهیزات

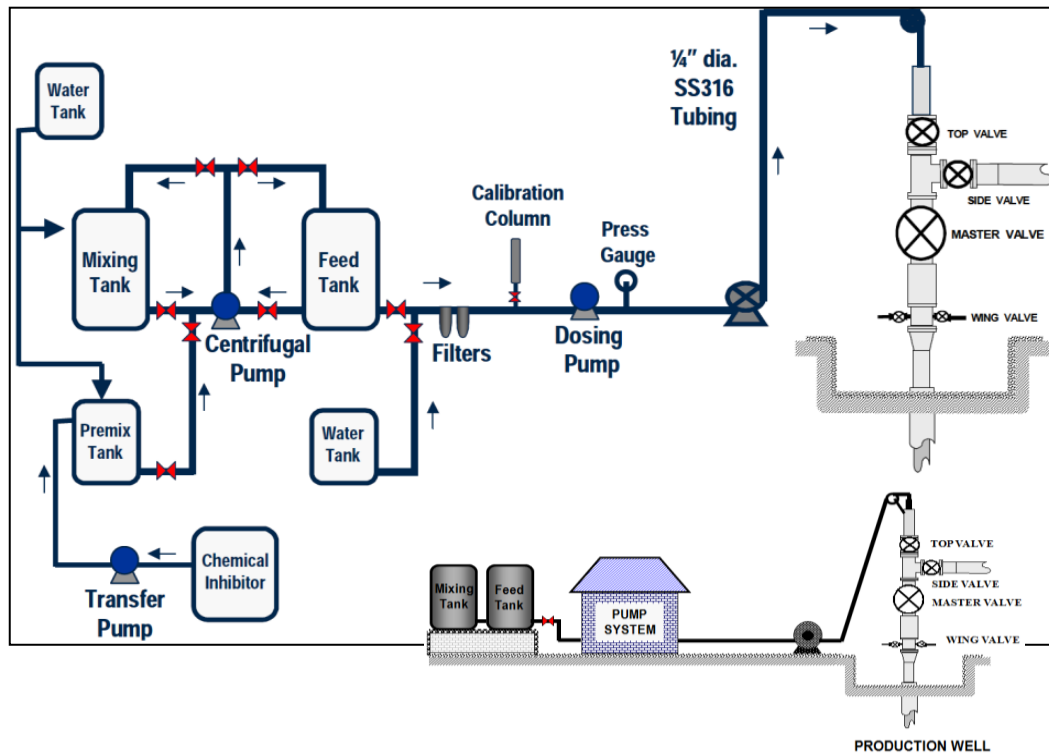
این تجهیزات شامل یک ظرف کالیبراسیون (calibration column)، پمپ سانتریفیژ (centrifuge pump)، فشارسنج (pressure gauge) و ... می باشند.



شکل (۳-۵) - ایستگاه تحویل گیری و رقیق سازی ماده شیمیایی



شکل (۴-۵) - تانکرهای تغذیه کننده



شکل (۵-۵) - شمایی از سیکل تجهیزات بازدارنده های شیمیایی در محل سایت

سیستم تزریق درون چاهی

لوله موئینه که برای تزریق بازدارنده شیمیایی به درون چاه به کار می رود بخش بسیار حساسی از CIS است. بدین جهت انتخاب قطر و جنس لوله باید مطابق با نوع، حجم و دُر مورد نیاز از بازدارنده شیمیایی و دمای سیال باشد. گاهی اوقات بازدارنده در اثر برخورد طولانی مدت با سیال پر دما تغییر فاز می دهد (حالت ژله ای پیدا میکند) که باعث بسته شدن لوله موئینه می شود. گیر کردن در چاه (میدان گرمایی Dixie آمریکا)، نشست سیال به annual های سرچاه (میدان زمین گرمایی Coso آمریکا) و بسته شدن موقت چاه به دلیل تعویض دوره ای تفلون و انتهای لوله استنچیر (میدان زمین گرمایی Miravalles کاستاریکا) از دیگر مشکلاتی هستند که ممکن است برای لوله موئینه ایجاد شود.

لازم به ذکر است اگر قسمت بالایی سرچاه (آرایش T مانند) دارای قطر مناسبی (بیشتر از ۲۵ cm) باشد، میتوان لوله موئینه را بدون محافظ در چاه راند، در غیر این صورت جهت محافظت لوله در برابر سایش، لوله تفلون پیچ شده را باید قبلاً به درون یک لوله استینجر و یک کاسه (stuffing box) نمد وارد کرد. در واقع در درون مجموعه تجهیزات سرچاه، فضاهای خالی وجود دارند که باعث میشوند لوله در اثر جریان رو به بالای سیال دائماً به لبه‌های تجهیزات سرچاه برخورد. این امر باعث سایش لوله می‌شود، به طوری که ممکن است در طی نیم ساعت تا چند روز منجر به بریده شدن لوله شود. راندن لوله موئینه بدون حفاظ به درون چاه نیز امکان پذیر است، هرچند این کار که توسط یک زانوی آزاد (sweeping elbow) که روی تجهیزات سرچاه نصب می‌شود، مشکل‌تر است. در این صورت بایستی سوراخی با قطر کمتر از ۱۰ سانتی‌متر در خارج از زانوی آزاد به وجود آورد. این موضوع ایجاب می‌کند که یک قطعه لوله محافظ (لوله استینجر) در زانو رانده شود. تجربه نشان داده که لوله موئینه درون لوله استینجر مجدداً چرخ می‌خورد و همچنان احتمال سایش و برش را دارد. در این صورت محافظ اضافی بصورت ساقه تفلونی (Tefloned sleeve) باید در انتهای لوله استینجر نصب شود. با تمام این تمهیدات لوله موئینه باید به طور دوره‌ای (هر شش هفته در میدان زمین گرمایی Beowawe آمریکا) بیرون آورده شده و بازرسی شود.

وزنه

وزنه به جابجایی سر پاشنده (dispersion head) ماده شیمیایی در سیستم CIS در طول چاه و همچنین پایداری اجزاء درون چاهی کمک میکند. وزن وزنه بایستی به صورتی محاسبه گردد که علاوه بر داشتن توانی کافی برای مقابله با نیروی سیال در حال صعود در چاه، متناسب با محدودیت مکانیکی و قدرت بارگذاری لوله موئینه باشد. در چاه SP4S فیلیپین، وزنه و مجموعه پاشنده ۵۴ کیلوگرم محاسبه و اعمال شد.

کاسه نمد

یک کاسه نمد در بالای recovery spool می‌تواند علاوه بر کمک به افزایش طول عمر لوله موئینه و مقاومت آن در برابر صدمات مکانیکی، از نشست سیال به محیط و در نتیجه ثابت ماندن فشار سرچاه در هنگام راندن لوله موئینه کمک کند.

۳-۱-۵- راه‌اندازی CIS

روش کار استاندارد جهت راه‌اندازی CIS به سه مرحله قبل، همزمان و بعد از راندن لوله موئینه مربوط می‌شود. با پیروی از این روش کار، در صورت مناسب بودن کیفیت تجهیزات به کارگرفته شده، کارایی CIS در بازدارندگی از رسوب گذاری کلسیت ملموس خواهد بود.

۲-۵- بازدارنده‌های شیمیایی (Inhibitors)

انتخاب بازدارنده شیمیایی مناسب برای یک میدان زمین گرمایی با ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی سیال چاه‌های آن و همچنین سیستم تزریق متناسب با آن بازدارنده شیمیایی از نکات بسیار مهم در طراحی CIS است. به طور ساده مکانیسم بازدارنده‌های شیمیایی معمولاً به صورت جلوگیری از تشکیل بلورهای کلسیت، با چسبیدن به این بلورها و در نتیجه از شکل انداختن ساختار آنها می‌باشد. در این حالت بلور نمی‌تواند به رشد الگوی هندسی بلورین دقیق خود ادامه دهد و در نهایت مانند یک ذره کوچک باقی مانده و به راحتی توسط جریان سیال از محیط خارج می‌شود. چسبیدن بازدارنده شیمیایی به اولین ذره بلوری به وسیله بار منفی آن و در نتیجه گرفتن Ca^{2+} صورت می‌گیرد.

لازم به ذکر است که کلسیت عمده پوسته درون چاهی چاه‌های زمین گرمایی است، در حالی که کانی‌های آراگونیت و اسمکتیت هم به میزان کمتر از ۱۰ تا ۴۰ درصد تشکیل می‌شوند که به ویژه آراگونیت اولیه و ناپایدار بوده و به کلسیت تبدیل می‌شود. همچنین بررسی‌ها نشان داده است که تفاوت در ظاهر بلورهای کلسیت می‌تواند به تفاوت در رژیم‌های جریان سیال به دورن چاه در هنگام جوشش مربوط باشد. به طوری که جریان خطی، کلسیت دانه ریز و نیمه شکل‌دار و همین‌طور جریان حبابی (دو فازه)، کلسیت درشت تا متوسط و شکل‌دار و ادخال‌ات کمتر به جا می‌گذارد. به این معنی که در جریان خطی سرعت جریان آنقدر سریع است که بلورهای کلسیت و ادخال‌ات بسیار فراوان فرصت کافی برای رشد را نداشته و همچنین ادخال‌های سیالی به صورت ناقص (غیر تجمعی و فراوان) شکل می‌گیرند.

معمولترین نوع بازدارنده شیمیایی که اخیراً در کنترل پوسته گذاری کلسیت به کار گرفته می‌شود شامل اسید پلی‌اکریلیک (Polyacrylic acid-PAA) و انیدرید پلی مالیک (Polymaleic anhydride- PMA) می‌باشند. هر دوی این بازدارنده‌ها در طبیعت اسیدی بوده و دارای گروه عاملی (functional group) اسید کربوکسیلیک (COOH) می‌باشند. PAA دارای یک مونومر COOH و PMA دارای دو مونومر COOH هستند.

سایر انواع بازدارنده ها به شرح زیر می باشند:

- Organic phosphate Esters
- Organic phosphates
- Organic Synthetic polymers (e.g. polyacrylamide)
- Organic polymers (e.g. polyacrylic acids)
- Sequestering agents (e.g. EDTA)
- Polyphosphates

بازدارنده شیمیایی sequion مانند بازدارنده شیمیایی فسفات های آلی می باشد که در سال ۱۹۸۹ در میدان زمین گرمایی Miravalles به کار گرفته شد. به کارگیری این بازدارنده در این میدان زمین گرمایی موفقیت آمیز نبود زیرا پس از دو روز لوله مویینه دچار گرفتگی شد. بازدارنده شیمیایی پلی فسفات در منابع دما پایین کاربرد دارد. ضعف فسفات ها حد پایداری گرمایی و طبیعت خورنده آنهاست.

وزن مولکولی بهینه پلیمرهای به کار گرفته شده برای جلوگیری از پوسته گذاری $10000-1000$ g/mol است، به طوری که پلیمرهایی با وزن مولکولی بیش از این مقدار نخواهند توانست به عنوان کاهنده فعالیت رشد بلوری به طور مؤثری عمل کنند و در مقابل پلیمرهای با وزن مولکولی کمتر از این مقدار، قبل از اینکه به سر پاشنده CIS برسند، دچار پل زدگی (bridging) بین عناصر تشکیل دهنده ماده شیمیایی یا فولوکوله شدن (flocculation) می شوند.

جدول (۵-۵) - ارتباط بین فاکتور وزن مولکولی و بهره وری آن در کاهش پوسته

نوع پلی	تولید (مگا وات)	غلظت بازدارنده (ppm)	کاهش پوسته گذاری (%)
پلی اکریلیک اسید	۲۰۰۰	۳	۵۲
	۱۰۰۰	۳	۶۱
	۵۰۰	۳	۷۱
پلی متااکریلیک اسید	۱۰۰۰	۳	۶۲
	۵۰۰	۳	۶۸
پلی مالئیک ایندیت	۵۰۰	۳	۹۸

۹۷	۲	۵۰۰۰	
----	---	------	--

۳-۵- مواد شیمیایی مختلف جهت از بین بردن سیلیس

مواد شیمیایی گوناگونی جهت از بین بردن سیلیس وجود دارند که انواع مختلفی دارند. رایج ترین این مواد HF, H₂SO₄, HCL می باشد که هر کدام از نظر اسیدی قدرت متفاوتی دارند.

جدول (۶-۵)- مقایسه قیمت سه اسید (۱۳۹۳)

نوع اسید	میزان اسید بر حسب کیلوگرم	قیمت بر حسب ریال
H ₂ SO ₄	یک کیلوگرم	۴۰۰۰
HF	یک کیلوگرم	۲۵۰۰۰۰
HCL	یک کیلوگرم	۴۵۰۰۰

۶- مدت عمر پیش بینی چاه های زمین گرمایی

اگر مخازن زمین گرمایی با مدیریت درستی اداره شوند در این صورت می توان انتظار داشت که عمر چاه های را نیز پیش بینی کرد. معمولاً زمانی چاهی را از مسیر تولید خارج می کنند که تغییرات عمده ای در خروجی انرژی حاصله ثبت گردیده و یا اینکه چاه بنا به هر دلیلی دچار آسیب گردد. دلایل اصلی برای کاهش در میزان انرژی دریافتی از خروجی چاه می تواند به شرح ذیل باشد:

✓ افت فشار مخزن

✓ تغییر در آنتالپی سیال

✓ تنگ شدن چاه به جهت رسوب یا خرابی لوله های جداری

معمولاً عمر مفید چاه های زمین گرمایی را ۳۰ سال پیش بینی می کنند ولی چاه هایی با عمر ۶۰ سال نیز در کشوری مانند ایسلند وجود دارد. شایان ذکر است عمر مفید چاه های ایسلند بیش از ۲۵ سال می باشد.

۷- نتایج

چاه های زمین گرمایی به دلیل ماهیتشان همواره در معرض خطر هستند، عوامل طبیعی همچون زمین لرزه، آتش فشان و غیره از یک طرف و مدیریت و کنترل چاه از طرفی دیگر باعث می شود که همواره برای بهره برداری و تولید مستمر از این نوع چاه ها تمهیداتی اندیشیده شود.

مبحث کنترل چاه های زمین گرمایی در چند بخش جدا و به طور کاملاً تخصصی قابل بحث و بررسی است، این بخش ها شامل شیرهای اصلی سرچاهی و نگهداری از آنها و لوله های جداری. این لوله های جداری نیز در دو بخش نگهداری فیزیکی و نگهداری شیمیایی قابل بحث است. در پیشنهادات فوق تمامی مطالب به طور مفصل تشریح شده اند و سیستم CIS که جزء ابزار آلات لازم برای بهره برداری مستمر از چاه های زمین گرمایی می باشد شرح داده شده است.

۸- مراجع

۱. HERRERA R., MONTALVO F., HERRERA A., EL SALVADOR COUNTRY UPDATE. PROCEEDINGS WORLD GEOTHERMAL CONGRESS 2010, BALI, INDONESIA ۲۵-۲۹ APRIL ۲۰۱۰.
۲. MONTALVO F., XU T., PRUESS K., TOUGHREACT CODE APPLICATIONS TO PROBLEMS OF REACTIVE CHEMISTRY IN GEOTHERMAL PRODUCTION/INJECTION WELLS. FIRST EXPLORATORY MODEL FOR AHUACHAPÁN AND BERLÍN GEOTHERMAL FIELDS. PROCEEDINGS WORLD GEOTHERMAL CONGRESS ۲۰۰۵ ANTALYA, TURKEY, ۲۴-۲۹ APRIL ۲۰۰۵
۳. MOLLER N., GREENBERG J. P., WEARE J. H., COMPUTER MODELING FOR GEOTHERMAL SYSTEMS: PREDICTING CARBONATE AND SILICA SCALE FORMATION, CO₂ BREAKOUT AND H₂S EXCHANGE, TRANSPORT IN POROUS MEDIA 33: ۱۷۳-۲۰۴, ۱۹۹۸.
۴. SIMMONS, S. F. AND CHRISTENSON, B. W., 1994, ORIGINS OF CALCITE IN A BOILING GEOTHERMAL SYSTEM: AMERICAN JOURNAL OF SCIENCE, v. ۲۹۴, p. ۳۶۱-۴۰۰
۵. XU T., ROSE P., FAYER S., PRUESS K., NUMERICAL SIMULATION STUDY OF SILICA AND CALCITE DISSOLUTION AROUND A GEOTHERMAL WELL BY INJECTING HIGH PH SOLUTIONS WITH CHELATING AGENT, THIRTY-FOURTH WORKSHOP ON GEOTHERMAL RESERVOIR ENGINEERING, STANFORD UNIVERSITY, STANFORD, CALIFORNIA, FEBRUARY 9-11, 2009, SGP-TR-187

فهرست مطالب

۱	۱- مقدمه
۳	۲- معرفی و دسته بندی منابع انرژی زمین گرمایی
۳	۲-۱- انرژی زمین گرمایی
۶	۲-۲- انواع سیستم های زمین گرمایی
۸	۲-۲-۱- سیستم های هیدروترمال
۹	۲-۲-۲- سیستم های Geopressured
۹	۲-۲-۳- سیستم های Petrothermal
۱۰	۲-۳- تعریف منابع زمین گرمایی
۱۱	۲-۴- بهره برداری از منابع زمین گرمایی
۱۳	۳- تولید برق از منابع زمین گرمایی (کاربرد نیروگاهی)
۱۳	۳-۱- تولید برق با استفاده از توربین های بخار معمولی
۱۴	۳-۲- تولید برق با استفاده از سیکل های دومداره
۱۵	۳-۳- نحوه عملکرد سیکل های تولید توان
۱۶	۳-۳-۱- بررسی نحوه عملکرد سیستم های بخار غالب
۱۸	۳-۳-۲- بررسی نحوه عملکرد سیستم های مایع غالب
۱۹	۳-۳-۲-۱- سیستم تبخیر آبی
۲۱	۳-۳-۲-۲- سیکل دومداره
۲۲	۳-۴- بررسی نحوه عملکرد سیستم های پیشرفته
۲۳	۳-۴-۱- نیروگاه های تبخیر آبی مضاعف یکپارچه شده
۲۳	۳-۴-۲- نیروگاه های ترکیبی بخار- دومداره
۲۴	۳-۴-۳- نیروگاه های ترکیبی تبخیر آبی - دومداره
۲۶	۳-۴-۴- نیروگاه های یکپارچه شده تبخیر آبی - دومداره
۲۸	۳-۴-۵- نیروگاه های دومداره با فشارهای کاری مختلف آبشاری
۲۸	۳-۴-۶- نیروگاه های دومداره کالینا

۳۳	۴- معرفی انواع کاربردهای مستقیم انرژی زمین گرمایی
۳۵	۴-۱- گرمایش ساختمان ها
۳۷	۴-۲- کشاورزی
۳۸	۴-۳- دامپروری
۳۹	۴-۴- استخراج آب گرم
۴۰	۴-۵- ذوب برف در معابر
۴۱	۴-۶- کاربردهای صنعتی
۴۲	۵- خلاصه ای از کاربردهای مستقیم حرارتی زمین گرمایی در کشورهای پیشرو
۴۹	۵-۱- کاربرد مستقیم انرژی زمین گرمایی در کشور ایسلند
۵۲	۵-۲- کاربرد مستقیم انرژی زمین گرمایی در کشور ترکیه
۵۸	۶- نقشه راه فنی کاربرد نیروگاهی و غیرنیروگاهی انرژی زمین گرمایی کشورهای پیشرو
۵۸	۶-۱- نقشه راه فنی کاربرد انرژی زمین گرمایی سازمان انرژی جهانی IEA
۶۳	۶-۲- استراتژی و نقشه راه فنی کاربرد انرژی زمین گرمایی آمریکا
۶۳	۶-۲-۱- نقشه راه فنی و چشم انداز GTO و DOE آمریکا
۷۱	۶-۲-۲- نقشه راه فنی و چشم انداز دانشگاه MIT آمریکا
۷۹	۶-۲-۳- نقشه راه فنی و چشم انداز موسسه NREL و REPI آمریکا
۸۹	۶-۳- استراتژی و نقشه راه فنی کاربرد انرژی زمین گرمایی اروپا
۹۵	۶-۳-۱- نقشه راه فنی کشور انگلستان
۹۷	۶-۴- استراتژی و نقشه راه فنی کاربرد انرژی زمین گرمایی استرالیا
۱۰۳	۷- تدوین درخت فناوری
۱۳۲	منابع و مراجع

فهرست اشکال

- شکل (۲-۱) - چرخه انرژی زمین گرمایی ۵
- شکل (۲-۲) - نمایی از یک منبع انرژی زمین گرمایی ۷
- شکل (۲-۳) - دیاگرام لیندال ۱۲
- شکل (۳-۱) - طرح شماتیک نیروگاه زمین گرمایی بخار غالب ۱۶
- شکل (۳-۲) - دیاگرام T-s سیکل نیروگاه زمین گرمایی بخار غالب ۱۷
- شکل (۳-۳) - طرح شماتیک نیروگاه زمین گرمایی مایع غالب، تبخیر آبی ۱۹
- شکل (۳-۴) - دیاگرام T-s سیکل نیروگاه زمین گرمایی مایع غالب، تبخیر آبی ۱۹
- شکل (۳-۵) - نمایی از یک سیستم مایع غالب با سیکل دو مداره ۲۲
- شکل (۳-۶) - طرح شماتیک نیروگاه ترکیبی تبخیر آبی یک مرحله ای و دومداره پایه ۲۴
- شکل (۳-۷) - دیاگرام T-s نیروگاه ترکیبی تبخیر آبی یک مرحله ای - دومداره ۲۵
- شکل (۳-۸) - طرح شماتیک نیروگاه یکپارچه شده تبخیر آبی - دومداره ۲۶
- شکل (۳-۹) - دیاگرام T-s بخش بالایی نیروگاه یکپارچه شده تبخیر آبی - دومداره ۲۷
- شکل (۳-۱۰) - دیاگرام T-s ساده شده بخش پایین دستی نیروگاه یکپارچه شده تبخیر آبی - دومداره ۲۷
- شکل (۳-۱۱) - شماتیک یک نمونه سیکل کالینا مجهز به یک بازگرمکن و دو پیش گرمکن بازباب ۳۰
- شکل (۳-۱۲) - شماتیک یک سیکل کالینا با ترکیب متغییر سیال کاری ۳۲
- شکل (۴-۱) - دمای مورد نیاز هر یک از کاربردهای مستقیم حرارتی انرژی زمین گرمایی ۳۵
- شکل (۴-۲) - تأمین گرمایش ساختمان ها با استفاده از انرژی زمین گرمایی ۳۶
- شکل (۴-۳) - تأثیر مثبت استفاده انرژی زمین گرمایی در گرمایش ساختمان ها بر محیط زیست ۳۷
- شکل (۴-۴) - گرمایش گلخانه ای با استفاده از انرژی زمین گرمایی ۳۸
- شکل (۴-۵) - نمونه ای از کاربرد انرژی زمین گرمایی در استخراج آب گرم ۳۹
- شکل (۴-۶) - ذوب برف با استفاده از انرژی زمین گرمایی ۴۰

- شکل (۵-۱) - میزان استفاده کاربرد مستقیم انرژی زمین گرمایی ۱۰ کشور پیشرو در سال ۲۰۱۱ ۴۷
- شکل (۵-۲) - مقایسه میزان استفاده کاربردهای مستقیم انرژی زمین گرمایی سراسر جهان بر حسب تراژول بر سال از سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۰ ۴۸
- شکل (۵-۳) - تاریخچه استفاده از منبع انرژی های مختلف کشور ایسلند از سال ۱۹۴۰ تا سال ۲۰۰۵ ۵۰
- شکل (۵-۴) - نقشه خطوط و چشمه های آب گرم در ترکیه ۵۳
- شکل (۵-۵) - ظرفیت انرژی زمین گرمایی در کشور ترکیه ۵۴
- شکل (۵-۶) - نقشه گرمایش گلخانه ای در کشور ترکیه ۵۶
- شکل (۶-۱) - پیش بینی میزان تولید برق با استفاده از انرژی زمین گرمایی طبق سناریو ETP ۵۸
- شکل (۶-۲) - پیش بینی میزان کاربرد مستقیم با استفاده از انرژی زمین گرمایی ۵۸
- شکل (۶-۳) - نحوه رشد تولید برق تا سال ۲۰۵۰ به تفکیک هر یک از فناوری های هیدروترمال و EGS ۵۹
- شکل (۶-۴) - نقشه راه فناوریانه و تولید برق و حرارت از انرژی زمین گرمایی تا سال ۲۰۵۰، ارائه شده توسط IEA ۶۰
- شکل (۶-۵) - تغییرات هزینه ها تا سال ۲۰۵۰ به تفکیک فناوری و با در نظر گرفتن تاثیر نقشه راه فناوریانه ۶۰
- شکل (۶-۶) - مثالی از نمودار کاهش هزینه ها برای یک نیروگاه ۳۰ مگاواتی هیدروترمال، با لحاظ کردن استراتژی های فنی ۶۴
- شکل (۶-۷) - اهداف برنامه ها و فناوری های تدوین شده توسط GTO ۶۵
- شکل (۶-۸) - چارت زمانی راهکارهای فنی پیشنهادی ارائه شده توسط GTO بر مبنای سه پارامتر اصلی دما، نفوذپذیری و سیال زمین گرمایی با چشم انداز ۲۰۳۰ ۶۶
- شکل (۶-۹) - راهکارهای فنی ارائه شده توسط GTO و دسته بندی آنها بر اساس توابع هدف ۶۸
- شکل (۶-۱۰) - شماتیک خلاصه وار نقشه راه فنی ارائه شده توسط GTO ۷۰
- شکل (۶-۱۱) - وابستگی سیال زمین گرمایی به دما و فشار و اهمیت سیال فوق بحرانی ۷۲
- شکل (۶-۱۲) - پیشنهادات فنی ارائه شده جهت تولید برق و حرارت از انرژی زمین گرمایی در نقشه راه MIT ۷۳
- شکل (۶-۱۳) - سیستم های انبساط سه گانه، فناوری تبدیل انرژی در حالت فوق بحرانی ۷۵

- ۷۶ شکل (۱۴-۶) - سیستم فوق بحرانی تک انبساطی با فشار ورودی بالا
- ۷۷ شکل (۱۵-۶) - شماتیک سیستم CHP-EGS، ساخته شده در دانشگاه MIT
- ۷۷ شکل (۱۶-۶) - شماتیک سیستم GSHP-CHP-EGS، ساخته شده در دانشگاه MIT
- ۸۱ شکل (۱۷-۶) - تأثیر فناوری های پیشنهاد شده بر هزینه های بخش های EGS دوگانه، تا سال ۲۰۴۰
- ۸۲ شکل (۱۸-۶) - تأثیر هر یک از TIOها بر هزینه کل سیستم EGS دوگانه، تا سال ۲۰۴۰
- ۹۰ شکل (۱۹-۶) - کاهش هزینه های کاربرد نیروگاهی زمین گرمایی از سال ۲۰۱۲ تا سال ۲۰۳۰
- ۹۱ شکل (۲۰-۶) - ساختار برنامه های فناورانه زمین گرمایی
- ۹۲ شکل (۲۱-۶) - ریز فعالیت ها و چارت زمانی پیش بینی شده برنامه های production
- ۹۳ شکل (۲۲-۶) - ریز فعالیت ها و چارت زمانی پیش بینی شده برنامه های EGS
- ۹۴ شکل (۲۳-۶) - روند تولید برق از انرژی زمین گرمایی را برای کشور انگلستان با چهار مسیر مختلف تا سال ۲۰۵۰
- ۱۰۳ شکل (۱-۷) - درخت فناوری انرژی زمین گرمایی
- ۱۰۵ شکل (۲-۷) - درخت فناوری های مرتبط با تولید برق
- ۱۰۶ شکل (۳-۷) - درخت فناوری مرتبط با نیروگاه های بخار خشک
- ۱۰۶ شکل (۴-۷) - درخت فناوری های مربوط به تجهیزات نیروگاه های بخار خشک
- ۱۰۷ شکل (۵-۷) - درخت فناوری های مرتبط با بخش تعمیرات و نگهداری در همه نیروگاه ها
- ۱۰۷ شکل (۶-۷) - درخت فناوری های مرتبط با سیستم های تأمین بخار در نیروگاه بخار خشک
- ۱۰۷ شکل (۷-۷) - درخت فناوری های مربوط به توربین، ژنراتور و کنترل ها در نیروگاه بخار خشک
- ۱۰۸ شکل (۸-۷) - درخت فناوری های مرتبط با کندانسور، خارج کننده گاز و کنترل آلاینده ها در نیروگاه بخار خشک
- ۱۰۸ شکل (۹-۷) - درخت فناوری های سیستم های دفع حرارت در نیروگاه بخار خشک
- ۱۰۹ شکل (۱۰-۷) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات سیستم دفع سیال زمینی در نیروگاه بخار خشک
- ۱۰۹ شکل (۷-۱۱) - درخت فناوری سیستم کاهش صدا در نیروگاه بخار خشک

- ۱۰۹ شکل (۷-۱۲) - درخت فناوری مربوط به سایر تجهیزات در نیروگاه
- ۱۱۰ شکل (۷-۱۳) - درخت فناوری های مرتبط با نیروگاه های تبخیر آبی
- ۱۱۰ شکل (۷-۱۴) - درخت فناوری های مربوط به تجهیزات نیروگاه های تبخیر آبی
- ۱۱۱ شکل (۷-۱۵) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات سیستم تأمین مایع و بخار در نیروگاه های تبخیر آبی
- ۱۱۱ شکل (۷-۱۶) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات توربین، ژنراتور و کنترل ها در نیروگاه های تبخیر آبی
- ۱۱۲ شکل (۷-۱۷) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات کندانسور، خروج گازها و کنترل آلودگی نیروگاه های تبخیر آبی
- ۱۱۲ شکل (۷-۱۸) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات دفع حرارت در نیروگاه های تبخیر آبی
- ۱۱۲ شکل (۷-۱۹) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات دفع سیال زمینی در نیروگاه های تبخیر آبی
- ۱۱۳ شکل (۷-۲۰) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات سیستم کاهش صدا در نیروگاه های تبخیر آبی
- ۱۱۳ شکل (۷-۲۱) - درخت فناوری های مرتبط با نیروگاه های تبخیر آبی مضاعف
- ۱۱۳ شکل (۷-۲۲) - درخت فناوری های مربوط به تجهیزات نیروگاه های تبخیر آبی مضاعف
- ۱۱۴ شکل (۷-۲۳) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات سیستم تأمین مایع و بخار در نیروگاه های تبخیر آبی مضاعف
- ۱۱۴ شکل (۷-۲۴) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات توربین، ژنراتور و کنترل ها در نیروگاه های تبخیر آبی مضاعف
- ۱۱۴ شکل (۷-۲۵) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات کندانسور، خروج گازها و کنترل آلودگی در نیروگاه های تبخیر آبی مضاعف
- ۱۱۵ شکل (۷-۲۶) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات دفع حرارت در نیروگاه های تبخیر آبی مضاعف
- ۱۱۵ شکل (۷-۲۷) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات دفع سیال زمینی در نیروگاه های تبخیر آبی مضاعف
- ۱۱۵ شکل (۷-۲۸) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات سیستم کاهش صدا در نیروگاه های تبخیر آبی مضاعف

- ۱۱۶ شکل (۷-۳۹) - درخت فناوری های مرتبط با نیروگاه های تبخیر آبی با توربین آبی
- ۱۱۶ شکل (۷-۳۰) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات نیروگاه های تبخیر آبی با توربین آبی
- ۱۱۷ شکل (۷-۳۱) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات سیستم تأمین مایع و بخار در نیروگاه های تبخیر آبی با توربین آبی
- ۱۱۷ شکل (۷-۳۲) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات توربین، ژنراتور و کنترل ها در نیروگاه های تبخیر آبی با توربین آبی
- ۱۱۷ شکل (۷-۳۳) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات کندانسور، خروج گازها و کنترل آلودگی در نیروگاه های تبخیر آبی با توربین آبی
- ۱۱۸ شکل (۷-۳۴) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات سیستم دفع حرارت در نیروگاه های تبخیر آبی با توربین آبی
- ۱۱۸ شکل (۷-۳۵) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات سیستم دفع سیال زمینی در نیروگاه های تبخیر آبی با توربین آبی
- ۱۱۸ شکل (۷-۳۶) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات سیستم کاهش صدا در نیروگاه های تبخیر آبی با توربین آبی
- ۱۱۹ شکل (۷-۳۷) - درخت فناوری های مرتبط با نیروگاه های دو مداره پایه
- ۱۱۹ شکل (۷-۳۸) - درخت فناوری های مربوط به تجهیزات نیروگاه های دو مداره پایه
- ۱۱۹ شکل (۷-۳۹) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات سیستم تأمین آب زمینی در نیروگاه های دو مداره پایه
- ۱۲۰ شکل (۷-۴۰) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات توربین، ژنراتور و کنترل ها در نیروگاه های دو مداره پایه
- ۱۲۰ شکل (۷-۴۱) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات کندانسور، سیستم تنظیم کننده و ذخیره سازی سیال کاری در نیروگاه های دو مداره پایه
- ۱۲۰ شکل (۷-۴۲) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات سیستم دفع حرارت در نیروگاه های دو مداره پایه
- ۱۲۰ شکل (۷-۴۳) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات سیستم دفع آب زمینی در نیروگاه های دو مداره پایه

- شکل (۷-۴۴) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات سیستم پمپ تغذیه سیال کاری در نیروگاه های دو مداره پایه
- شکل (۷-۴۵) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات سیستم محافظت از آتش در نیروگاه های دو مداره پایه
- شکل (۷-۴۶) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات پمپ ها و موتورهای ته چاه در نیروگاه های دو مداره پایه
- شکل (۷-۴۷) - درخت فناوری های مرتبط با مبدل های سیال زمینی/کاری در نیروگاه های دو مداره پایه
- شکل (۷-۴۸) - درخت فناوری های مرتبط با نیروگاه های دو مداره دو فشاره
- شکل (۷-۴۹) - درخت فناوری های مربوط به تجهیزات نیروگاه های دو مداره دو فشاره
- شکل (۷-۵۰) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات سیستم تأمین آب زمینی در نیروگاه های دو مداره دو فشاره
- شکل (۷-۵۱) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات توربین، ژنراتور و کنترل ها در نیروگاه های دو مداره دو فشاره
- شکل (۷-۵۲) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات کندانسور، سیستم تنظیم کننده و ذخیره سازی سیال کاری در نیروگاه های دو مداره دو فشاره
- شکل (۷-۵۳) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات سیستم دفع حرارت در نیروگاه های دو مداره دو فشاره
- شکل (۷-۵۴) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات سیستم دفع آب زمینی در نیروگاه های دو مداره دو فشاره
- شکل (۷-۵۵) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات سیستم پمپ تغذیه سیال کاری در نیروگاه های دو مداره دو فشاره
- شکل (۷-۵۶) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات سیستم محافظت از آتش در نیروگاه های دو مداره دو فشاره
- شکل (۷-۵۷) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات پمپ ها و موتورهای ته چاه در نیروگاه های دو مداره دو فشاره
- شکل (۷-۵۸) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات مبدل های سیال زمینی/کاری در نیروگاه های دو مداره دو فشاره

فشاره

- ۱۲۵ شکل (۷-۵۹) - درخت فناوری های مرتبط با نیروگاه های دو مداره دو سیاله
- ۱۲۵ شکل (۷-۶۰) - درخت فناوری های مربوط به تجهیزات نیروگاه های دو مداره دو سیاله
- ۱۲۵ شکل (۷-۶۱) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات سیستم تأمین آب زمینی در نیروگاه های دو مداره دو سیاله
- ۱۲۶ شکل (۷-۶۲) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات توربین، ژنراتور و کنترل ها در نیروگاه های دو مداره دو سیاله
- ۱۲۶ شکل (۷-۶۳) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات کندانسور، سیستم تنظیم کننده و ذخیره سازی سیال کاری در نیروگاه های دو مداره دو سیاله
- ۱۲۶ شکل (۷-۶۴) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات سیستم دفع حرارت در نیروگاه های دو مداره دو سیاله
- ۱۲۶ شکل (۷-۶۵) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات سیستم دفع آب زمینی در نیروگاه های دو مداره دو سیاله
- ۱۲۷ شکل (۷-۶۶) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات سیستم پمپ تغذیه سیال کاری در نیروگاه های دو مداره دو سیاله
- ۱۲۷ شکل (۷-۶۷) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات سیستم محافظت از آتش در نیروگاه های دو مداره دو سیاله
- ۱۲۷ شکل (۷-۶۸) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات پمپ ها و موتورهای ته چاه در نیروگاه های دو مداره دو سیاله
- ۱۲۷ شکل (۷-۶۹) - درخت فناوری های مرتبط با مبدل های سیال زمینی/کاری در نیروگاه های دو مداره دو سیاله
- ۱۲۸ شکل (۷-۷۰) - درخت فناوری های مرتبط با نیروگاه های دو مداره کالینا
- ۱۲۸ شکل (۷-۷۱) - درخت فناوری های مربوط به تجهیزات نیروگاه های دو مداره کالینا
- ۱۲۸ شکل (۷-۷۲) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات سیستم تأمین آب زمینی در نیروگاه های دو مداره کالینا
- ۱۲۸ شکل (۷-۷۳) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات توربین، ژنراتور و کنترل ها در نیروگاه های دو مداره کالینا

- شکل (۷-۷۴) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات کندانسور، سیستم تنظیم کننده و ذخیره سازی سیال کاری در نیروگاه های دو مداره کالینا ۱۲۹
- شکل (۷-۷۵) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات سیستم دفع حرارت در نیروگاه های دو مداره کالینا ۱۲۹
- شکل (۷-۷۶) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات سیستم دفع آب زمینی در نیروگاه های دو مداره کالینا ۱۲۹
- شکل (۷-۷۷) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات پمپ تغذیه سیال کاری در نیروگاه های دو مداره کالینا ۱۲۹
- شکل (۷-۷۸) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات سیستم محافظت از آتش در نیروگاه های دو مداره کالینا ۱۳۰
- شکل (۷-۷۹) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات پمپ ها و موتورهای ته چاه در نیروگاه های دو مداره کالینا ۱۳۰
- شکل (۷-۸۰) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات مبدل های سیال زمینی/ کاری در نیروگاه های دو مداره کالینا ۱۳۰
- شکل (۷-۸۱) - درخت فناوری های مرتبط کاربرد مستقیم ۱۳۰
- شکل (۷-۸۲) - درخت فناوری های مرتبط با بخش طراحی کاربرد مستقیم ۱۳۱
- شکل (۷-۸۳) - درخت فناوری های مرتبط با بخش تجهیزات در کاربرد مستقیم ۱۳۱
- شکل (۷-۸۴) - درخت فناوری های مرتبط با بخش اجزا در کاربرد مستقیم ۱۳۱
- شکل (۷-۸۵) - درخت فناوری های مرتبط با بخش تعمیرات و نگهداری در کاربرد مستقیم ۱۳۱

فهرست جداول

- ۱۰ جدول (۲-۱) - تقسیم بندی منابع زمین گرمایی بر اساس دمای سیال استخراجی
- ۱۴ جدول (۲-۲) - هزینه سیستم های نصب شده توربین های بخار کوچک (بدون هزینه چاه ها)
- ۴۲ جدول (۵-۱) - خلاصه ای از اطلاعات آماری از کاربردهای حرارتی انرژی زمین گرمایی برای کشورهای سراسر جهان
- ۴۹ جدول (۵-۲) - میزان استفاده کاربرد مستقیم حرارتی انرژی زمین گرمایی کشورهای عضو GIA، در سال های ۲۰۱۰ و ۲۰۱۱
- ۵۵ جدول (۵-۳) - گرمایش ساختمان ها با استفاده از انرژی زمین گرمایی
- ۵۷ جدول (۵-۴) - پیش بینی ظرفیت انرژی زمین گرمایی تا سال ۲۰۱۵ در کشور ترکیه
- ۶۱ جدول (۶-۱) - ریز فعالیتهای و بازه زمانی فعالیتهای مرتبط با مدیریت منابع زمین گرمایی
- ۶۲ جدول (۶-۲) - ریز فعالیتهای و بازه زمانی فعالیتهای مرتبط با مدیریت منابع زمین گرمایی
- ۶۲ جدول (۶-۳) - ریز فعالیتهای و بازه زمانی فعالیتهای مرتبط با سیستم زمین گرمایی پیشرفته (EGS)
- ۶۳ جدول (۶-۴) - ریز فعالیتهای و بازه زمانی فعالیتهای مرتبط با سیستم زمین گرمایی پیشرفته (EGS)
- ۶۷ جدول (۶-۵) - فاکتورهای کوتاه مدت و بلند مدت جهت رسیدن به اهداف مورد نظر GTO
- ۶۹ جدول (۶-۶) - راهکارهای فنی ارائه شده توسط GTO و دسته بندی آنها بر اساس توابع هدف
- ۷۴ جدول (۶-۷) - سیستم تبدیل انرژی مناسب برای هر نوع از سیالات زمین گرمایی
- ۸۰ جدول (۶-۸) - خلاصه ای از راهکارهای فنی ارائه شده توسط NREL و PERI
- ۸۳ جدول (۶-۹) - تأثیر هریک از TPOها بر فاکتورهای GETEM
- ۸۴-۸۸ جدول (۶-۱۰) - درصد پیشرفت و درصد موفقیت هر کدام از TIOهای پیشنهادی مربوط دسته تبدیل انرژی از سال ۲۰۰۵ تا سال ۲۰۴۰ برای یک نیروگاه EGS دوگانه زمین گرمایی
- ۸۹ جدول (۶-۱۱) - برآورد کاهش هزینه های تولید حرارت از انرژی زمین گرمایی تا سال ۲۰۳۰
- ۹۰ جدول (۶-۱۲) - برآورد کاهش هزینه های تولید برق از انرژی زمین گرمایی تا سال ۲۰۳۰

- ۹۲ جدول (۱۳-۶) - ریز فعالیت ها و هزینه های پیش بینی شده برنامه های production
- ۹۳ جدول (۱۴-۶) - ریز فعالیت ها و هزینه های پیش بینی شده برنامه های EGS
- ۹۴ جدول (۱۵-۶) - میزان کل سرمایه گذاری بخش خصوصی را بین سال های ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۰
- ۱۰۱ جدول (۱۶-۶) - فعالیت های تعریف شده در زمینه فناوری تبدیل انرژی
- ۱۰۱ جدول (۱۷-۶) - فعالیت های تعریف شده در زمینه ترکیب فناوری زمین گرمایی با دیگر صنایع
- ۱۰۲ جدول (۱۸-۶) - فعالیت های تعریف شده و چارت زمانی

۱- مقدمه

با توجه به رشد روزافزون تقاضای انرژی، توسعه‌ی روش‌های تولید آن و بهره‌برداری از پتانسیل‌های موجود در کشور برای تولید برق امری ضروری است. در این راستا انرژی‌های تجدیدپذیر می‌توانند، به عنوان یکی از منابع تولید انرژی در نظر گرفته شوند. اخیراً جایگزینی انرژی‌های فسیلی با گونه‌های انرژی تجدیدپذیر به منظور کاهش و صرفه‌جویی در مصرف انرژی، کنترل عرضه و تقاضای انرژی و کاهش انتشار گازهای آلاینده با استقبال فراوانی روبرو شده است. در ایران در جهت افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر، سهم ۱۰ درصدی ظرفیت تولید برق کشور در سند چشم‌انداز ۲۰ ساله (۱۴۰۴-۱۳۸۴) به انرژی‌های نو اختصاص یافته است. در میان انرژی‌های تجدیدپذیر، انرژی زمین‌گرمایی یکی از منابع تأمین انرژی رایگان، پاک و عاری از اثرات مخرب زیست محیطی است، که از دیرباز به روش‌های گوناگون سنتی مورد استفاده بشر قرار گرفته است.

زمینی که حیات بشر بر روی آن جاری است، منبع بسیار عظیمی از انرژی گرمایی است. انرژی زمین‌گرمایی در طول هزاران سال در داخل زمین ذخیره شده و از فروپاشی عناصر رادیواکتیو در عمق زمین نشأت گرفته است. از این انرژی که به صورت حرارت از اعماق زمین به سطح هدایت می‌شود، تقریباً توانی معادل با ۴۲ میلیون مگاوات حرارت از کل سطح کره زمین قابل استحصال است، که در صورت توسعه فناوری استخراج، به تنهایی قادر خواهد بود، کلیه نیازهای انرژی امروز و آینده بشر را تأمین کند. این مقدار انرژی به طور پیوسته به فضای سردی که زمین را در بر گرفته است، منتقل می‌شود. محاسبات نشان می‌دهد، که انرژی حرارتی ذخیره شده در ۱۱ کیلومتر فوقانی پوسته زمین معادل پنجاه هزار برابر کل انرژی به دست آمده از منابع نفت و گاز شناخته شده امروز جهان است. این منبع عظیم انرژی می‌تواند، در آینده جایگزین قابل اعتمادی برای انرژی حاصل از سوخت‌های فسیلی باشد. البته بدیهی است که بهره‌برداری گسترده از ذخایر زمین‌گرمایی، مستلزم توسعه بیشتر در زمینه تکنیک‌های اکتشاف و استخراج است. در چند دهه اخیر، مطالعات در حوزه منابع انرژی تجدیدپذیر اهمیت بیشتری یافته است و طی بررسی‌های پژوهشگران پیشرفت‌های چشمگیری در این زمینه گزارش شده است.

بهره‌گیری از هر کدام از منابع انرژی‌های تجدیدپذیر بسته به منابع و امکانات محیطی است. در کشور ما ایران، با توجه به ویژگی‌های جغرافیایی و آب و هوایی می‌توان اکثر گونه‌های انرژی تجدید پذیر را مورد بهره‌برداری قرار داد؛ که یکی از انواع

انرژی‌های نامبرده، انرژی زمین گرمایی می‌باشد. مناطق زلزله‌خیز و نواحی دارای رشته کوه‌های جوان، بهترین و بزرگ‌ترین منابع انرژی زمین گرمایی هستند.

۲- معرفی و دسته‌بندی منابع انرژی زمین گرمایی

۲-۱- انرژی زمین گرمایی

مرکز زمین منبع عظیمی از انرژی حرارتی است، که به شکل‌های گوناگون از جمله فوران‌های آتشفشانی، آب‌های گرم و یا به واسطه خاصیت رسانایی به سطح زمین هدایت می‌شوند. طبق فرضیه‌های موجود، زمین توده‌ای آتشین بوده که بیش از ۴ میلیارد سال پیش شکل گرفته و به تدریج به انجماد و سردی گراییده است و این سرد شدن همچنان ادامه دارد. با مشاهده کوه‌های آتشفشان، بشر از دیر باز به این حقیقت رسیده است، که در اعماق زمین منبعی داغ وجود دارد. در فاصله زمانی بین قرن‌های ۱۶ و ۱۷ میلادی که اولین چاه‌های زیرزمینی در اعماق چند صد متری حفر شد، این نتیجه حاصل شد که با نزدیکتر شدن به مرکز کره زمین دما افزایش می‌یابد، به گونه‌ای که به طور طبیعی در ازای هر ۱۰۰ متر افزایش عمق، ۳ درجه سانتی‌گراد به دمای طبیعی زمین افزوده می‌شود. نخستین اندازه‌گیری‌ها به وسیله دماسنج در سال ۱۷۴۰ و در معدنی نزدیک به ناحیه بلفورت در کشور فرانسه انجام شد و در سال ۱۸۷۰ با روش‌های پیشرفته علمی نوع رفتار حرارتی زمین مورد مطالعه قرار گرفت.

در حال حاضر از انرژی زمین گرمایی در بسیاری از نقاط جهان و به صورت‌های مختلف، در سطح وسیعی استفاده می‌شود. محققین همزمان با به کارگیری فناوری‌های قدیمی تأمین انرژی، شیوه‌های جدید تأمین انرژی را نیز به تکامل رسانیده‌اند. در آینده نیز تلاش برای توسعه آن، در زمینه کشف منابع انرژی و انتقال فناوری امری اساسی تلقی می‌شود. بهره برداری از انرژی زمین-گرمایی، به عنوان یک منبع انرژی بالقوه در اعماق زمین، مستقل از شرایط جوی می‌باشد و قابلیت جوابگویی به نیاز کنونی و آتی بشر را دارد.

بشر مدت‌ها است که از منابع انرژی گرمایی با درجه حرارت پایین (چشمه‌های آب گرم)، جهت استحمام و شستشو و همچنین مصارف درمانی استفاده می‌کند. اخیراً نیز از این انرژی در تأمین گرمایش فضا، گرمایش گلخانه‌ها، حوضچه‌های پرورش ماهی، استخرهای تفریحی، پیشگیری از یخ‌زدگی معابر در فصل سرما و برخی از فرآیندهای صنعتی استفاده می‌شود. تولید برق با استفاده

از منابع انرژی زمین گرمایی با درجه حرارت بالا نیز طی ده سال اخیر رشد قابل ملاحظه‌ای داشته است.

مناطق که دارای پتانسیل انرژی زمین گرمایی می‌باشند، منطبق بر نواحی آتشفشانی و زلزله‌خیز جهان هستند. به طور کلی مناطقی از زمین که دارای سه ویژگی مهم زیر باشند، دارای پتانسیل مناسبی جهت بهره‌برداری از انرژی زمین گرمایی هستند:

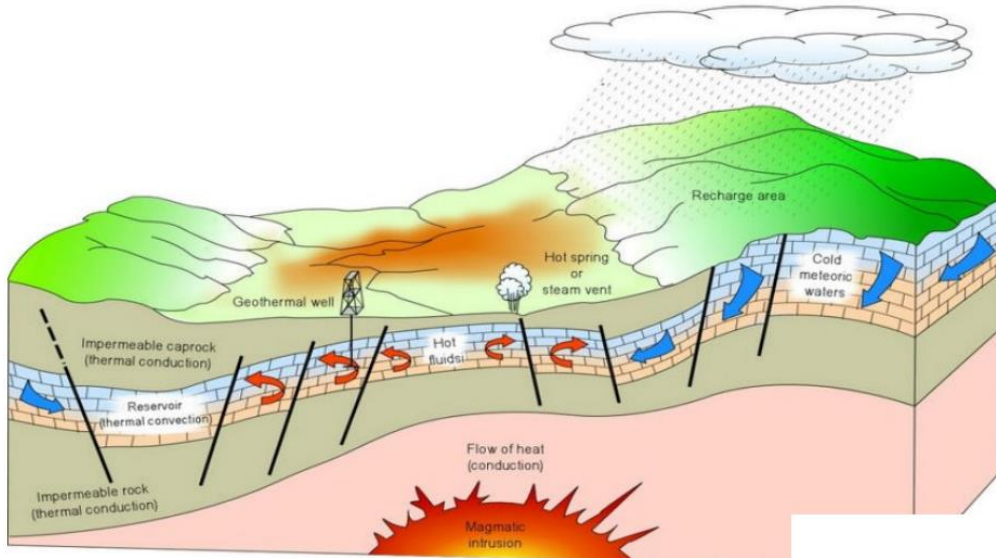
۱- منبع حرارتی ۲- سیال حد واسط ۳- محیط متخلخل

- در صورتی که مواد مذاب یا سنگ‌های داغ مجاور آنها (به عنوان منبع حرارتی) نزدیک به سطح زمین قرار گرفته باشند، موجب گرم شدن آب‌های نفوذی می‌شوند و در نتیجه با حفاری چاه‌های تولیدی می‌توان با استخراج سیال گرم به حرارت مطلوب رسید.

- در صورت وجود آب‌های ماگمایی و فسیل که از جمله سیالات انتقال دهنده‌ی حرارت در یک سیستم زمین گرمایی هستند، حرارت از منبع حرارتی به سطح زمین انتقال خواهد یافت.

- چنانچه لایه‌های مختلف دارای خلل و فرج زیادی باشند، آب‌های سطحی و نزولات جوی به خوبی داخل زمین نفوذ می‌کنند.

آب‌های سطحی که بر اثر نیروی جاذبه زمین و از طریق خلل و فرج به داخل آن نفوذ می‌کنند، پس از مدتی به لایه‌های گرم زمین نزدیک می‌شوند و حرارت آنها را جذب می‌کنند. بر اثر افزایش دما، چگالی آب‌های سطحی کمتر می‌شود و به صورت طبیعی از طریق خلل و فرج مجدداً به سطح زمین حرکت می‌کنند و موجب پیدایش نشانه‌های حرارتی مانند چشمه‌های آبگرم در نقاط مختلف زمین می‌شوند. در حالت طبیعی سیال گرم از خلال درزها، شکاف‌ها و گسل‌ها به سطح زمین می‌رسد و نشانه‌های سطحی ایجاد می‌کند. شکل (۱-۲) چرخه انرژی زمین گرمایی را نمایش می‌دهد.



شکل (۱-۲) - چرخه انرژی زمین گرمایی

بهره برداری از انرژی زمین گرمایی به دو روش کلی امکان پذیر می باشد که عبارتند از:

- استفاده نیروگاهی

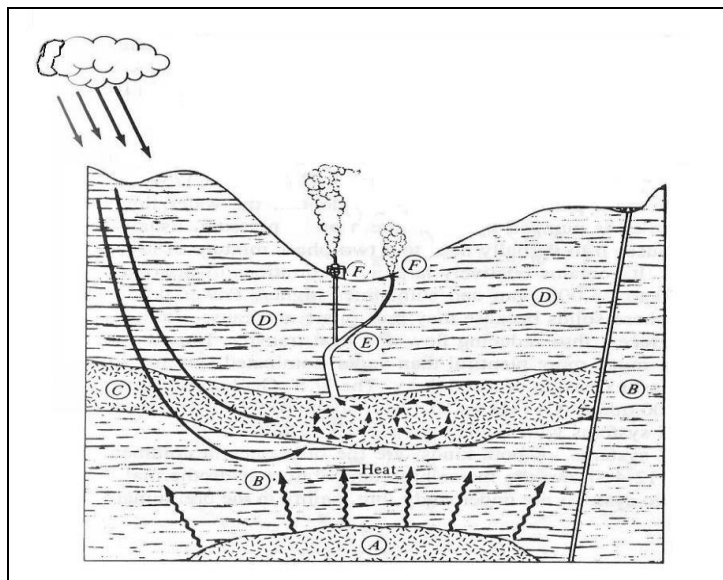
- استفاده غیر نیروگاهی

در جهت استفاده نیروگاهی یا تولید برق، نخستین تلاش ها در لاردولو (ایتالیا) در سال ۱۹۰۴ صورت گرفت. ساخت نیروگاه های دو مداره باعث پیشرفت های چشمگیری در تولید برق با استفاده از انرژی زمین گرمایی شده است و در حال حاضر با به تکامل رسیدن این فناوری به طور تجاری از آب های گرم زیرزمینی با درجه حرارت معمولی (بیشتر از ۱۰۰ درجه سانتی گراد) برق تولید می شود. در طولانی مدت پیشرفت در ساخت تجهیزات مربوط به استخراج انرژی از سنگ های خشک و داغ، لایه های تحت فشار زمین و منابع گدازه ای می تواند امکان استفاده بیشتر از پتانسیل بالقوه انرژی زمین گرمایی را میسر سازد.

در جهت استفاده غیر نیروگاهی انرژی زمین گرمایی نیز تاکنون فعالیت های متعددی در سراسر دنیا در این زمینه صورت گرفته است، که در فصل های بعدی گزارش به تدریج بررسی خواهند شد.

۲-۲- انواع سیستم های زمین گرمایی

همان طور که پیش تر بیان گردید، انرژی زمین گرمایی حرارت موجود در لایه های زیرین زمین می باشد، که در برخی مناطق به صورت بخار یا آب داغ قابل بازیافت می باشد. شکل (۲-۲) شمایی عمومی از یک منبع زمین گرمایی را نشان می دهد. ماگمای داغ در لایه های زیرین زمین، در نزدیکی سطح (A) تبدیل به سنگ های آتشفشانی می گردد (B). حرارت ماگما از طریق هدایت گرمایی از سنگ های آتشفشانی به سمت سطح زمین جریان می یابد. آب های زیرزمینی که راه خود را از بین شکاف های سنگ های پوسته به داخل زمین باز کرده اند، در اثر تماس با این سنگ های داغ و گازهای داغ خارج شده از ماگما، گرم می شوند. سپس آب داغ شده از درون لایه های متخلخل با جریان همرفتی به سمت بالا جریان پیدا می کند (C). معمولاً این مخازن گردش طبیعی سیال داغ، به وسیله یک لایه سنگ غیر قابل نفوذ محصور می شوند (D) و یک ترک یا گسل درون سنگ های لایه بالایی می تواند به عنوان محل فرار بخارهای داغ تولید شده عمل کند (E) و سیال داغ امکان رسیدن به سطح زمین را پیدا کند. یک نیروگاه زمین-گرمایی با به دام انداختن این بخارها می تواند، از آن به عنوان یک منبع انرژی جهت تولید الکتریسیته استفاده نماید (F) [۱].



شکل (۲-۲) - شمایی از یک منبع انرژی زمین گرمایی [۱]

^۱ Magma

^۲ Igneous Rock

همه سیستم‌های زمین گرمایی به صورتی که در بالا ذکر شد بخار تولید نمی‌کنند، برخی دماهای پایین تری دارند و در آنها فقط آب داغ وجود دارد و در برخی به دلیل عدم وجود سفره‌های آب زیرزمینی فقط سنگ‌های داغ موجود است. به همین دلیل سیستم‌های زمین گرمایی به سه دسته اصلی تقسیم‌بندی می‌شوند [۱]:

- هیدروترمال^۱
- تحت فشار^۲
- سنگ داغ خشک (EGS)

۱-۲-۲- سیستم‌های هیدروترمال

سیستم‌های هیدروترمال آن دسته از سیستم‌هایی هستند که در آنها آب با تماس با سنگ‌های داغ گرم می‌شود. در حال حاضر در بین سیستم‌های نام برده شده زمین گرمایی، فقط از این نوع سیستم‌ها امکان تولید الکتریسیته با صرفه اقتصادی وجود دارد، که خود به دو دسته بخار غالب^۳ و مایع غالب^۴ تقسیم می‌شوند [۱].

• سیستم‌های بخار غالب

در این سیستم‌ها که تعداد آنها در دنیا بسیار اندک است، آب‌های زیرزمینی در اثر گرمای زیاد تبخیر شده و به صورت بخار نسبتاً خشک در دمایی حدود 205°C و فشاری حتی (اما به ندرت) ۸ bar به سطح زمین می‌رسند. این بخار جهت تولید برق در نیروگاه‌های بخار مناسب می‌باشد، اما همانند همه سیستم‌هایی که با سیالات زمینی سر و کار دارند مشکلاتی را نیز به همراه دارد که وجود مواد خوردنده و مشکلات زیست محیطی از آن دسته هستند [۱].

^۱ Hydrothermal

^۲ Geopressured

^۳ Vapor Dominated

^۴ Liquid Dominated

• سیستم های مایع غالب

در این سیستم ها آب داغ در زیر لایه های نفوذ ناپذیر پوسته زمین به تله افتاده است که دمایی بین 174°C تا 315°C دارد. با حفر چاه هایی در مکان های مناسب و با عمق مناسب امکان فراهم آوردن شرایطی جهت جریان طبیعی سیال داغ یا استخراج با استفاده از پمپ های آب از این منابع فراهم می گردد. با افت فشار جریان مایع هنگام بالا آمدن از زیر زمین، مقداری از آب داغ به بخار اشباع تبدیل شده و ترکیبی دو فاز نسبتاً مرطوب در سر چاه حاصل می گردد. سیال استخراج شده معمولاً حاوی مقادیر زیادی ذرات جامد معلق (3000 ppm تا 25000 ppm) یا بیشتر می باشد. هر چه میزان این ذرات بیشتر باشد، میزان رسوب آنها در لوله ها و مبدل های حرارتی و دیگر اجزای سیستم بیشتر می شود و راندمان تولید اقتصادی الکتریسیته سیستم کاهش می یابد [۱].

۲-۲-۲- سیستم های تحت فشار

این سیستم ها منابع آب یا آب شوری هستند، که همانند آب سیستم های هیدروترمال در لایه های زیرین زمین تا حدود 160°C گرم شده اند، اما نسبت به سیستم های هیدروترمال در عمق بیشتری (2400 تا 9100 متر) و تحت فشار زیادی (بیش از 1000 bar) قرار دارند. ترکیب آب در این سیستم ها معمولاً مقدار زیادی نمک (4 تا 10 درصد) و علاوه بر آن در اثر تجزیه مواد آلی، با گاز طبیعی (بیشتر CH_4) اشباع شده است [۱].

با در نظر گرفتن دمای نه چندان بالا و عمق زیاد این منابع استخراج آنها فقط جهت استفاده از حرارت جذب شده در آنها مقرون به صرفه نمی باشد. اما مقدار قابل ملاحظه گاز طبیعی قابل استحصال از این آب ها، آن ها را مورد توجه قرار داده است، که می تواند جهت تولید الکتریسیته یا سایر مصارف حرارتی مورد استفاده قرار گیرد [۱].

۳-۲-۲- سیستم‌های سنگ داغ خشک (EGS)

ماگمای نزدیک به سطح زمین سنگ‌های لایه‌های بالایی خود را داغ می‌کند و در صورت عدم وجود آب‌های زیرزمینی در این محل، نتیجه فقط وجود سنگ‌های داغ خشک^۱ خواهد بود. دمای این منابع گرمایی که عمده‌ترین منابع انرژی زمین گرمایی در جهان را به خود اختصاص می‌دهند به 150°C تا 290°C می‌رسد. این سنگ‌ها عموماً از اجزای غیر قابل نفوذی تشکیل شده‌اند، که برای استخراج گرما از آن‌ها باید آب (یا یک سیال واسطه دیگر) را به درون آنها فرستاد و پس از تبادل حرارتی و جذب گرما مجدداً آن را استخراج نمود [۱].

با در نظر گرفتن دمای نسبتاً پایین این منابع جهت انتقال حرارت مورد نیاز باید سطح تبادل حرارتی در زیرزمین به اندازه کافی بزرگ باشد، که این کار با فرستادن مقادیر زیاد مایع با فشار زیاد به زیرزمین و ایجاد ترک در سنگ‌های داغ یا انجام یک انفجار اتمی در زیرزمین انجام می‌گیرد. استخراج انرژی حرارتی از چنین سیستم‌های زمین گرمایی نیاز به سرمایه گذاری زیاد و تکنولوژی‌های خاص دارد که بیشتر از ۳۰ سال است در این زمینه تحقیقات در حال انجام است [۲].

۳-۲- تعریف منابع زمین گرمایی

معمول‌ترین معیار طبقه‌بندی منابع زمین گرمایی بر اساس آنتالپی سیال زمین گرمایی بنا نهاده شده است، که به عنوان انتقال دهنده گرما از عمق منبع زمین گرمایی به سطح زمین مورد استفاده قرار می‌گیرد. آنتالپی سیال که به صورت نسبی متناسب با دما در نظر گرفته می‌شود، یک تخمین کلی از انرژی سیال زمین گرمایی ارائه می‌دهد و به همین دلیل منابع زمین گرمایی به سه دسته زیر تقسیم‌بندی می‌شوند [۲].

- منابع آنتالپی پایین

- منابع آنتالپی متوسط

- منابع آنتالپی بالا

^۱ Hot-Dry-Rocks

جدول (۲-۱) محدوده مقادیر دمایی هر یک از انواع منابع زمین گرمایی را از مراجع مختلف نشان می دهد.

جدول (۲-۱) - تقسیم بندی منابع زمین گرمایی بر اساس دمای سیال استخراجی [۲]

(d)	(c)	(b)	(a)	
۱۵۰=>	۱۰۰>	۱۲۵>	۹۰>	منبع آنتالپی پایین (°C)
-	۲۰۰- ۱۰۰	۲۲۵- ۱۲۵	۱۵۰-۹۰	منبع آنتالپی متوسط (°C)
۱۵۰<	۲۰۰<<	۲۲۵<	۱۵۰<	منبع آنتالپی بالا (°C)

(a) Muffler and Cataldi (1978)

(b) Hochstein (1990)

(c) Benderitter and Corroy (1990)

(d) Haenel et al. (1988)

۲-۴ - بهره برداری از منابع زمین گرمایی

جهت تولید الکتریسیته بهترین منابع زمین گرمایی، منابع آنتالپی بالا (150°C) هستند. از منابع با آنتالپی متوسط یا کم عموماً جهت سایر مصارف حرارتی استفاده می گردد. دیاگرام لیندال، شکل (۲-۳) که استفاده های ممکن از منابع زمین گرمایی با دماهای مختلف سیال زمین گرمایی را نشان می دهد، می تواند در تعیین امکان استفاده های گوناگون از یک منبع زمین گرمایی مورد استفاده قرار گیرد (با ذکر این مطلب که تولید الکتریسیته با استفاده از نیروگاه های دو مداره^۱ می تواند برای دماهای بالاتر از 85°C به آن افزوده شود). [۲].

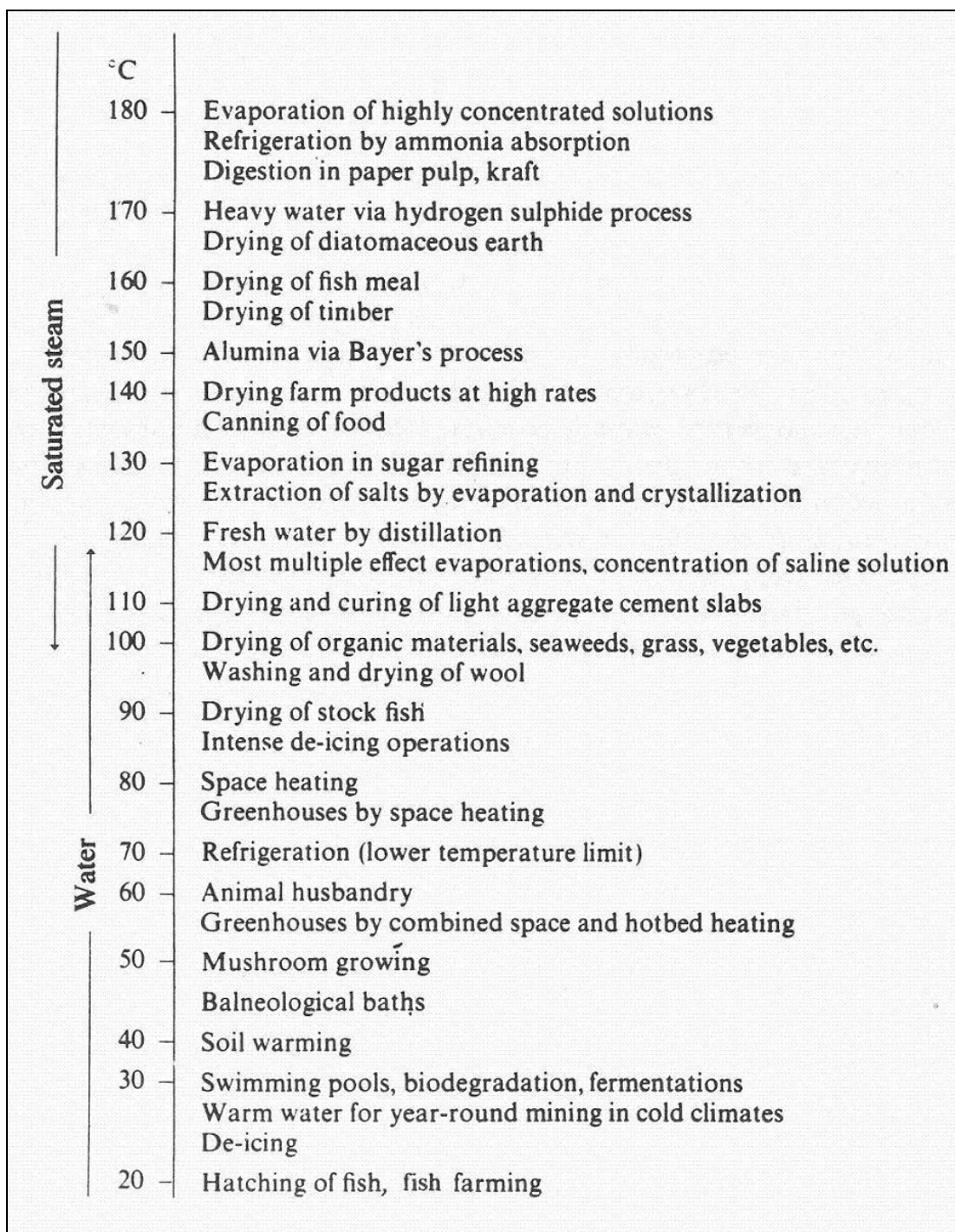
دماهای پایین تر از 20°C فقط با استفاده از پمپ های حرارتی زمین گرمایی یا در برخی موارد خاص قابل بهره برداری می باشند.

دیاگرام لیندال دو مطلب مهم بهره برداری از منابع زمین گرمایی را بیان می کند [۲].

^۱ Lindal 1973

^۲ Binary

- ۱- این امکان فراهم است که با استفاده متوالی در مصارف پشت سر هم جهت مواردی که نیازهای دمایی مختلفی دارند و یا مصارف ترکیبی از سیال زمین گرمایی، طرح های زمین گرمایی را از نظر اقتصادی مقرون به صرفه تر نمود.
- ۲- دمای منبع یک عامل محدودکننده در موارد ممکن استفاده از آن می باشد.



شکل (۲-۳) - دیاگرام لیندال [۲]

۳- تولید برق از منابع زمین گرمایی (کاربرد نیروگاهی)

با توجه به مشخصات منبع زمین گرمایی با استفاده از توربین های بخار معمولی یا با استفاده از یک سیکل دو مداره امکان تولید

الکتریسیته از منابع زمین گرمایی وجود دارد [۲].

۳-۱- تولید برق با استفاده از توربین های بخار معمولی

در این روش نیاز به سیال با حداقل دمای 150°C وجود دارد، که پس از جداسازی بخش مایع و ذرات جامد همراه جریان، بخار داغ با عبور از درون یک توربین به دو صورت خروجی اتمسفریک (پس فشار)^۱ یا چگال شونده^۲ (چگالیده) منبسط شده و کار مکانیکی حاصل می گردد. در توربین های اتمسفریک که نوع ساده تر و ارزان تر می باشند، بخار مستقیماً پس از استخراج از چاه های بخار خشک یا پس از جداکننده^۳ از چاه های تر از درون توربین عبور داده شده و سپس در اتمسفر تخلیه می گردد. با استفاده از این واحدها مصرف بخار (با در نظر گرفتن فشار ورودی یکسان) به ازای تولید هر کیلو وات ساعت الکتریسیته تقریباً دو برابر حالت چگال شونده است. با این حال استفاده از این نوع توربین ها در مواردی که یک طرح پایلوت، یا تولید جدا از شبکه از تعدادی چاه زمین گرمایی، یا تولید برق از چاه های آزمایشی در مرحله توسعه نیروگاه مورد نظر باشد و یا هنگامی که بخار مورد استفاده حاوی مقادیر زیاد (بیش از ۱۲٪) گازهای محلول غیر قابل مایع شدن باشد، معمول می باشد. واحدهایی با خروجی اتمسفریک بسیار سریع قابل ساخت و نصب هستند و پس از ۱۴-۱۳ ماه از زمان ثبت سفارش قابلیت شروع به کار در سایت را دارا می باشند [۲].

واحدهایی با توربین چگال شونده، شامل تجهیزات جانبی بیشتری می باشند و از واحدهای اتمسفریک پیچیده تر هستند و برای ساخت و نصب آنها ۲۵-۲۰٪ زمان بیشتری مورد نیاز است. با این حال همان طور که ذکر شد، مصرف ویژه بخار آنها نصف توربین های اتمسفریک می باشد [۲].

جدول (۲-۲) یک برآورد عمومی از هزینه های سیستم های نصب شده با توربین های بخار در نیروگاه های زمین گرمایی را (بدون

در نظر گرفتن هزینه چاهها) بیان می کند [۲].

^۱ Back Pressure

^۲ Condensing

^۳ Separator

جدول (۲-۲) - هزینه سیستم های نصب شده توربین های بخار کوچک (بدون هزینه چاه ها) [۲]

ظرفیت [MW]	هزینه [\$/kW]	
۲/۵	۱۲۵۰	خروجی اتمسفریک
۵	۱۰۵۰	خروجی اتمسفریک
۵	۱۶۹۰	خروجی چگالیده
۱۰	۱۴۸۵	خروجی چگالیده

این مقادیر وابسته به تعداد زیادی متغیر می باشند، بنابراین فقط می توانند جهت مقایسه کلی هزینه سیستم های مختلف مورد استفاده قرار گیرند. به خاطر تفاوت در مصرف ویژه بخار در دو نوع توربین ذکر شده، در صورتی که هزینه چاه ها هم لحاظ شود، هزینه سیستم با خروجی بخار چگالیده به ازای هر کیلو وات اندکی کمتر از سیستم با توربین اتمسفریک خواهد شد [۲].

واحدهای کوچک تولید برق از منابع زمین گرمایی عمدتاً در ژاپن (Mitsubishi, Fuji and Toshiba) و ایتالیا (Ansaldo and Franco Tosi) ساخته می شوند [۲].

۲-۳- تولید برق با استفاده از سیکل های دو مداره

تولید برق از سیال های زمین گرمایی با دمای متوسط تا کم و آب داغ خروجی از جداکننده ها در منابع زمین گرمایی مایع غالب با استفاده از سیکل های تولید توان دو مداره ممکن است. نیروگاه های دو مداره از یک سیال عامل ثانویه، معمولاً یک سیال ارگانیک، که نقطه جوش پایین دارد و فشار بخار آن در مقایسه با بخار آب زیاد می باشد استفاده می کنند. سیال ثانویه در یک سیکل معمولی رانکین کار می کند، که در آن با انتقال گرما از آب داغ منبع زمین گرمایی، درون مبدل های حرارتی سیال ثانویه بخار می شود، بخار تولید شده یک توربین معمولی جریان محوری^۲ را به گردش در می آورد و پس از خروج از آن در یک کندانسور مایع می شود و با پمپ شدن به مبدل های حرارتی تبخیر کننده سیکل مجدداً تکرار می گردد. با انتخاب مناسب سیال ثانویه امکان تولید الکتریسیته از منابع زمین گرمایی با رنج دمایی °C ۱۷۵-۸۵ مهیا می باشد. حد بالایی دما بستگی به پایداری حرارتی سیال ارگانیک ثانویه دارد و

^۱ Installed Cost^۲ Axial Flow

حد پایینی دما بسته به عوامل فنی اقتصادی دارد (مثلاً هر چه دمای سیال داغ زمین گرمایی کمتر باشد، نیاز به مبدل‌های حرارتی بزرگتری برای تبخیر سیال عامل ثانویه وجود دارد، که در برخی موارد منجر به غیر اقتصادی شدن پروژه می‌گردد). [۲].

نیروگاه‌های دو مداره معمولاً به صورت واحدهای کوچک چند صد کیلوواتی تا چند مگاواتی ساخته می‌شوند، سپس با اتصال واحدهای کوچک به ظرفیت‌هایی تا چند ده مگاوات می‌رسند. هزینه آن‌ها به عوامل مختلفی بستگی دارد، اما اصلی‌ترین فاکتور دمای سیال زمین گرمایی است، که اندازه توربین، مبدل‌های حرارتی و سیستم خنک‌کننده را تحت تأثیر قرار می‌دهد [۲].

ظرفیت نهایی نیروگاه تأثیر چندانی بر هزینه ویژه آن ندارد، زیرا همواره تعدادی واحدهای استاندارد کوچک‌تر برای به دست آوردن ظرفیت‌های بزرگ به هم متصل می‌شوند. با این حال برای ارائه یک دید کلی از هزینه‌ها، یک سیستم دو مداره با دمای سیال زمین گرمایی حدوداً 140°C حدود هزینه ویژه‌ای معادل $1900 \text{ \$/kW}$ دارد. این سیستم‌ها به عنوان اقتصادی‌ترین و مؤثرترین ابزار تبدیل انرژی گرمایی منابع زمین گرمایی مایع غالب (با دمای کمتر از 175°C) به الکتریسیته شناخته می‌شوند.

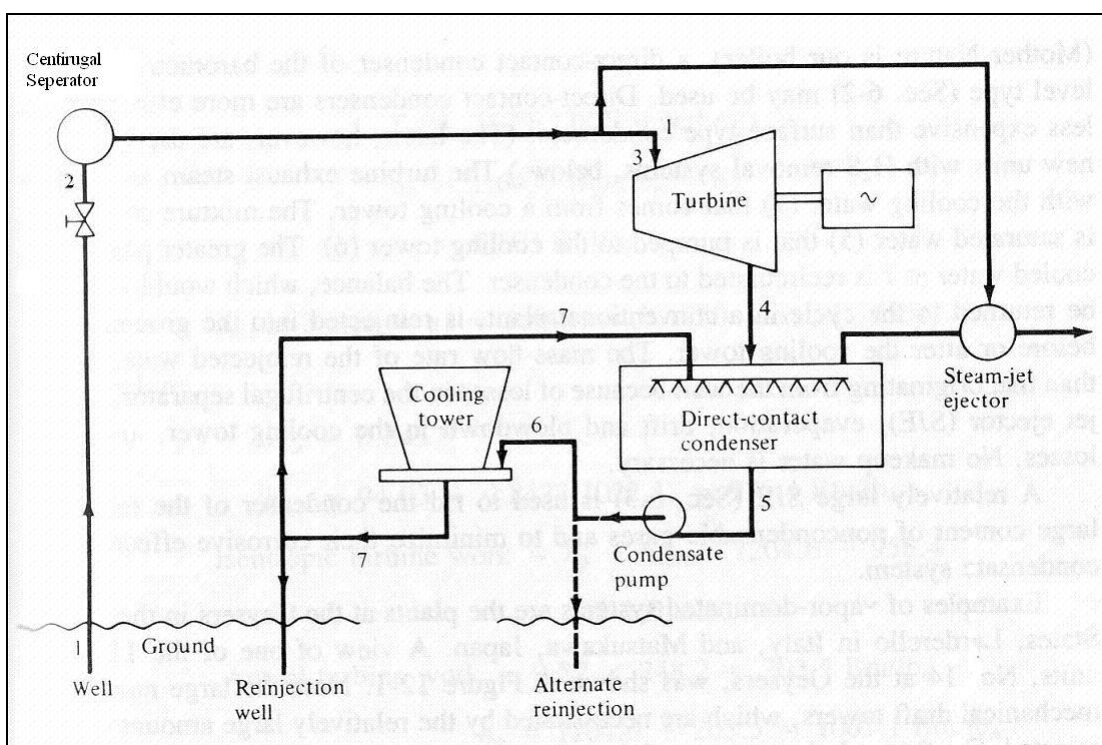
نیروگاه‌های دو مداره در ایالات متحده آمریکا (Barber Nichols Engineering, Ben Holt Co., Borg Warner, Electric) و در ژاپن (Power Research Institute, Turbonetics Energy Inc) در ایتالیا (Franco Tosi, Turboden) و در ژاپن (Mitsubishi, Toshiba) ساخته می‌شوند. بزرگ‌ترین تولید کننده این تجهیزات نیز ORMAT Inc. در ایالات متحده می‌باشد [۲].

۳-۳- نحوه عملکرد سیکل‌های تولید توان

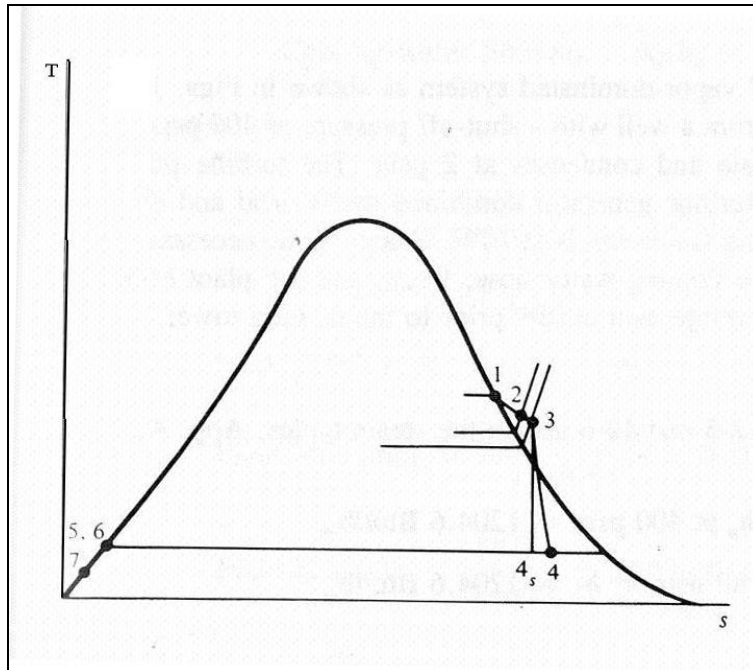
با بررسی و شناسایی انواع منابع انرژی زمین گرمایی در بند قبل، بیان گردید، که در حال حاضر تنها از منابع زمین گرمایی هیدروترمال می‌توان به صورت تجاری برق تولید نمود و تولید الکتریسیته از سایر منابع زمین گرمایی در مرحله توسعه فناوری قرار دارد. در این بند انواع سیکل‌های ترمودینامیکی تولید توان از منابع زمین گرمایی هیدروترمال مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۱-۳-۳- بررسی نحوه عملکرد سیستم های بخار غالب

سیستم های زمین گرمایی بخار غالب نادرترین انواع منابع زمین گرمایی و مناسب ترین آن ها برای تولید الکتریسیته هستند. این سیستم ها کم هزینه ترین و کم مشکل ترین نیروگاه های زمین گرمایی هستند. شکل (۱-۳) نمای شماتیک یک نیروگاه زمین گرمایی بخار غالب را نشان می دهد و در شکل (۲-۳) دیاگرام T-S سیکل تولید توان آن نشان داده شده است [۱].



شکل (۱-۳) - طرح شماتیک نیروگاه زمین گرمایی بخار غالب [۱]



شکل (۲-۳) - دیاگرام T-s سیکل نیروگاه زمین گرمایی بخار غالب [۱]

بخار خشک از چاهها (نقطه ۱) در دمایی در حدود 200°C استخراج می گردد. سیال زمین گرمایی که در ته چاه تقریباً در حالت اشباع و در فشاری حتی تا حدود ۳۵ bar قرار دارد، در اثر افت فشار در هنگام جریان درون چاه، در سر چاه اندکی سوپرهیت می شود (نقطه ۲). فشار در این نقطه به ندرت از ۷ bar بیشتر خواهد بود. سپس جریان بخار از درون یک جداکننده گریز از مرکز برای جداسازی ذرات جامد همراه جریان عبور داده می شود و پس از کاهش بیشتر در فشار در اثر این فرآیند وارد توربین می شود (نقطه ۳). فرآیندهای ۱-۲ و ۲-۳ فرآیندهای اختناق هستند، که در آنها آنتالپی جریان ثابت باقی می ماند. بخار درون توربین انبساط می یابد و وارد کندانسور می شود (نقطه ۴). با توجه به اینکه سیال عامل یک سیکل بسته را در نیروگاه طی نمی کند و مجدداً به زمین تزریق می شود، یک کندانسور تماس مستقیم از نوع barometric یا low level می تواند مورد استفاده قرار گیرد. کندانسورهای تماس مستقیم مؤثرتر و ارزان تر از کندانسورهای سطحی هستند. بخار خروجی از توربین (نقطه ۴) با آب خنک کننده (نقطه ۷) که از برج خنک کن می آید مخلوط می شود و حاصل این مخلوط آب مایع اشباع (نقطه ۵) می باشد، که به برج خنک کن پمپ می شود. مقادیر زیادی از آب خنک شده مجدداً به کندانسور فرستاده می شود و مابقی آن قبل یا بعد از برج خنک کن به زمین

تزریق می‌شود. نرخ جریان جرمی آب تزریق شده به زمین کمتر از مقداری است، که از زمین استخراج شده است. دلیل این امر تلفات در جداکننده گریز از مرکز، اجکتور جت بخار، برج خنک کننده و ... می‌باشد. در این سیستم‌ها جهت خارج کردن گازهای غیر قابل میعان از کندانسور و کاهش تأثیرات خوردنده آنها در سیستم یک اجکتور جت بخار نسبتاً بزرگ وجود دارد [۱].

نمونه‌هایی از نیروگاه‌های زمین گرمایی بخار غالب، نیروگاه‌های Geysers در ایالات متحده، Lorderello در ایتالیا و Matsukawa در ژاپن می‌باشند. نیروگاه‌های زمین گرمایی، نسبت به نیروگاه‌های بخار معمولی از بخار با دمای پایین‌تر و فشار کمتر، فشار کندانسور بالاتر (جهت کاهش مقدار آب خنک کننده مورد نیاز، و در نتیجه جریان برج خنک‌کن) و توربین‌هایی با فشار خروجی نسبتاً زیاد حدود ۴ in.Hg (۰/۱۳۵ bar) یا بالاتر) استفاده می‌کنند. بنابراین این نیروگاه‌ها از راندمان کمتری برخوردارند و نرخ حرارتی آنها به ۲ تا ۳ برابر بهترین نیروگاه‌های سوخت فسیلی می‌رسد. از دیگر تفاوت‌های آنها می‌توان به لوله‌های قطور انتقال بخار به دلیل حجم ویژه بزرگ بخار در اثر فشار کم آن، همچنین اجکتور جت، توربین، کندانسور و سایر تجهیزات بزرگتر نسبت به سیکل‌های رایج بخار اشاره نمود [۱].

۲-۳-۳- بررسی نحوه عملکرد سیستم‌های مایع غالب

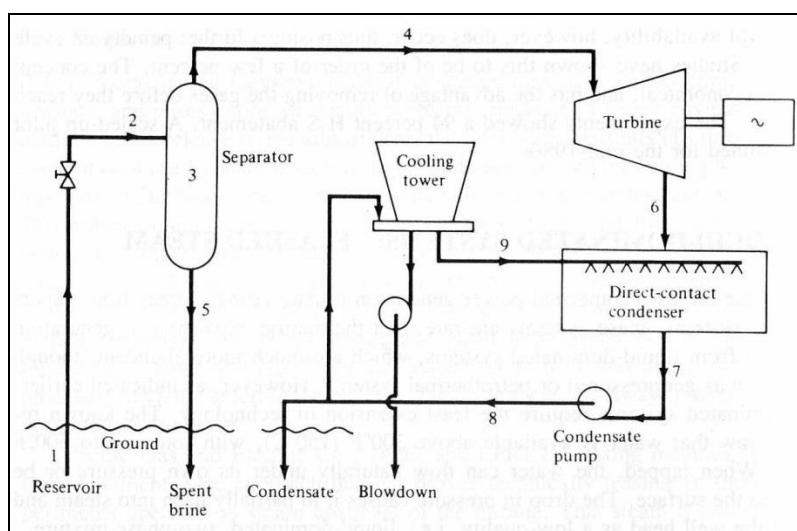
بررسی منابع زمین گرمایی شناخته شده، نشان‌دهنده این مطلب است، که آب داغ در بسیاری از این مناطق با دمایی بالاتر از 150°C و در برخی مناطق تا 315°C موجود می‌باشد. هنگام استخراج این آب از منابع زمین گرمایی که می‌تواند به صورت جوشش طبیعی یا با استفاده از پمپ جهت خارج کردن آن از اعماق زیاد زمین باشد، به دلیل افت فشار به وجود آمده در جریان، مقداری از مایع به بخار تبدیل شده و جریان حاصل در سر چاه مخلوط اشباع مایع-بخار با کیفیت پایین می‌باشد [۱].

در مناطق مختلف آب خارج شده از چاه‌ها خواص خاص خود را از نظر میزان املاح حل شده، ذرات جامد معلق مختلف از ppm ۳۰۰۰ تا ppm ۲۸۰۰۰۰ و دما دارا می‌باشد. بنابراین روش‌های متفاوتی جهت تولید توان از جریان‌های مایع غالب منابع زمین-

گرمایی وجود دارد. در مورد آب هایی با دامنه دماهای نسبتاً بالا از سیستم های تبخیر آبی استفاده می شود و در مورد آب هایی با دماهای نسبتاً متوسط از سیستم سیکل های دو مداره استفاده می گردد [۱].

۱-۲-۳-۳- سیستم تبخیر آبی

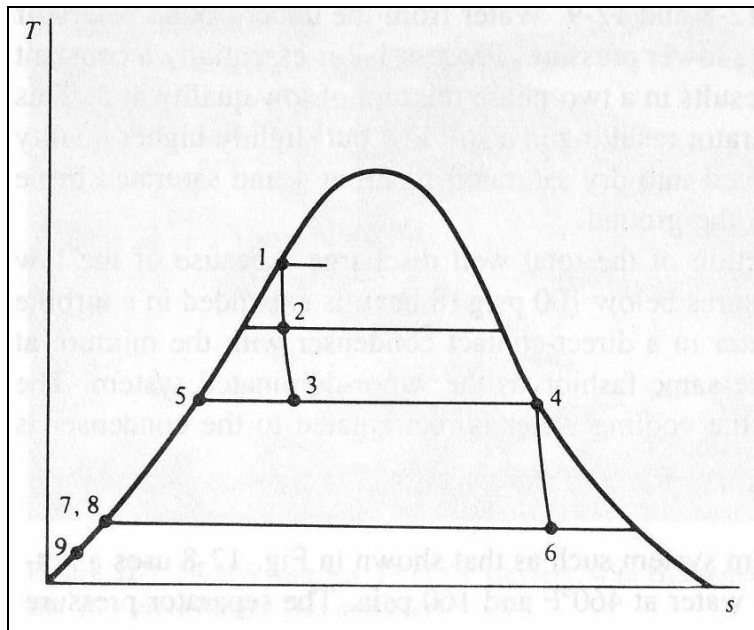
نمای شماتیک و دیاگرام T-s این نوع سیستم ها در شکل های (۳-۳) و (۳-۴) نشان داده شده است.



شکل (۳-۳) - شماتیک نیروگاه زمین گرمایی مایع غالب، تبخیر آبی [۱]

^۱ Flashed-Steam System

^۲ Binary Cycle System



شکل (۳-۴) - دیاگرام T-s سیکل نیروگاه زمین گرمایی مایع غالب، تبخیر آبی [۱]

آب که در منبع زیرزمینی قرار دارد (۱) با طی کردن یک فرآیند آنتالپی ثابت و افت فشار به سر چاه می رسد (۲). فرآیند ۱-۲ یک فرآیند اختناق آنتالپی ثابت است، که منجر به حاصل شدن یک جریان دوفازی با کیفیت پایین در سر چاه می شود. این جریان در یک جدا کننده آبی بخار با افت فشار و اختناق بیشتر مواجه می گردد، که در نتیجه آن فشار جریان کاهش می یابد، اما کیفیت اندکی بیشتر می شود. مخلوط حاصل سپس به صورت بخار خشک اشباع (۴) و مایع اشباع (۵) جداسازی می شود، که دومی مجدداً به زمین تزریق می گردد. بخار خشک، که معمولاً کسر کوچکی از کل سیال استخراج شده (به خاطر کیفیت پایین در نقطه (۳)) و معمولاً در فشارهای زیر ۸ bar می باشد، با انجام کار در یک توربین، منبسط شده (۶) و در یک کندانسور تماس مستقیم با آب خنک کننده مخلوط شده و سیال حاصل (۷) همانند روش توضیح داده شده برای سیستم بخار غالب به سمت برج خنک کن فرستاده می شود. مابقی جریان پس از کندانسور که به سمت برج خنک کن فرستاده نشده است، به زیر زمین تزریق می گردد [۱].

سیستم تبخیر آبی نسبت به سیستم بخار غالب از مزایای کمتری برخوردار است، که برخی از دلایل آن در زیر ذکر می شود [۱]:

- نیاز به نرخ جریان جرمی کلی بسیار بیشتر از درون چاهها

- میزان نشست سطحی بیشتر زمین در نتیجه نرخ جریان زیاد برداشت آب‌های زیرزمینی
 - وجود مقادیر بیشتر رسوب مواد معدنی در آب شور استخراج شده که نیازمند طراحی شیرها، پمپ‌ها، جداکننده و سایر تجهیزات برای کارکرد تحت شرایط رسوب می‌باشد
 - خوردگی بیشتر در لوله‌ها، سرپوش چاه‌ها و تجهیزات در معرض جریان
- سیستم‌های تبخیر آبی در ژاپن، نیوزیلند، ایتالیا، مکزیک و ... در حال استفاده می‌باشند. یک مثال از این دست، نیروگاه ۱۰ مگا-واتی Onuma در منطقه Akita در شمال Hanshu ژاپن است، که از سال ۱۹۷۳ در حال فعالیت می‌باشد. در این نیروگاه بخار با دمای 127°C و فشار ۲/۴۵ bar وارد توربین می‌شود. نیروگاه ۷۵ مگاواتی Cerro Prieto واقع در دره Mexicali-Imperial Rift در مکزیک یکی دیگر از این نوع نیروگاه‌ها می‌باشد که از سال ۱۹۷۳ در حال کار می‌باشد [۱].

۲-۲-۳-۳- سیکل دو مداره

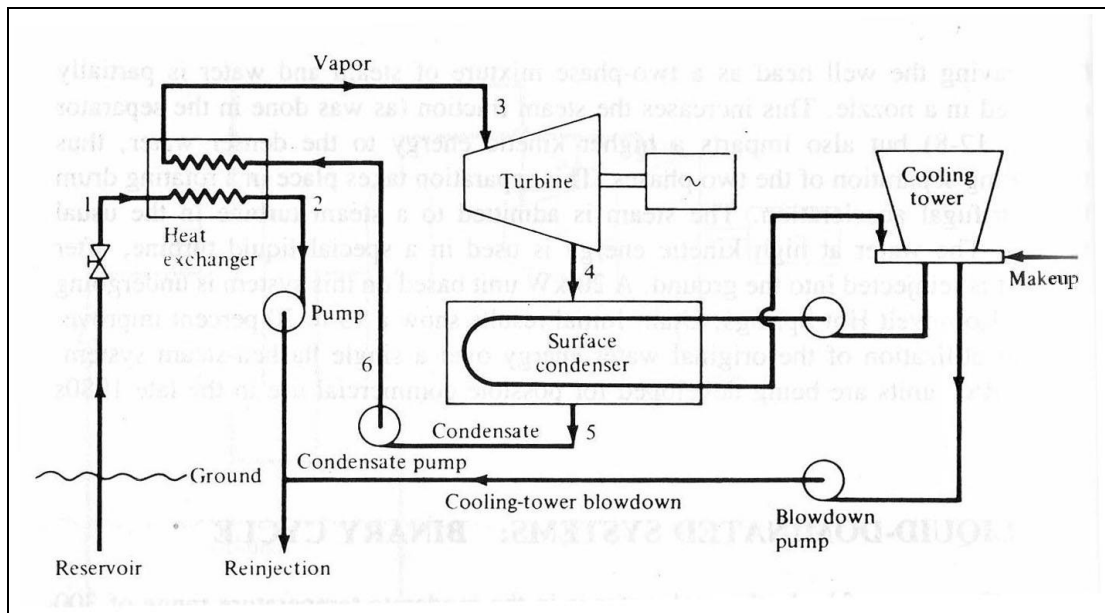
در حدود ۵۰٪ موارد، آب برداشت شده از منابع هیدروترمال در محدوده دمایی متوسط، بین 150°C تا 205°C می‌باشد. در صورتی که آب با این دما در یک سیستم تبخیر آبی استفاده شود، باید برای بدست آوردن مقادیر قابل قبول بخار، جریان تا فشارهای نسبتاً بسیار پایینی اختناق پیدا کند، که منجر به جریان حجمی ویژه بسیار بالا در جریان بخار و همچنین کارایی بسیار پایین سیکل خواهد شد. در مقابل این آب به عنوان منبع گرمایی برای یک سیکل بسته ثانویه به کار برده می‌شود، که از یک سیال عامل دیگر با مشخصه‌های مناسب فشار، دما و حجم استفاده می‌کند. سیال مناسب جهت چنین سیکلی می‌تواند یک سیال ارگانیک با دمای تبخیر پایین، مانند ایزوبوتان C_4H_{10} (با دمای معمولی تبخیر در فشار یک اتمسفر معادل 10°C)، فرئون 12 (با دمای تبخیر معمول معادل 29°C)، آمونیاک یا پروپان باشد [۱].

شکل (۳-۵) نشان دهنده نمایی شماتیک از یک سیستم با سیکل دومداره می‌باشد. آب داغ استخراج شده از زمین در درون یک مبدل گرمایی به جریان در می‌آید و پس از تبادل حرارتی با سیال عامل مجدداً به زمین تزریق می‌گردد. در مبدل حرارتی، گرما به

^۱ Isobutane (2-methyl propane)

^۲ Freon-12

سیال ارگانیک منتقل می شود و سیال ارگانیک را به بخار مافوق گرم تبدیل می کند. با طی کردن یک سیکل رانکین استاندارد توسط سیال ارگانیک تولید توان انجام می گیرد [۱].



شکل (۵-۳) - نمایی از یک سیستم مایع غالب با سیکل دو مداره [۱]

در سیکل های دو مداره هیچ یک از مشکلات خوردگی و رسوب در تجهیزات موجود در سیکل کاری مثل توربین و کندانسور وجود ندارد. این مشکلات فقط در مبدل های حرارتی و تجهیزات سرچاه وجود دارند. مبدل حرارتی یک مبدل لوله پوسته ای در آن هیچ گونه تماس مستقیمی بین سیال کاری و آب منبع زمینی وجود ندارد. اولین سیکل دو مداره در سال ۱۹۶۷ در Kamchatka Peninsula در شوروی به کار گرفته شد. خروجی کلی سیستم 680 kW بود، که از یک منبع آب داغ با دمای 80°C و سیال عامل فرئون ۱۲ استفاده می کرد. مصرف داخلی نیروگاه (شامل پمپ ها و ...) ۳۵٪ خروجی کلی سیستم و خروجی خالص آن 440 kW بود [۱].

^۱ Gross Output

^۲ Net Output

۳-۴- بررسی نحوه عملکرد سیستم‌های پیشرفته

از آنجا که تکنولوژی‌های بهره‌برداری از انرژی زمین گرمایی در سال‌های اخیر پیشرفت زیادی نموده‌اند، در حال حاضر برخی سیستم‌های پیشرفته نیز در نقاط مختلف دنیا در حال استفاده می‌باشند. تعدادی از این سیستم‌ها تجاری‌سازی نیز شده‌اند و با در نظر گرفتن شرایط فنی و اقتصادی هر طرح خاص می‌توان از آنها جهت بالاتر بردن کارایی تبدیل انرژی زمین گرمایی به توان الکتریکی استفاده نمود. برخی از این سیستم‌ها از ترکیب تکنولوژی‌هایی که در قسمت‌های قبل معرفی شدند، حاصل گردیده‌اند و برخی از آنها جزء تکنولوژی‌های روز دنیا می‌باشند، که اطلاعات فنی آنها به راحتی در دسترس نمی‌باشد، در ادامه شرح مختصری از برخی از این موارد ارائه می‌گردد [۳].

۱-۳-۴- نیروگاه‌های تبخیر آبی مضاعف یکپارچه شده

با اینکه در نیروگاه‌های زمین گرمایی سیستم‌هایی با بیش از دو مرحله تبخیر آبی از نظر فنی قابل اجرا می‌باشند، ملاحظات اقتصادی معمولاً بیش از دو مرحله تبخیر آبی در سیستم را غیر قابل قبول می‌نماید. در هنگام بهره‌برداری از منابع بزرگ زمین گرمایی (با ظرفیت 100 MW یا بالاتر)، در بسیاری موارد ساختن انواع واحدها با سیستم‌ها و ظرفیت‌های متفاوت در زمان‌های متفاوت و سپس ترکیب آنها جهت بالا بردن کارایی سیستم امری ممکن می‌باشد. یکی از این موارد در نیروگاه‌های زمین گرمایی که در این بخش مورد بررسی قرار می‌گیرد، به این صورت است، که واحدهای اولیه ساخته شده در نیروگاه به صورت تبخیر آبی ساخته شوند و در مرحله دوم به ازای هر چند واحد ساخته شده به صورت تبخیر آبی یک واحد تبخیر آبی فشار پایین نیز در نظر گرفته شود، تا از مایع خروجی از جداکننده تبخیر آبی واحدهای اولیه به عنوان ورودی خود استفاده کند. بدین ترتیب نیاز به حفر چاه‌های استخراج بیشتر می‌تواند با استفاده از قابلیت کاردهی سیال خروجی از واحدهای اولیه ظرفیت و راندمان کلی سیستم را بالا برد. چنین سیستم‌هایی به عنوان سیستم تبخیر آبی مضاعف ترکیبی نام‌گذاری شده‌اند [۳].

۲-۴-۳- نیروگاه‌های ترکیبی بخار-دومداره

یک راه دیگر بازیافت حرارت سیال داغ خروجی از سیستم‌های تبخیر آبی اضافه نمودن یک سیکل دومداره در خروجی سیستم می‌باشد، که با جذب حرارت سیال خروجی از جداکننده تبخیر آبی در اواپراتور سیکل ثانویه نسبت به تولید توان اقدام می‌نماید. در این روش نیز هم میزان توان قابل دریافت و راندمان تبدیل انرژی سیستم افزایش خواهد یافت [۳].

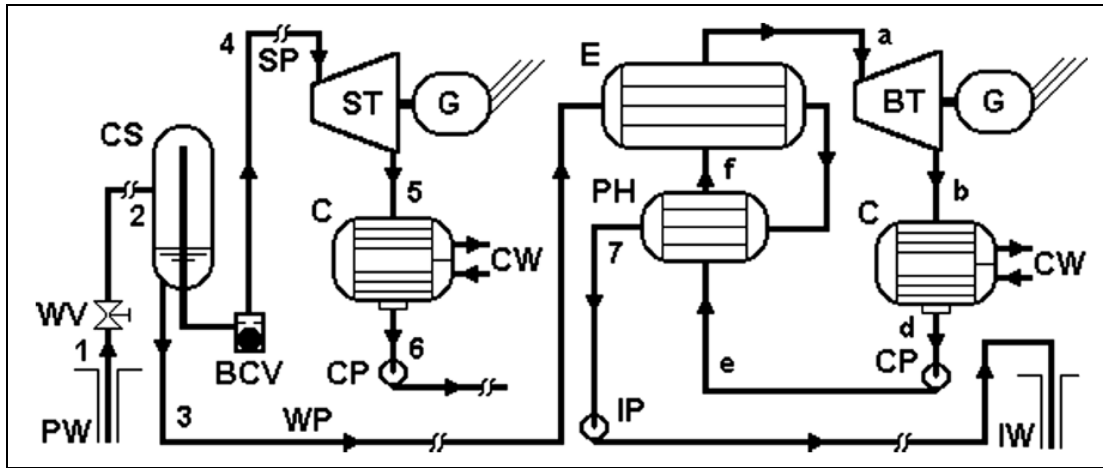
یک گزینه مناسب برای استفاده به عنوان سیستم پایین دستی نیروگاه‌های متداول تبخیر آبی یک مرحله‌ای اضافه کردن یک سیکل دومداره به آن‌ها می‌باشد. سیستم‌های ترکیبی تبخیر آبی - دومداره^۱ در حال حاضر، در تعدادی از نیروگاه‌های زمین گرمایی در حال فعالیت هستند. گزینه دیگر، طراحی یک سیستم یکپارچه شده تبخیر آبی - دومداره^۲ و استفاده از امتیازات همزمان این دو سیستم است.

۳-۴-۳- نیروگاه‌های ترکیبی تبخیر آبی - دومداره

برای توضیح این حالت، فرض می‌شود، که یک نیروگاه تبخیر آبی یک مرحله‌ای برای مدتی در حال فعالیت بوده است (معمولاً چند سال) و منبع نشان داده است، که قادر است کارکرد مطمئن نیروگاه را سال‌های متمادی آینده تضمین کند. توان خروجی می‌تواند با اضافه کردن یک واحد دومداره بین خروجی جداکننده‌ها و چاه‌های تزریق مجدد افزایش داده شود. نمای ساده‌سازی شده چنین سیستمی در شکل (۳-۶) نشان داده شده است.

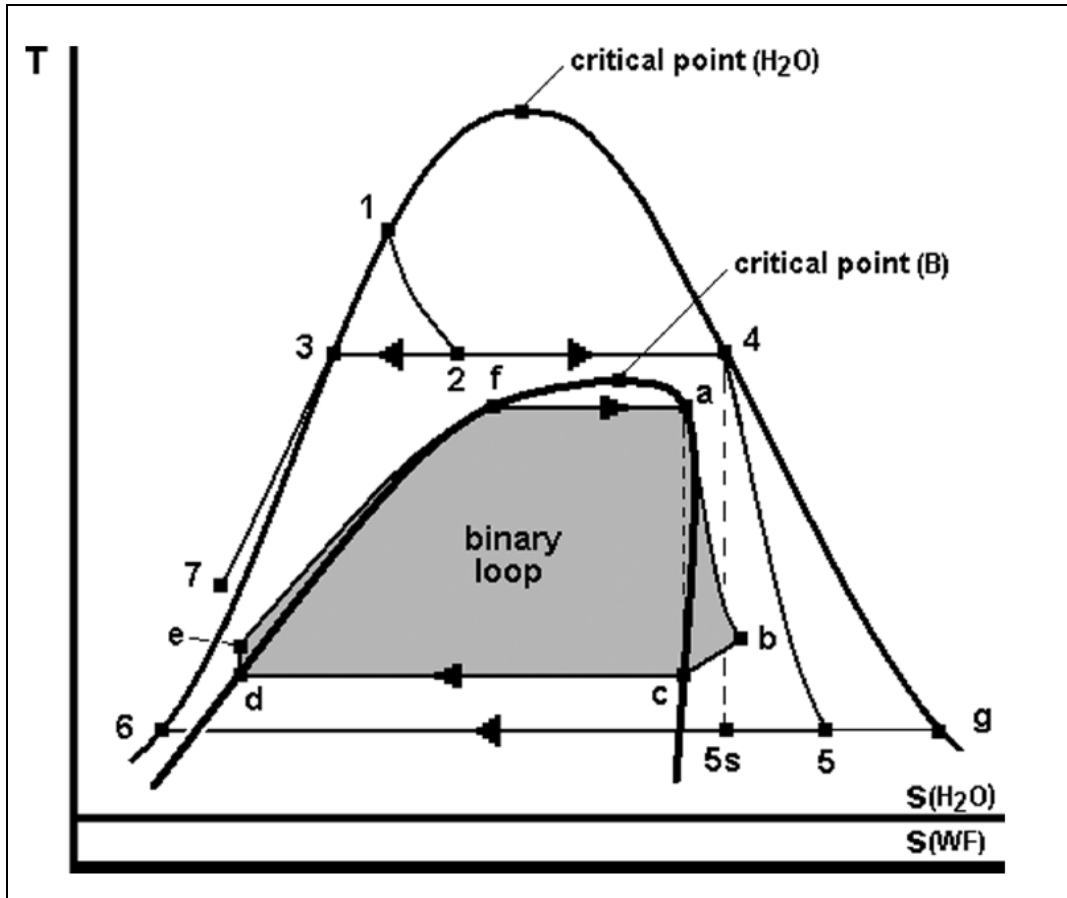
^۱-Combined Flash - Binary

^۲-Integrated Flash - Binary



شکل (۶-۳) - طرح شماتیک نیروگاه ترکیبی تبخیر آبی یک مرحله ای و دومداره پایه [۴]

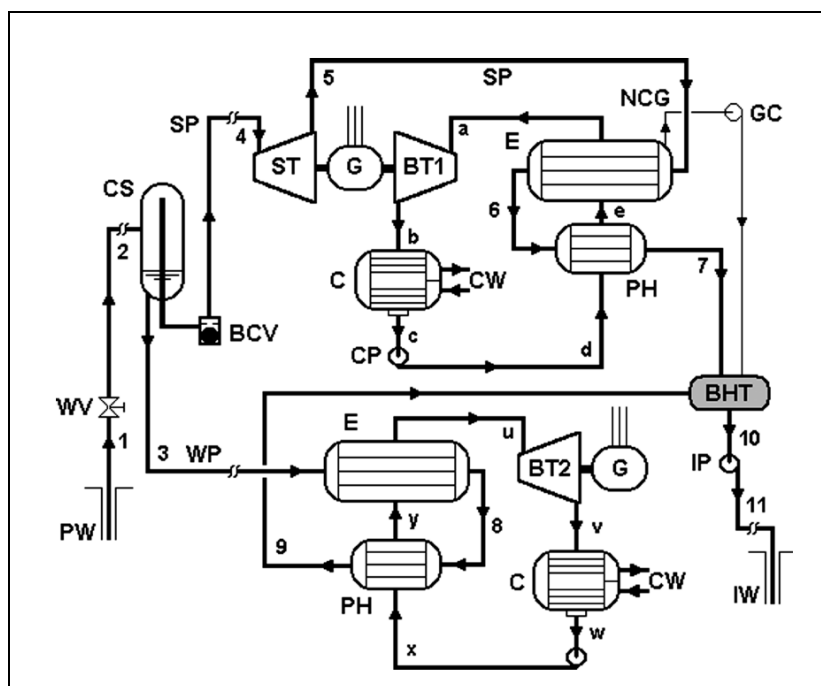
در این طرح در ابتدا یک نیروگاه تبخیر آبی به تنهایی در حال کار بوده است و مایع خارج شده از جداکننده سیکلونی (CS) مستقیماً به چاه های تزریق (IW) فرستاده می شده است. بدین ترتیب مقادیر زیادی از قابلیت کاردهی سیال زمین گرمایی بدون استفاده مجدداً به منبع فرستاده می شده است. همان طور که در شکل (الف) نشان داده شده است، یک واحد سیکل دومداره به لوله تزریق مجدد مایع به زمین متصل شده است و مقداری از حرارت مایع خارج شده از جداکننده را جذب می کند و باعث کم شدن دمای مایع بازگردانده شده به منبع می شود. در نتیجه بدون حفر چاه های اضافی مقدار توان سیکل دومداره به توان خروجی سیستم اضافه می شود. شکل (۷-۳) دیاگرام T-s فرآیندهای این نوع نیروگاه را نشان می دهد [۴].



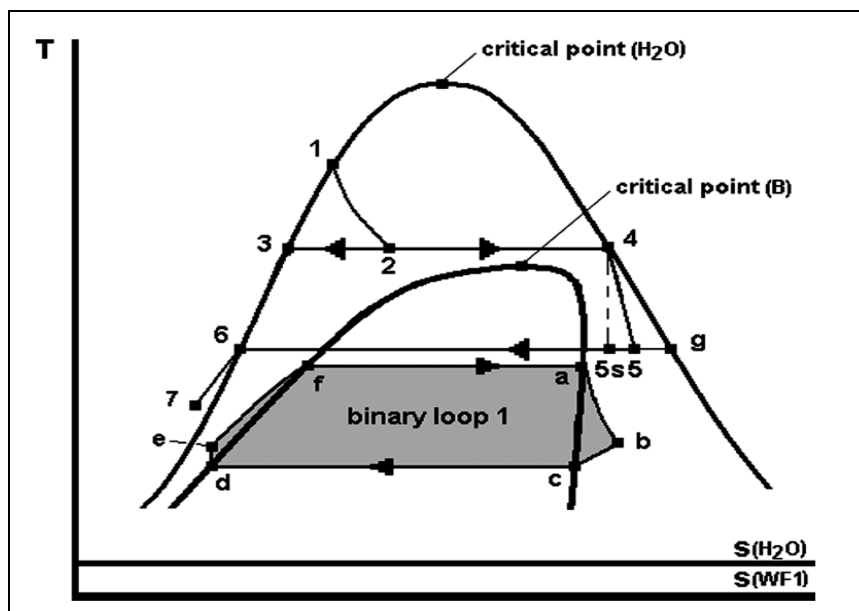
شکل (۷-۳) - دیاگرام T-s نیروگاه ترکیبی تبخیر آبی یک مرحله ای - دومداره [۴]

۴-۴-۳- نیروگاه های یکپارچه شده تبخیر آبی - دومداره

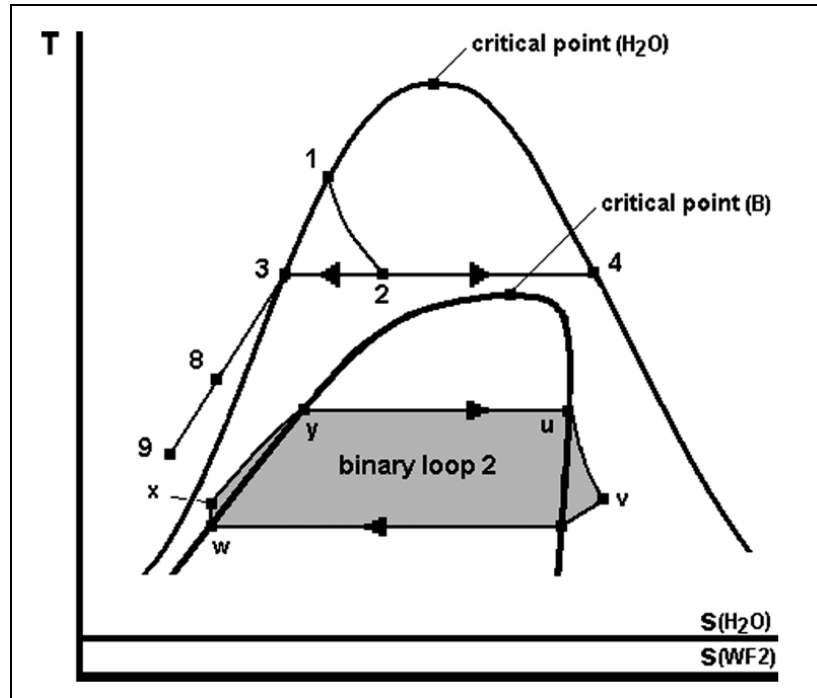
هنگامی که یک سیکل دومداره با یک نیروگاه تبخیر آبی به صورت یکپارچه در آید، نتیجه عملاً نیروگاهی بدون انتشار آلاینده ها خواهد بود. هنگامی که نگرانی های زیست محیطی قابل توجه باشند، این نوع نیروگاه ها می توانند بسیار مورد توجه باشند. یک نیروگاه یکپارچه شده تبخیر آبی - دومداره به طور شماتیک در شکل (۸-۳) نشان داده شده است. دیاگرام T-s فرآیندها در دو قسمت، در شکل (۹-۳) برای بخش اصلی سیکل بالادستی و شکل (۱۰-۳) برای بخش پایین دستی سیکل دومداره نشان داده شده است [۴].



شکل (۸-۳) - شماتیک نیروگاه یکپارچه شده تبخیر آبی - دومداره [۴]



شکل (۳-۹) - دیاگرام T-s بخش بالایی نیروگاه یکپارچه شده تبخیر آبی - دومداره [۴]



شکل (۳-۱۰) - دیاگرام T-s ساده شده بخش پایین دستی نیروگاه یکپارچه شده تبخیر آبی - دومداره [۴]

بخار زمین گرمایی در ابتدا یک توربین پس فشار^۱ را به حرکت در می آورد و سپس در اوپراتور (E) سیکل دومداره بالادستی سیستم تبدیل به مایع می گردد. دو توربین موجود در قسمت بالادستی سیستم همان طور که در شکل نشان داده شده است، می توانند به یک ژنراتور متصل شوند. مایع خارج شده از جداکننده سیستم تبخیر آبی نیز برای تبخیر کردن سیال کاری سیکل دومداره بخش پایین دستی سیستم مورد استفاده قرار می گیرد. گازهای غیر قابل میعان همراه بخار آب از درون توربین بخار عبور می کنند و پس از ورود به تبخیر کننده سیکل دومداره از جریان خارج می شوند و فشار آنها افزوده می شود، تا همراه آب باقیمانده به چاه های تزریق فرستاده شوند. تانک نگهدارنده مایع (BHT) تمامی بخار مایع شده، آب باقیمانده و گازهای فشرده که مجدداً به درون مایع جذب می شوند، را در پیش از تزریق، به منبع در خود نگه می دارد [۴].

^۱-Back Pressure

۵-۴-۳- نیروگاه‌های دومداره با فشارهای کاری مختلف (آبشاری)

نیروگاه‌های دومداره از راندمان نسبتاً پایینی برخوردارند. یکی از راه‌های بالا بردن میزان توان و کارایی این سیستم‌ها استفاده از چند سیکل دومداره با فشارهای مختلف کاری در آن‌ها می‌باشد، که به صورت متوالی در سر راه جریان سیال زمین گرمایی قرار می‌گیرند. به این ترتیب با کاهش مرحله‌ای دمای سیال زمین گرمایی در مراحل مختلف می‌توان سیکل‌های متعددی با شرایط و سیال کاری مختلف مورد استفاده قرار داد [۳].

یک روش دیگر برای بالا بردن راندمان سیستم‌های دومداره استفاده از توربین‌های چند مرحله‌ای است که بدین ترتیب سیال کاری در مبدل‌های حرارتی متوالی در فشارهای مختلف تبدیل به بخار در فشارهای مختلف می‌شود، که با انبساط در توربین توان مکانیکی تولید می‌گردد [۳].

۶-۴-۳- نیروگاه‌های دومداره کالینا

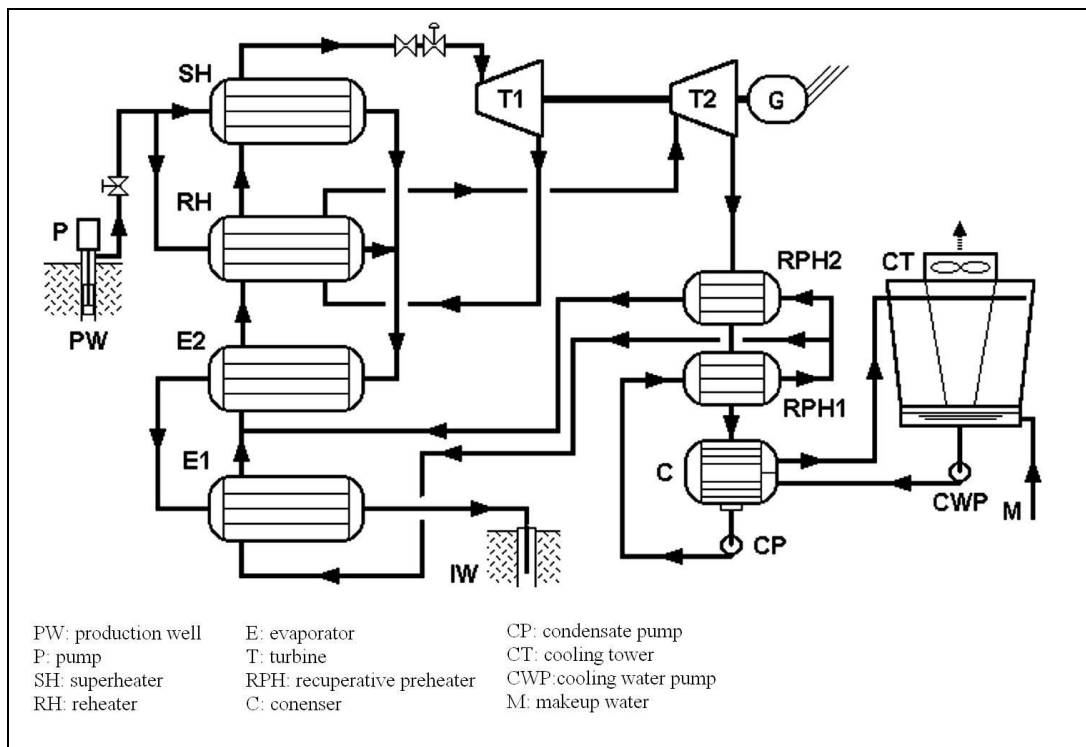
روش دیگر برای برطرف کردن محدودیت‌های ترمودینامیکی سیکل‌های دومداره با استفاده از سیکل رانکین دما پایین، استفاده از سیکل کالینا می‌باشد. این سیکل توسط Dr. Alexander Kalina ابداع و ثبت گردیده است و از مخلوط آب و آمونیاک به عنوان سیال کاری در سیستم استفاده می‌کند. مخلوط سیالات مختلف رفتار ترمودینامیکی متفاوتی نسبت به مواد خالص از خود نشان می‌دهد، مثلاً مخلوط‌ها در دمای متغییر تبخیر می‌شوند و میعان می‌یابند. به همین دلیل می‌توان از خواص مخلوط‌ها در بالا بردن راندمان سیکل‌های تولید توان استفاده نمود.

سیکل‌های کالینا می‌توانند به گونه‌ای طراحی شوند، که با استفاده از فرآیندهای تقطیر در تجهیزات مختلف ترکیب مخلوط را تغییر دهند، این امر امکان استفاده از ترکیبات مختلف سیال را در اجزای خاص مثل توربین را فراهم می‌آورد. این سیستم‌ها از گرمای داخلی سیکل نیز استفاده می‌کنند و در مجموع راندمان بالاتری از سیکل‌های رانکین دارند [۳].

مخلوط آب-آمونیاک مدت زمان زیادی است، که در سیکل‌های تبرید جذبی استفاده می‌شود. با ثبت سیکل کالینا توسط A.Kalina این سیال به عنوان سیال کاری در سیکل‌های تولید توان نیز مورد استفاده قرار گرفت. در شکل (۱۱-۳) یک نمونه

سیکل کالینا، KCS-12 به طور شماتیک نشان داده شده است. مشخصه هایی که سیکل های کالینا (چند نوع از این سیکل ها موجود می باشد) را از سایر سیکل های دو مداره مجزا می سازد عبارتند از [۴]:

- سیال کاری مخلوطی از آب و آمونیاک است.
- تبخیر و میعان در دماهای متغیر رخ می دهد.
- سیکل گرمای دفع شده از توربین را بازیابی می کند.
- ترکیب مخلوط در برخی از این دست سیکل ها ممکن است در جاهای مختلف سیستم تغییر کند.



شکل (۱۱-۳) - طرح شماتیک یک نمونه سیکل کالینا که از یک بازگرمکن و دو پیش گرمکن بازیاب استفاده می کند

سیکل های کالینا با کاهش بازگشت ناپذیری ها در اثر انتقال حرارت در اختلاف درجه محدود بهبود در عملکرد ترمودینامیکی مبدل های حرارتی را به همراه دارند. گرم کننده به صورتی چیده شده است، که هماهنگی بهتری بین سیال زمینی و سیال کاری در انتهای سردتر فرآیند انتقال حرارت یعنی جایی که جلوگیری از هدر رفتن قابلیت کاردهی سیال بیشترین اهمیت را دارد، ایجاد گردد [۴].

در این سیستم ها بازگرمکن (RH) مورد نیاز است، زیرا مخلوط آب-آمونیاک از یک خط اشباع بخار نرمال^۱ برخوردار است (یعنی $dt/ds < 0$)، که منجر به مخلوط مرطوب در توربین می گردد. عملکرد نیروگاه به مبدل های حرارتی کارآمد وابسته است. یکی از امتیازات استفاده از پیش گرم کن های بازیاب^۲ کاهش بار حرارتی در کندانسور و برج خنک کن می باشد. با کم شدن بار حرارتی در کندانسور و برج خنک کن اندازه مورد نیاز آنها کوچکتر می شود و در نتیجه هزینه سرمایه گذاری اولیه آن ها نیز کاهش می یابد و از طرفی هزینه مبدل های حرارتی بازیاب به سیستم اضافه می گردد. با این حال، با در نظر گرفتن دوره بلند مدت کارکرد سیستم می توان، کاهش هزینه های کارکرد سیستم را به همراه داشته باشد [۴].

تأسیسات و تجهیزات نیروگاه های کالینا نسبت به یک نیروگاه دودمداره معمولی پیچیده تر می باشد، خصوصاً وقتی از یک برج تقطیر^۳ برای تغییر ترکیب مخلوط در سیستم استفاده شود. ساده ترین ساختار یک سیکل کالینا با ترکیب مخلوط مختلف در شکل (۱۲-۳) نشان داده شده است. جداکننده (S) اجازه می دهد، که بخار اشباع که بیشتر آنرا آمونیاک تشکیل داده است، به توربین فرستاده شود، که منجر به امکان استفاده از یک توربین کوچکتر و ارزان تر از حالت استفاده از یک سیال هیدروکربنی می گردد. محلول ضعیف، مایع با نسبت زیاد جرم آب، با جریان در پیش گرم کن ها و سپس عبور از یک شیر فشارشکن به فشاری معادل فشار خروجی توربین می رسد و سپس با خروجی توربین مخلوط می گردد تا حالت مخلوط سیال کاری به صورت حالت اولیه خود برگردد. سپس مخلوط پیش از اینکه به طور کامل تبدیل به مایع گردد، از پیش گرم کن های بازیاب (RPH) عبور داده می شود [۴].

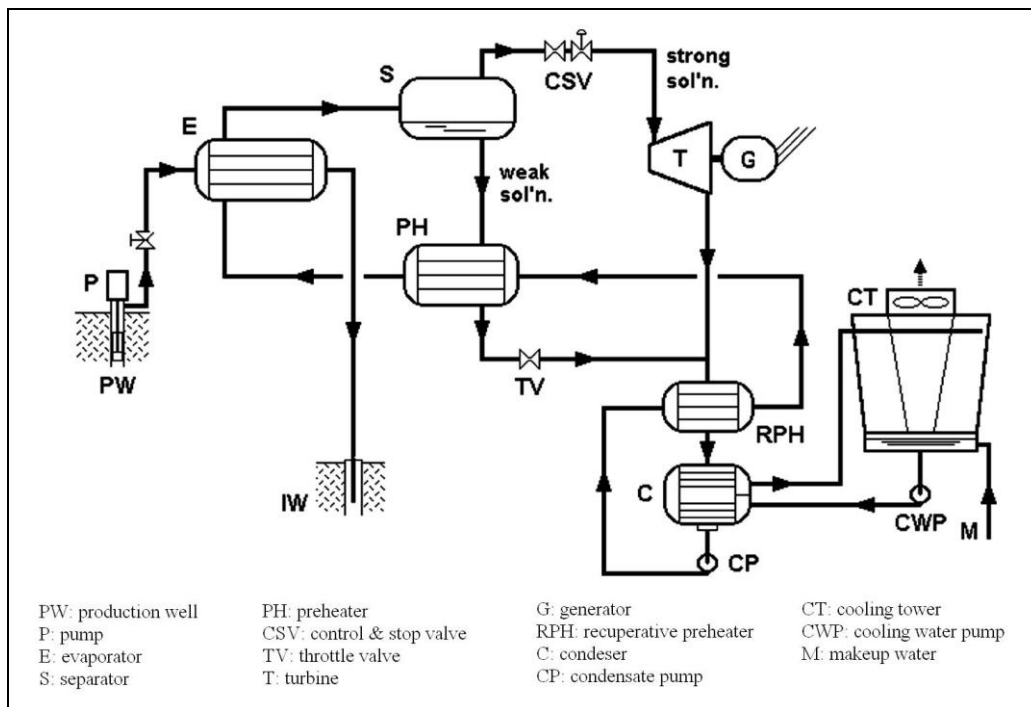
^۱ Normal Saturated Vapor Line

^۲ Recuperative Preheater

^۳ Distilling Column

بسیاری از سیکل های ترمودینامیکی از انرژی گرمایی جریان گاز داغ برای تولید انرژی مکانیکی یا الکتریکی استفاده می کنند. اغلب این سیکل ها گونه های مختلفی از سیکل رانکین هستند، که از بخار آب به عنوان سیال کاری استفاده می کنند. انتقال حرارت به آب در یک مبدل جریان مخالف روی می دهد [۵].

در سیکل رانکین بیش از نیمی از انتقال حرارت در فرآیند جوشش رخ می دهد. از آنجایی که مبدل ها اساساً در فشار ثابت کار می کنند، دما در فرآیند جوشش ثابت می ماند و در نتیجه گاز در نقطه ای که تبخیر کامل شود، در دمای بسیار بیشتری نسبت به بخار آب قرار دارد و این اختلاف زیاد باعث تلف شدن قابلیت کاردهی در سیستم می شود. اما در سیکل کالینا هنگامی که به مخلوط آب و آمونیاک گرما داده می شود، آمونیاک به علت فرارتر بودن زودتر تبخیر می شود و دمای سیال اشباع باقیمانده افزایش می یابد (با کم شدن غلظت آمونیاک)، در نتیجه این فرآیند انطباق بیشتری با تغییرات دمای گاز دارد [۵].



شکل (۱۲-۳) - شماتیک یک سیکل کالینا با ترکیب متغیر سیال کاری [۱۱]

همچنین قسمت های مختلف سیکل می تواند غلظت های مختلفی از آمونیاک داشته باشد و در نتیجه با استفاده از غلظت نسبتاً پایین آمونیاک در کندانسور، میعان جذبی می تواند، در فشار کمی بالاتر از اتمسفر روی دهد [۵].

ویژگی های اساسی مخلوط آب و آمونیاک، با آب و آمونیاک خالص تفاوت دارد. مخلوط این دو سیال، مانند یک سیال کاملاً جدید رفتار می کنند. چهار تفاوت عمده وجود دارد [۶]:

- اول: مخلوط آب و آمونیاک، نقطه جوش و میعان متغیر دارد. در حالی که آب و آمونیاک خالص هر کدام نقطه جوش و میعان ثابتی دارند.

- دوم: خواص ترموفیزیکی مخلوط آب و آمونیاک، با تغییر غلظت آمونیاک تغییر می کند.

- سوم: برخی خواص ترموفیزیکی مخلوط آب و آمونیاک منجر می شود با یک محتوای حرارتی یکسان، دمای مخلوط سیال افزایش یا کاهش یابد.

- چهارم: تفاوت نهایی واقعاً یک تغییر در ویژگی اساسی نیست، اما یک تغییر مهم در خواص سیال است. آب در دمای نسبتاً بالای صفر درجه سانتی گراد منجمد می شود، در حالی که آمونیاک خالص در 78°C منجمد می شود. محلول آب و آمونیاک دماهای انجماد بسیار کمی دارد.

ماهیت سیکل کالینا از اولین ویژگی متفاوت (قابلیت جوشیدن یا میعان یافتن در دماهای متغیر در یک فشار مشخص) سود می برد.

۴- معرفی انواع کاربردهای مستقیم انرژی زمین گرمایی (غیر نیروگاهی)

استفاده حرارتی از انرژی زمین گرمایی به معنای بهره برداری از انرژی حرارتی درون زمین است. در این حالت، انرژی زمین گرمایی به انرژی الکتریکی تبدیل نمی شود بلکه به صورت مستقیم از انرژی حرارتی آن استفاده می گردد. به طور کلی مخازن زمین گرمایی که دمای آنها کمتر از 150°C درجه سانتیگراد هستند، برای تبدیل به انرژی الکتریکی دارای توجیه اقتصادی بالایی نیستند. لذا این گونه مخازن زمین گرمایی جهت بهره گیری مستقیم از انرژی حرارتی مورد استفاده قرار می گیرند. به طور کلی

استفاده‌های مستقیم از انرژی زمین گرمایی را می‌توان در چند گروه طبقه بندی کرد، که در هر گروه کاربردهای مختلفی وجود دارد که با توجه به شرایط اقتصادی، اجتماعی، جغرافیایی و اکولوژیکی هر منطقه مواردی خاص قابل استفاده می‌باشد:

- تأمین گرمایش ساختمان‌ها^۱
- کاربردهای کشاورزی^۲
- استحمام و آب‌درمانی^۳
- کاربردهای صنعتی^۴
- ذوب برف و یخ^۵

استفاده حرارتی از انرژی زمین گرمایی در مقایسه با تولید برق از ابعاد گسترده‌تری در سطح جهان برخوردار می‌باشد. هریک از موارد استفاده مستقیم از انرژی زمین گرمایی، در ذیل با تفصیل بیشتری مورد بررسی قرار گرفته است. استفاده‌های گرمایشی از منابع آب گرم پس از جاذبه‌های گردشگری و آب‌درمانی سنتی، قدیمی‌ترین و رایج‌ترین نوع استفاده از این منابع است. تأمین گرمایش ساختمان‌ها به صورت مستقل و منفرد و یا به طور محلی و منطقه‌ای انجام می‌گیرد. آب گرم مورد نیاز با دمایی حدود ۶۰ درجه‌ی سانتی‌گراد یا بیشتر، جهت تأمین حرارت یک سیستم گرمایش منطقه‌ای از یک یا چند چاه حفر شده در یک مخزن زمین گرمایی تأمین می‌گردد. آب‌های زمین گرمایی با عبور از درون یک مبدل حرارتی، حرارت خود را به آب سرد منتقل می‌نماید. سپس آب گرم شده به منازل و ساختمان‌ها لوله‌کشی می‌شود.

سیال زمین گرمایی نیز پس از عبور از داخل مبدل حرارتی و تبادل حرارت، مجدداً به درون مخزن زمین گرمایی تزریق می‌گردد. این عمل موجب می‌شود تا ذخیره آب در مخزن اصلی، پیوسته در حد نسبتاً ثابتی باقی بماند. آب‌های تزریقی به داخل مخزن توسط

^۱District heating

^۲Agricultural applications

^۳Bathing and balneology

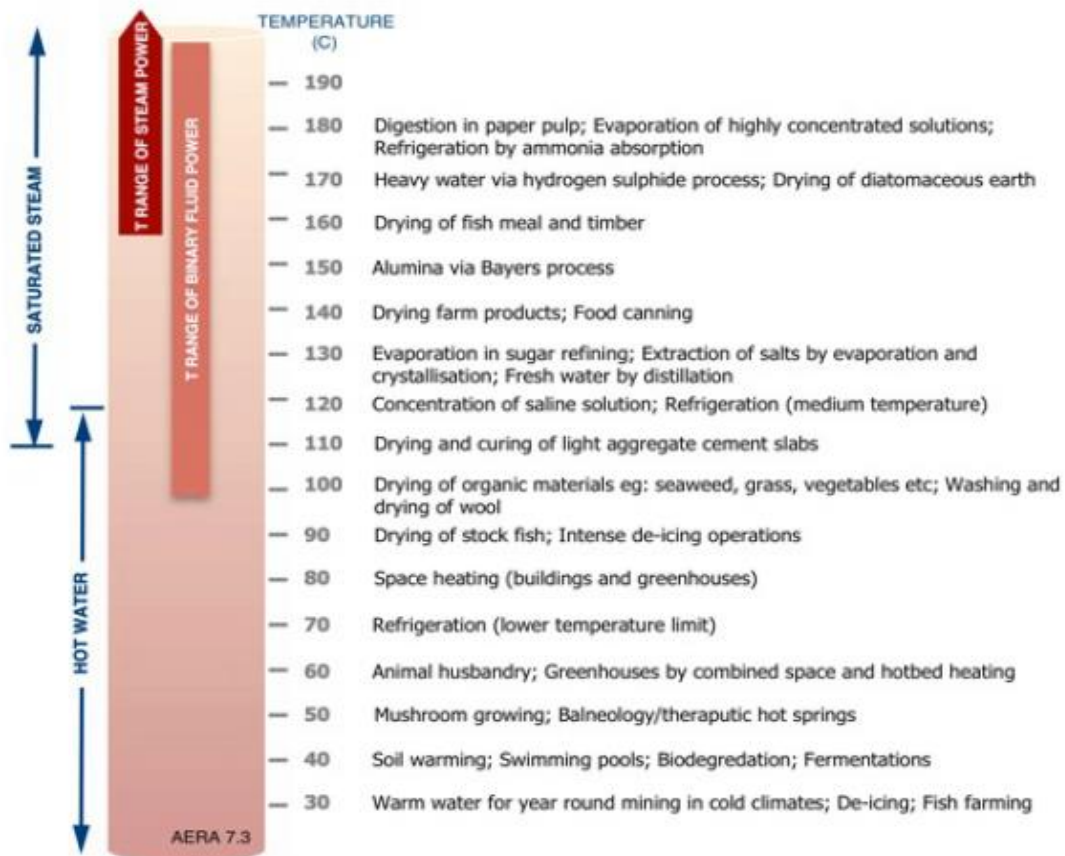
^۴Industrial applications

^۵Snow and ice melting

منبع حرارتی موجود در اعماق زمین مجدداً گرم می شود. در حال حاضر با استفاده از فن آوری های جدید، امکان نصب مبدل در داخل چاه نیز فراهم بوده و به این ترتیب مشکل دفع و تزریق مجدد سیال زمین گرمایی به داخل زمین نیز برطرف شده است. با این روش، آب تمیز شهری به داخل شبکه لوله های مبدل درون چاهی تزریق می شود و آب گرم فاقد هرگونه آلودگی جهت مصارف گوناگون از داخل چاه استخراج می گردد.

دمای مورد نیاز هریک از کاربردهای مستقیم گرمایش ساختمان ها، کاربردهای کشاورزی، مصارف صنعتی و غیره متفاوت می-

باشد. شکل (۱-۴) میزان دمای مورد نیاز را برای هریک از مصارف دسته بندی شده نشان می دهد:

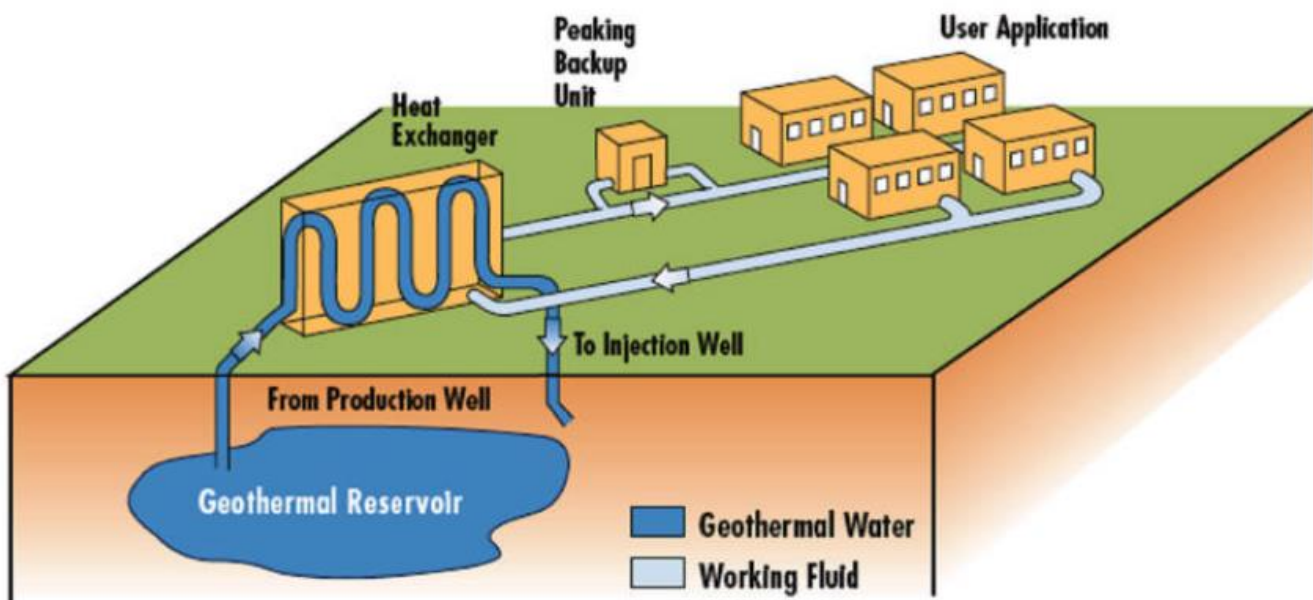


Source: Geoscience Australia and ABARE 2010.

شکل (۱-۴) - دمای مورد نیاز هریک از کاربردهای مستقیم حرارتی انرژی زمین گرمایی [۷]

۱-۴- گرمایش ساختمان ها

این مورد متداول ترین کاربرد مستقیم انرژی زمین گرمایی است. حدود ۳۷ درصد کاربرد مستقیم انرژی زمین گرمایی در سراسر جهان را گرمایش فضاها و مسکونی، تجاری، اداری و غیره به خود اختصاص می دهد. البته در صورت نامناسب بودن کیفیت آب از نظر شیمیایی، از مبدل حرارتی برای گرمایش استفاده می شود. یکی از مزیت های مهم سیستم های گرمایشی این است که آب داغ پس از تأمین حرارت فضاها و مختلف، مجدداً به درون مخزن زمین گرمایی تزریق می گردد و در نتیجه میزان آلودگی زیست محیطی آن بسیار پایین است. شایان ذکر آنکه، امروزه انواع خاصی از مبدل های حرارتی وجود دارند، که درون چاه های زمین گرمایی تعبیه شده و حرارت آب داغ مخزن را به آب شیرین درون مبدل منتقل می کنند. درجه حرارت آب گرم مورد نیاز برای سیستم های گرمایشی حدود ۶۰ درجه سانتی گراد یا بالاتر است. امروزه کشورهای ایسلند، فرانسه، مجارستان و ژاپن برای تأمین حرارت سیستم های گرمایش مرکزی خود از انرژی زمین گرمایی استفاده می کنند. به عنوان مثال، شهر ۱۵۰ هزار نفری ریکیاویک مرکز ایسلند، تماماً به وسیله آب داغ تولیدی از مخزن های زمین گرمایی مجاور شهر تأمین می شود. شکل (۲-۴) طرح شماتیک تأمین گرمایش ساختمان ها توسط انرژی زمین گرمایی را نمایش می دهد.



شکل (۲-۴) - تأمین گرمایش ساختمان‌ها با استفاده از انرژی زمین گرمایی

شکل (۳-۴) تأثیر مثبت استفاده از گرمایش ساختمان‌ها را بر محیط زیست نمایش می‌دهد:



شکل (۳-۴) - تأثیر مثبت استفاده از انرژی زمین گرمایی در گرمایش ساختمان‌ها بر محیط زیست [۸]

۴-۲- کشاورزی

عمده‌ترین کاربرد انرژی زمین گرمایی در زمینه فعالیت‌های کشاورزی و تأمین گرمایش گلخانه‌ها می‌باشد. دمای آب گرم مورد نیاز برای ایجاد چنین گلخانه‌هایی حدود ۸۰ الی ۱۲۰ درجه سانتیگراد است. البته در برخی از مناطق سردسیر از حرارت آب داغ مخزن‌های زمین گرمایی جهت گرم کردن خاک‌های کشاورزی نیز به کار می‌رود. این نوع کاربرد در کشورهای سردسیر بسیار گسترش دارد. از جمله محصولاتی که به کمک این انرژی کشت می‌شوند، می‌توان به خیار، گوجه فرنگی، انواع گل‌ها، گیاهان خانگی، نهال درختان و انواع کاکتوس‌ها اشاره کرد. در بین کشورهای جهان، مجارستان از نظر استفاده از گلخانه‌های زمین گرمایی مقام نخست را دارد. برای گرم کردن گلخانه‌ها معمولاً آب داغ را از لوله‌های فلزی عبور می‌دهند و یا اینکه همانند سیستم‌های گرمایشی خانه‌ها از پره‌های رادیاتور استفاده می‌کنند. هم‌چنین می‌توان آب داغ را از درون شبکه متراکم از لوله‌ها، که در پشت آنها

یک فن قوی وجود دارد، عبور داد. علاوه بر مجارستان، کشورهای نظیر ایسلند، چین، یونان، نیوزیلند و روسیه نیز در زمینه گلخانه‌های زمین گرمایی فعال هستند. شکل (۴-۴) نمونه‌ای از گرمایش گلخانه‌ای توسط انرژی زمین گرمایی را نشان می‌دهد.



شکل (۴-۴) - گرمایش گلخانه‌ای با استفاده از انرژی زمین گرمایی

۴-۳- دامپروری

به کمک انرژی زمین گرمایی می‌توان انواع مختلف آبزیان را نیز پرورش داد. امروزه در سطح جهان از انرژی زمین گرمایی برای پرورش و رشد آبزیانی نظیر میگو، قزل آلا، صدف و همچنین آبزیان آکواریومی استفاده می‌شود. نظر به اینکه درجه حرارت بهینه برای پرورش هر یک از انواع مختلف آبزیان میزان مشخصی است، با استفاده از انرژی زمین گرمایی می‌توان درجه حرارت حوضچه‌های پرورش را در حد مطلوب تأمین کرد و آن را در تمام طول سال ثابت نگه داشت. بدین ترتیب می‌توان مقدار تولید انواع مختلف آبزیان را به میزان قابل توجهی افزایش داد. به عنوان مثال، می‌توان شرایط مورد نیاز برای رشد و پرورش ماهی‌های خاص را فراهم نمود. برای حوضچه‌های پرورش ماهی، آب گرم زمین گرمایی می‌بایست حرارتی در حدود ۲۰ الی ۴۰ سانتیگراد داشته

باشد. کشورهایمانند ایسلند، گرجستان، ترکیه، نیوزیلند، ژاپن و چین از جمله کشورهای پیشرو در زمینه استفاده از انرژی زمین-گرمایی برای پرورش آبزیان هستند. در حال حاضر ۱۶ کشور از چین تأسیساتی بهره می‌گیرند.

۴-۴- استخر آب گرم

از روزگاران دور اقوامی چون رومی‌ها، چینی‌ها، ژاپنی‌ها، عثمانی‌ها و ساکنان سایر نواحی کره زمین به منظور استحمام و درمان بیماری‌های گوناگون از آب‌های گرم طبیعی زمین استفاده می‌کردند. در حال حاضر حدود ۴۵ کشور جهان از چشمه‌های آب گرم خود برای این منظور استفاده می‌کنند. در ارتباط با توسعه چین مراکزی، شواهد و نمونه‌های متعددی را می‌توان در سطح جهان معرفی کرد. به عنوان مثال، ژاپنی‌ها با بهره‌گیری بیش از ۲۲۰۰ کانون تفریحی مرتبط با چشمه‌های آبگرم، سالانه قریب به صد میلیون مهمان و گردشگر را پذیرا هستند. در صورتی که آب گرم زمین گرمایی فاقد مواد مضر برای بدن باشد، جهت مصارف آب-درمانی مانند ناراحتی‌های پوستی، ناراحتی‌های درد مفاصل و ناراحتی‌های روحی و روانی مورد استفاده قرار می‌گیرد. چنانچه آب گرم دارای مواد مضر برای بدن باشد، می‌توان با استفاده از یک مبدل حرارتی حرارت آن را به آب معمولی جهت استفاده در استخرها انتقال داد. برای استخرهای آب گرم، آب‌های زمین گرمایی با دمایی حدود ۳۰ الی ۵۰ درجه سانتیگراد مناسب می‌باشند. شکل (۴-۵) نمونه‌ای از استخر آب گرم را نشان می‌دهد.



شکل (۴-۵) - نمونه ای از کاربرد انرژی زمین گرمایی در استخر آب گرم [۸]

۴-۵- ذوب برف در معابر

به کمک انرژی زمین گرمایی می توان برف یا یخ جاده ها و پیاده روها را نیز ذوب کرد. گسترش این نوع کاربرد نسبت به سایر موارد انرژی زمین گرمایی محدودتر است. امروزه در سراسر جهان به کمک انرژی زمین گرمایی، حدود ۵۰۰ هزار متر مربع از مسیر پیاده روها و جاده ها گرم می شوند، که بخش اعظم آن ها نیز در کشور ایسلند وجود دارد. در حال حاضر به جز کشور ایسلند، کشورهایی چون آرژانتین، آمریکا و ژاپن نیز برای ذوب برف جاده های خود از انرژی زمین گرمایی بهره می گیرند. همان گونه که پیش تر اشاره شد، جنبه های گوناگون کاربرد انرژی زمین گرمایی به سرعت در حال افزایش است و مرتباً به تعداد کشورهای بهره مند از این انرژی افزوده می شود. شکل (۴-۶) مثالی از ذوب برف معابر توسط انرژی زمین گرمایی می باشد.



شکل (۴-۶) - ذوب برف با استفاده از انرژی زمین گرمایی

۴-۶- کاربرد های صنعتی

این دسته از کاربردهای انرژی زمین گرمایی هنوز مانند سایر مصارف انرژی زمین گرمایی در سطح جهان گستردگی چشمگیری ندارد. با این وجود، در حال حاضر حدود ۱۹ کشور جهان از این انرژی در فرآیندهای مختلف صنعتی استفاده می کنند. از جمله کاربردهای انرژی زمین گرمایی می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- تولید برات و اسید بوریک از سیالات زمین گرمایی در ایتالیا

- استحصال نفت در روسیه

- پاستوریزه کردن شیر در رومانی

- تولید چرم در اسلوونی و صربستان

- تولید گاز دی اکسید کربن در ایسلند و ترکیه
- تولید کاغذ و قطعات خودرو در مقدونیه
- تولید کاغذ، خمیر کاغذ و چوب در نیوزیلند

۵- خلاصه ای از کاربردهای مستقیم حرارتی زمین گرمایی در برخی کشورهای پیشرو

اطلاعات موجود در زمینه کاربردهای حرارتی انرژی زمین گرمایی براساس یافته های ارسال شده به کنگره ی زمین گرمایی، آمار سال ۲۰۱۰ و همچنین سال های ۲۰۰۵ تا ۲۰۰۹ را پوشش می دهد. جدول (۵-۱) خلاصه ای از ظرفیت نصب شده کاربرد حرارتی انرژی زمین گرمایی (بر حسب مگاوات)، میزان مصرف انرژی سالانه و ضریب ظرفیت تا پایان سال ۲۰۰۹ را ارائه می دهد.

جدول (۵-۱) - خلاصه ای از اطلاعات آماری از کاربردهای حرارتی انرژی زمین گرمایی برای کشورهای سراسر جهان

کشور	ظرفیت (MWt)	استفاده سالانه (TJ/yr)	استفاده سالانه (GWh/yr)	ضریب ظرفیت
آلبانیا	۱۱,۴۸	۴۰,۴۶	۱۱,۲	۰,۱۱
الجزایر	۵۵,۶۴	۱۷۲۳,۱۳	۴۷۸,۷	۰,۹۸
آرژانتین	۳۰۷,۴۷	۳۹۰۶,۷۴	۱۰۸۵,۳	۰,۴۰
ارمنستان	۱	۱۵	۴,۲	۰,۴۸
استرالیا	۳۳,۳۳	۲۳۵,۱	۶۵,۳	۰,۲۲
اتریش	۶۶۲,۸۵	۳۷۲۷,۷	۱۰۳۵,۶	۰,۱۸
بلاروس	۳,۴۲۲	۳۳,۷۹	۹,۴	۰,۳۱
بلژیک	۱۱۷,۹	۵۴۶,۹۷	۱۵۱,۹	۰,۱۵

کشور	ظرفیت (MWt)	استفاده سالانه (TJ/yr)	استفاده سالانه (GWh/yr)	ضریب ظرفیت
بوسنیوهرزگوین	۲۱,۶۹۶	۲۵۵,۳۶	۷۰,۹	۰,۳۷
برزیل	۳۶۰,۱	۶۶۲۲,۴	۱۸۳۹,۷	۰,۵۸
بلغارستان	۹۸,۳	۱۳۷۰,۱۲	۳۸۰,۶	۰,۴۴
کانادا	۱۱۲۶	۸۸۷۳	۲۴۶۴,۹	۰,۲۵
کارائیب ایسلند	۰,۱۰۳	۲,۷۷۵	۰,۸	۰,۸۵
نیپلی	۹,۱۱	۱۳۱,۸۲	۳۶,۶	۰,۴۶
چین	۸۸۹۸	۷۵۳۴۸,۳	۲۰۹۳۱,۸	۰,۲۷
کلمبیا	۱۴,۴	۲۸۷	۷۹,۷	۰,۶۳
کاستاریکا	۱	۲۱	۵,۸	۰,۶۷
کرواسی	۶۷,۴۸	۴۶۸,۸۹	۱۳۰,۳	۰,۲۲
جمهوری چک	۱۵۱,۵	۹۲۲	۲۵۶,۱	۰,۱۹
دانمارک	۲۰۰	۲۵۰۰	۶۹۴,۵	۰,۴۰
مصر	۱	۱۵	۴,۲	۰,۴۸
السالوادور	۲	۴۰	۱۱,۱	۰,۶۳
استونی	۶۳	۳۵۶	۹۸,۹	۰,۱۸
اتیوپی	۲,۲	۴۱,۶	۱۱,۶	۰,۶۰
فنلاند	۸۵۷,۹	۸۳۷۰	۲۳۲۵,۲	۰,۳۱
فرانسه	۱۳۴۵	۱۲۹۲۹	۳۵۹۱,۷	۰,۳۰
گرجستان	۲۴,۵۱	۶۵۹,۲۴	۱۸۳,۱	۰,۸۵

کشور	ظرفیت (MWt)	استفاده سالانه (TJ/yr)	استفاده سالانه (GWh/yr)	ضریب ظرفیت
آلمان	۲۴۸۵,۴	۱۲۷۶۴,۵	۳۵۴۶,۰	۰,۱۶
یونان	۱۳۴,۶	۹۳۷,۸	۲۶۰,۵	۰,۲۲
گواتمالا	۲,۳۱	۵۶,۴۶	۱۵,۷	۰,۷۸
هندوراس	۱,۹۳۳	۴۵	۱۲,۵	۰,۷۴
مجارستان	۶۵۴,۶	۹۷۶۷	۲۷۱۳,۳	۰,۴۷
ایسلند	۱۸۲۶	۲۴۳۶۱	۶۷۶۷,۵	۰,۴۲
هند	۲۶۵	۲۵۴۵	۷۰۷	۰,۳
اندونزی	۲,۳	۴۲,۶	۱۱,۸	۰,۵۹
ایران	۴۱,۶۰۸	۱۰۶۴,۱۸	۲۹۵,۶	۰,۸۱
ایرلند	۱۵۲,۸۸	۷۶۴,۰۲	۲۱۲,۲	۰,۱۶
اسرائیل	۸۲,۴	۲۱۹۳	۶۰۹,۲	۰,۸۴
ایتالیا	۸۶۷	۹۹۴۱	۲۷۶۱,۶	۰,۳۶
ژاپن	۲۰۹۹,۵۳	۱۵۶۹۷,۹۴	۷۱۳۸,۹	۰,۳۹
اردن	۱۵۳,۳	۱۵۴۰	۴۲۷,۸	۰,۳۲
کنیا	۱۶	۱۲۶,۶۲۴	۳۵,۲	۰,۲۵
کره (جنوبی)	۲۲۹,۳	۱۹۵۴,۶۵	۵۴۳	۰,۲۷
لتونی	۱,۶۳	۳۱,۸۱	۸,۸	۰,۶۲
لیتوانی	۴۸,۱	۴۱۱,۵۲	۱۱۴,۳	۰,۲۷
مقدونیه	۴۷,۱۸	۶۰۱,۴۱	۱۶۷,۱	۰,۴

کشور	ظرفیت (MWt)	استفاده سالانه (TJ/yr)	استفاده سالانه (GWh/yr)	ضریب ظرفیت
مکزیک	۱۵۵,۸۲	۴۰۲۲,۸	۱۱۱۷,۵	۰,۸۲
مغولستان	۶,۸	۲۱۳,۲	۵۹,۲	۰,۹۹
مراکش	۵,۰۲	۷۹,۱۴	۲۲	۰,۵
نیپال	۲,۷۱۷	۷۳,۷۴۳	۲۰,۵	۰,۸۶
هلند	۱۴۱۰,۲۶	۱۰۶۹۹,۴	۲۹۷۲,۳	۰,۲۴
نیوزیلند	۳۹۳,۲۲	۹۵۵۲	۲۶۵۳,۵	۰,۷۷
نروژ	۳۳۰۰	۲۵۲۰۰	۷۰۰۰,۶	۰,۲۴
پاپوآ گینه‌نو	۰,۱	۱	۰,۳	۰,۳۲
پرو	۲,۴	۴۹	۱۳,۶	۰,۶۵
فیلیپین	۳,۳	۳۹,۵۸	۱۱	۰,۳۸
لهستان	۲۸۱,۰۵	۱۵۰۱,۱	۴۱۷	۰,۱۷
پرتغال	۲۸,۱	۳۸۶,۴	۱۰۷,۳	۰,۴۴
رومانی	۱۵۳,۲۴	۱۲۶۵,۴۳	۳۵۱,۵	۰,۲۶
روسیه	۳۰۸,۲	۶۱۴۳,۵	۱۷۰۶,۷	۰,۶۳
صربستان	۱۰۰,۸	۱۴۱۰	۳۹۱,۷	۰,۴۴
جمهوری اسلواکی	۱۳۲,۲	۳۰۶۷,۲	۸۵۲,۱	۰,۷۴
اسلوانی	۱۰۴,۱۷	۱۱۳۶,۳۹	۳۱۵,۷	۰,۳۵
آفریقا جنوبی	۶,۰۱	۱۱۴,۷۵	۳۱,۹	۰,۶۱
اسپانیا	۱۴۱,۰۴	۶۸۴,۰۵	۱۹۰,۰	۰,۱۵

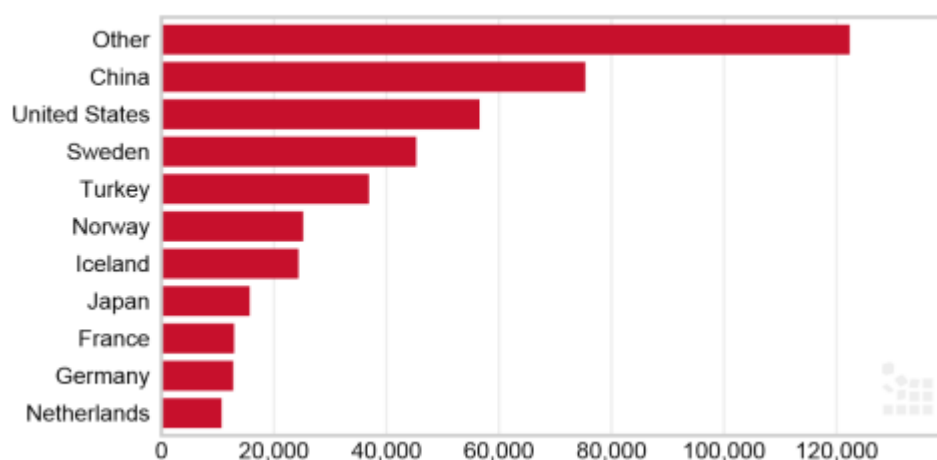
کشور	ظرفیت (MWt)	استفاده سالانه (TJ/yr)	استفاده سالانه (GWh/yr)	ضریب ظرفیت
سوئد	۴۴۶۰	۴۵۳۰۱	۱۲۵۸۴٫۶	۰٫۳۲
سوئیس	۱۰۶۰٫۹	۷۷۱۴٫۶	۲۱۴۳٫۱	۰٫۲۳
تاجیکستان	۲٫۹۳	۵۵٫۴	۱۵٫۴	۰٫۶۰
تایلند	۲٫۵۴	۷۹٫۱	۲۲٫۰	۰٫۹۹
تونس	۴۳٫۸	۳۶۴	۱۰۱٫۱	۰٫۹۹
ترکیه	۲۰۸۴	۳۶۸۸۵٫۹	۱۰۲۴۶٫۹	۰٫۵۶
اوکراین	۱۰٫۹	۱۱۸٫۸	۳۳	۰٫۳۵
انگلستان	۱۸۶٫۶۲	۸۴۹٫۷۴	۲۳۶٫۱	۰٫۱۴
ایالات متحده	۱۲۶۱۱٫۴۶	۵۶۵۵۱٫۸	۱۵۷۱۰٫۱	۰٫۱۴
ونزوئلا	۰٫۷	۱۴	۳٫۹	۰٫۶۳
ویتنام	۳۱٫۲	۹۲٫۳۳	۲۵٫۶	۰٫۰۹
یمن	۱	۱۵	۴٫۲	۰٫۴۸
مجموع	۵۰۵۸۳	۴۳۸۰۷۱	۱۲۱۶۹۶	۰٫۲۷

میزان بهره برداری از انرژی زمین گرمایی کاربرد مستقیم تا پایان سال ۲۰۰۹ در سراسر جهان، ۵۰۵۸۳ مگاوات گزارش شده است. آمار مذکور نشان دهنده افزایش ۷۸/۹ درصدی میزان بهره برداری، نسبت به آمار منتشر شده توسط کنفرانس جهانی انرژی زمین-گرمایی در سال ۲۰۰۵ می باشد، که دارای نرخ افزایش سالانه‌ی ۱۲/۲۳ درصدی بوده است. مصرف انرژی سالانه نیز تا پایان سال ۲۰۰۹، ۴۳۸۰۷۱ تراژول معادل با ۱۲۱۶۹۶ گیگاوات ساعت گزارش شده است. این میزان مصرف، حدود ۶۰/۲ درصد نسبت به سال ۲۰۰۵ افزایش یافته است، که با نرخ سالانه ۹/۸۹ رشد داشته است. در سال ۲۰۰۹، ضریب ظرفیت جهانی برابر با ۰/۲۷ (معادل با

۲۳۶۵ بار کامل عملیاتی بر سال) بوده است. این ضریب در سال های ۲۰۰۵ و ۲۰۰۰ به ترتیب برابر با ۰/۳۱ و ۰/۴ گزارش شده است.

در شکل (۵-۱) میزان استفاده کاربرد مستقیم حرارتی انرژی زمین گرمایی در ۱۰ کشور پیشرو شامل چین، ایالات متحده آمریکا، سوئد، ترکیه، نروژ، ایسلند، ژاپن، فرانسه و آلمان در سال ۲۰۱۱ بر حسب تراژول بر سال نشان داده شده است.

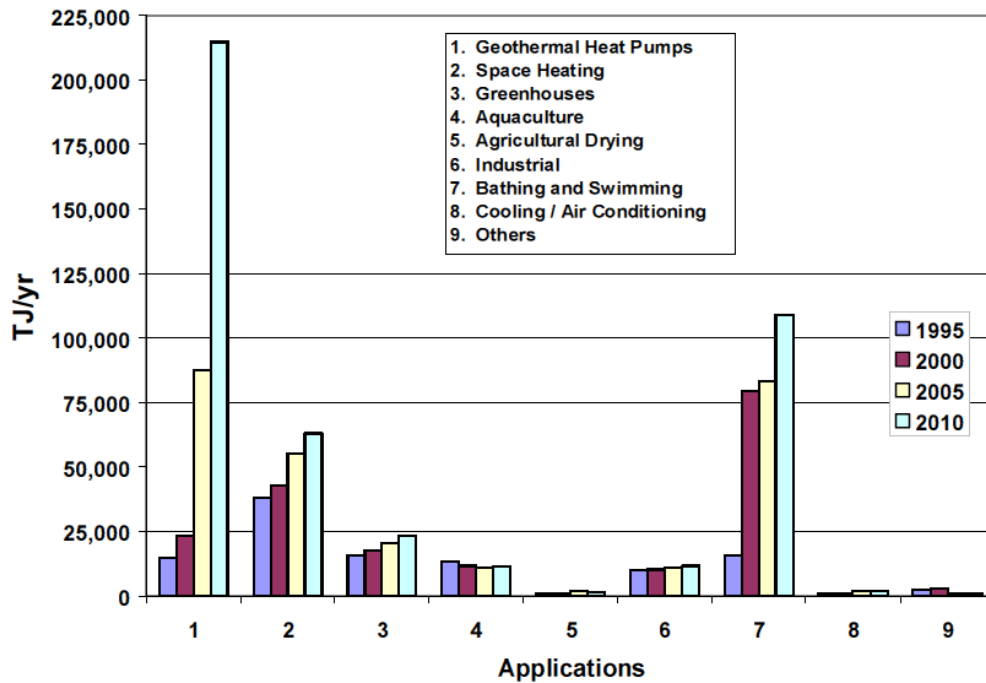
Units: Annual Use, TJ/yr



شکل (۵-۱) - میزان استفاده کاربرد مستقیم انرژی زمین گرمایی ۱۰ کشور پیشرو در سال ۲۰۱۱ [۹]

شکل (۵-۲) میزان استفاده کاربردهای مستقیم انرژی زمین گرمایی سراسر جهان را بر حسب تراژول بر سال به تفکیک نوع

کاربرد از سال ۱۹۹۵ تا سال ۲۰۱۰ مقایسه می کند.



شکل (۲-۵) - مقایسه میزان استفاده کاربردهای مستقیم انرژی زمین گرمایی سراسر جهان بر حسب ترازول بر سال از سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۰

جدول (۲-۵) میزان استفاده کاربرد مستقیم حرارتی انرژی زمین گرمایی را برای کشورهای عضو^۱ GIA در سال های ۲۰۱۰ و ۲۰۱۱ نشان می دهد. در این جدول میزان استفاده مستقیم انرژی زمین گرمایی در دسته بندی گرمایش ناحیه ای، استفاده چندمرحله ای، گرمایش فضا، گرمایش استخرها، گلخانه ها، کشاورزی، پرورش ماهی، صنایع، ذوب برف ها و دیگر کاربردها ارائه شده است. مشاهده می گردد، در مجموع کشورهای عضو GIA ذکر شده در جدول فوق، بخش های گرمایش استخر و گرمایش فضا به ترتیب با مقادیر ۹۸۰۱ و ۶۲۷۷ گیگاوات ساعت بر سال، بیشترین سهم استفاده مستقیم حرارتی را در سال ۲۰۱۱ به خود اختصاص داده اند. همچنین در سال ۲۰۱۱ در بین کشورهای عضو GIA، ایسلند، ژاپن و ایتالیا با مقادیر ۷۱۲۰، ۷۰۰۰ و ۳۰۲۸ گیگاوات ساعت در سال، دارای بیشترین میزان مصرف استفاده مستقیم حرارتی انرژی زمین گرمایی می باشند.

^۱Geothermal Implementing Agreement

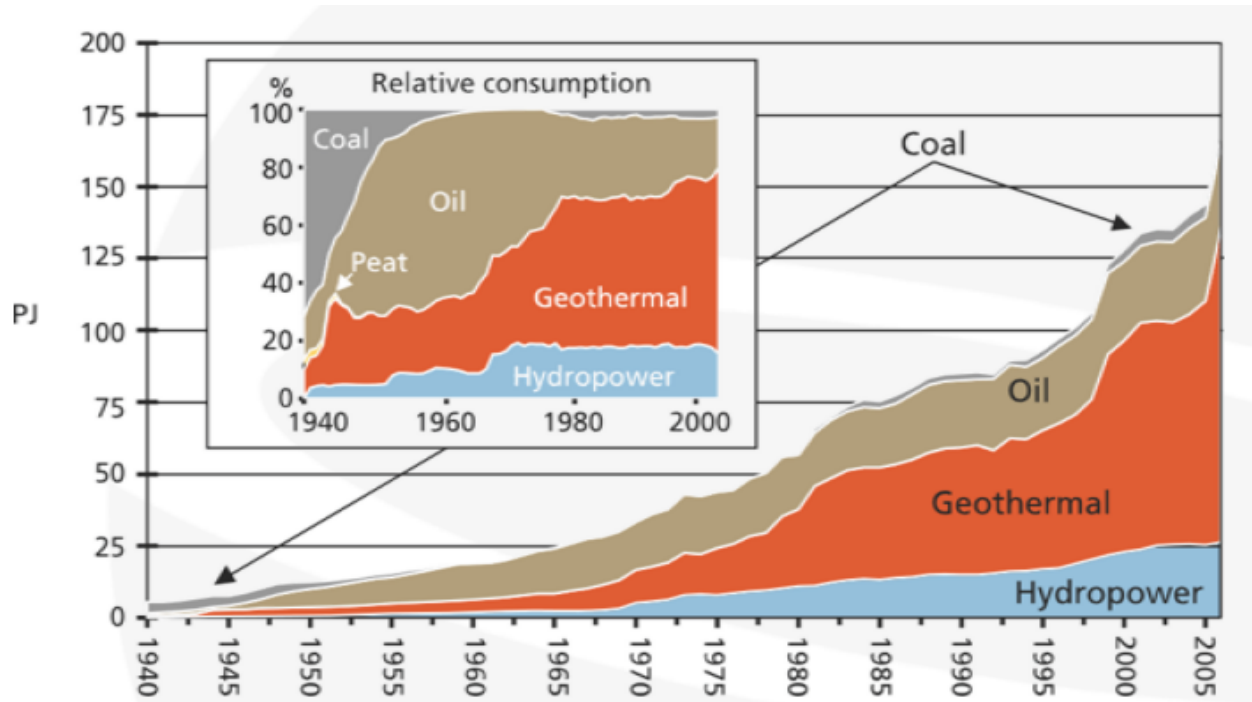
جدول (۲-۵) - میزان استفاده کاربرد مستقیم حرارتی انرژی زمین گرمایی کشورهای عضو GIA، در سال های ۲۰۱۰

و ۲۰۱۱ [۱۰]

a) Category uses (other than heat pumps): heat produced in 2011 and 2010 (GWh/yr)																
Use (other than heat pumps)	AUS	CHE	DEU	ESP	FRA	GBR	ISL	ITA	JPN	KOR	MEX	NOR	NZL	USA	Total GWh/yr 2010	Total GWh/yr 2011
District heating*	0	0	349	0	996	20	0	549	0	9	0	0	0	173	2,840	2,095
Cascaded uses	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	425	435	431	
Space heating	0	0	7	0	0	0	5,200	299	269	15	0	0	250	238	6,365	6,277
Bathing / swimming	36	240	374	17	3	0	400	1,167	5,759	141	711	0	280	674	9,825	9,801
Greenhouses	0	0	0	51	12	0	200	417	126	0	0	0	105	315	1,179	1,224
Agriculture, crop drying	0	0	0	0	0	0	0	0	21	0	0	0	0	85	85	105
Aquaculture / Fish farming	11	0	0	0	48	0	500	500	39	0	0	0	0	777	1,828	1,876
Industry	0	0	0	0	0	0	200	97	9	0	0	0	1,730	21	2,079	2,057
Snow Melting	0	0	0	0	0	0	500	0	143	0	0	0	0	5	420	648
Other	0	0	0	0	0	0	0	0	755	0	0	0	20	775	775	
Total/ country 2010 (GWh/yr)	354	272	711	51	1,508	na	6,833	3,028	7,120	165	711	0	2,810	2,287	25,831	25,289
Total/ country 2011 (GWh/yr)	48	246	730	67	1,058	20	7,000	3,028	7,120	165	711	0	2,810	2,287		

۱-۵- کاربرد مستقیم انرژی زمین گرمایی در کشور ایسلند

ایسلند از جمله کشورهایی است، که دارای پتانسیل بالای انرژی زمین گرمایی می باشد. انرژی مورد نیاز این کشور حدود ۵۳٪ توسط انرژی زمین گرمایی، ۱۷٪ توسط برق آبی، ۳٪ توسط ذغال سنگ و ۲۷٪ توسط سوخت فسیلی تهیه می شود. البته، سوخت فسیلی تنها برای تأمین سوخت اتومبیل ها، کشتی ها و هواپیماها استفاده می گردد. جالب توجه است، که دولت ایسلند به منظور عدم استفاده از سوخت های فسیلی طرح پیشنهادی استفاده از سوخت هیدروژن را نیز مطرح کرده است. شکل (۳-۵) روند استفاده از منابع انرژی ذغال سنگ، نفت، زمین گرمایی و برق آبی را برای کشور ایسلند بین سال های ۱۹۴۰ و ۲۰۰۵ نمایش می دهد. مشاهده می گردد، میزان استفاده از انرژی زمین گرمایی نسبت به سایر گونه های انرژی با شیب قابل ملاحظه ای افزایش یافته است.



شکل (۳-۵) - تاریخچه استفاده از منبع انرژی‌های مختلف کشور ایسلند از سال ۱۹۴۰ تا سال ۲۰۰۵ [۸]

در کشور ایسلند، گرمایش ۸۶٪ از منازل توسط آب گرم زمین گرمایی تأمین می‌شود. این کشور ۱۷۰ مگاوات الکتریسیته را توسط

نیروگاه‌های زمین گرمایی تولید می‌کند. به طور کلی میزان و موارد استفاده انرژی زمین گرمایی در کشور ایسلند به شرح زیر است:

- ۸۶٪ گرمایش ساختمان‌ها (منازل، بیمارستان‌ها، ادارات و...)

- ۱۹٪ تولید الکتریسیته

- ۴٪ استخرهای شنا و مراکز جذب توریست

- ۲٪ ذوب برف در معابر

- ۸٪ استفاده صنعتی

- ۳٪ حوضچه‌های پرورش ماهی

- ۳٪ گلخانه های کشاورزی

اثرات مطلوب انرژی زمین گرمایی در سالم نگاه داشتن محیط زیست بسیار مشهود می باشد. به طوری که تا سال ۱۹۳۰، در شهر ریکیاویک مردم برای گرمایش منازل خود از ذغال سنگ استفاده می کردند. پس از سال ۱۹۳۰، استفاده از آب گرم زمین گرمایی برای گرمایش منازل رایج شد. تأثیر مثبت استفاده از انرژی زمین گرمایی بر محیط زیست تا حدی است که هم اکنون شهر ریکیاویک یکی از پاک ترین شهرهای دنیا محسوب می شود.

کشور ایسلند دارای ۱۵۰ منطقه با پتانسیل نسبتاً خوب انرژی زمین گرمایی (با دمای پایین) است که بیش از ۶۰۰ چشمه آب گرم (با دمای بیشتر از ۲۰ درجه سانتی گراد) در آنجا یافت شده است. همچنین در این کشور ۲۶ منطقه با پتانسیل بالای زمین گرمایی (دمای بیش از ۱۵۰ درجه سانتی گراد) وجود دارد. این نکته قابل ذکر است، که در این مناطق سیال زمین گرمایی به صورت دو فاز (بخار و مایع) می باشد.

• گرمایش ساختمان ها در کشور ایسلند

همان طور که ذکر شد، در کشور ایسلند آب های گرم زمین گرمایی عمدتاً جهت گرمایش منازل، بیمارستان ها، ادارات و غیره استفاده می شود. در مناطقی از این کشور که دارای پتانسیل مطلوبی می باشند، چاه هایی به عمق ۵۰ تا ۱۰۰ متر حفاری می شوند. بدین ترتیب آب گرم جهت تأمین گرمایش ساختمان ها و سایر مصارف تأمین می گردد.

• استخرهای شنا در کشور ایسلند

شهر توریستی ریکیاویک دارای جمعیتی معادل با یکصد و دو هزار نفر می باشد. تنها در سال ۱۹۹۹، بیش از یک میلیون و هفتصد هزار نفر توریست از این شهر به دلیل داشتن استخرهای آب گرم بازدید نموده اند. این امر نشان دهنده میزان اهمیت استخرهای شنا در این کشور می باشد. طی مدت پنج سال، ده استخر شنا در شهر ریکیاویک تأسیس شده است، که سالانه میزان ۱۱۰۰ تراژول انرژی در این استخرها مصرف می شود، که آب گرم زمین گرمایی منبع تأمین کننده آن است.

• ذوب برف در معابر کشور ایسلند

عملیات ذوب برف به وسیله زمین گرمایی در معابر کشور ایسلند حدود چند دهه قبل آغاز شده است. در این روش آب خروجی از خانه ها، با دمایی حدود ۳۵ درجه سانتی گراد، داخل لوله های تعبیه شده در زیر جاده ها، خیابان ها و پیاده روها جریان داده می شود، بدین وسیله از تجمع و یخ زدگی در معابر جلوگیری به عمل می آید. انرژی مورد استفاده برای ذوب سالانه برف تقریباً معادل ۴۱۰ تراژول می باشد.

• گلخانه زمین گرمایی در کشور ایسلند

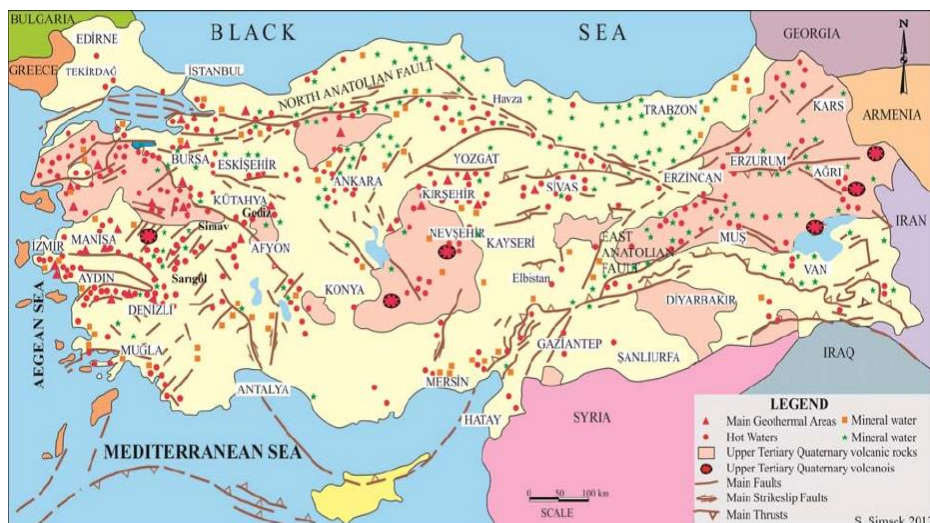
از سال ۱۹۲۴، آب های زمین گرمایی برای تأمین گرمایش فضای گلخانه ها استفاده شده است. هم اکنون تأمین حرارت گلخانه های این کشور با مساحتی بالغ بر ۱۸۳۰۰۰ متر، با استفاده از این آب ها انجام می شود، که ۵۵٪ از این مساحت برای پرورش سبزیجات و ۴۵٪ به پرورش گل اختصاص دارد. مجموع سالانه انرژی مصرفی در اینگونه گلخانه ها تقریباً معادل ۷۹۰ تراژول است.

• حوضچه های پرورش ماهی

امروزه در بیش از ۵۰ منطقه در کشور ایسلند از آب های زمین گرمایی در مراکز پرورش ماهی استفاده می شود. در این مراکز آب گرم با دمایی حدود ۲۰ تا ۵۰ درجه سانتی گراد، وارد مبدل های حرارتی می شود و پس از تبادل حرارت با آب سرد ۵ تا ۱۲ درجه سانتی گراد، در حوضچه های پرورش ماهی مورد استفاده قرار می گیرد. مجموع انرژی زمین گرمایی که بدین ترتیب در حوضچه های پرورش ماهی مورد استفاده قرار می گیرد، سالانه معادل ۶۵۰ تراژول است.

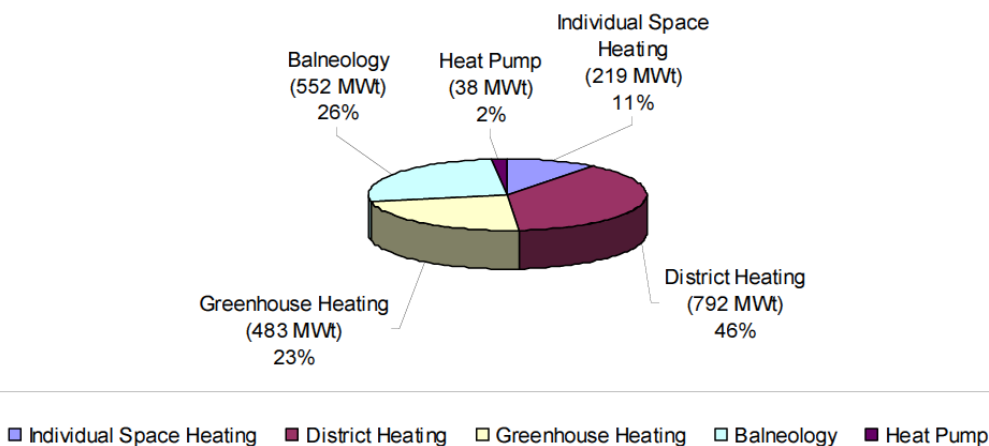
۲-۵- زمین گرمایی در کشور ترکیه

اکثر چشمه های طبیعی و همچنین انرژی زمین گرمایی کشور ترکیه در امتداد نهرهای بزرگ واقع در محدوده ای اطراف استان آناتولی در غرب، در امتداد گسل منطقه آناتولی شمالی، مرکزی و شرقی مناطق آتشفشانی آناتولی مطابق شکل (۴-۵) قرار گرفته است.



شکل (۴-۵) - نقشه خطوط و چشمه های آب گرم در ترکیه

ظرفیت موجود چشمه های آب گرم در کشور ترکیه برابر ۶۰۰ مگاوات حرارت و ظرفیت چاه های زمین گرمایی ۳۴۷۸ مگاوات می باشد. به طوری که ظرفیت انرژی زمین گرمایی محاسبه شده توسط MTA برابر با ۴۰۷۸ مگاوات حرارت (با فرض دمای تخلیه شده ۳۰ درجه سانتی گراد است) می باشد. شکل (۵-۵) ظرفیت انرژی زمین گرمایی را در کشور ترکیه نشان می دهد.



شکل (۵-۵) - ظرفیت انرژی زمین گرمایی در کشور ترکیه

گرمایش مکان ها یکی از اصلی ترین موارد کاربردی در استفاده کاربرد مستقیم در کشور ترکیه می باشد. در میان کاربردهای

مختلف روش کاربرد مستقیم گرمایش ساختمان‌های مسکونی دارای بالاترین ظرفیت معادل با ۸۰۵ مگاوات می‌باشد. شانزده استان (غرب و مرکز آناتولی) در کشور ترکیه جهت گرمایش ساختمان‌های مسکونی از انرژی زمین گرمایی استفاده می‌کنند. گوئن اولین شهر در ترکیه می‌باشد، که در سال ۱۹۸۷، از انرژی زمین گرمایی جهت گرمایش ساختمان‌ها استفاده کرد. اطلاعات تکمیلی در جدول (۳-۵) ارائه شده است.

جدول (۳-۵) - گرمایش ساختمان‌ها با استفاده از انرژی زمین گرمایی

Town, Province	Year	Current capacity (RE ¹)
Gönen, Balıkesir	1987	3400
Simav, Kütahya	1991	7500
Kırşehir, Kırşehir	1994	1900
Kızılcahamam, Ankara	1995	2500
Balçova, İzmir	1996	35000
Afyon, Afyon	1996	8000
Kozaklı, Nevşehir	1996	3000
Sandıklı, Afyon	1998	6000
Diyadin, Ağrı	1999	570
Salihli, Manisa	2002	7292
Sarayköy, Denizli	2002	2200
Edremit, Balıkesir	2003	4881
Bigadiç, Balıkesir	2005	1500
Sorgun, Yozgat	2008	750
Bergama, İzmir	2008	450
Dikili, İzmir	2008	1160
TOTAL		86853**

*RE = Residence equivalent, 1 RE = 100 m² heated space

گرمایش گلخانه‌ای در کشور ترکیه، دومین جایگاه را در استفاده مستقیم انرژی زمین گرمایی به خود اختصاص داده است. اولین کاربرد حرارتی گلخانه‌ای در سال ۱۹۷۳ در شهر دنیزلی - کیزیلدرله مساحت ۲۰۰۰ متر مربع انجام شد. پس از آن، روند گرمایش گلخانه‌ای رشد پیدا کرد، به طوریکه تا سال ۲۰۱۲ مساحت گرمایش گلخانه‌ای تا ۲۸۱۱۰۰۰ متر مربع افزایش یافت. اکثر مکان‌های

¹Denizli-Kizildere

تحت گرمایش در شش استان در غرب آناتولی می باشد. همچنین برنامه ای مشابه در جنوب غربی آناتولی، در ناحیه ای با مساحت ۳۶۷۰۰۰ متر مربع در حال اجرا است. کل ظرفیت گرمایش گلخانه ای نصب شده در ترکیه مطابق شکل (۶-۵) برابر با ۶۱۲ مگاوات است.



شکل (۶-۵) - نقشه گرمایش گلخانه ای در کشور ترکیه

آب گرم و آب درمانی در اکثر مناطق ترکیه وجود دارد، که از عوامل اصلی جذب توریست می باشد. تسهیلات گرمایشی و چشمه های آب گرم دارای ظرفیت هایی به ترتیب ۳۸۰ و ۸۷۰ مگاوات هستند، که از اصلی ترین برنامه های کشور ترکیه می باشد. یکی دیگر از کاربردهای انرژی زمین گرمایی در تولید یخ خشک و یا دی اکسید کربن می باشد. شرکت های موجود، ۱۱۵۰ تن یخ خشک را برای مقاصد سرمایه گذاری تولید می کنند.

به طور کلی ظرفیت کاربردی نصب شده برای ساختمان های مسکونی، اداری، تجاری و هتل ها در سال ۲۰۰۹ در کشور ترکیه معادل با ۳۸ مگاوات می باشد. اخیراً، انجمن زمین گرمایی ترکیه گزارش پیشرفت و پیش بینی استفاده از کاربردهای حرارتی انرژی زمین گرمایی را تا سال ۲۰۱۵ به صورت جدول (۴-۵) ارائه کرده است.

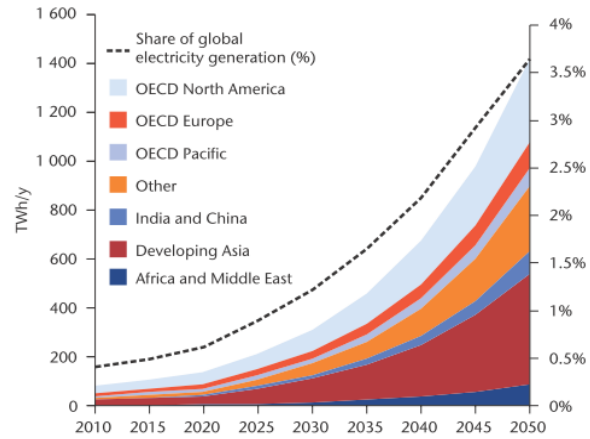
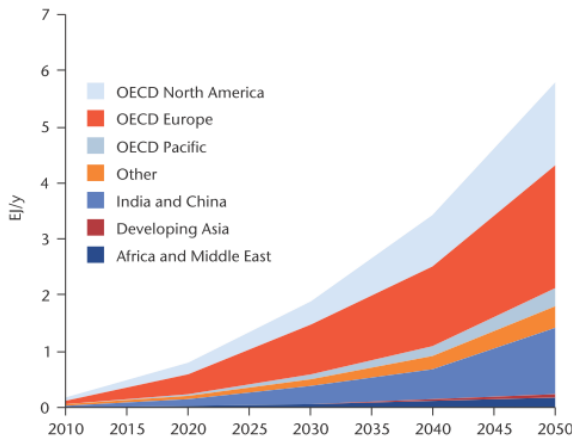
جدول (۴-۵) - پیش‌بینی ظرفیت انرژی زمین‌گرمایی تا سال ۲۰۱۵ در کشور ترکیه

Use	Projection
Electricity Production	750 MW _e
Heating (residences, hotels, thermal facilities etc.)	4000 MW _t
Greenhouse heating	2040 MW _t (6,000,000 m ²)
Drying	500 MW _t
Balneology	1100 MW _t 400 spa, thermal facility
Cooling	300 MW _t
Aquaculture + others	400 MW _t
Total direct use	8340 MW_t

۶- نقشه‌راه فنی کاربرد نیروگاهی و غیرنیروگاهی انرژی زمین‌گرمایی کشورهای پیشرو

۶-۱- نقشه‌راه فنی کاربرد انرژی زمین‌گرمایی سازمان انرژی جهانی IEA

در این نقشه راه، سناریو ETP 2010 Blue Map Hi-REN به عنوان مبنای طرح‌ریزی چشم‌انداز انرژی زمین‌گرمایی ۲۰۵۰ انتخاب شده است. در این سناریو فرض شده که منبع تجدیدپذیر زمین‌گرمایی در سال ۲۰۵۰، ۷۵ درصد برق دنیا را تأمین خواهد کرد و میزان تولید الکتریسیته در ۲۰۵۰ به ۱۴۰۰ تراوات‌ساعت خواهد رسید شکل (۱-۶). همچنین میزان تولید حرارت به استثنای کاربرد پمپ حرارتی و یا به عبارتی پیش‌بینی کاربرد مستقیم انرژی زمین‌گرمایی تا سال ۲۰۵۰ مطابق شکل (۲-۶) خواهد بود.



شکل (۲-۶) - پیش بینی میزان کاربرد مستقیم با

استفاده از انرژی زمین گرمایی [۱۱]

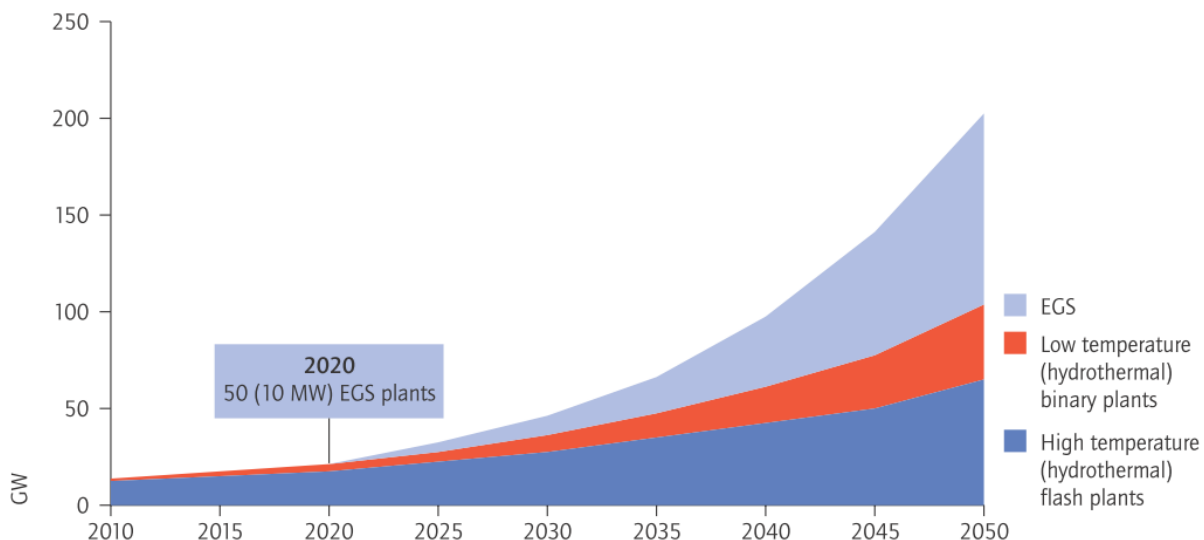
شکل (۱-۶) - پیش بینی میزان تولید برق با استفاده از انرژی

زمین گرمایی طبق سناریو ETP [۱۱]

با فرض تولید ۱۰۰ گیگاوات برق توسط هر کدام از منابع هیدروترمال و سیستم زمین گرمایی پیشرفته (EGS)^۱ در سال ۲۰۵۰، روند تولید توان به تفکیک هر یک از فناوری ها مطابق شکل (۳-۶) خواهد بود. پیش بینی می شود، تا سال ۲۰۵۰، مخازن هیدروترمال در محدوده‌ی دماهای پایین و متوسط در کشورهای گرمسیر مورد بهره‌برداری قرار گیرند. همچنین انتظار می‌رود، فناوری تولید همزمان برق و حرارت (CHP)^۲ در کشورهای با مصرف حرارتی بالا گسترش یابد؛ چنانچه در سال‌های اخیر کشور آلمان پیشرفت‌هایی در زمینه نیروگاه‌های دوگانه CHP داشته است. در این نقشه‌راه انتظار می‌رود، فناوری مخازن دما بالا حاوی سنگ‌های داغ (EGS)، پس از سال ۲۰۳۰ تجاری‌سازی شوند. علاوه بر ۱۰ نیروگاه EGS که هم اکنون در حال توسعه می‌باشند، حداقل ۵۰ نیروگاه EGS، با ظرفیت حدودی ۵۰ مگاوات تا سال ۲۰۲۰ توسعه خواهند یافت.

^۱ Enhanced Geothermal System

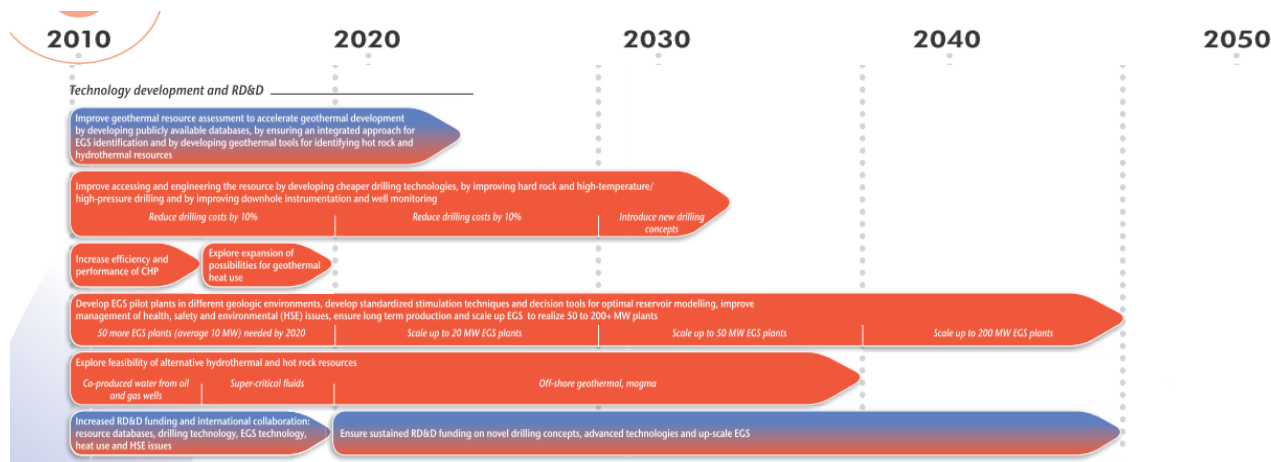
^۲ Combined Heat and Power



شکل (۳-۶) - نحوه رشد تولید برق تا سال ۲۰۵۰ به تفکیک هر یک از فناوری های هیدروترمال و EGS [۱۱]

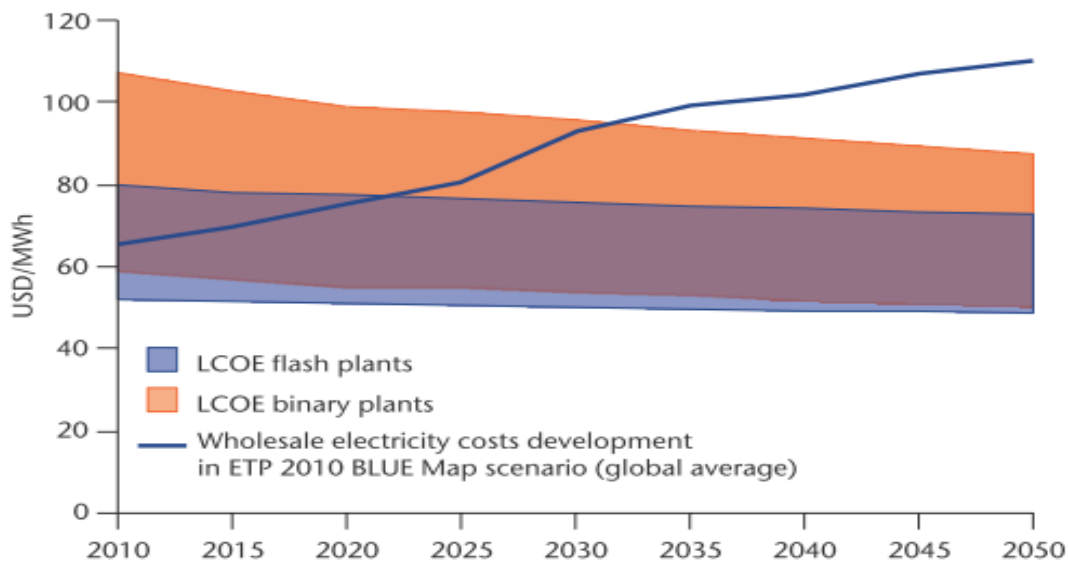
آژانس بین المللی انرژی نقشه راه فناورانه و چارت زمانی هر یک از فعالیت های مربوطه جهت تولید برق و حرارت از انرژی زمین -

گرمایی را تا سال ۲۰۵۰ مطابق نمودار شکل (۴-۶) ارائه کرده است:



شکل (۴-۶) - نقشه راه فناوریانه و تولید برق و حرارت از انرژی زمین گرمایی تا سال ۲۰۵۰، ارائه شده توسط IEA [۱۲]

هزینه تولید انرژی از انرژی زمین گرمایی با در نظر گرفتن ملاحظات فنی اشاره شده بسیار متغیر خواهد بود. طبق پیش‌بینی صورت گرفته، هزینه تولید الکتریسیته توسط سیستم‌های تبخیر آبی تا سال ۲۰۵۰ با نرخ متوسطی کاهش خواهد یافت. سیستم‌های هیدروترمال دوگانه با مخازن دما پایین نیز اگرچه در حال حاضر ظرفیت پایینی دارند، همزمان با افزایش ظرفیت هزینه تولید توان توسط این سیستم‌ها کاهش خواهد یافت. همچنین هزینه فروش برق، به خصوص طی سال‌های ۲۰۲۰ تا ۲۰۳۰، مطابق شکل (۶-۵) نرخ صعودی خواهد داشت.



شکل (۵-۶) - تغییرات هزینه‌ها تا سال ۲۰۵۰ به تفکیک فناوری و با در نظر گرفتن تأثیر نقشه راه فناوریانه [۱۱]

آژانس بین‌المللی انرژی فعالیت‌ها و برنامه‌ها جهت توسعه فناوری تولید حرارت و برق از زمین گرمایی را در پنج گروه زیر دسته

بندی کرده است:

- مدیریت منابع زمین گرمایی

- مهندسی مخازن

- کاربرد مستقیم حرارتی زمین گرمایی
- سیستم زمین گرمایی پیشرفته (EGS)
- سایر فناوری های پیشرفته

ریز فعالیت ها، بازه زمانی و سازمان موظف جهت انجام فعالیت های تعریف شده در هر یک از گروه های مدیریت منابع زمین - گرمایی، کاربرد مستقیم حرارتی زمین گرمایی، EGS و سایر فناوری های پیشرفته مطابق جداول (۶-۱) تا (۶-۴) است:

جدول (۶-۱) - ریز فعالیت ها و بازه زمانی فعالیت های مرتبط با مدیریت منابع زمین گرمایی [۱۱]

فعالیت تعریف شده	بازه زمانی	سازمان موظف
ترکیب و آنالیز داده های ژئولوژی و بسط آنها	۲۰۱۱-۲۰۱۵	دولت - صنعت زمین گرمایی - موسسات پژوهشی هیدروکربن
توسعه و دستیابی به منابع سنگ های داغ و منابع هیدروترمال پیشرفته، مدیریت منابع زمین گرمایی	۲۰۱۱-۲۰۲۰	موسسات پژوهشی و صنعت زمین گرمایی
توسعه تجهیزات زمین گرمایی به منظور شناسایی سنگ های داغ و منابع هیدروترمال ناشناخته	۲۰۱۵-۲۰۲۵	موسسات پژوهشی هیدروکربن و زمین - گرمایی

جدول (۶-۲) - ریز فعالیت ها و بازه زمانی فعالیت های مرتبط با کاربرد مستقیم حرارتی زمین گرمایی [۱۱]

فعالیت تعریف شده	بازه زمانی	سازمان موظف
افزایش بازده و عملکرد فناوری تولید همزمان برق و حرارت (CHP) با بهینه سازی تجهیزات پمپ، مبدل حرارتی، تزریق مجدد و بهینه کردن تعادل بین میزان تولید بار حرارتی و برق CHP	۲۰۱۱-۲۰۱۵	بخش حرارتی زمین گرمایی، موسسات پژوهشی و صنعت زمین - گرمایی

فعالیت تعریف شده	بازه زمانی	سازمان موظف
توسعه امکان بهره برداری از حرارت زمین گرمایی: استفاده به روش cascade یا آبشاری، استفاده در سرمایه‌ش، استفاده در بهره‌برداری منابع سنگ‌های داغ CHP	۲۰۲۵-۲۰۱۵	بخش حرارتی زمین گرمایی، موسسات پژوهشی و صنعت زمین-گرمایی

جدول (۳-۶) - ریز فعالیت‌ها و بازه زمانی فعالیت‌های مرتبط با سیستم زمین گرمایی پیشرفته (EGS) [۱۱]

فعالیت تعریف شده	بازه زمانی	سازمان موظف
توسعه پایلوت‌های EGS در محیط‌های ژئولوژی	۲۰۲۰-۲۰۱۱	صنعت زمین گرمایی، دولت و واحد پژوهشی
توسعه روش‌های استاندارد تحریک شیمیایی، حرارتی و هیدرولیکی - تعیین ابزار جدید مدلسازی مخازن	۲۰۳۰-۲۰۱۱	صنعت زمین گرمایی و واحد پژوهشی
توسعه مدیریت ایمنی و مسائل زیست محیطی (HSE)	۲۰۲۰-۲۰۱۱	صنعت زمین گرمایی و واحد پژوهشی
بررسی دوره دسترس پذیری مخازن و مدیریت مخازن EGS	۲۰۲۵-۲۰۱۵	صنعت زمین گرمایی و واحد پژوهشی
بهره‌برداری از واحدهای EGS تا ۵۰ مگاوات و سپس به ظرفیت بالاتر از ۲۰۰ مگاوات	شروع از ۲۰۲۵	صنعت زمین گرمایی

جدول (۴-۶) - ریز فعالیت ها و بازه زمانی فعالیت های مرتبط با سیستم زمین گرمایی پیشرفته (EGS) [۱۱]

فعالیت تعریف شده	بازه زمانی	سازمان موظف
بررسی و امکان سنجی روش های جدید استخراج از منابع سنگ های داغ	۲۰۲۵-۲۰۱۱	واحد پژوهشی، دولت و صنعت زمین گرمایی
بررسی و امکان سنجی فناوری های جدید استخراج به کمک سیالات در شرایط فوق بحرانی و تولید همزمان آب داغ از صنعت نفت و گاز	۲۰۲۰-۲۰۱۱	صنعت زمین گرمایی، واحد پژوهشی، دولت، و صنعت وابسته به هیدروکربن
بررسی و امکان سنجی فناوری های جدید استخراج از مخازن هیدروترمال off-shore	۲۰۴۰-۲۰۲۰	واحد پژوهشی، دولت و صنعت زمین گرمایی

۲-۶- استراتژی و نقشه راه فنی کاربرد انرژی زمین گرمایی آمریکا

در این بخش به نقشه راه های فنی و توسعه استراتژیکی تدوین شده توسط سازمان فناوری های زمین گرمایی (GTO) و دپارتمان انرژی آمریکا (DOE)، دانشگاه ماساچوست آمریکا (MIT) و آزمایشگاه ملی انرژی های تجدیدپذیر آمریکا (NREL) و مرکز بین المللی منابع انرژی (PERI) پرداخته خواهد شد.

۱-۲-۶- نقشه راه فنی کاربرد نیروگاهی انرژی زمین گرمایی (توسط GTO و DOE)

در جولای سال ۲۰۱۱، سازمان فناوری های زمین گرمایی و دپارتمان انرژی آمریکا، گردهمایی در برکلی کالیفرنیا برگزار کردند، تا نیازها و فرصت های فناوریانه ممکن به منظور پیشرفت در انرژی زمین گرمایی را بررسی نمایند. اعضای هیئت، فناوری هایی را در زمینه های دسته بندی شده زمین شناسی، ژئوشیمی، ژئوفیزیک و سنجش از دور بررسی کردند. جهت دستیابی به تولید توان ۳۰

^۱Geothermal Technology Office

^۲Department of Energy

^۳Massachusetts Institute of Technology

^۴National Renewable Energy Laboratory

^۵Princeton Energy Resources International

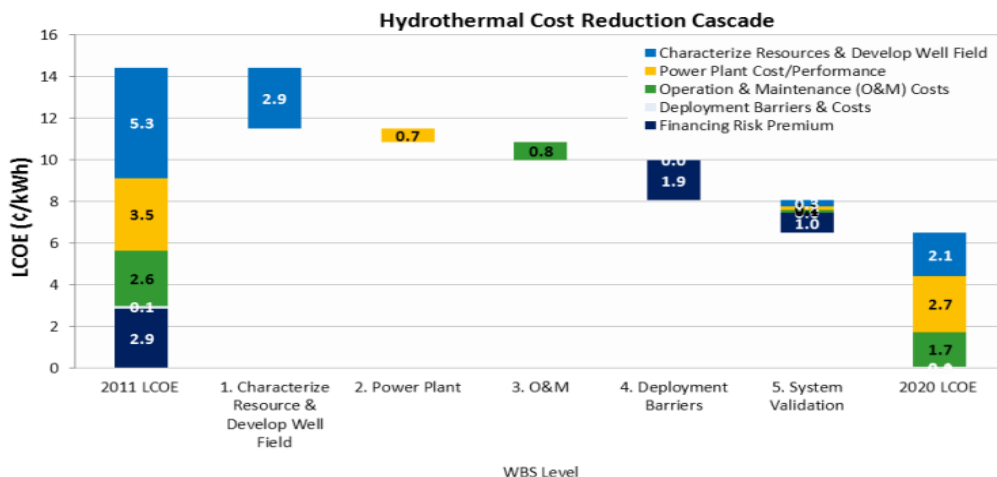
^۶Remote sensing

گیگاواتی طبق چشم‌انداز ۲۰۳۰، فناوری‌هایی که منجر به تسریع این روند می‌گردند، مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج حاصل از بررسی‌ها منجر به تدوین نقشه‌راه فناورانه اکتشاف زمین‌گرمایی گردید.

پیشرفت در پروژه‌های زمین‌گرمایی تا حد زیادی وابسته به مشخصه دمایی، نفوذپذیری و سیال می‌باشد، که در واقع از جمله پارامترهای کلیدی هستند. در این گزارش به طور خلاصه به نیازها و الزامات جهت تدوین نقشه‌راه فنی با هدف قرار دادن سه پارامتر کلیدی مذکور اشاره شده است. برای این منظور، هدف بنیادین GTO توسعه‌ی فناوری اکتشاف منابع هیدروترمال ناشناخته (یا کشف نشده) تا حدود ۳۰ گیگاوات، بهره‌برداری از سیستم‌های زمین‌گرمایی پیشرفته EGS به بیش از ۱۰۰ گیگاوات و همچنین بهره‌برداری از برخی منابع هیدروترمال دما پایین در آمریکا می‌باشد. دستیابی به این اهداف ملزم به تدوین استراتژی‌هایی جهت توسعه‌ی فناوری‌های اکتشاف زمین‌گرمایی می‌باشد [۱۳].

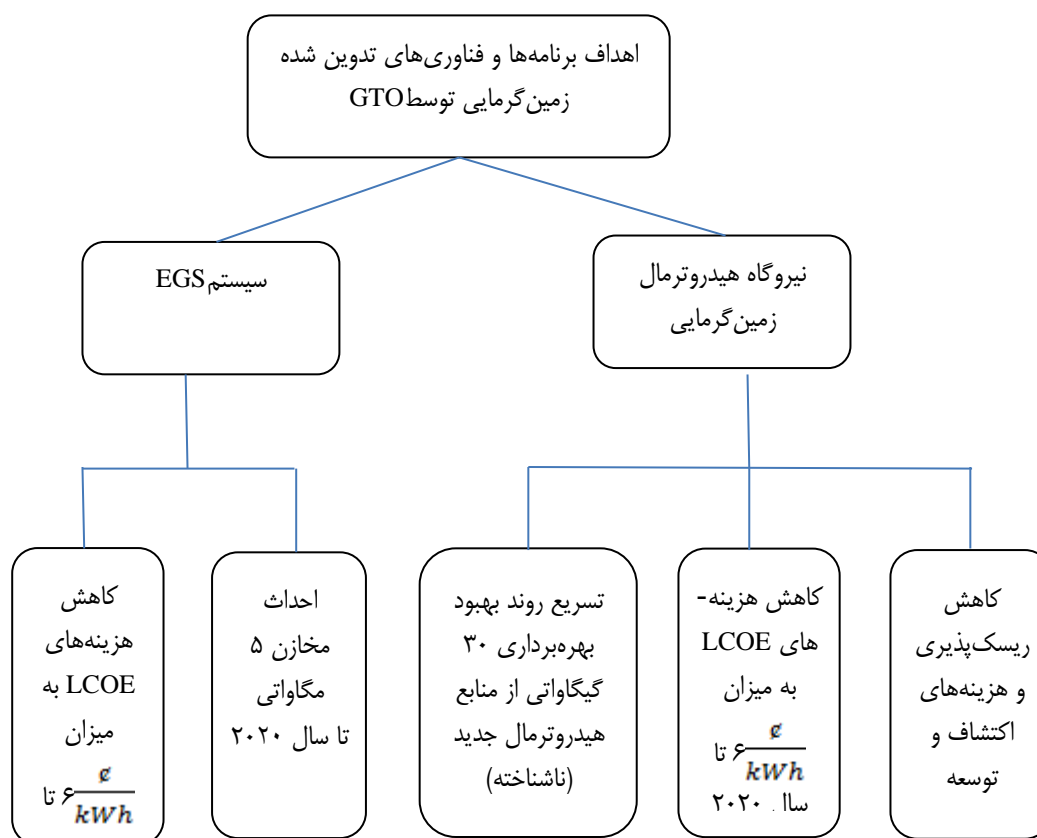
از آنجائی که پیشرفت در تجاری شدن در بازارهای رقابتی انرژی یکی از اهداف اصلی EERE می‌باشد، لذا نقشه‌راه معمولاً بر مبنای استراتژی کاهش هزینه‌ها تدوین می‌شود. در مورد استراتژی مخازن هیدروترمال GTO، با توسعه‌ی میدان زمین‌گرمایی و ارزیابی مخازن، بیش از یک سوم کاهش هزینه‌ی چشم‌انداز ۲۰۲۰ پوشش داده خواهد شد. شکل (۶-۶) نمودار کاهش هزینه‌ها را تا سال ۲۰۲۰ برای یک نیروگاه ۳۰ مگاواتی هیدروترمال دوگانه با دمای مخزن ۱۷۵ درجه سانتیگراد و عمق ۱/۵ کیلومتری نشان می‌دهد. محاسبه‌ی نمودار فوق با استفاده از مدل تعیین فناوری الکتریسیته زمین‌گرمایی (GETEM)^۲ در سال ۲۰۰۸ انجام شده است. ملاحظه می‌گردد، مشخصه‌یابی مخازن و توسعه میدان زمین‌گرمایی از تأثیرگذارترین پارامترها در کاهش هزینه‌ها از $14 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$ به $6 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$ تا سال ۲۰۲۰ می‌باشند [۱۳].

^۱Energy Efficiency and Renewable Energy^۲Geothermal Electricity Technology Evaluation



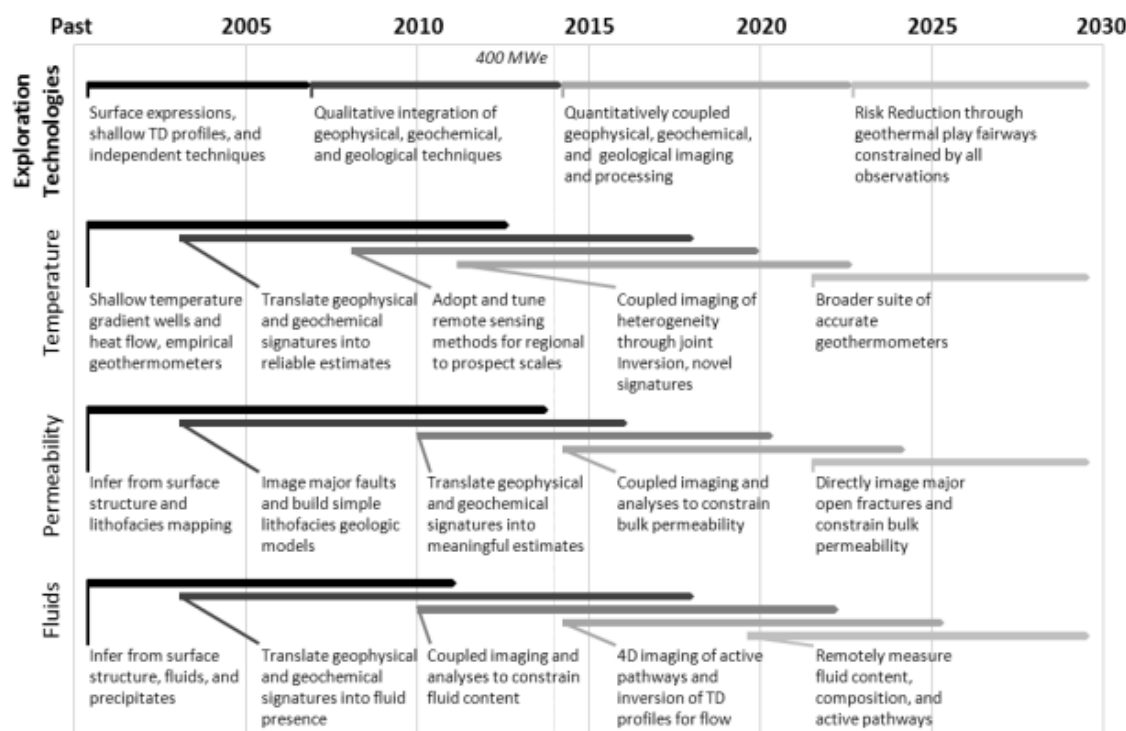
شکل (۶-۶) - مثالی از نمودار کاهش هزینه ها برای یک نیروگاه ۳۰ مگاواتی هیدروترمال، با لحاظ کردن استراتژی های فنی

اهداف برنامه های تدوین شده در حیطه ی هیدروترمال و EGS به طور خلاصه مطابق شکل (۶-۷) است:



شکل (۶-۷) - اهداف برنامه ها و فناوری های تدوین شده توسط GTO

بر مبنای اهداف اشاره شده در شکل (۶-۷)، چارت پیشنهادی GTO و چشم انداز ۲۰۳۰ با جزئیات زمانی و فنی هر یک از سه پارامتر اصلی ذکر شده (دما، نفوذپذیری و سیال)، در شکل (۶-۸) نشان داده شده است. ابتدا و انتهای هر یک از پیکان های شکل (۶-۸) بازه های زمانی برنامه مورد نظر را نشان می دهد.



شکل (۸-۶) - چارت زمانی راهکارهای فنی پیشنهادی ارائه شده توسط GTO بر مبنای سه پارامتر اصلی دما، نفوذپذیری و

سیال زمین گرمایی با چشم‌انداز ۲۰۳۰ [۱۳]

در چند دهه اخیر، پیشرفت تکنیک‌های ژئوشیمیایی به همراه توسعه‌ی روش‌های ژئوفیزیکی برای اندازه‌گیری دما مورد توجه GTO بوده است. روش‌های سنجش از دور نیز برای تعیین دما مورد توجه قرار گرفته است. تمامی این تکنیک‌ها در نقشه‌راه فناوریانه GTO لحاظ شده است. همچنین روش‌های جدید شیمیایی و فیزیکی (مانند ترمومترهای جدید بیوژئوشیمیایی) که دقت اندازه‌گیری دما را افزایش می‌دهند، از دیگر تکنیک‌های فنی مورد توجه GTO در نقشه‌راه می‌باشند. به طور کلی هدف اصلی نقشه‌راه فنی در راستای اندازه‌گیری پیشرفته دما، افزایش و بهبود عملکرد ترمومترها در عمق‌های بالا می‌باشد.

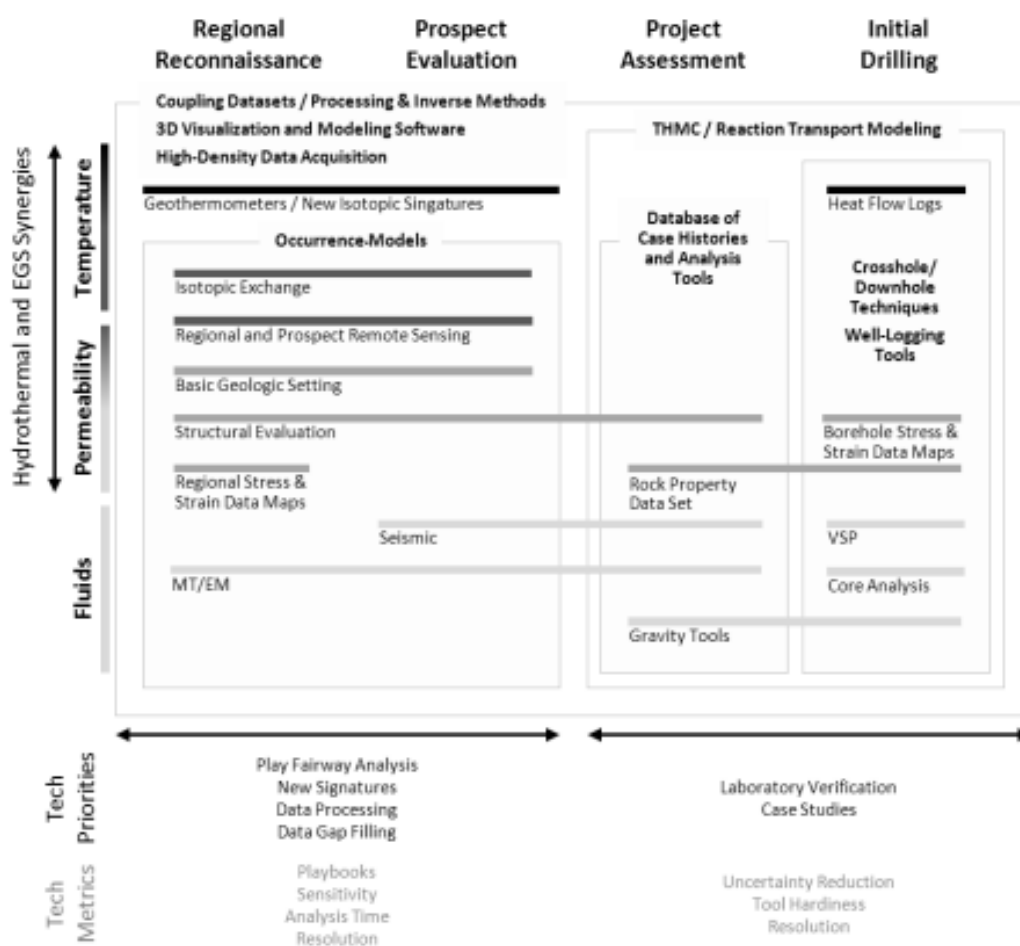
پیرو گردهمایی جولای ۲۰۱۱ در کالیفرنیا، پیشرفت‌های فناوریانه مورد نیاز برای رسیدن به اهداف مورد نظر GTO، در جدول (۵-۶) خلاصه شده است. اعضای کمیته فاکتورهای کوتاه مدت و بلند مدت را برای فناوری لیست شده در جدول (۵-۶) استخراج کرده‌اند، که نمایانگر راهکار توسعه‌ی هر یک از فناوری‌ها است. طبق نقشه‌راه، در طی دو سال ۲۰۱۳ و ۲۰۱۴ تأکید کمیته بر توسعه‌ی تکنیک‌های مدل‌سازی بوده است. در بازه‌ی زمانی ۵ ساله (۲۰۱۲ تا ۲۰۱۷)، کمیته پیشنهادهای مبنی بر جمع‌آوری

اطلاعات، پردازش پیشرفته و تکمیل نمونه های مورد مطالعه و اعتبارسنجی آنها به روش های مختلف ارائه نمود. در بازه زمانی ۲۰۱۷ تا ۲۰۲۰ نیز تمرکز بر ابزار و تجهیزات پیشرفته خواهد بود.

جدول (۵-۶) - فاکتورهای کوتاه مدت و بلند مدت جهت رسیدن به اهداف مورد نظر [GTO]۱۳

Proposed Technology Solution	Proposed Metric	Target Date
Basic Geologic Setting and Permeability	Complete 5 studies	2017
Conceptual Geospatial Models	Improved geospatial source images	2016 – 2020
Core Log Analysis	Systematic logs on 10% of core	2016
	2 new techniques applied	2020
	Automated logging on 1% of chip samples	
Database of Case Histories and Analysis Tools	Compile 5 case databases per year	2015
Gravity Tools	Improve airborne resolution from 100s to 10s of km	2014
	Reduce non-uniqueness from $\sim 10^6$ to 100s of solutions	2020
Inverse Techniques	Improve processing speed by a factor of 3-4	2020
Isotopic Exchange/Permeability Distribution	Validate 1 new signature for a 1-10 km scale heterogeneity	2017
MT/EM Tools/AFMAG	Build and test an airborne system sensitive to 2 km depth	2020
New Signal Detection Tools	Identify 1 new geochemical/isotopic signal for a previously considered "hidden" system	2015
Reactive Transport Models	Improve project-scale resolution from 100 to 10 m	2014
	Improve processing speed by a factor of ~ 10	
	4 new reactive stable and radiogenic isotopes used in models Add ~ 8 relevant minerals/phases to thermodynamic/kinetic databases	2015
Regional Remote Sensing	Complete, multi-instrument prospect coverage with centralized data management	2020
Seismics (reflection, passive, source)	Expand active methods to volcanic terrains Prove success of passive and source methods at 1 site	2016
Stress/Strain Data Mapping	Develop assessment protocol	2013
	Implement in 8-12 settings	2017
Structural Evaluation	100% data collection for a case study site	2016
Synthesize Multiple Datasets	Analysis methodology for each geothermal system type	2014
	Increase software data-handling capabilities from ~ 2 -5 datasets	2016
	Improve processing speed by a factor of ~ 10	2017
Well Logging Tools	Slimhole tools ≤ 3 " diameter	2016
	Increase temperature hardness from 150-200 to 300 °C	2020
3D Visualization and Modeling Software	Development of a new software tool	2016

شکل (۶-۹)، بیانی دیگر و فشرده تر راهکارهای فنی ارائه شده در جدول (۶-۵) را نشان می دهد. فناوری ها بر اساس خواص فیزیکی اولیه که تابع هدف می باشد، دسته بندی شده اند. رنگ سیاه نشان دهنده فناوری های وابسته به دما و خاکستری تیره به هر دو پارامتر دما و نفوذپذیری اشاره دارد. خاکستری متوسط به فناوری های مرتبط با نفوذپذیری اشاره دارد. فناوری های مرتبط با سیال زمین گرمایی نیز به رنگ خاکستری روشن نشان داده شده اند.



شکل (۶-۹) - راهکارهای فنی ارائه شده توسط GTO و دسته بندی آنها بر اساس توابع هدف [۱۳]

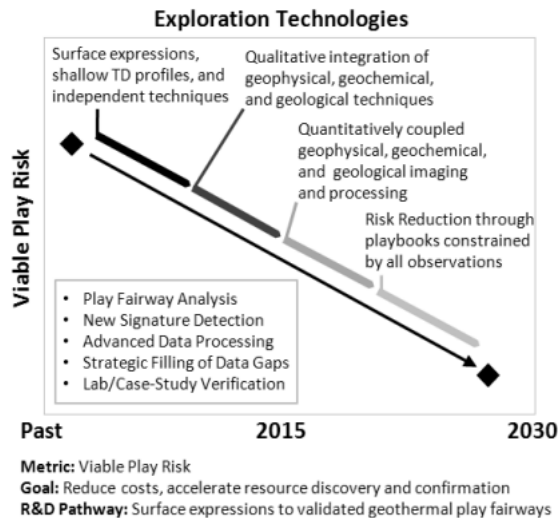
در ادامه موارد اشاره شده در شکل (۶-۹)، به صورت جزئی تر در جدول (۶-۶) ارائه شده است:

جدول (۶-۶) - راهکارهای فنی ارائه شده توسط GTO و دسته بندی آنها بر اساس توابع هدف [۱۳]

Tech Path	Tech Metric	Description
Exploration Technologies Overall	Viable Play Risk	Improve signature recognition and resolution, reduce costs, and grow reserves
Temperature	1. Sensitivity 2. Reservoir Temperature Uncertainty	Identify new signatures and improve accuracy of techniques (geochemical to geophysical, sample analysis to remote)
Permeability	1. Spatial Resolution 2. Matrix Permeability Uncertainty	Accurate direct imaging of major open fractures and precise measurement of scale-dependent matrix permeability
Fluids	1. Sensitivity 2. Spatial Resolution	Develop ability to remotely measure fluid content, composition, and active pathways
Crosscutting	1. Playbooks 2. Tool Hardiness 3. Analysis Time	Improved acquisition tools and processing techniques, and a growing portfolio of validated play fairways

در آخر نقشه راه فنی و استراتژی واحد تحقیق و توسعه ی GTO با اهداف و بازه ی زمانی به طور خلاصه وار در شکل (۶-۱۰)

ارائه شده است.



شکل (۶-۱۰) - طرح شماتیک خلاصه وار نقشه راه فنی ارائه شده توسط GTO [۱۳]

۲-۲-۶ - چشم انداز و راهکارهای فناورانه اتخاذ شده توسط دانشگاه MIT آمریکا تا سال ۲۰۵۰

اگرچه منابع هیدروترمال زمین گرمایی قابلیت به کارگیری برای هر دو کاربرد نیروگاهی و غیرنیروگاهی را دارند، اما از نظر کمی محدود می باشند. با این حال سیستم های زمین گرمایی پیشرفته (EGS) منابعی با ظرفیت بالا جهت استفاده از انرژی ذخیره شده در اعماق زمین می باشند. علاوه بر منابع هیدروترمال و مخازن EGS، منابع زمین گرمایی غیرمعمول دیگری از قبیل سیستم های تحت فشار نیز وجود دارند. استفاده از روش های EGS تاکنون در سایت های متعددی آزمایش شده است و در تمام دنیا در حال رشد می باشد. در این راستا متخصصین دانشگاه MIT، در مطالعات آینده پژوهی کشور آمریکا بر این سیستم متمرکز شده اند. در نشست های صورت گرفته، امکان اعمال برخی سیاست های فناورانه جهت دستیابی به ظرفیت ۱۰۰،۰۰۰ مگاواتی تولید برق تا سال ۲۰۵۰ بررسی شده است [۱۴].

هدف از این برآورد تهیه یک سند ارزیابی از انرژی زمین گرمایی به عنوان مهم ترین تأمین کننده انرژی در ایالت متحده آمریکا است. بدین منظور تیمی متشکل از ۱۸ متخصص در دانشگاه ماساچوست آمریکا فعالیت خود را در اواخر سال ۲۰۰۵ آغاز کردند. فعالیت این تیم در سه بخش از سیستم های انرژی زمین گرمایی EGS صورت گرفت:

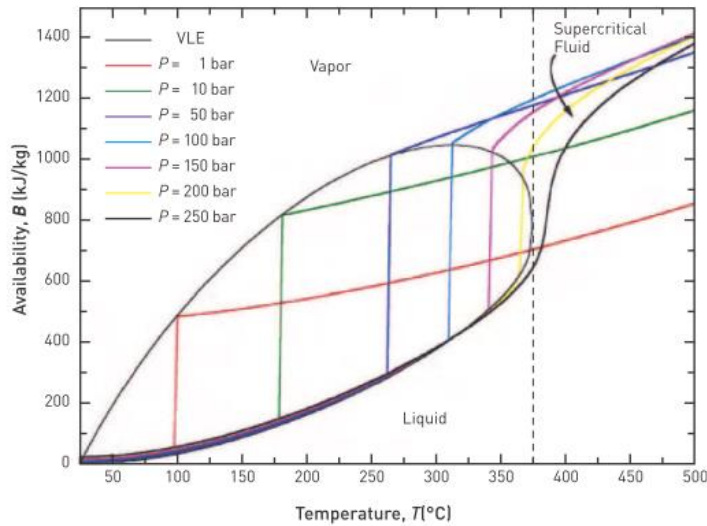
- ارزیابی منابع: ارزیابی میزان منابع و توزیع منابع زمین گرمایی

- فناوری: وضعیت و الزامات فناوری EGS که برای امکان سنجی مقیاس تجاری لازم می باشد.

- ارزیابی اقتصادی: ارزیابی اقتصادی تاثیر EGS بر میزان تأمین انرژی آمریکا تا سال ۲۰۵۰

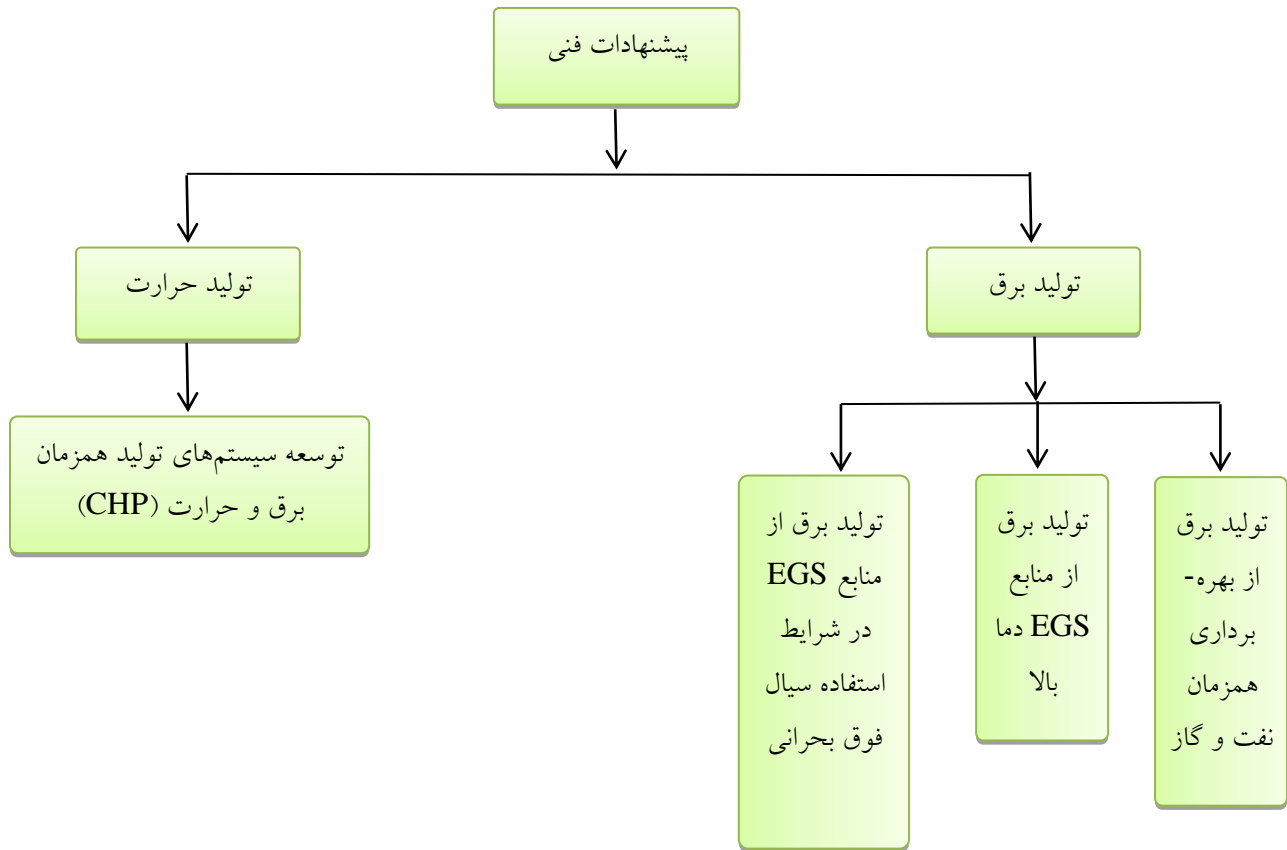
روش های متعددی جهت استفاده انرژی حرارتی حاصل از سیستم های زمین گرمایی وجود دارد، که رایج ترین آنها کاربرد مستقیم حرارت می باشد. همچنین کاربرد همزمان برق و حرارت در سیستم های ترکیبی، استفاده به عنوان منبع حرارت پمپ های حرارتی گزینه های دیگری هستند، که از پیشنهادات ذخیره سازی پیشرفته انرژی به شمار می آیند. سیستم های رایجی که جهت تبدیل انرژی زمین گرمایی به صورت تجاری در دسترس هستند عبارتند از: سیستم انبساط بخار مستقیم، سیکل تبخیر آبی، بخار یک و چند مرحله ای، سیکل ارگانیک رانکین دوگانه و سیکل منبسط کننده دوفازی.

به دلیل پایین بودن دمای سیال زمین گرمایی در مقایسه با دمای منبع احتراق سوخت های فسیلی، تولید برق از انرژی زمین گرمایی دارای برخی محدودیت های ذاتی می باشد. دمای پایین منبع انرژی منجر به کم شدن کار خروجی خواهد شد. شکل (۱۱-۶) وابستگی سیال زمین گرمایی را به دما و فشار نشان می دهد. شکل (۱۱-۶) نشان می دهد که افزایش فشار و دما تأثیر غیر خطی بر حداکثر توان خروجی دارد. به عنوان مثال، میزان تولید توان سیال زمین گرمایی در شرایط فوق بحرانی با دمای ۴۰۰ درجه سلسیوس و فشار ۲۵۰ بار، نسبت به توان تولیدی سیال هیدروترمال با دمای ۲۲۵ درجه سلسیوس، بیش از ۵ برابر می باشد. این نتیجه منجر به افزایش توجه محققین به سیستم EGS با سیال فوق بحرانی می شود [۱۴].



شکل (۱۱-۶) - وابستگی سیال زمین گرمایی را به دما و فشار و اهمیت سیال فوق بحرانی

بازده سیستم های تبدیل انرژی رایج، بین ۲۵ تا ۵۰ درصد می باشد. انتظار می رود، با برخی راهکارهای پیشنهادی واحد تحقیق و توسعه بازده این سیستم ها تا ۶۰ درصد افزایش یابد. این راهکارها می تواند، در جهت افزایش انتقال حرارت (با کاهش اختلاف دما)، افزایش ضریب انتقال حرارت و بهبود کارایی مکانیکی اجزای این سیستم ها از قبیل توربین ها، منبسط کننده ها و پمپ ها باشد. اعضای هیئت متشکله با در نظر گرفتن برنامه های فوق، راهکارهای فناورانه را به شرح شکل (۱۲-۶) لحاظ کرده اند:



شکل (۱۲-۶) - پیشنهادات فنی ارائه شده جهت تولید برق و حرارت از انرژی زمین گرمایی در نقشه راه MIT

در ادامه سیستم های تبدیل انرژی مختلف برای سیال EGS ارائه شده است؛ دما پارامتر اولیه و فشار به عنوان پارامتر ثانویه

لحاظ شده است.

• تولید برق

در این بخش پنج دسته سیال زمین گرمایی با دماهای ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰، ۲۵۰ و ۴۰۰ درجه سلسیوس در نظر گرفته شده اند.

سپس برای تمامی حالات اشاره شده مناسب ترین سیستم تبدیل انرژی، منطبق بر راهکارهای فنی اشاره شده در چشم انداز ۲۰۵۰

آمریکا پیشنهاد شده است. همچنین میزان تخمینی توان خالص خروجی و هزینه نصب و راه اندازی نیروگاه در هر حالت مشخص

شده است. جدول (۶-۷) اطلاعات فوق را برای پنج حالت مذکور نمایش می دهد. دو حالت اول منابع دما پایین محسوب می شوند،

که مناسب برای سیستم‌های EGS نیستند؛ با این حال مناسب برای فناوری پیشنهادی تولید برق همزمان نفت و گاز می‌باشند. در مورد آخر (سیال با دمای ۴۰۰ درجه سلسیوس)، سیال مورد استفاده می‌تواند، فوق بحرانی باشد که به دلیل دارا بودن فشار بالا تنش‌هایی از دیدگاه مهندسی و اقتصادی پیش خواهد آمد. این فرایند قطعاً نیازمند هزینه‌های بالای پمپاژ و مواد پیشرفته خواهد بود [۱۴].

جدول (۶-۷) - سیستم تبدیل انرژی مناسب برای هر نوع از سیالات زمین گرمایی

Table 7.1 Summary of energy conversion systems.

Geofluid temperature, °C	Energy conversion system	Typical application	Working fluid	Cooling system
100	Basic binary	O&G waters	R-134a	Water (evaporative condenser)
150	Binary w/recuperator	O&G waters	Isobutane	Air
200	Binary or Single-flash	EGS	Isobutane or Geofluid	Air or water
250	Double-flash	EGS	Geofluid	Water
400	Single or triple expansion	Supercritical EGS	Geofluid	Water

• تولید برق از بهره‌برداری همزمان نفت و گاز

اخیراً پیشنهادی در رابطه با استفاده از منبع عظیم انرژی هیدروترمال ناشی از آب گرم تولیدی در عملیات نفت و گاز مطرح شده است (McKenna and Blackwell, 2005). پیشنهاد دهندگان این طرح پتانسیل این منابع را بسته به دمای آب، حدود ۹۸۵ تا ۵۳۰۰ مگاوات الکتریسیته تخمین زده‌اند. از آنجائی که نیروگاه دوگانه فناوری مناسبی برای سیالات دما پایین و دمای متوسط می‌باشد، برای سیال زمین گرمایی تولید شده از فناوری پیشنهادی بهره‌برداری از عملیات نفت و گاز نیز مناسب خواهد بود [۱۴].

^۱Coproduced aqueous fluids from oil and gas operations

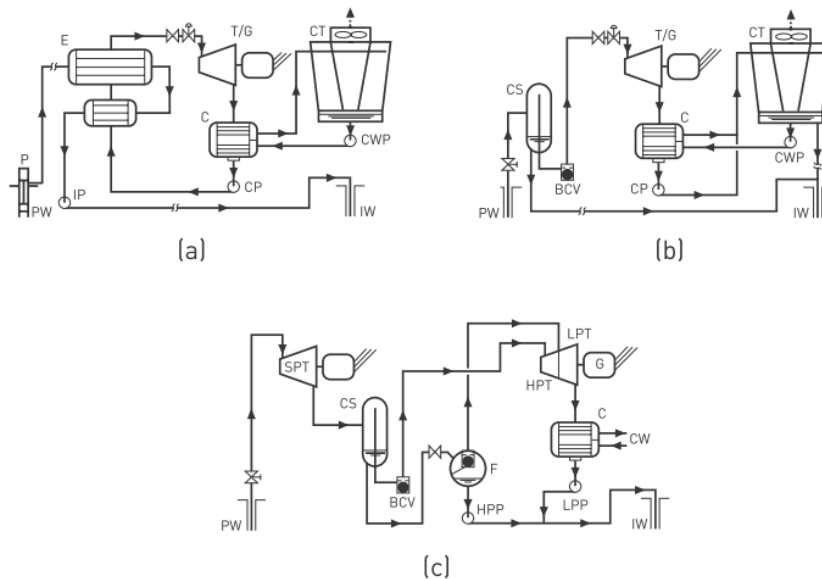
^۲ Binary powerplant

- تولید برق از منابع دما بالای EGS

انتظار می رود که مخازن EGS در اعماق بسترهای گرانی، در درجه حرارتی حدود ۲۵۰ تا بیش از ۵۰۰ درجه سلسیوس باشند. در این مخازن سیالات حدود به دمایی بیش از ۲۰۰ درجه سلسیوس خواهند رسید [۱۴].

- تولید برق از منابع EGS در حالت فوق بحرانی

اخیراً فناوری تبدیل انرژی در حالت فوق بحرانی (سیال با دمای بالاتر از ۳۷۴ درجه سلسیوس و فشار ۲۲ مگاپاسکال) توسعه یافته است. به نیروگاه ها با چنین فناوری "سیستم های انبساط سه گانه" اطلاق می گردد. نمای شماتیک این فناوری به همراه سیستم های رایج در شکل (۱۳-۶) نشان داده شده اند [۱۴].

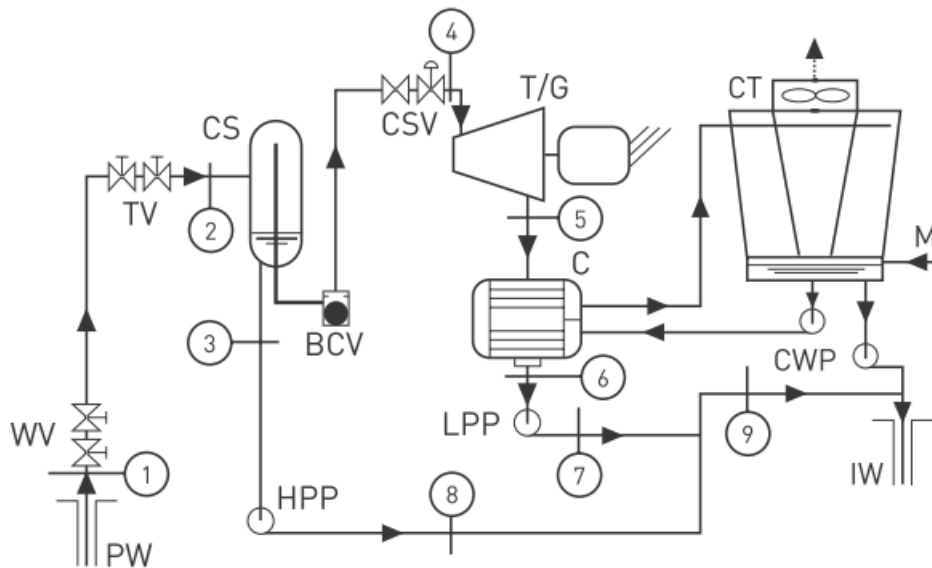


شکل (۱۳-۶) - سیستم های انبساط سه گانه، فناوری تبدیل انرژی در حالت فوق بحرانی

سیستم انبساط سه گانه نوع پیشرفته ای از سیستم تبخیر آبی مضاعف رایج می باشد، با این تفاوت که توربین SPT مطابق شکل شماتیک (۱۴-۶) به آن افزوده شده است. توربین SPT به دلیل فشار بالای سیال زمین گرمایی EGS تعبیه شده است. در حالتی دیگر، توربین فشار بالا حذف می گردد و سیستم flash separation process جایگزین می گردد، که منجر به افت فشار سیال

^۱ Triple Expansion System

EGS به هنگام تولید بخار می گردد. این نیروگاه فوق بحرانی، سیستم تک انبساطی^۱ نام دارد که در شکل (۱۴-۶) شماتیک آن نمایش داده شده است [۱۴].



شکل (۱۴-۶) - سیستم فوق بحرانی تک انبساطی با فشار ورودی بالا

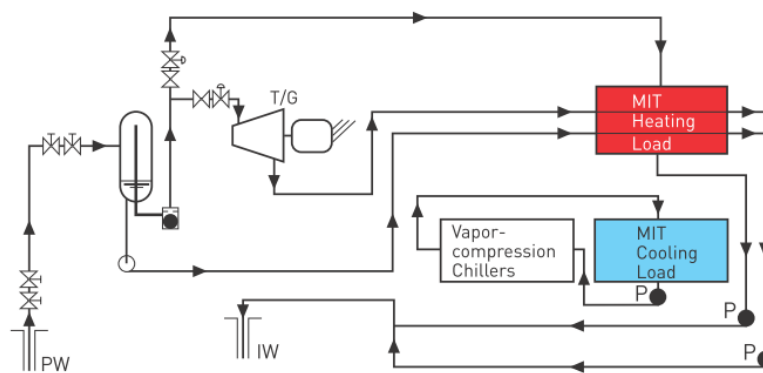
این سیستم نسبت به حالت انبساط سه گانه ساده تر و قطعاً کم هزینه تر می باشد. در سیستم انبساط سه گانه به دلیل فشار بالا، لوله کشی با دیواره ضخیم و پمپاژ سیال فوق بحرانی منجر به بالا بودن هزینه ها خواهد شد. از طرفی به دلیل فشار پایین تر سیستم های تک انبساطی نسبت به انبساط سه گانه، عملکرد آنها ضعیف تر خواهد بود. هم چنین، بدلیل عدم قطعیت بالا در این زمینه، تعیین دبی سیال در یک فشار مشخص خطای زیادی خواهد داشت و بررسی های میدانی بیشتری در این زمینه مورد نیاز است.

- تولید حرارت

- تولید همزمان برق و حرارت

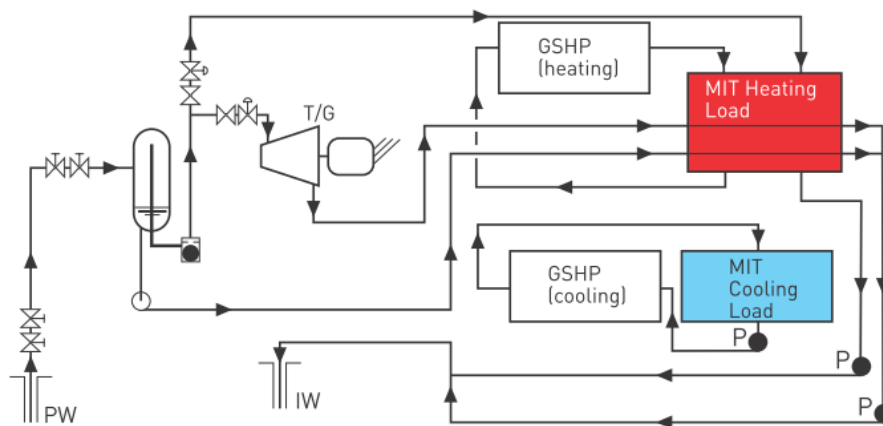
^۱ Single Expansion Plant

علاوه بر تولید برق، از دیگر کاربردهای حرارت تولیدی از سیال EGS می توان به استفاده مستقیم از حرارت این سیالات در مصارف تجاری، صنعتی و خانگی اشاره کرد. مقیاس نسبتاً کوچکی از این سیستم در دانشگاه MIT شبیه سازی شده است. شماتیک ترکیب سیستم EGS با سیستم CHP در شکل (۱۵-۶) نشان داده شده است [۱۴].



شکل (۱۵-۶) - شماتیک سیستم CHP-EGS، ساخته شده در دانشگاه MIT

هم چنین می توان با کوپل کردن سیستم EGS به پمپ های حرارتی، گرمایش و سرمایش مورد نیاز را نیز مطابق شکل (۱۶-۶) تأمین کرد. در این حالت می توان از حرارت بخار خروجی توربین فشار بالا در کاربردهای مستقیم استفاده کرد.



شکل (۱۶-۶) - شماتیک سیستم GSHP-CHP-EGS، ساخته شده در دانشگاه MIT

- به منظور جمع‌بندی مطالب و راهکارهای فناورانه پیشنهاد شده توسط دانشگاه MIT آمریکا در چشم‌انداز سال ۲۰۵۰ فناوری-های نیروگاهی انرژی زمین گرمایی، می‌توان به موارد زیر اشاره کرد [۱۴]:
- در گزارش مذکور جهت توسعه فناورانه انرژی زمین گرمایی، تأکید بر سیال زمین گرمایی EGS بوده است.
 - سیستم‌ها و فناوری‌های نیروگاهی سابق قابلیت کاربری برای سیالات پیشرفته با خواص بهبودیافته را خواهند داشت.
 - با استفاده از سیالات حاصل از عملیات نفت و گاز، پتانسیل تولید توان با ظرفیت ۶۰۰۰ مگاوات در آمریکا وجود دارد.
 - هزینه سرمایه‌گذاری تخمینی نیروگاه زمین گرمایی با استفاده از سیال حاصل از عملیات نفت و گاز، حدود ۱۵۰۰ تا ۲۳۰۰ کیلووات بر دلار برآورد شده است.
 - سیالات فوق بحرانی در سیستم‌های EGS می‌توانند در واحدهای انبساط سه‌گانه استفاده شوند. دبی سیال فوق بحرانی ۱۵ کیلوگرم بر ثانیه در دمای ۴۰۰ درجه سلسیوس و فشار ۲۵ تا ۲۷ مگاپاسکال می‌تواند، توانی در حد ۱۰ مگاوات تولید کنند.
 - سیالات فوق بحرانی سیستم‌های EGS، در فشار بالاتر از ۳۵ مگاپاسکال، دمای ۴۰۰ درجه سلسیوس و دبی ۲۱ تا ۳۰ کیلوگرم بر ثانیه (بسته به فشار سیال) می‌توانند، در واحد نیروگاهی تک انبساطی، توانی در حد ۱۰ مگاوات تولید کنند.
 - می‌توان به روشی نوآورانه و ترکیب سیستم EGS با پمپ حرارتی از سیال حاصل از مخازن EGS، تولید همزمان برق و حرارت داشت.

۳-۲-۶- نقشه‌راه فناورانه نیروگاه زمین گرمایی، ارائه شده توسط NREL و PERI

در این گزارش که توسط مرکز بین‌المللی منابع انرژی به همکاری آزمایشگاه ملی انرژی‌های تجدیدپذیر تهیه شده است، اهداف، روش‌ها و نتایج حاصل از تحلیل ریسک برخی راهکارهای فنی پیشنهادی در کاربرد نیروگاهی انرژی زمین گرمایی بررسی شده است. در این گزارش چهار حالت از فناوری‌های کاربرد نیروگاهی انرژی زمین گرمایی زیر جهت بررسی میزان اثرگذاری راهکارهای پیشنهادی بر هزینه و عملکرد فن‌اور انتخاب شده‌اند:

1. Hydrothermal Binary
2. Hydrothermal Flash
3. EGS Binary Shallow
4. EGS Flash Deep

راهکارهای فنی این نقشه راه نیز در ۵ دسته به صورت زیر ارائه شده اند [۱۵]:

- سیستم EGS

- اکتشاف

- میدان زمین گرمایی

- حفاری

- تبدیل انرژی

فرصت های توسعه تکنولوژی (TIO)^۱ که در این گزارش ارائه شده اند، راهکارها و روش هایی جهت بهبود بازده در تکنولوژی کاربرد نیروگاهی انرژی زمین گرمایی می باشند، که منجر به کاهش میزان هزینه ها خواهند شد. در این گزارش ۷۵ راهکار منحصر بفرد در قالب ۵ شاخه ی فناوری مذکور ارائه شده است، که در ۲۳ گروه TIO طبقه بندی شده است. جدول (۸-۶) خلاصه ای از راهکارهای ارائه شده را نشان می دهد.

جدول (۸-۶) - خلاصه ای از راهکارهای فنی ارائه شده توسط PERI و NREL

دسته بندی فناوری	توضیحات TIO	فرصت های توسعه فناوریانه (TIO)	
EGS / اکتشاف	افزایش دقت پیش بینی دما	پیش بینی دمای هدف	۱
EGS / اکتشاف	پیشرفت روش های شکست و رئولوژی	شکست، رئولوژی	۲

^۱Technology Improvement Opportunities

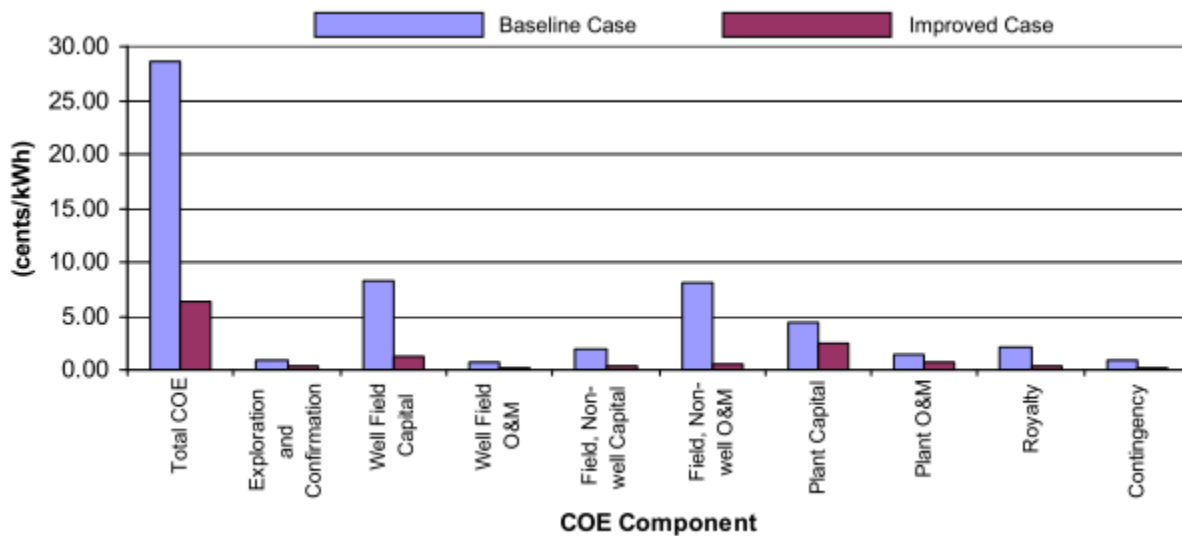
دسته بندی فناوری	توضیحات TIO	فرصت های توسعه فناوریانه (TIO)	
EGS/ اکتشاف	-	کنترل شکست	۳
EGS/ اکتشاف	توسعه مدل سازی عددی به منظور پیش بینی دقیق رشد شکست و نفوذ پذیری	پیش بینی مدل شکست	۴
EGS/ اکتشاف	طراحی و ساخت سیستم سیرکولاسیون زیرزمینی پیشرفته	سیستم سیرکولاسیون زیرزمینی	۵
EGS/ اکتشاف	توسعه مدل سازی عددی به منظور توصیف عملکرد مخازن	مدل سازی عملکرد مخازن	۶
EGS/ اکتشاف	بهبود فناوری artificial lift	Artificial lift	۷
EGS/ اکتشاف	بهبود روش های short-circuit mitigation	Short-circuit mitigation	۸
EGS/ اکتشاف	-	آنالیز فنی سیستم ها	۹
EGS/ اکتشاف	روش های شناسایی و کنترل از راه دور (GPS, InSAR)	شناسایی از راه دور	۱۰
EGS/ اکتشاف	روش های ژئوفیزیکی حفاری	ژئوفیزیک	۱۱
EGS/ اکتشاف	روش های ژئوشیمیایی حفاری (ایزوتوپ، گازها)	ژئوشیمی	۱۲

در بخش تبدیل انرژی فناوری هایی که مورد توجه قرار گرفت عبارتند از:

- استفاده از سیال عامل ترکیبی
- سیکل های پیشرفته و دارای نوآوری
- سیکل های بدون توربین
- استفاده از سیال عامل جایگزین (غیر هیدروکربنی) با مشخصات انتقال حرارت بهبود یافته
- استفاده از کندانسور پیشرفته
- سیستم های خنک کن هیبریدی
- افزایش بازده توربین

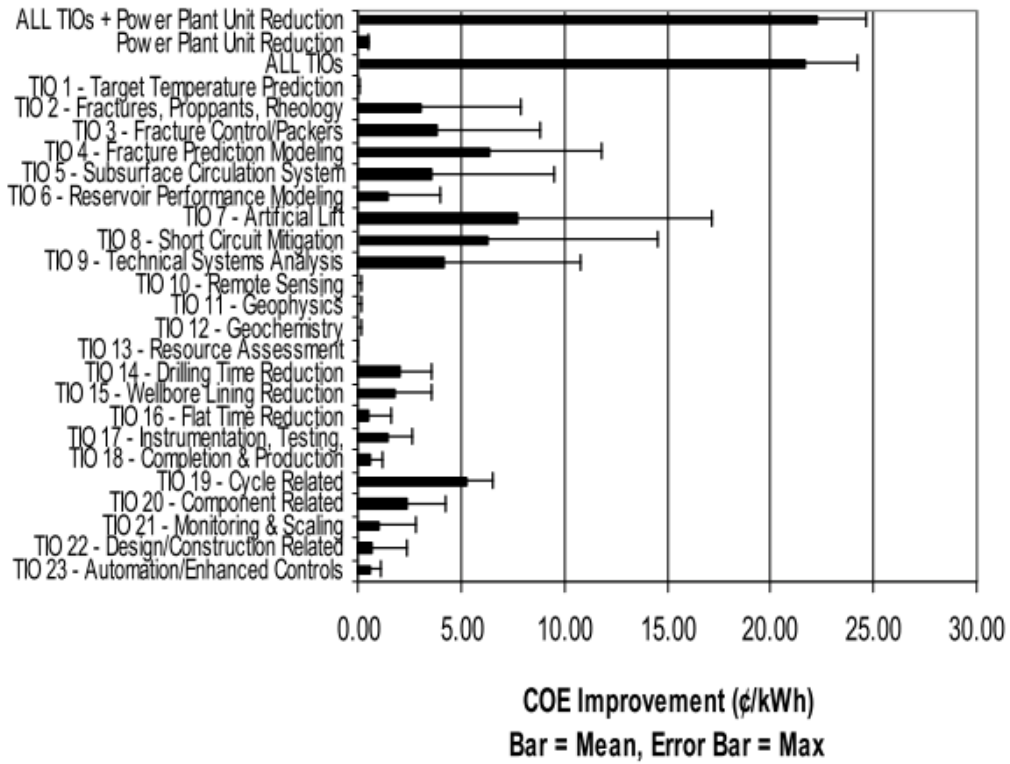
- مواد پیشرفته

شکل (۱۷-۶) نشان می دهد، ۲۳ راهکار فنی پیشنهادی چه میزان بر هزینه های بخش های مختلف سیستم EGS تا سال ۲۰۴۰ تأثیر خواهند داشت. هزینه ها شامل بخش اکتشاف، سرمایه گذاری میدان زمین گرمایی، تعمیر و نگهداری میدان زمین گرمایی، سرمایه گذاری نیروگاه، تعمیر و نگهداری نیروگاه و غیره می باشد.



شکل (۱۷-۶) - تأثیر فناوری های پیشنهاد شده بر هزینه های بخش های مختلف سیستم EGS دوگانه، تا سال ۲۰۴۰ [۱۵]

شکل (۱۸-۶) نیز همانند شکل قبل مختص تأثیر راهکارهای فنی بر هزینه های سیستم EGS دوگانه تا سال ۲۰۴۰ می باشد. با این تفاوت که تأثیر مجزای TIOها بر هزینه کل نیروگاه نشان داده شده است.



شکل (۱۸-۶) - تأثیر هر یک از TIOها بر هزینه کل سیستم EGS دوگانه، تا سال ۲۰۴۰ [۱۵]

طبق توافقات کارشناسان NREL، درصد پیشرفت و درصد موفقیت هر کدام از TIO های پیشنهادی مربوط به دسته تبدیل

انرژی از سال ۲۰۰۵ تا سال ۲۰۴۰ برای یک نیروگاه EGS زمین گرمایی به صورت جدول (۶-۱۰) خواهد بود:

جدول (۶-۱۰) - درصد پیشرفت و درصد موفقیت هر کدام از TIO های پیشنهادی مربوط دسته تبدیل انرژی از سال ۲۰۰۵

تا سال ۲۰۴۰ برای یک نیروگاه EGS دوگانه زمین گرمایی [۱۵]

احتمال موفقیت (%)	درصد پیشرفت TIO در سال ۲۰۴۰			وضعیت در سال ۲۰۰۵	واحد	پارامترهای ورودی "مدل شناسایی فناوری الکتروسیته زمین گرمایی" (GETEM)	TOI 19 سیکل‌های مرتبط
	حداکثر (%)	قابل انتظار	حداقل (%)				
٪۹۰	٪۴	٪۳	٪۱	٪۹۵	%	فاکتور سودمندی	
٪۹۰	٪۴۰	٪۲۵	٪۱۰	۱۰/۸۶	W-h/lb	میزان انجام‌پذیری	
٪۳۰	٪۳۰	٪۱۰	-٪۱۰	۲۱۴۰	\$/kW	هزینه نیروگاه	
				۴۹۱۸	SK/well	هزینه شفت خروجی (production well)	
				۴۹۱۸	SK/well	هزینه شفت ورودی (injector well)	
				۱۰۰	SK/well	هزینه تجهیزات سطحی (غیر زیرزمینی)	
				۰/۸	Ratio	موفقیت در اکتشاف	
				۰/۸	Ratio	موفقیت در confirmation	
				۷۵۰	SK/well	هزینه تحریک (stimulation)	
				۳۳۲	Gpm/well	دبی سیال در شفت خروجی	
				٪۳	% year	نرخ دمایی drawdown	
				۱/٪۵	%	سالانه تعمیر و نگهداری	
				۱۴/۶	#	تعداد پرسنل تعمیر و نگهداری	

ادامه جدول (۱۰-۶) - درصد پیشرفت و درصد موفقیت هر کدام از TIO های پیشنهادی مربوط دسته تبدیل انرژی از سال

۲۰۰۵ تا سال ۲۰۴۰ برای یک نیروگاه EGS دوگانه زمین گرمایی [۱۵]

احتمال موفقیت (%)	درصد پیشرفت TIO در سال ۲۰۴۰			وضعیت در سال ۲۰۰۵	واحد	پارامترهای ورودی "مدل شناسایی فناوری الکتروسیسته زمین گرمایی" (GETEM)	TOI 20 تجهیزات مرتبط
	حداکثر (%)	قابل انتظار	حداقل (%)				
۸۰٪	۴٪	۳٪	۱٪	۹۵٪	%	فاکتور سودمندی	
۷۵٪	۱۲/۵٪	۸٪	۳/۳٪	۱۰/۸۶	W-h/lb	میزان انجام پذیری	
۷۵٪	۷/۸٪	۵٪	۲٪	۲۱۴۰	\$-kW	هزینه نیروگاه	
				۴۹۱۸	SK/well	هزینه شفت خروجی	
				۴۹۱۸	SK/well	هزینه شفت ورودی	
				۱۰۰	SK/well	هزینه تجهیزات سطحی (غیر زیرزمینی)	
				۰/۸	Ratio	موفقیت در اکتشاف	
				۰/۸	Ratio	موفقیت در confirmation	
				۷۵۰	SK/well	هزینه تحریک (stimulation)	
				۳۳۲	Gpm/well	دبی سیال در شفت خروجی	
				۳٪	% year	نرخ دمایی drawdown	
۵۰٪	۸٪	۵٪	۰٪	۱/۵٪	%	سالانه تعمیر و نگهداری	
				۱۴/۶	#	تعداد پرسنل تعمیر و نگهداری	

ادامه جدول (۱۰-۶) - درصد پیشرفت و درصد موفقیت هر کدام از TIO های پیشنهادی مربوط دسته تبدیل انرژی از سال

۲۰۰۵ تا سال ۲۰۴۰ برای یک نیروگاه EGS دوگانه زمین گرمایی [۱۵]

احتمال موفقیت (%)	درصد پیشرفت TIO در سال ۲۰۴۰			وضعیت در سال ۲۰۰۵	واحد	پارامترهای ورودی "مدل شناسایی فناوری الکتروسیسته زمین گرمایی" (GETEM)	
	حداکثر (%)	قابل انتظار	حداقل (%)				
۳۰٪	۰٪	۳٪	۰٪	۹۵٪	%	فاکتور سودمندی	.TOI 21 مانیتورینگ
۵۵٪	۱۰٪	۶٪	۲٪	۱۰/۸۶	W-h/lb	میزان انجام پذیری	
				۲۱۴۰	\$-kW	هزینه نیروگاه	
				۴۹۱۸	SK/well	هزینه شفت خروجی	
				۴۹۱۸	SK/well	هزینه شفت ورودی	
				۱۰۰	SK/well	هزینه تجهیزات سطحی (غیر زیرزمینی)	
				۰/۸	Ratio	موفقیت در اکتشاف	
				۰/۸	Ratio	موفقیت در confirmation	
				۷۵۰	SK/well	هزینه تحریک (stimulation)	
				۳۳۲	Gpm/well	دبی سیال در شفت خروجی	
				۳٪	% year	نرخ دمایی drawdown	
۶۵٪	۴۰٪	۱۷٪	۲٪	۱٪	%	سالانه تعمیر و نگهداری	
				۱۴/۶	#	تعداد پرسنل تعمیر و نگهداری	

ادامه جدول (۱۰-۶) - درصد پیشرفت و درصد موفقیت هر کدام از TIO های پیشنهادی مربوط دسته تبدیل انرژی از سال

۲۰۰۵ تا سال ۲۰۴۰ برای یک نیروگاه EGS دوگانه زمین گرمایی [۱۵]

احتمال موفقیت (%)	درصد پیشرفت TIO در سال ۲۰۴۰			وضعیت در سال ۲۰۰۵	واحد	پارامترهای ورودی "مدل شناسایی فناوری الکتروسیته زمین گرمایی" (GETEM)	TOI 22 . طراحی و ساخت
	حداکثر (%)	قابل انتظار	حداقل (%)				
۵۰٪	۵٪	۲٪	۰٪	۹۵٪	%	فاکتور سودمندی	
				۱۰/۸۶	W-h/lb	میزان انجام پذیری	
۷۵٪	۲۵٪	۱۰٪	۶٪	۲۱۴۰	\$-kW	هزینه نیروگاه	
				۴۹۱۸	SK/well	هزینه شفت خروجی	
				۴۹۱۸	SK/well	هزینه شفت ورودی	
				۱۰۰	SK/well	هزینه تجهیزات سطحی (غیر زیرزمینی)	
				۰/۸	Ratio	موفقیت در اکتشاف	
				۰/۸	Ratio	Confirmation موفقیت در	
				۷۵۰	SK/well	(stimulation) هزینه تحریک	
				۳۳۲	Gpm/well	دبی سیال در شفت خروجی	
				۳٪	% year	drawdown نرخ دمایی	
				۱/۵٪	%	سالانه تعمیر و نگهداری	
				۱۴/۶	#	تعداد پرسنل تعمیر و نگهداری	

ادامه جدول (۱۰-۶) - درصد پیشرفت و درصد موفقیت هر کدام از TIO های پیشنهادی مربوط دسته تبدیل انرژی از سال

۲۰۰۵ تا سال ۲۰۴۰ برای یک نیروگاه EGS دوگانه زمین گرمایی [۱۵]

احتمال موفقیت (%)	درصد پیشرفت TIO در سال ۲۰۴۰			وضعیت در سال ۲۰۰۵	واحد	پارامترهای ورودی "مدل شناسایی فناوری الکتروسیسته زمین گرمایی" (GETEM)	TOI 23 . اتوماسیون و کنترل پیشرفته
	حداکثر (%)	قابل انتظار	حداقل (%)				
۷۵٪	۲۱٪	۱٪	۰٪	۹۵٪	%	فاکتور سودمندی	
				۱۰/۸۶	W-h/lb	میزان انجام پذیری	
۷۵٪	-۵٪	-۱٪	-۲٪	۲۱۴۰	\$-kW	هزینه نیروگاه	
				۴۹۱۸	SK/well	هزینه شفت خروجی	
				۴۹۱۸	SK/well	هزینه شفت ورودی	
				۱۰۰	SK/well	هزینه تجهیزات سطحی (غیر زیرزمینی)	
				۰/۸	Ratio	موفقیت در اکتشاف	
				۰/۸	Ratio	Confirmation موفقیت در	
				۷۵۰	SK/well	(stimulation هزینه تحریک)	
				۳۳۲	Gpm/well	دبی سیال در شفت خروجی	
				۳٪	% year	drawdown نرخ دمایی	
۶۵٪	۵٪	۰٪	-۵٪	۱/۵٪	%	سالانه تعمیر و نگهداری	
۷۵٪	۵۰٪	۳۵٪	۲۰٪	۱۴/۶	#	تعداد پرسنل تعمیر و نگهداری	

انرژی زمین گرمایی نقش اساسی در تأمین انرژی آینده اروپا خواهد داشت. تا سال ۲۰۱۳، منابع انرژی زمین گرمایی سالانه بیش از ۴ میلیون تن انرژی مورد نیاز سرمایه‌ش و گرمایش اروپا را تأمین می‌کنند. این میزان انرژی معادل ۱۵ گیگاوات حرارتی ظرفیت نیروگاهی نصب شده است، به گونه‌ای که پمپ‌های حرارتی زمین گرمایی بیش‌ترین سهم را به خود اختصاص می‌دهند. در حال حاضر ظرفیت کلی نصب شده انرژی زمین گرمایی در اروپا حدود ۹۴۶ مگاوات الکتریسیته می‌باشد. از ظرفیت ذکر شده، سهم تولید همزمان برق و حرارت (CHP) ناچیز و حدود ۱ گیگاوات ساعت جهت تأمین حرارت می‌باشد. با این حال، توسعه سیستم زمین-گرمایی پیشرفته (EGS) به پیشرفت و گسترش سیستم CHP منجر خواهد شد [۱۶].

طی ۱۰ سال آینده، فناوری تولید همزمان برق و حرارت (CHP) از منابع دما پایین و سیستم زمین گرمایی پیشرفته (EGS) در اولویت برنامه‌های فناورانه زمین گرمایی اروپا قرار دارد. نصب سیستم CHP در منابع دما بالا قادر به تأمین حرارت معادل ۲ میلیون تن نفت در سال ۲۰۲۰ خواهد شد [۱۶].

از آنجائی که طبق چشم‌انداز ۲۰۲۰، میزان تولید برق و حرارت از انرژی زمین گرمایی در اروپا مقدار قابل ملاحظه خواهد بود، کاهش هزینه‌های انرژی تولیدی از فناوری‌های غیر معمول زمین گرمایی آینده از اقدامات ضروری واحد تحقیق و توسعه می‌باشد. جداول (۶-۱۱) و (۶-۱۲) هزینه‌های پیش‌بینی شده تولید حرارت و الکتریسیته را در سال ۲۰۳۰ نمایش می‌دهد.

جدول (۶-۱۱) - برآورد کاهش هزینه‌های تولید حرارت از انرژی زمین گرمایی تا سال ۲۰۳۰ [۱۶]

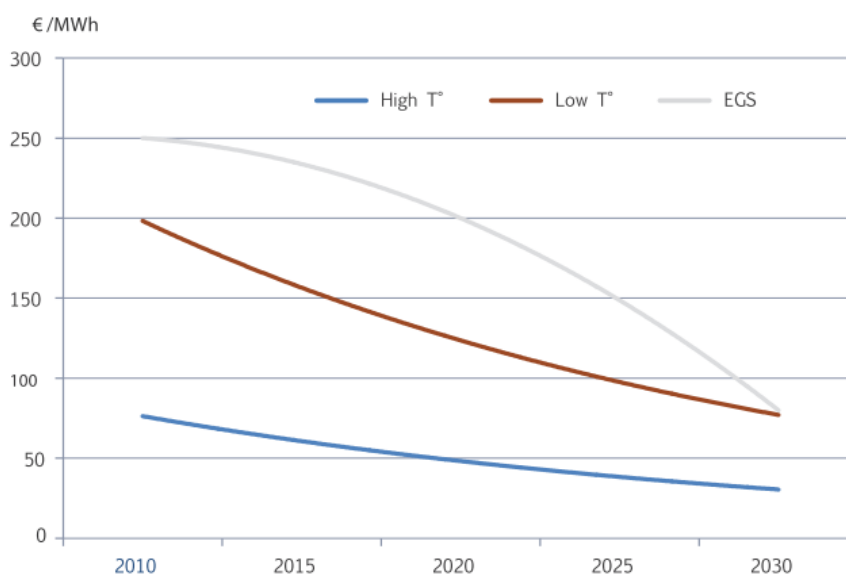
LC of Geothermal Heat	Costs 2012 Range (€/kWh) Average (€/kWh)		Costs 2030 Average (€/kWh)
Geothermal HP – large systems and UTES	5 to 10	6	5
Geothermal HP – small systems	10 to 30	10	7
Geothermal DH	4 to 8	5	4
Geothermal direct uses ¹	4 to 10	7	4

جدول (۱۲-۶) - برآورد کاهش هزینه های تولید برق از انرژی زمین گرمایی تا سال ۲۰۳۰ [۱۶]

LC of Geothermal Electricity (CHP)	Costs 2012 Range (€-cent/kWh) Average (€-cent/kWh)		Costs 2030 Average (€ct/kWh)
Electricity Conventional - high T°	5 to 9	7	4
Low temperature and small high T° plants	10 to 20	15	7
Enhanced Geothermal Systems	20 to 30	25	7

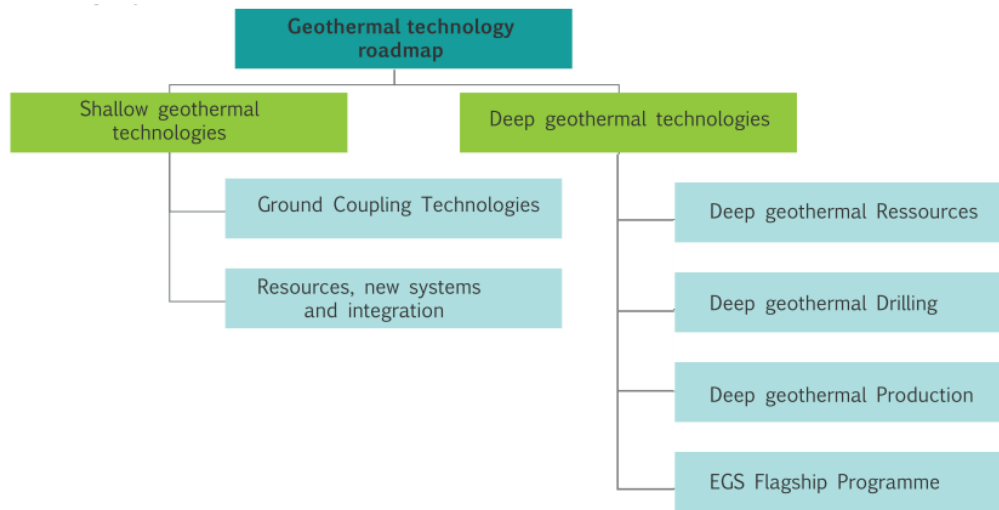
نحوه تغییرات سالانه و کاهش هزینه کاربرد نیروگاهی انرژی زمین گرمایی برای هر یک از منابع دما بالا، منابع دما متوسط و

سیستم های زمین گرمایی پیشرفته مطابق شکل (۱۹-۶) خواهد بود.



شکل (۱۹-۶) - کاهش هزینه های کاربرد نیروگاهی زمین گرمایی از سال ۲۰۱۲ تا سال ۲۰۳۰ [۱۶]

برنامه های اجرایی تدوین شده زمین گرمایی اروپا مطابق شکل (۲۰-۶) در دو دسته کلی فناوری زمین گرمایی عمیق و فناوری زمین گرمایی کم عمق مطابق شکل دسته بندی شده اند. در فناوری زمین گرمایی عمیق، چهار نوع فعالیت مرتبط با مخازن زمین-گرمایی عمیق، حفاری زمین گرمایی عمیق، تولیدات زمین گرمایی عمیق و برنامه های سیستم EGS تعریف شده اند [۱۶].

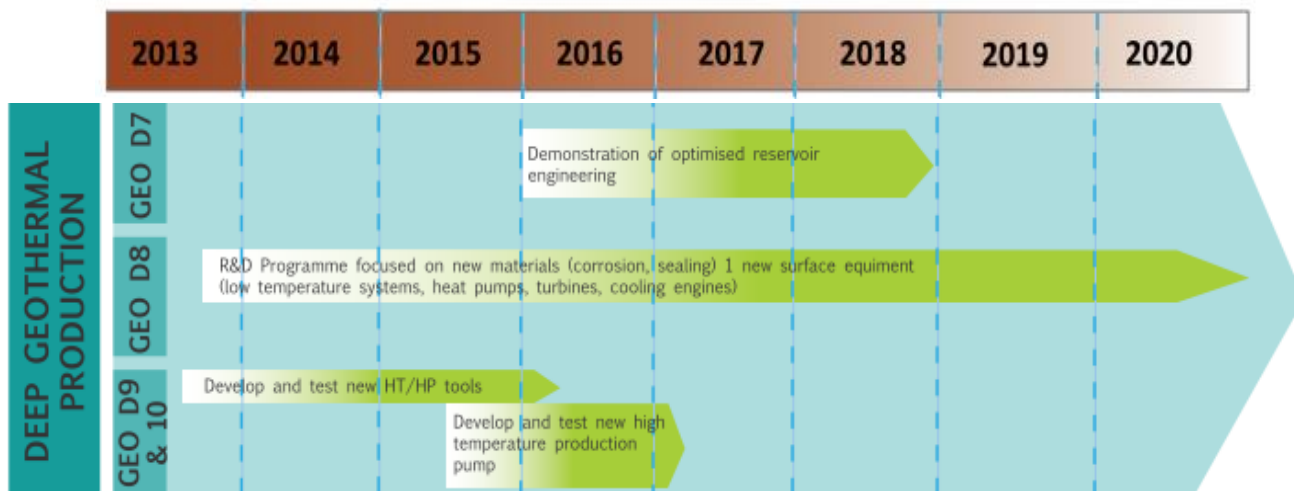


شکل (۲۰-۶) - ساختار برنامه های فناورانه زمین گرمایی [۱۶]

ریز فعالیت ها و هزینه های پیش بینی شده برنامه های مرتبط با بخش زمین گرمایی عمیق و سیستم EGS در زیر به اختصار شرح داده شده اند.

• برنامه های اجرایی تولیدات زمین گرمایی

از اهداف اصلی برنامه های تولیدات زمین گرمایی، کاهش هزینه ها، افزایش و بهینه کردن بازده کل سیستم و کاهش ریسک پذیری می باشد. سهم واحد تحقیق و توسعه در تحقق اهداف فوق ۵۰٪ و واحد اجرایی ۵۰٪ تعریف شده است. شکل (۲۱-۶) و جدول (۱۳-۶) ریز فعالیت ها، چارت زمانی و بودجه تخصیص یافته را نشان می دهد.



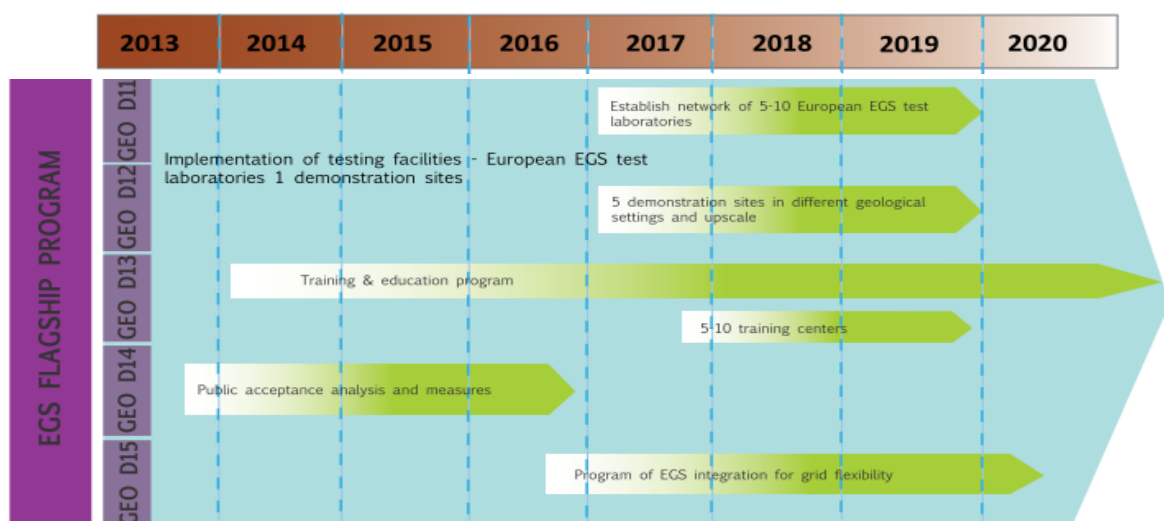
شکل (۲۱-۶) - ریز فعالیت ها و چارت زمانی پیش بینی شده برنامه های تولیدات [۱۶]

جدول (۱۳-۶) - ریز فعالیت ها و هزینه های پیش بینی شده برنامه های تولیدات [۱۶]

فعالیت	هزینه پیش بینی شده	نوع فعالیت
مهندسی مخازن: طراحی چاه، مدیریت مخازن	۲۰ میلیون یورو	پژوهش
مواد پیشرفته مقاوم به خوردگی	۱۵ میلیون یورو	پژوهش
تجهیزات و پمپ های با قابلیت استفاده در دما بالا	۲۵ میلیون یورو	توسعه
تجهیزات سیستم دما پایین، پمپ حرارتی، توربین، سیستم خنک کاری	۲۰ میلیون یورو	توسعه
جمع:	۸۰ میلیون یورو	

• برنامه های اجرایی EGS

از اهداف اصلی برنامه های EGS، کاهش ۲۵ درصدی هزینه سرمایه گذاری تا سال ۲۰۲۰ بوده است. همچنین، کاهش هزینه های تولیدی به کمتر از ۲۰ سنت بر کیلووات ساعت به کمک افزایش ۲۵ درصدی بازده تبدیل انرژی از دیگر اهداف تدوین برنامه های اجرایی EGS می باشد. سهم واحد تحقیق و توسعه در تحقق اهداف فوق ۲۵٪ و واحد اجرایی ۷۵٪ تعریف شده است. شکل (۶-۲۲) و جدول (۶-۱۴) ریز فعالیت ها، چارت زمانی و برآورد هزینه های برنامه های EGS را نشان می دهد.



شکل (۶-۲۲) - ریز فعالیت ها و چارت زمانی پیش بینی شده برنامه های EGS [۱۶]

جدول (۱۴-۶) - ریز فعالیت ها و هزینه های پیش بینی شده برنامه های EGS [۱۶]

نوع فعالیت	هزینه پیش بینی شده	فعالیت
توسعه	۱۵ میلیون یورو	راه اندازی ۵ تا ۱۰ شبکه EGS آزمایشگاهی
پژوهش و توسعه	۳۰۵ میلیون یورو	ساخت نیروگاه در شرایط ژئولوژی مختلف (۳ واحد با ظرفیت ۵۰۰e- ۱۰۰۰۰۰ / ۱ واحد با ظرفیت ۲۰۰۰۰۰-۱۰۰۰۰۰ و ۱ واحد ۲۰۰۰۰-۴۰۰۰۰۰)
توسعه	۲ میلیون یورو	آموزش مهارت های مرتبط با EGS
توسعه	۵ میلیون یورو	فرهنگ سازی در بین عموم در رابطه با اثرات زیست محیطی
توسعه	۱۰ میلیون یورو	Grid flexibility
جمع: ۳۳۷ میلیون یورو		

جدول (۱۵-۶) میزان کل سرمایه گذاری بخش خصوصی را بین سال های ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۰ نشان می دهد.

جدول (۱۵-۶) - میزان کل سرمایه گذاری بخش خصوصی را بین سال های ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۰ [۱۶]

هزینه پیش بینی شده	هزینه های سرمایه گذاری در بخش های مختلف
۰/۱-۵/۸	تولید حرارت (یورو بر مگاوات ساعت حرارتی- تا سال ۲۰۱۲)
۱۲-۳	تولید توان (یورو بر مگاوات ساعت الکتریسیته- تا سال ۲۰۱۲)
٪۱۰-۲	کاهش سالانه هزینه سرمایه گذاری
۴۱۸۰۸	بازگشت سرمایه در کل بخش ها (میلیون یورو در بازه زمانی ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۰)
٪۴۰	مشارکت صنعت ساخت در میزان بازگشت

هزینه پیش بینی شده	هزینه های سرمایه گذاری در بخش های مختلف
۱۶۶۵۱	بازگشت سرمایه صنعت ساخت (میلیون یورو در بازه زمانی ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۰)
۲٪ (۵٪ برای EGS)	مشارکت تحقیق و توسعه در میزان بازگشت سرمایه صنعت ساخت
۴۰۰	هزینه توسعه و تحقیق صنعت ساخت (میلیون یورو در بازه زمانی ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۰)

۱-۳-۶- نقشه راه فنی کشور انگلستان تا سال ۲۰۵۰

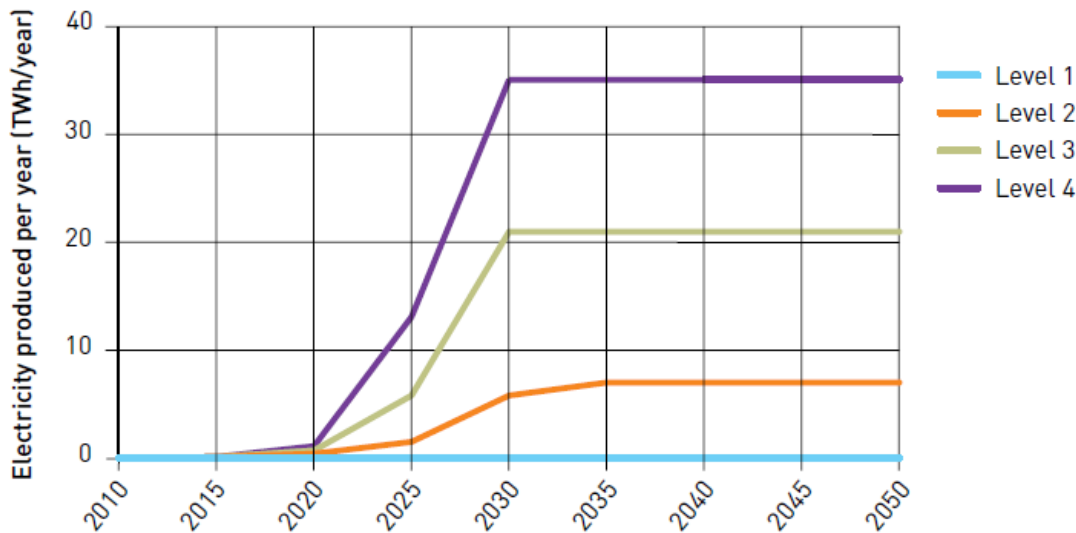
کشور انگلستان تاکنون به دلیل عمق حفاری بالای مورد نیاز جهت رسیدن به دمای مناسب، موفق به بهره برداری از تمام پتانسیل زمین گرمایی خود نشده است. با این حال طی چند سال اخیر با توسعه فناوری، علاقه این کشور جهت استفاده هرچه بیشتر از این منبع انرژی بیشتر شده است. فناوری جدید قادر به استخراج حرارت سنگ های خشک در اعماق ۳-۵ کیلومتری خواهد بود. به این تکنولوژی "سیستم های زمین گرمایی پیشرفته" (EGS) اطلاق می گردد. در این روش آب چنان با فشار بالا به داخل سنگ ها پمپ می شود، که منجر به ایجاد ترک در سنگ ها و نفوذ آب داخل شکستگی های ایجاد شده در صخره ها می گردد. عملکرد استخراج حرارت از سنگ های اطراف، مشابه یک مخزن طبیعی می باشد [۱۷].

طبق گزارش منتشر شده، در سال ۲۰۱۱ دو پروژه توسط "دپارتمان انرژی و تغییرات آب و هوایی" در زمینه EGS در حال اجرا بوده است. یکی از این پروژه ها توسعه و راه اندازی یک نیروگاه ۳ مگاواتی می باشد، که زمان اتمام پروژه اواخر سال ۲۰۱۲ تخمین زده شده بود. همچنین حرارت اتلافی به صورت تولید همزمان برق و حرارت در این پروژه جهت گرمایش گلخانه ها مورد استفاده قرار گرفت.

شکل (۲۳-۶) روند تولید برق از انرژی زمین گرمایی را برای کشور انگلستان با چهار مسیر مختلف تا سال ۲۰۵۰ نشان می‌دهد. هر کدام از مسیرها شامل برخی پیشرفت‌های تکنولوژیکی و توسعه فناوری می‌باشند. هر یک از چهار مسیر در ادامه به طور مختصر توصیف شده‌اند [۱۷].

مسیر ۱: این حالت شامل هیچ‌گونه سرمایه‌گذاری و تغییرات جدید تکنولوژیکی و غیره برای تولید برق نمی‌باشد.

مسیر ۲: این حالت بر اساس برنامه و روند جاری تا سال ۲۰۱۵، میزان تولید برق را تا سال ۲۰۵۰ برای کشور بریتانیا پیش‌بینی می‌کند. در این طرح تمرکز عمدتاً در تشخیص و بهره‌برداری از منابع و سایت‌های بهینه و کارآمدتر انرژی زمین گرمایی به خصوص در کرن‌وال^۱ می‌باشد. در این مسیر طبق پیش‌بینی صورت گرفته، ظرفیت تولید برق ۳۲ درصد در سال افزایش خواهد یافت و مجموع ظرفیت نصب شده در سال ۲۰۳۵ به ۱ گیگاوات خواهد رسید. این میزان رشد، ظرفیت بالای بالقوه منبع بهینه جهت بهره‌برداری را نشان می‌دهد.



شکل (۲۳-۶) - روند تولید برق از انرژی زمین گرمایی را برای کشور انگلستان با چهار مسیر مختلف تا سال ۲۰۵۰ [۱۷]

مسیر ۳: در این حالت مشابه مسیر ۲، بر اساس برنامه جاری تا سال ۲۰۱۵، روند تولید برق تا سال ۲۰۵۰ برای کشور بریتانیا پیش‌بینی شده است. در این حالت فرض می‌شود علاوه بر مخازن موجود در کرن‌وال از منابع دیگری که دارای سنگ مخزن گرانیته با سن مناسب می‌باشند، نیز بهره‌برداری گردد. مخازن مذکور در شهرهای میدلندز نزدیکی چسترفیلد و کامبریا انگلستان موجود هستند. با اتخاذ تصمیم فوق، ظرفیت نصب شده سالانه ۵۲ درصد افزایش خواهد یافت و مجموعاً به ۳ گیگاوات در سال ۲۰۳۰ خواهد رسید.

مسیر ۴: در این سطح میزان تولید برق با فرض بهره‌برداری از حداکثر منابع موجود، تا سال ۲۰۵۰ برای کشور مذکور پیش‌بینی شده است. البته منظور از "حداکثر منابع موجود"، منابع قابل بهره‌برداری با اعمال و تغییرات فنی و تکنولوژیکی در برنامه طرح شده سطح ۴ می‌باشد. در این حالت انتظار می‌رود، ظرفیت نصب شده به طور سالانه ۶۴ درصد افزایش یابد و مجموع ظرفیت نصب شده به ۵ گیگاوات برسد.

۴-۶- نقشه‌راه فناورانه استرالیا (۲۰۲۰-۲۰۱۳)، تدوین شده توسط انجمن انرژی زمین گرمایی استرالیا^۱

در سال ۲۰۰۸

در اوایل قرن ۲۱، صنعت انرژی زمین گرمایی استرالیا دوره ابتدایی و رشد خود را می‌گذراند و با موانع فنی بسیاری مواجه بوده است. از این رو تدوین برنامه‌ای سازماندهی شده برای توسعه و تحقیق در زمینه‌ی رفع موانع و ریسک‌های فنی در مدت زمانی مناسب، ضروری بوده است. از طرفی به دلیل وجود مخازن گرانیته داغ در استرالیا، این کشور دارای پتانسیل بالایی جهت پیشرفت در این زمینه می‌باشد [۱۸].

از جمله موارد فناورانه که موجب پیشرفت صنعت زمین گرمایی استرالیا خواهد شد، می‌توان به مهندسی مخازن و ژئوترمومتری شیمیایی اشاره کرد. در حال حاضر، برخی فناوری‌ها در سایر کشورها در حال پیشرفت و توسعه می‌باشد. به عنوان مثال، کشور آمریکا در زمینه حفاری پیشرو می‌باشد و اغلب پیشرفت‌های تکنیکی حفاری از نتایج فعالیت‌های این کشور خواهد بود. به طور مشابه، کشور آلمان در زمینه‌ی توسعه‌ی فناورانه نیروگاه زمین گرمایی دما پایین صاحب‌نظر می‌باشد. به این ترتیب می‌توان با داشتن

^۱Australian Geothermal Energy Association (AGEA)

ارتباطات بین‌المللی، از نتایج و پیشرفت‌های صنعت زمین گرمایی سایر کشورها بهره برد. همچنین همکاری با صنعت نفت و معدن، فرصت مناسبی برای به اشتراک گذاشتن اطلاعات مربوط به زمین‌شناسی را پیش خواهد آورد [۱۸].

پس از رایزنی‌ها و مشاوره با صنایع، استرالیا برنامه‌هایی را جهت پیشرفت در زمینه‌ی کاربرد انرژی زمین گرمایی مبنی بر راهکارهای کلیدی فناورانه ارائه داده است. در ادامه گزارش به برخی موانع فناورانه و راه‌های مقابله با آنها اشاره خواهد شد [۱۸].

- برنامه‌های مرتبط با حفاری و مخازن زمین گرمایی:

مخازن هیدروترمال زمین گرمایی همواره موانعی فنی داشته، که بخش حفاری را دچار مشکل کرده است. مقابله با برخی از این موانع که در زیر به برخی از آنها اشاره شده است، از برنامه‌های آتی خواهد بود.

- عمق حفاری و سنگ‌های سخت: سیستم‌های هیدروترمال در استرالیا ممکن است نیاز به حفاری با عمق بیش از حد معمول پروژه‌های زمین گرمایی داشته باشند. حفاری در اعماقی بالاتر از ۱۰ کیلومتر دارای محدودیت‌های فنی خواهد بود؛ به همین دلیل هزینه‌ی حفاری در عمق‌های بالاتر به طور تصاعدی افزایش خواهد یافت. علاوه بر عمق بالا، وجود سنگ‌های سخت در مخازن هیدروترمال استرالیا، باعث می‌شود روش‌های معمول حفاری به دلیل هزینه‌ی بالا جوابگوی این نوع مخازن نباشند. در نتیجه ارائه راهکار فنی در زمینه حفاری عمیق، از موارد بررسی واحد تحقیق و توسعه صنعت زمین گرمایی این کشور خواهد بود.
- دمای بالا: دمای بالا منجر به تخریب قطعات خواهد شد. سیستم خنک‌کاری پیشرفته در حین حفاری در سیستم‌های هیدروترمال کمک شایانی برای جلوگیری از شکست و تخریب قطعات در اثر دمای بالا خواهد شد.
- فشار بالا: در شرایطی که فشار و دما در حین حفاری هر دو بالا باشند، طراحی شفت، محفظه، پمپ‌ها و مبدل‌های حرارتی پیچیده‌تر خواهند بود.
- سیال خورنده: در سیستم‌های هیدروترمال ممکن است شرایطی پیش آید که سیال خورنده وجود داشته باشد. این شرایط طراحی صحیح تجهیزات حفاری و قطعات مقاوم به خوردگی را می‌طلبد.

راهکارهایی برای موانع فنی فوق به طور خلاصه‌وار در ادامه جمع‌آوری شده است [۱۸]:

- تحول و توسعه تجهیزات و روش‌های حفاری از جمله تیغه‌های حفاری، تکنیک‌های جدید اتصال دادن و چسباندن برای کاربردهای دما بالا و سنسورهای پیشرفته که منجر به کاهش هزینه‌ها و رفع برخی موانع اشاره شده خواهند شد.
- تحول و توسعه روش‌های رایج حفاری مخازن دارای سنگ‌های سخت
- توسعه قابلیت استفاده از قطعات الکترونیکی در اعماق و دماهای بالا

- تبدیل توان و فناوری استفاده از انرژی:

از سیکل‌های مختلفی جهت تولید الکتریسیته از انرژی زمین گرمایی بسته به نوع سیال مخزن استفاده می‌شود. معمولاً، جهت تولید برق از مخازن دما بالا از سیکل رایج رانکین استفاده می‌شود. از آنجائی که در توربین بخار سیکل رانکین، بخار با فشار بالا و دمایی بیش از ۲۴۰ درجه سانتیگراد مورد نیاز می‌باشد، این سیکل برای مخازن زمین گرمایی استرالیا (که عمدتاً دما پایین می‌باشند) مناسب نمی‌باشد. در اکثر چنین سیکل‌هایی از کندانسورهای تماس مستقیم استفاده می‌شود و مازاد سیال چگالیده شده به برج خنک کن مرطوب هدایت می‌شود. البته این سیستم نیز جوابگو در مناطق خشک استرالیا نخواهد بود؛ چرا که تمامی سیال تزریق شده مورد نیاز می‌باشد. در این حالت ممکن است، سیستم خنک کاری با هوا جوابگو باشد؛ البته منجر به افت بازده خواهد شد. بنابراین تحقیق و پژوهش بیشتری در سیستم خنک کاری نیروگاه‌های رانکین (در صورتی که مورد استفاده قرار گیرند) مورد نیاز است.

در نیروگاه‌های دوگانه معمولاً از سیال ثانویه ارگانیک (به طور نمونه n-پنتان) که در مقایسه با سیال آب نقطه جوش کمتر و فشار بخار بالاتر در محدوده دمایی کمتر دارد، استفاده می‌کنند. سیال زمین گرمایی در اثر تبادل حرارت با سیال ثانویه در مبدل حرارتی منجر به گرم شدن و تبخیر سیال ثانویه می‌شود. از نوآوری‌های اخیر در نیروگاه‌های دوگانه می‌توان به طرح کالینا^۱ اشاره کرد. سیکل کالینا از دیدگاه ترمودینامیکی بازده بالاتری در تبدیل انرژی مخازن با محدوده‌ی دمایی کم-متوسط دارد. سیکل کالینا در واقع همان سیکل رانکین می‌باشد، که از ترکیب آمونیاک-آب به عنوان سیال عامل استفاده می‌کند. سیکل کالینا به دلیل هزینه

بالاتر نسبت به سیکل رانکین رایج، هنوز به طور گسترده تجاری نشده است. با این حال برای تبدیل انرژی مخازن دما پایین و متوسط استرالیا (۸۵ تا ۱۷۰ درجه سانتیگراد) می‌تواند، گزینه مناسبی باشد.

- مدلسازی مخازن:

مدلسازی مخازن زمین‌گرمایی از مراحل مهم معرفی منبع و طراحی پروژه می‌باشد. مدلسازی عددی مخازن از فناوری‌های پیشرفته در مدل‌سازی انتقال حرارت جابجایی سیستم‌های زمین‌گرمایی دما بالا و سیستم‌های هیدروترمال می‌باشد. نتایج مدلسازی عددی وابسته به کیفیت داده‌های ورودی زمین‌شناسی می‌باشند. از جمله داده‌های ورودی مؤثر می‌توان به شرایط مرزی، تخلخل، نفوذپذیری، ضریب هدایت حرارتی و خواص شیمیایی سیال عامل اشاره کرد. از سایر فعالیت‌های تعریف شده در زیرگروه برنامه‌های نفوذپذیری و تحریک می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- ردیاب زیرزمینی شیمیایی
- تزریق مجدد سیال زمین‌گرمایی به مخزن
- شیمی سیال
- دسترس‌پذیری سیال عامل

صنعت زمین‌گرمایی استرالیا با برخی موانع فنی مواجه است، که در حال حاضر در برخی موارد پتانسیل فنی جهت رفع مشکل را داراست و نیازی به مداخله دولت نمی‌باشد. در برخی دیگر حمایت دولت و واحد تحقیق و پژوهش جهت رفع موانع نیاز می‌باشد. فعالیت‌های تدوین شده جهت رفع موانع در شش گروه اکتشاف، حفاری، مدیریت و مهندسی مخازن، تبدیل انرژی و ترکیب فناوری زمین‌گرمایی با دیگر صنایع دسته‌بندی شده‌اند. در جداول (۶-۱۶) و (۶-۱۷) به فعالیت‌های مرتبط با تبدیل انرژی و ترکیب فناوری زمین‌گرمایی با دیگر صنایع اشاره شده است [۱۹].

جدول (۱۶-۶) - فعالیت‌های تعریف شده در زمینه فناوری تبدیل انرژی [۱۹]

تأثیر بر میزان موفقیت صنعت	برنامه‌های مرتبط	فعالیت
بالا	پیشرفت‌های فنی و اقتصادی پروژه.	بهینه کردن بازده و کاهش هزینه‌های نیروگاهی
بالا	پیشرفت‌های فنی و اقتصادی پروژه بدون نیاز به استفاده از منابع آب	بهینه‌سازی روش‌های خنک‌کاری نیروگاهی در مناطق خشک
بالا	پیشرفت‌های فنی و اقتصادی پروژه. فشار بالا در مخازن هیدروترمال استرالیا، غیر معمول‌تر از منابع دما بالا می‌باشند.	تطبیق نیروگاه‌های موجود با سیال فشار بالا و خورنده منابع هیدروترمال زمین‌گرمایی (به‌خصوص مبدل‌های حرارتی)
متوسط	پیشرفت اقتصادی پروژه. با در نظر گرفتن بهینه‌سازی سیال و طراحی package	تجاری‌سازی نیروگاهی
متوسط	پیشرفت‌های فنی و اقتصادی پروژه در شرایط غیر artesian	توسعه پمپ‌های downhole با قابلیت استفاده در دماهای بالا و مناطق عمیق‌تر
متوسط	پیشرفت‌های فنی و اقتصادی پروژه. در این حالت امکان بهره‌برداری از مخازن افزایش خواهد یافت.	توسعه در راه‌اندازی نیروگاه زمین‌گرمایی جدید

جدول (۱۷-۶) فعالیت‌های تعریف شده در زمینه ترکیب فناوری زمین‌گرمایی با دیگر صنایع [۱۹]

تأثیر بر میزان موفقیت صنعت	برنامه‌های مرتبط	فعالیت
متوسط	بهینه‌سازی اقتصادی و تعیین محل پروژه. افزایش بازده پروژه‌های زمین‌گرمایی به منظور کاهش هزینه‌ها.	گسترش استفاده از کاربردهای مستقیم حرارتی انرژی زمین-گرمایی در مقیاس بالا. توقیف انتشار CO ₂ در حین تولید و تبدیل انرژی.
متوسط	بهینه‌سازی اقتصادی و تعیین محل پروژه.	استفاده ترکیبی از انرژی زمین‌گرمایی و انرژی خورشیدی به منظور کاهش تولید CO ₂ و استفاده کمتر از منابع آب
متوسط	بهینه‌سازی اقتصادی و تعیین محل پروژه.	مطالعه پتانسیل سنجی و مکان‌یابی مناسب پروژه‌های دو مورد اشاره شده در بالا (به کمک GIS)

خلاصه‌ای از برنامه‌های فنی و میزان اهمیت آنها به همراه چارت زمانی از سال ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۳ در جدول (۱۸-۶) ارائه شده

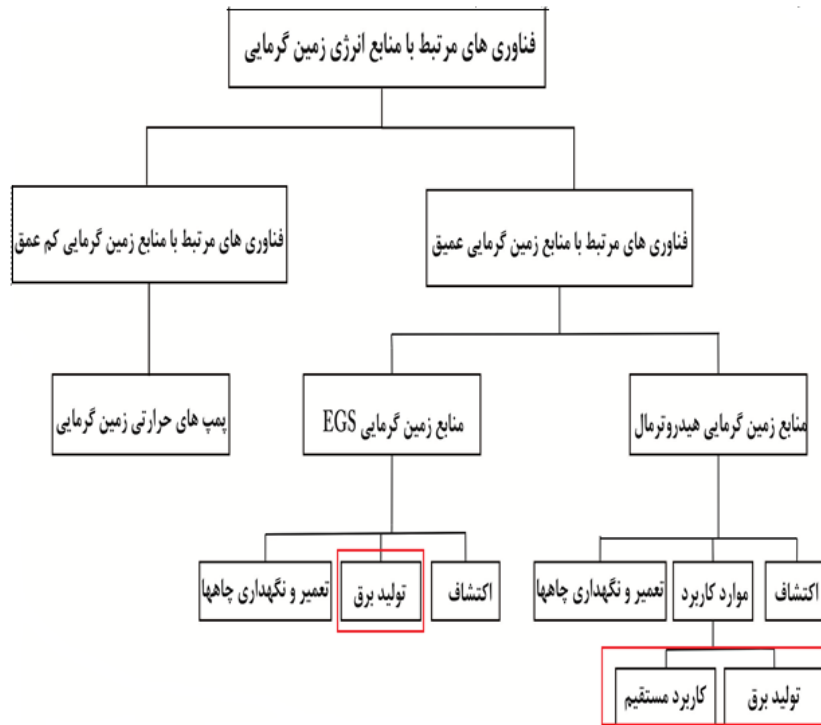
است:

جدول (۱۸-۶) - فعالیت‌های تعریف شده و چارت زمانی [۱۹]

فعالیت	قبل از ۲۰۰۷	۲۰۰۷	۲۰۰۸	۲۰۰۹	۲۰۱۰	۲۰۱۱	۲۰۱۲	۲۰۱۳
بهبود بازده نیروگاه‌های موجود								
راه‌اندازی نیروگاه‌های جدید								
بهینه‌سازی روش‌های خنک‌کاری نیروگاهی در مناطق خشک								
تطبیق نیروگاه‌های موجود با سیال فشار بالا و خورنده زمین‌گرمایی								
استفاده از پمپ‌هایی با قابلیت استفاده در دماهای بالا								
گسترش استفاده کاربرد مستقیم حرارتی زمین‌گرمایی در استرالیا								
پروژه‌های ترکیبی زمین‌گرمایی با سایر تکنولوژی‌ها								
توسعه پروژه‌های زمین‌گرمایی مستقل از شبکه در مقیاس بالا								

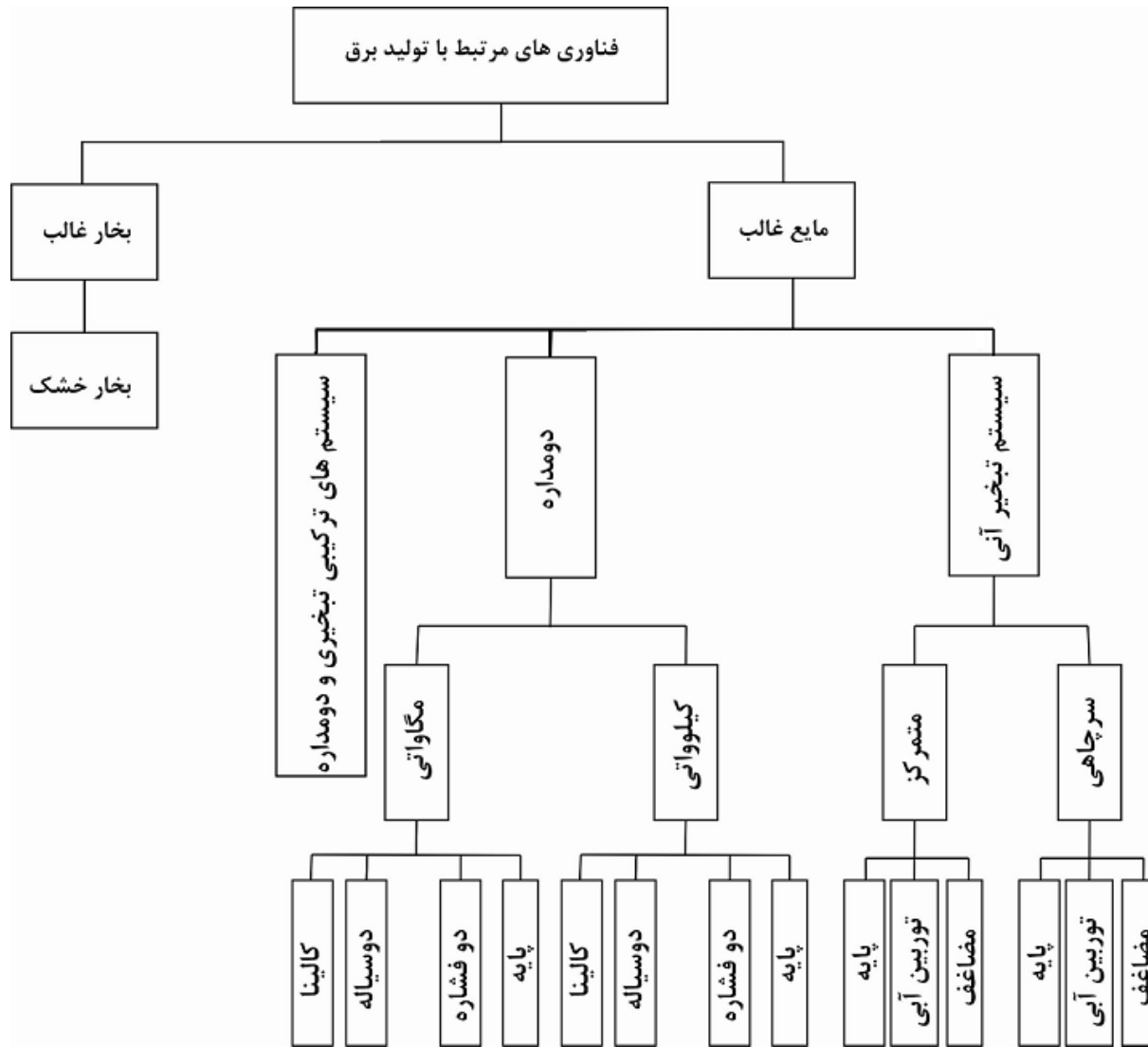
۷- درخت فناوری نیروگاه‌های زمین گرمایی و کاربرد مستقیم

با توجه به اهداف در نظر گرفته شده در طرح "تدوین سند راهبرد ملی و نقشه راه توسعه فناوری‌های مرتبط با انرژی زمین-گرمایی در ایران" نیاز به تهیه درخت فناوری با هدف انتخاب مجموعه‌ای از فناوری‌ها می‌باشد، تا در جهت اکتساب این فناوری‌ها اقداماتی تعریف شود. در همین راستا درخت‌های فناوری برای بخش نیروگاهی و کاربرد مستقیم تهیه شده و در جلسه کمیته راهبری مورخ ۱۳۹۳/۱۰/۱۵ ارائه شده و مورد تأیید قرار گرفته است. درخت فناوری اشاره شده مربوط به بخش‌هایی می‌باشد، که در درخت فناوری اصلی زمین‌گرمایی که در شکل (۱-۷) آمده است، مشخص شده‌اند.



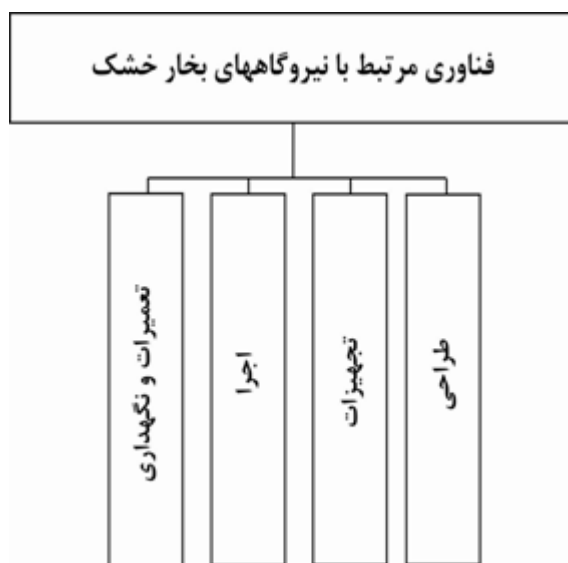
شکل (۷-۱) - درخت فناوری انرژی زمین گرمایی

درخت اصلی فناوری مربوط به نیروگاه در شکل (۷-۲) نشان داده شده است، همان‌طور که در شکل مشخص است، این درخت در مرحله اول برحسب نوع سیال به دو بخش سیستم‌های مایع غالب و بخار غالب تقسیم شده است. در مرحله بعدی سیستم‌ها بر حسب انواع نیروگاه‌ها تقسیم بندی شده‌اند، که نیروگاه‌های بخار غالب شامل نیروگاه‌های بخار خشک و نیروگاه‌های مایع غالب شامل نیروگاه‌های تبخیر آبی، دو مداره و سیستم‌های ترکیبی تبخیری و دومداره می‌باشند. سپس نیروگاه‌های مایع غالب در بخش تبخیر آبی بر اساس محل قرار گیری نیروگاه به دو بخش سرچاهی و متمرکز و در بخش دومداره بر حسب ظرفیت سیستم به دو بخش کیلوواتی و مگاواتی تقسیم شده‌اند. در نهایت درخت اصلی فناوری‌های مرتبط با تولید برق، دو بخش نیروگاه‌های تبخیری هر کدام بر اساس نوع سیکل به سه نوع تبخیر آبی پایه، تبخیر آبی مضاعف و تبخیر آبی با توربین آبی و دو بخش سیستم‌های دومداره به ۴ نوع، نیروگاه‌های دو مداره پایه، دومداره دوفشاره، دومداره دوسیاله و دومداره کالینا تقسیم می‌شوند.



شکل (۲-۷) - درخت فناوری های مرتبط با تولید برق

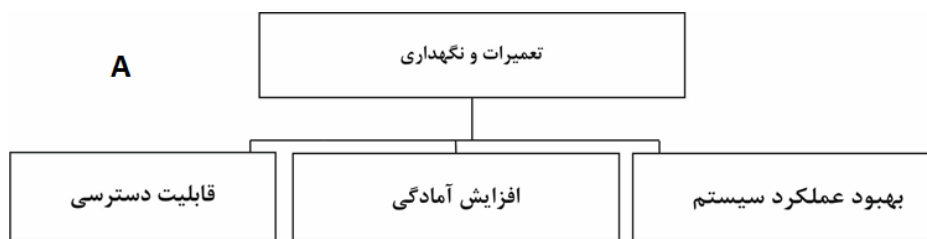
فناوری های مرتبط با نیروگاه های بخار خشک همان طور که در شکل (۲-۷) نشان داده شده است، به ۴ بخش طراحی، تجهیزات، اجرا و تعمیرات و نگهداری تقسیم شده اند. شکل های (۲-۷) تا (۲-۱۲) درخت های فناوری این بخش ها را نشان می دهد.



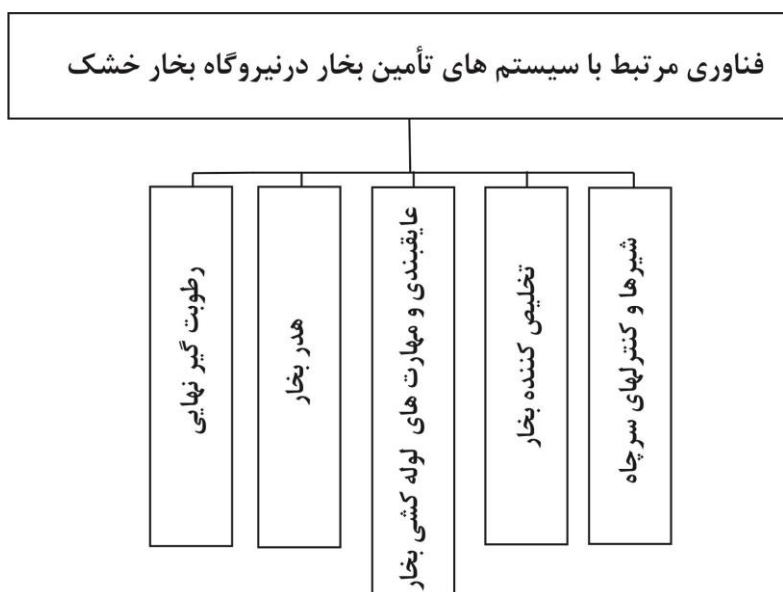
شکل (۳-۷) - درخت فناوری مرتبط با نیروگاه های بخار خشک



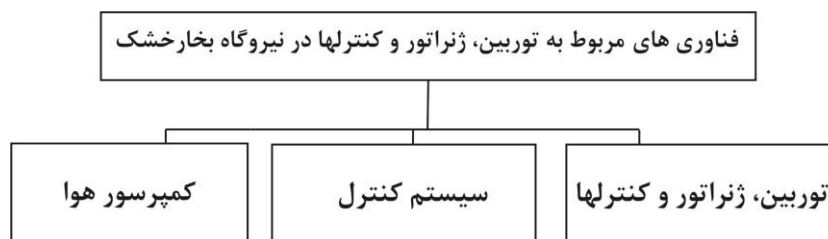
شکل (۴-۷) - درخت فناوری های مربوط به تجهیزات نیروگاه های بخار خشک



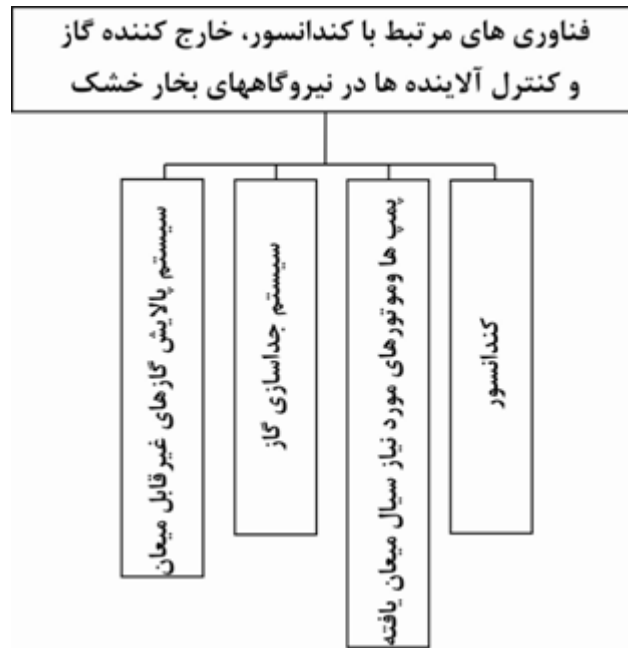
شکل (۷-۵) - درخت فناوری های مرتبط با بخش تعمیرات و نگهداری در همه نیروگاه ها



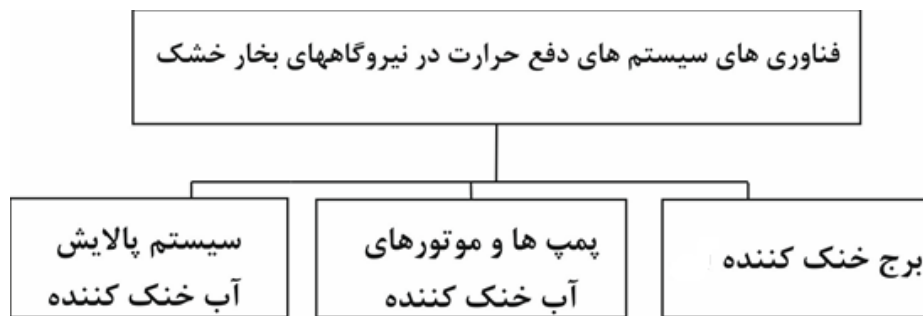
شکل (۷-۶) - درخت فناوری های مرتبط با سیستم های تأمین بخار در نیروگاه بخار خشک



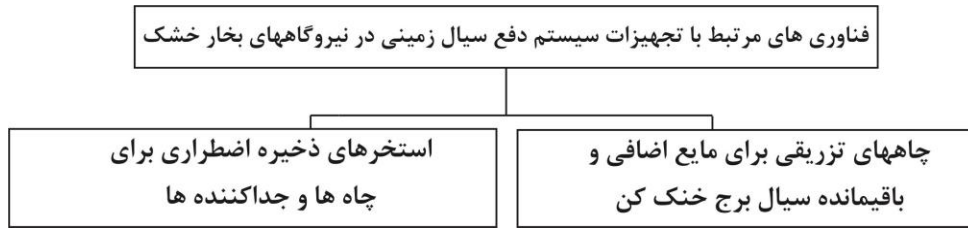
شکل (۷-۷) - درخت فناوری های مربوط به توربین، ژنراتور و کنترل ها در نیروگاه بخار خشک



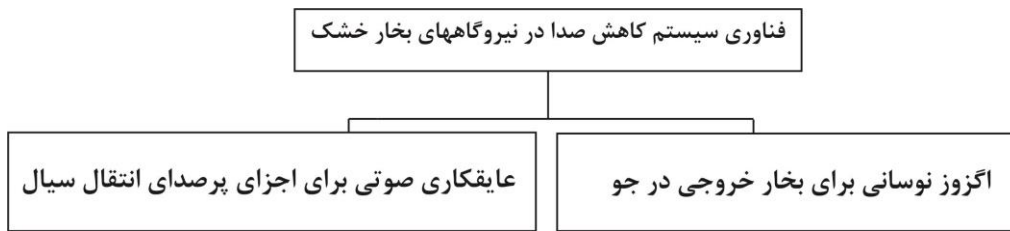
شکل (۷-۸) - درخت فناوری های مرتبط با کندانسور، خارج کننده گاز و کنترل آلاینده ها در نیروگاه بخار خشک



شکل (۷-۹) - درخت فناوری های سیستم های دفع حرارت در نیروگاه بخار خشک



شکل (۷-۱۰) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات سیستم دفع سیال زمینی در نیروگاه بخار خشک



شکل (۷-۱۱) - درخت فناوری سیستم کاهش صدا در نیروگاه بخار خشک

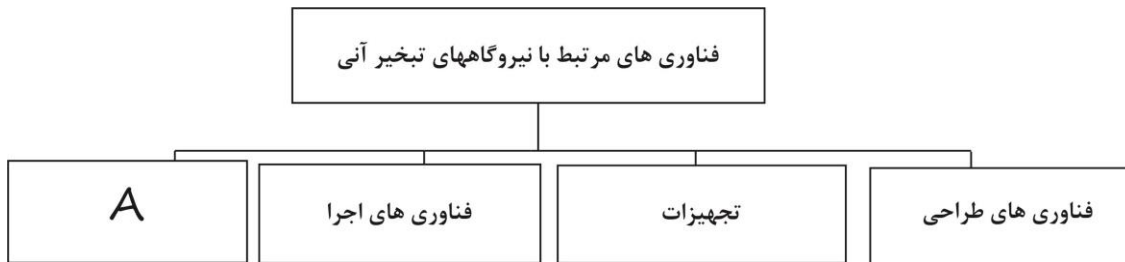


شکل (۷-۱۲) - درخت فناوری مربوط به سایر تجهیزات در نیروگاه

شکل های (۷-۱۳) تا (۷-۲۰) فناوری های مرتبط با نیروگاه های تبخیر آبی، شکل های (۷-۲۱) تا (۷-۲۸) فناوری های مرتبط با

نیروگاه های تبخیر آبی مضاعف و شکل های (۷-۲۹) تا (۷-۳۶) فناوری های مرتبط با نیروگاه های تبخیر آبی با توربین آبی را نشان

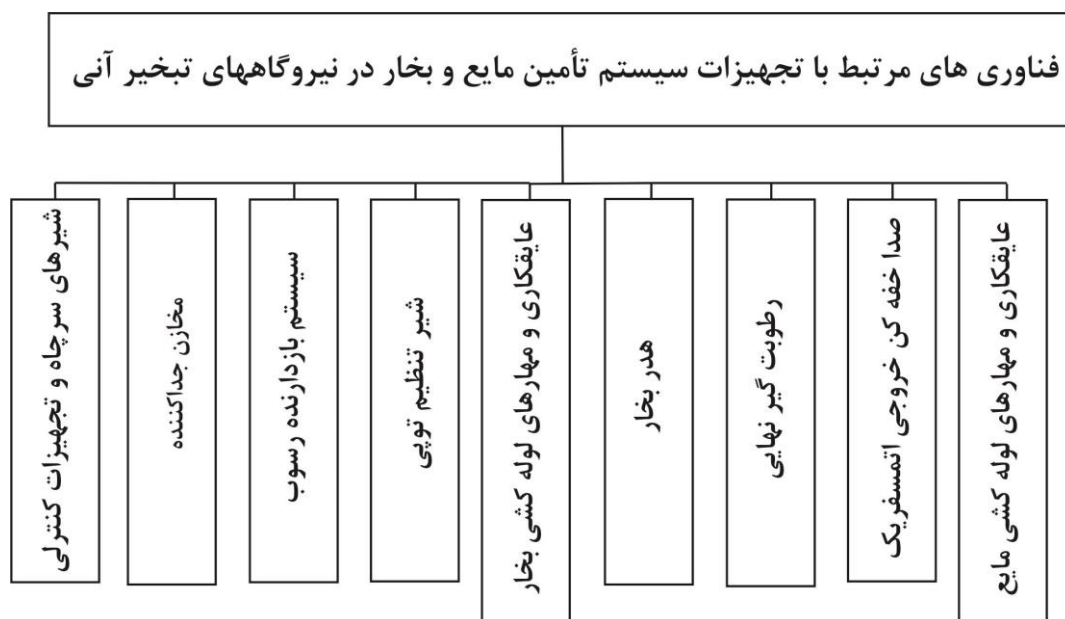
می‌دهد. همانطور که در شکل‌های (۷-۳) تا (۷-۳۶) نشان داده شده است، درخت فناوری نیروگاه‌های بخار خشک، نیروگاه‌های تبخیر آبی پایه، نیروگاه‌های تبخیر آبی مضاعف و نیروگاه‌های تبخیر آبی با توربین آبی بسیار به هم شبیه می‌باشند.



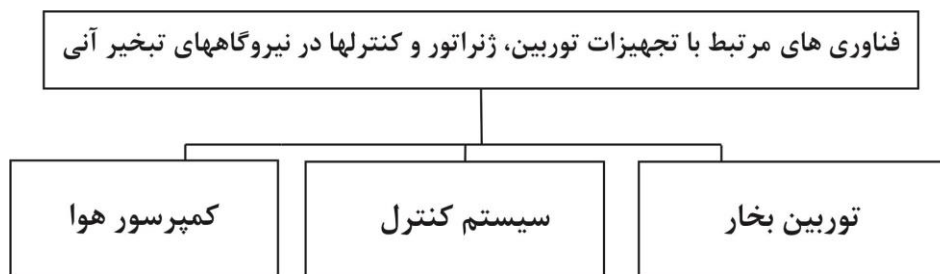
شکل (۷-۱۳) - درخت فناوری‌های مرتبط با نیروگاه‌های تبخیر آبی



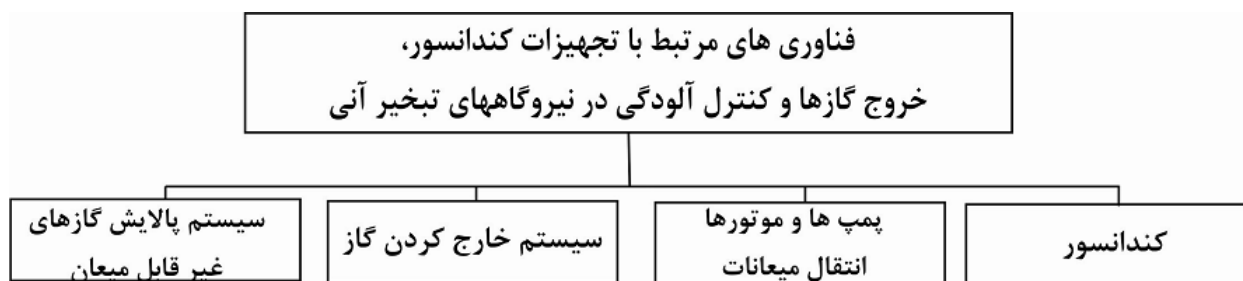
شکل (۷-۱۴) - درخت فناوری‌های مربوط به تجهیزات نیروگاه‌های تبخیر آبی



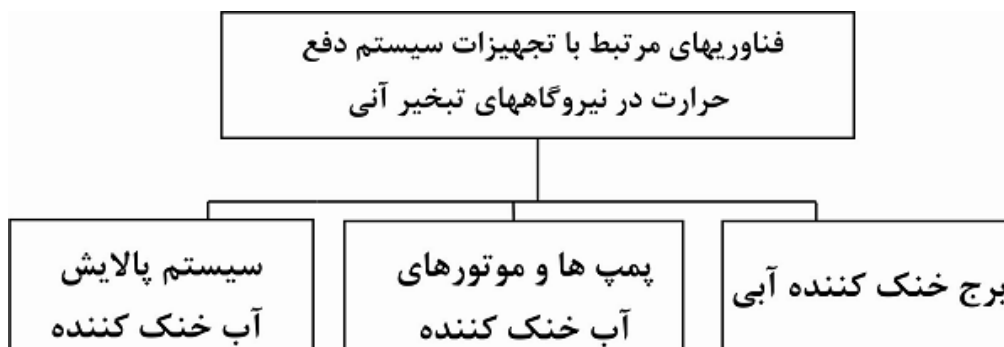
شکل (۷-۱۵) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات سیستم تأمین مایع و بخار در نیروگاه های تبخیر آبی



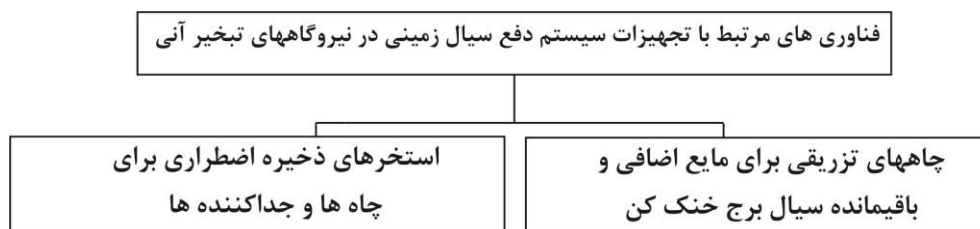
شکل (۷-۱۶) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات توربین، ژنراتور و کنترلها در نیروگاه های تبخیر آبی



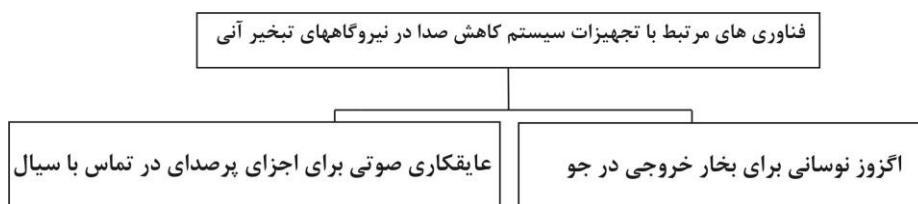
شکل (۷-۱۷) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات کندانسور، خروج گازها و کنترل آلودگی نیروگاه های تبخیر آبی



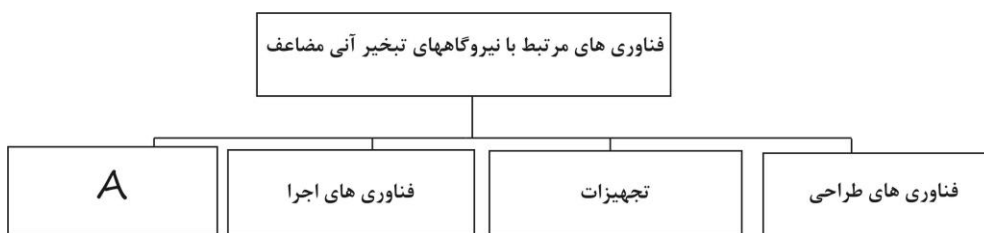
شکل (۷-۱۸) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات سیستم دفع حرارت در نیروگاه های تبخیر آبی



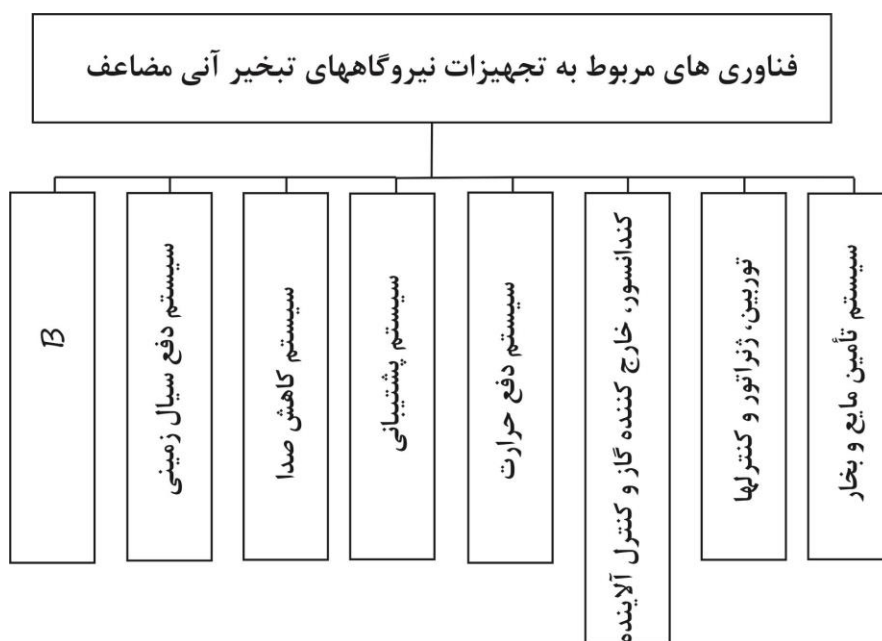
شکل (۷-۱۹) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات سیستم دفع سیال زمینی در نیروگاه های تبخیر آبی



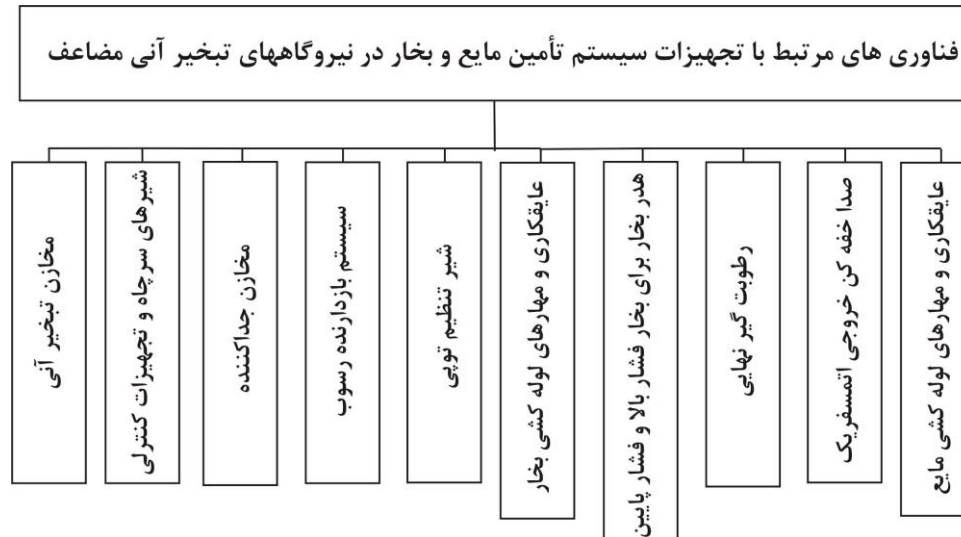
شکل (۷-۲۰) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات سیستم کاهش صدا در نیروگاه های تبخیر آبی



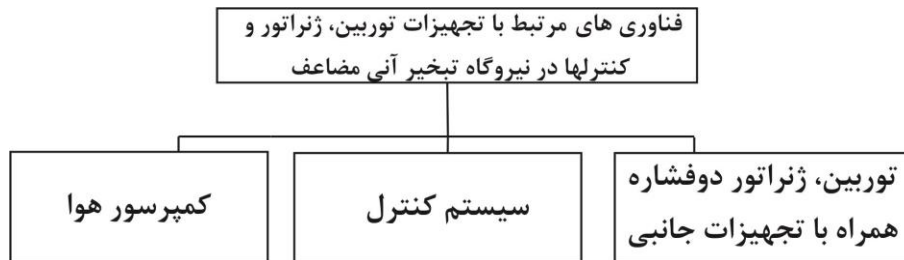
شکل (۷-۲۱) - درخت فناوری های مرتبط با نیروگاه های تبخیر آبی مضاعف



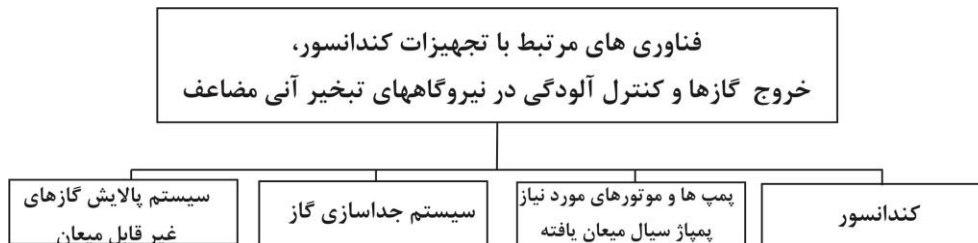
شکل (۷-۲۲) - درخت فناوری های مربوط به تجهیزات نیروگاه های تبخیر آبی مضاعف



شکل (۲۳-۷) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات سیستم تأمین مایع و بخار در نیروگاه های تبخیر آبی مضاعف

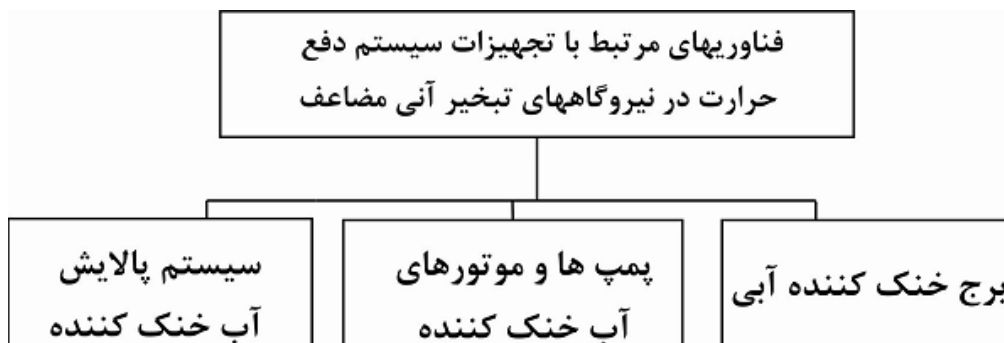


شکل (۲۴-۷) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات توربین، ژنراتور و کنترلها در نیروگاه های تبخیر آبی مضاعف

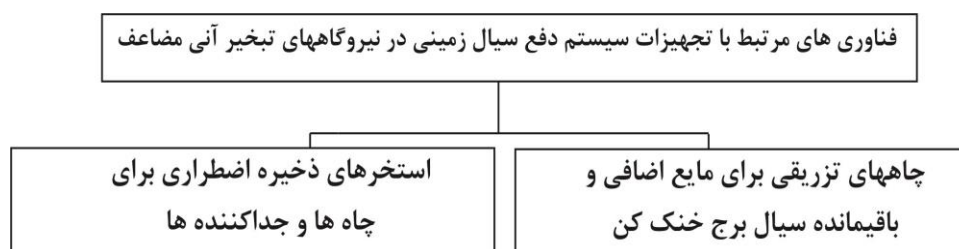


شکل (۲۵-۷) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات کندانسور، خروج گازها و کنترل آلودگی در نیروگاه های تبخیر آبی

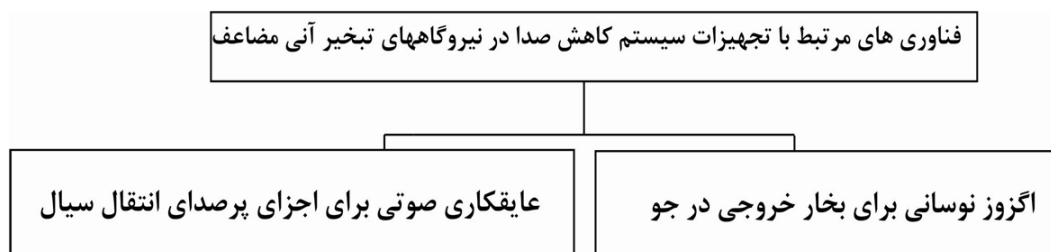
مضاعف



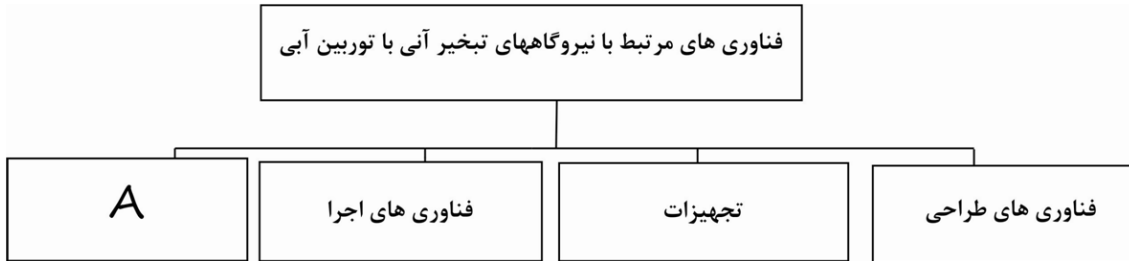
شکل (۲۶-۷) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات سیستم دفع حرارت در نیروگاه های تبخیر آبی مضاعف



شکل (۲۷-۷) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات سیستم دفع سیال زمینی در نیروگاه های تبخیر آبی مضاعف



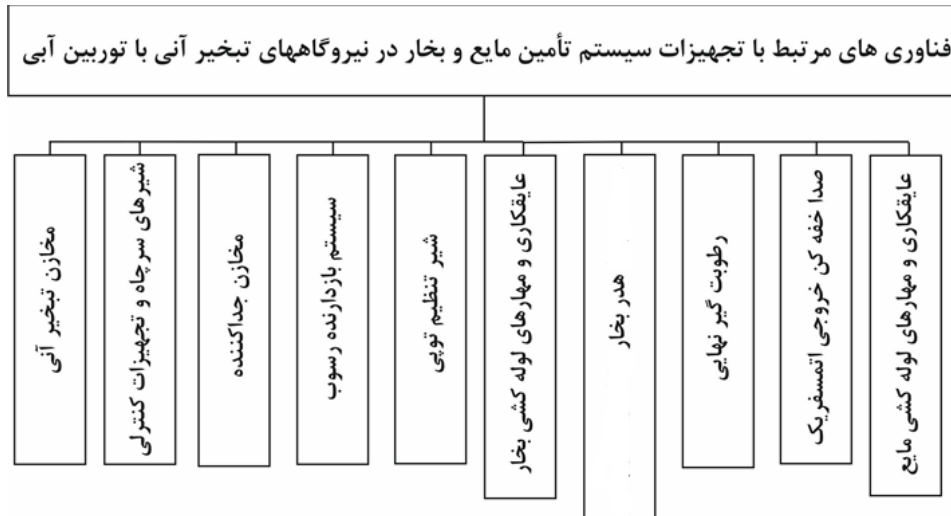
شکل (۲۸-۷) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات سیستم کاهش صدا در نیروگاه های تبخیر آبی مضاعف



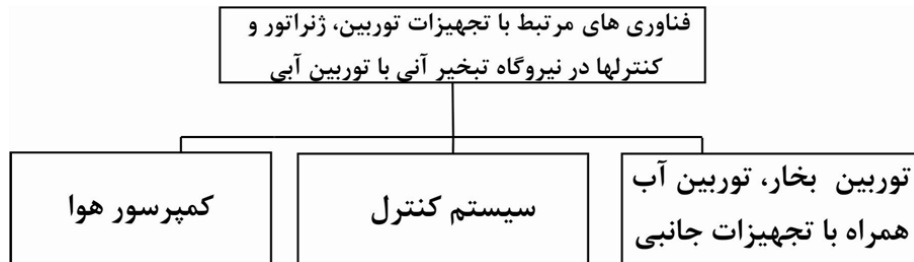
شکل (۲۹-۷) - درخت فناوری های مرتبط با نیروگاه های تبخیر آبی با توربین آبی



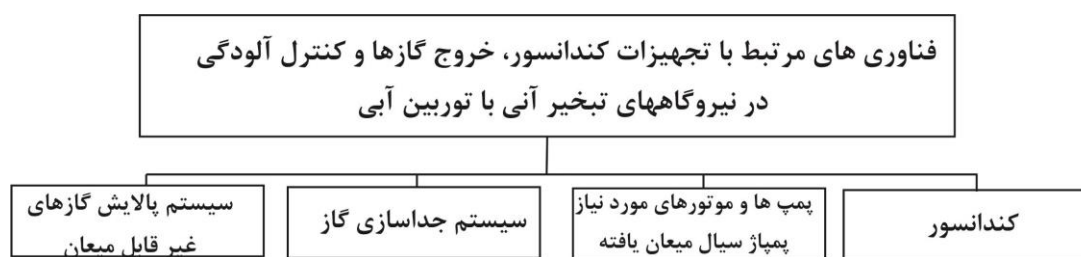
شکل (۳۰-۷) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات نیروگاه های تبخیر آبی با توربین آبی



شکل (۷-۳۱) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات سیستم تأمین مایع و بخار در نیروگاه های تبخیر آبی با توربین آبی

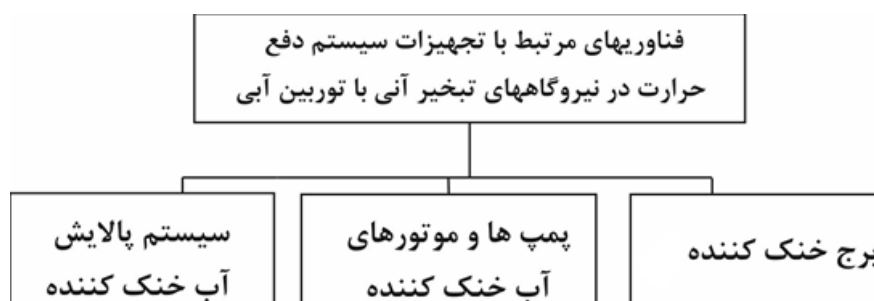


شکل (۷-۳۲) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات توربین، ژنراتور و کنترلها در نیروگاه های تبخیر آبی با توربین آبی

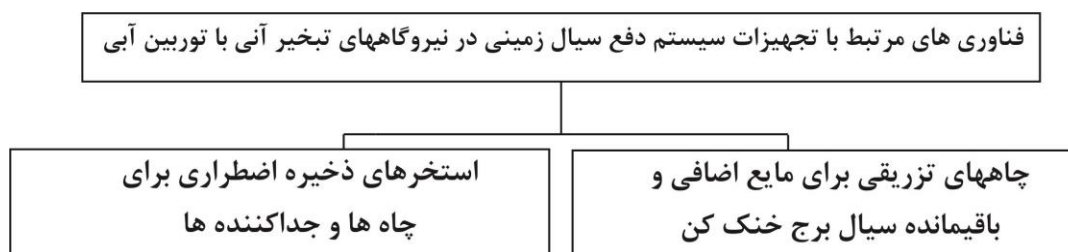


شکل (۷-۳۳) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات کندانسور، خروج گازها و کنترل آلودگی در نیروگاه های تبخیر آبی با

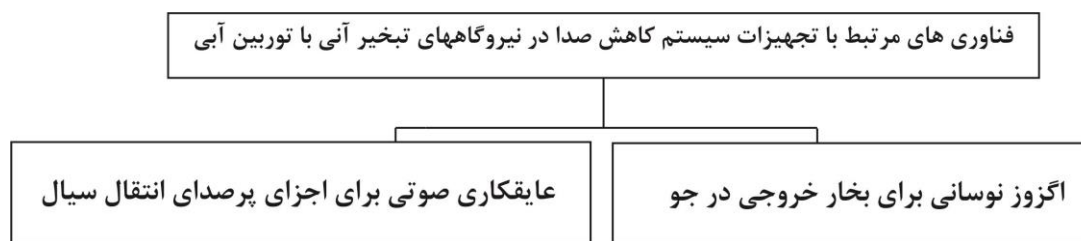
توربین آبی



شکل (۷-۳۴) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات سیستم دفع حرارت در نیروگاه های تبخیر آبی با توربین آبی

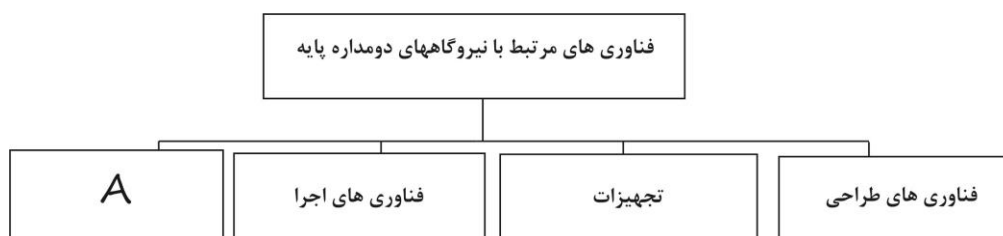


شکل (۷-۳۵) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات سیستم دفع سیال زمینی در نیروگاه های تبخیر آبی با توربین آبی



شکل (۷-۳۶) - درخت فناوری‌های مرتبط با تجهیزات سیستم کاهش صدا در نیروگاه‌های تبخیر آبی با توربین آبی

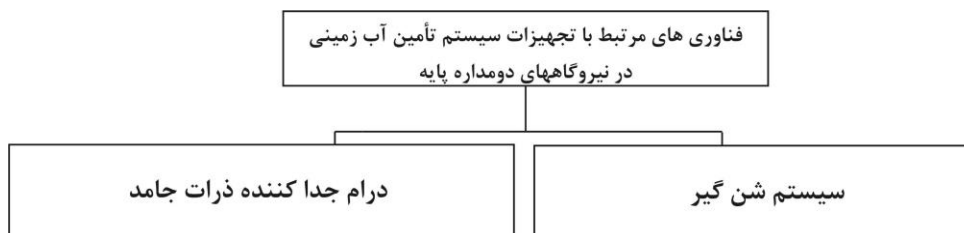
شکل‌های (۷-۳۷) تا (۷-۴۷) درخت فناوری‌های مرتبط با نیروگاه‌های دومداره پایه، شکل‌های (۷-۴۸) تا (۷-۵۸) درخت فناوری‌های مرتبط با نیروگاه‌های دومداره دوفشاره، شکل‌های (۷-۵۹) تا (۷-۶۹) درخت فناوری‌های مرتبط با نیروگاه‌های دومداره دوسیاله و شکل‌های (۷-۷۰) تا (۷-۸۰) درخت فناوری‌های مرتبط با نیروگاه‌های دومداره کالینا را نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل‌های (۷-۳۷) تا (۷-۸۰) مشاهده می‌شود، درخت فناوری این نیروگاه‌ها نیز بسیار به هم شبیه می‌باشد.



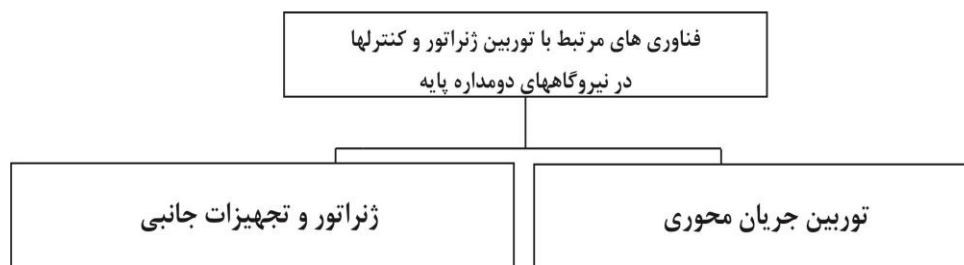
شکل (۷-۳۷) - درخت فناوری‌های مرتبط با نیروگاه‌های دومداره پایه



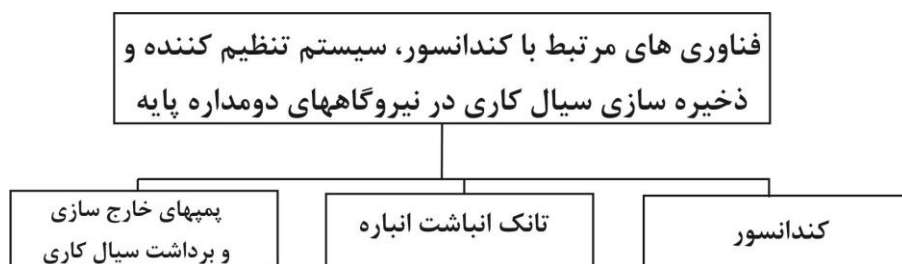
شکل (۷-۳۸) - درخت فناوری های مربوط به تجهیزات نیروگاه های دو مداره پایه



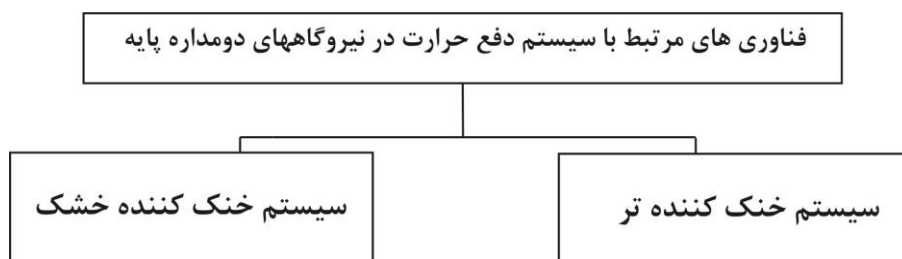
شکل (۷-۳۹) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات سیستم تأمین آب زمینی در نیروگاه های دو مداره پایه



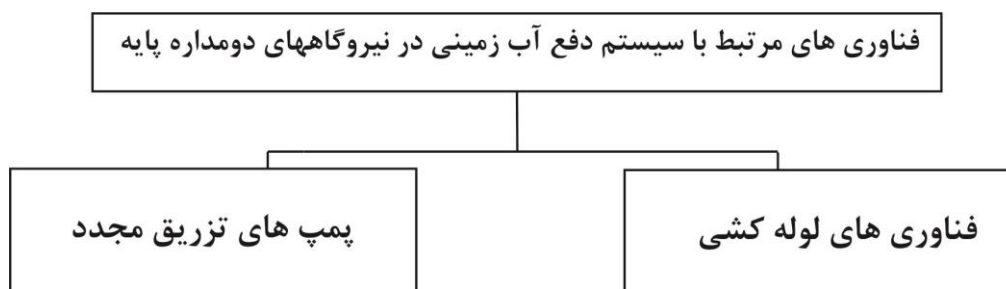
شکل (۷-۴۰) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات توربین، ژنراتور و کنترلها در نیروگاه های دو مداره پایه



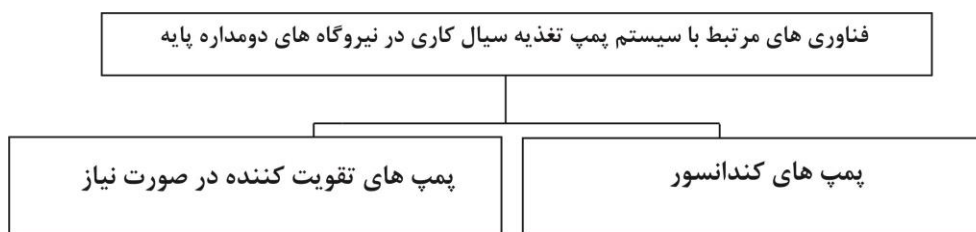
شکل (۷-۴۱) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات کندانسور، سیستم تنظیم کننده و ذخیره سازی سیال کاری در نیروگاه های دو مداره پایه



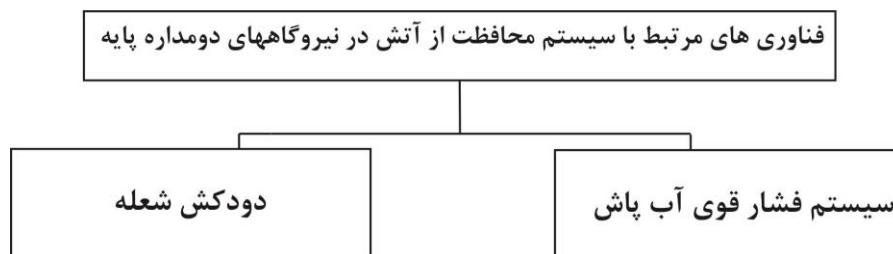
شکل (۷-۴۲) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات سیستم دفع حرارت در نیروگاه های دو مداره پایه



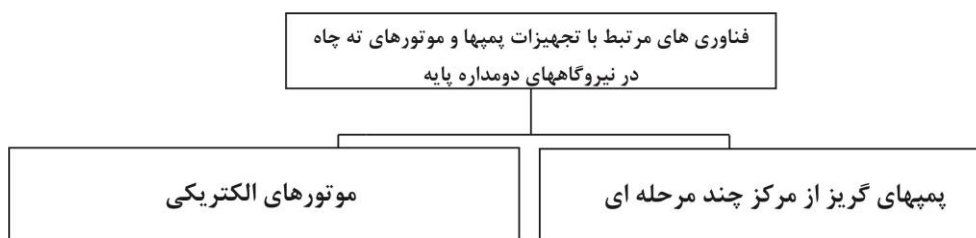
شکل (۷-۴۳) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات سیستم دفع آب زمینی در نیروگاه های دو مداره پایه



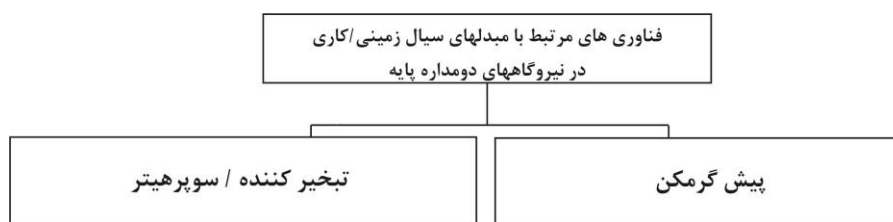
شکل (۷-۴۴) - درخت فناوری‌های مرتبط با تجهیزات سیستم پمپ تغذیه سیال کاری در نیروگاه‌های دو مداره پایه



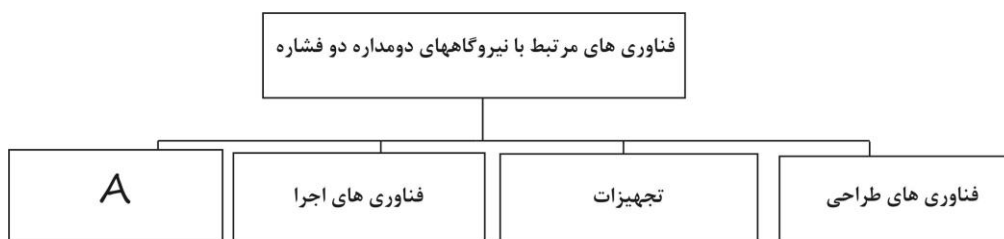
شکل (۷-۴۵) - درخت فناوری‌های مرتبط با تجهیزات سیستم محافظت از آتش در نیروگاه‌های دو مداره پایه



شکل (۷-۴۶) - درخت فناوری‌های مرتبط با تجهیزات پمپها و موتورهای ته‌چاه در نیروگاه‌های دو مداره پایه



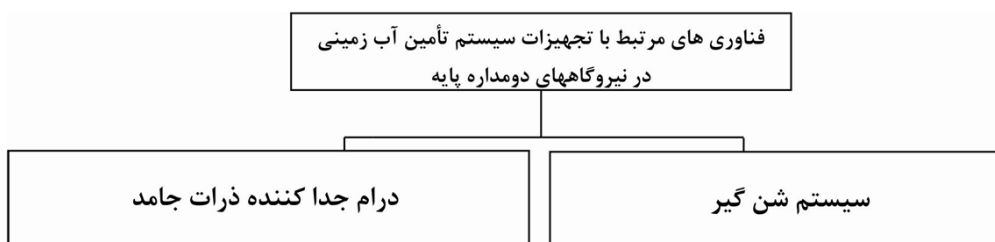
شکل (۷-۴۷) - درخت فناوری‌های مرتبط با مبدل‌های سیال زمینی/کاری در نیروگاه‌های دو مداره پایه



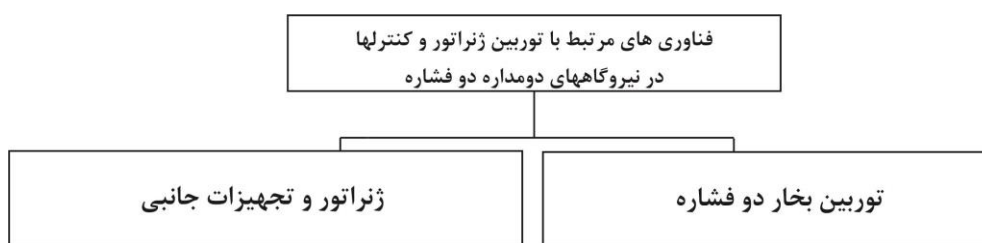
شکل (۷-۴۸) - درخت فناوری های مرتبط با نیروگاه های دو مداره دو فشاره



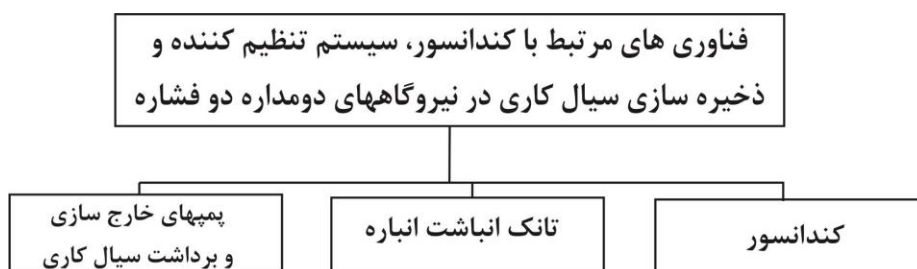
شکل (۷-۴۹) - درخت فناوری های مربوط به تجهیزات نیروگاه های دو مداره دو فشاره



شکل (۷-۵۰) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات تأمین آب زمینی در نیروگاه های دو مداره دو فشاره

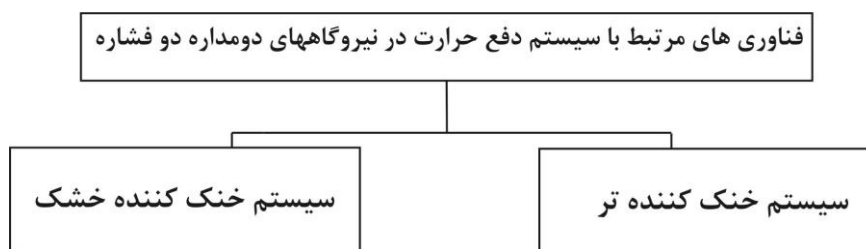


شکل (۷-۵۱) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات توربین، ژنراتور و کنترل ها در نیروگاه های دو مداره دو فشاره

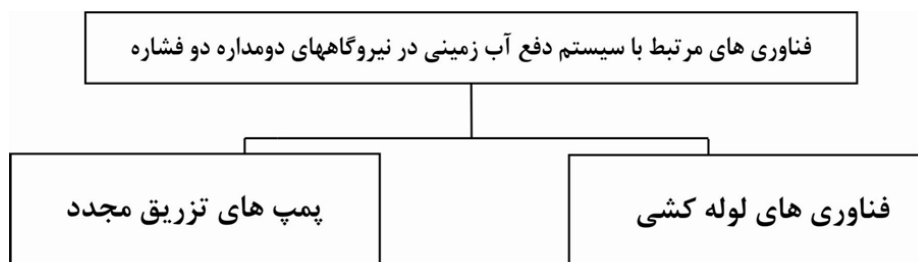


شکل (۷-۵۲) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات کندانسور، سیستم تنظیم کننده و ذخیره سازی سیال کاری در

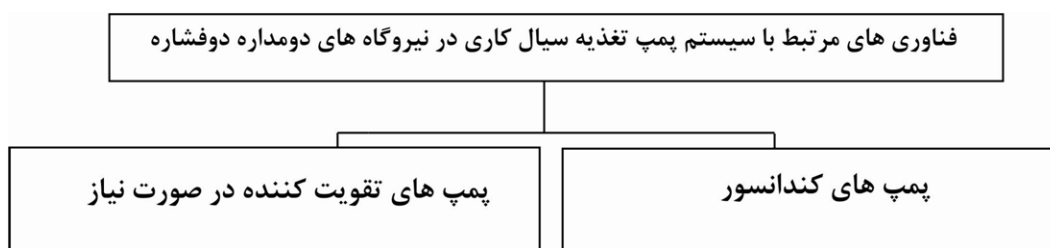
نیروگاه های دو مداره دو فشاره



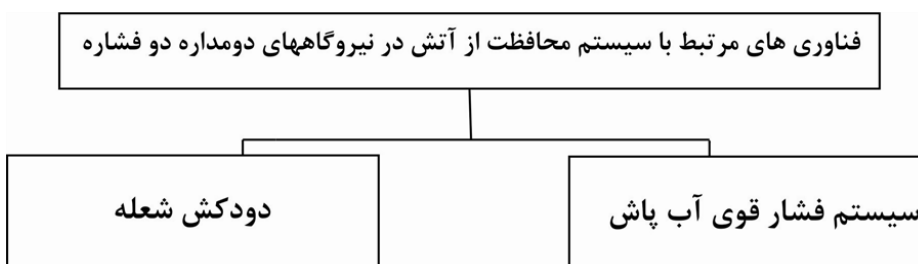
شکل (۷-۵۳) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات سیستم دفع حرارت در نیروگاه های دو مداره دو فشاره



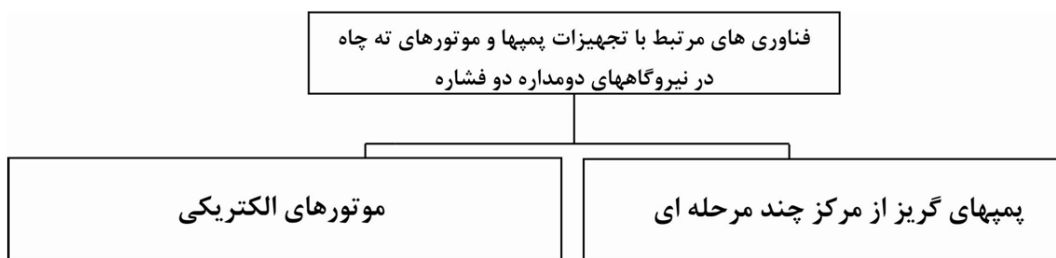
شکل (۷-۵۴) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات سیستم دفع آب زمینی در نیروگاه های دو مداره دو فشاره



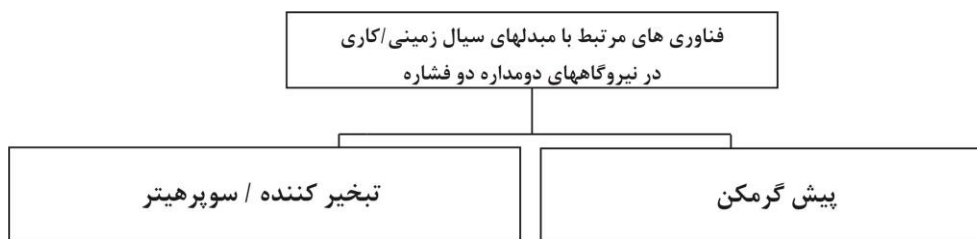
شکل (۷-۵۵) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات سیستم پمپ تغذیه سیال کاری در نیروگاه های دو مداره دو فشاره



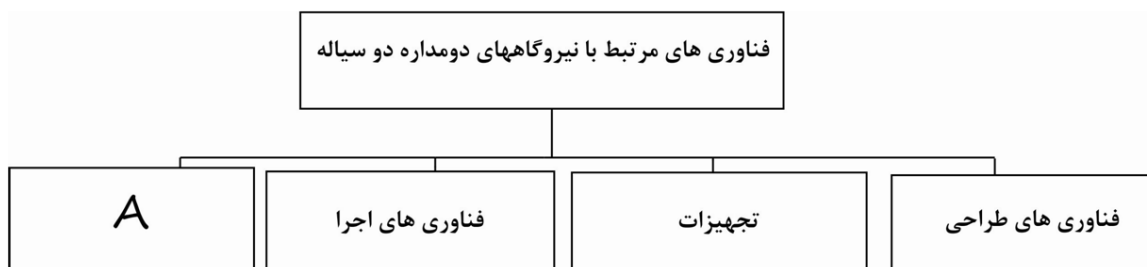
شکل (۷-۵۶) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات سیستم محافظت از آتش در نیروگاه های دو مداره دو فشاره



شکل (۷-۵۷) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات پمپها و موتورهای ته چاه در نیروگاه های دو مداره دو فشاره



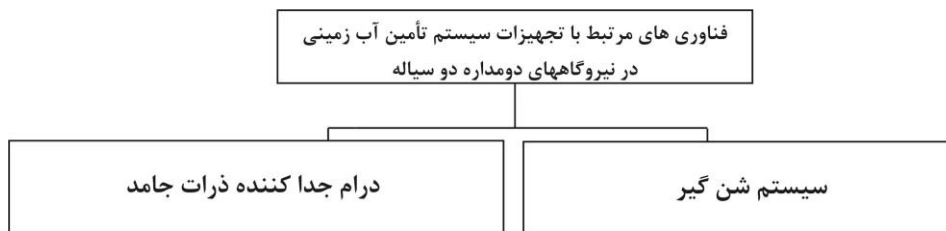
شکل (۷-۵۸) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات مبدل های سیال زمینی / کاری در نیروگاه های دو مداره دو فشاره



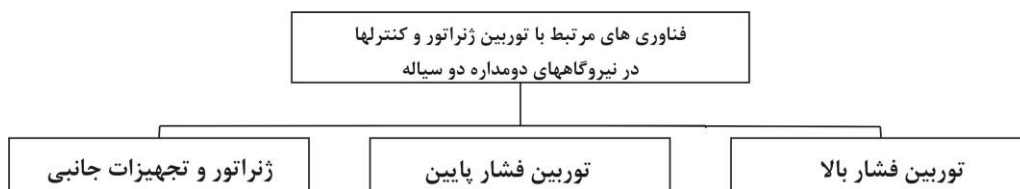
شکل (۷-۵۹) - درخت فناوری های مرتبط با نیروگاه های دو مداره دو سیاله



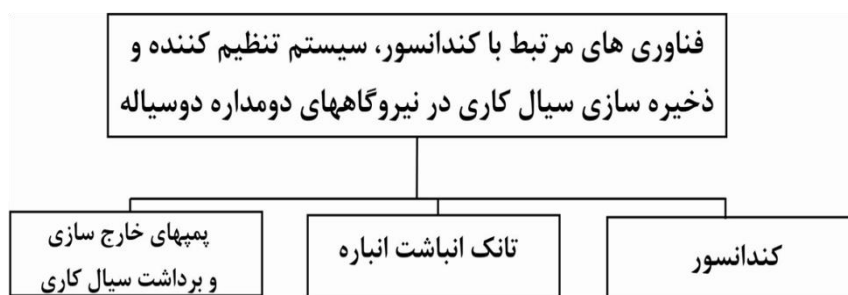
شکل (۶۰-۷) - درخت فناوری‌های مربوط به تجهیزات نیروگاه‌های دو مداره دو سیاله



شکل (۶۱-۷) - درخت فناوری‌های مرتبط با تجهیزات سیستم تأمین آب زمینی در نیروگاه‌های دو مداره دو سیاله

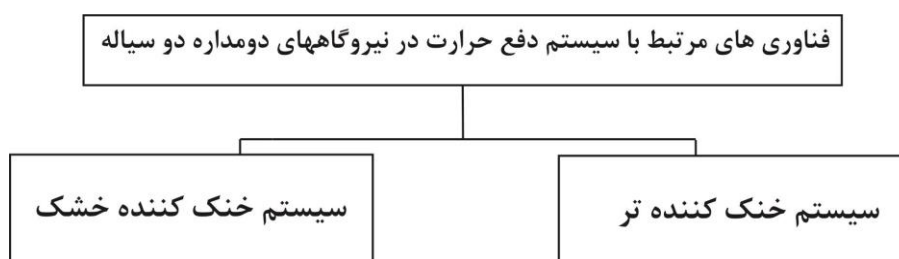


شکل (۶۲-۷) - درخت فناوری‌های مرتبط با تجهیزات توربین، ژنراتور و کنترلرها در نیروگاه‌های دو مداره دو سیاله

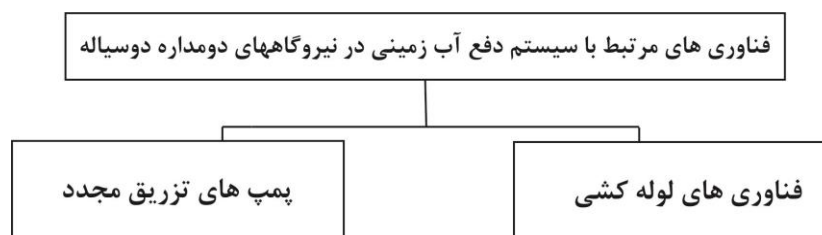


شکل (۶۳-۷) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات کندانسور، سیستم تنظیم کننده و ذخیره سازی سیال کاری در

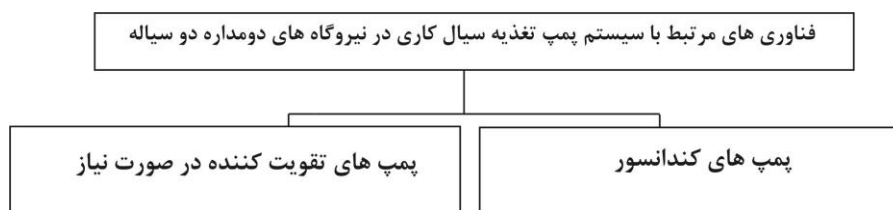
نیروگاه های دو مداره دو سیاله



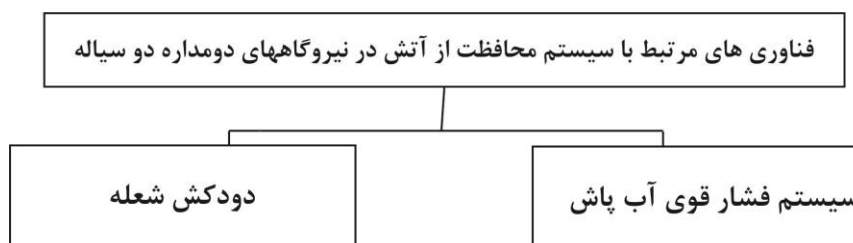
شکل (۶۴-۷) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات سیستم دفع حرارت در نیروگاه های دو مداره دو سیاله



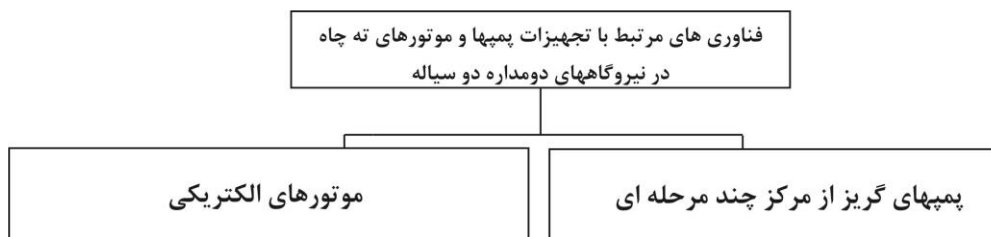
شکل (۶۵-۷) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات سیستم دفع آب زمینی در نیروگاه های دو مداره دو سیاله



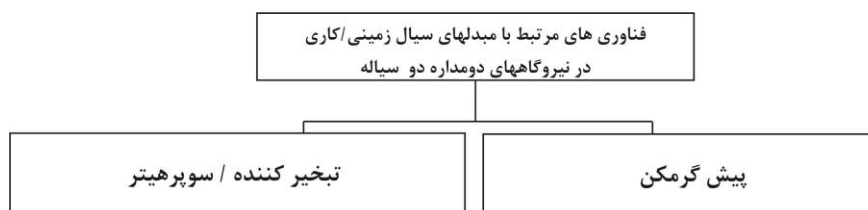
شکل (۶۶-۷) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات سیستم پمپ تغذیه سیال کاری در نیروگاه های دو مداره دو سیاله



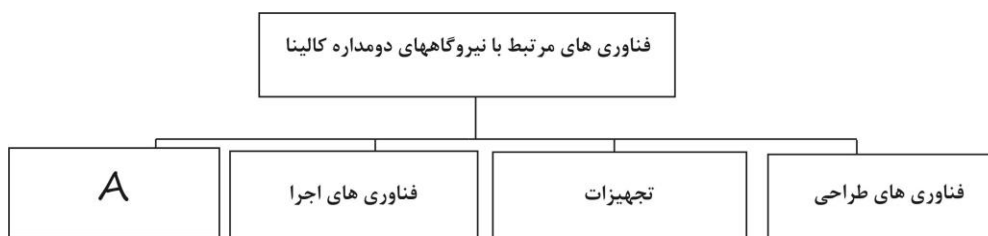
شکل (۶۷-۷) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات سیستم محافظت از آتش در نیروگاه های دو مداره دو سیاله



شکل (۶۸-۷) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات پمپها و موتورهای ته چاه در نیروگاه های دو مداره دو سیاله



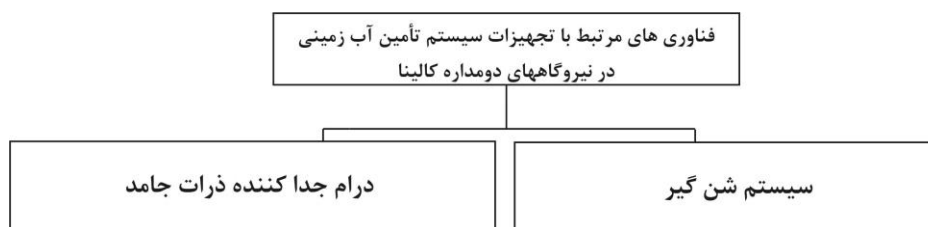
شکل (۶۹-۷) - درخت فناوری های مرتبط با مبدل های سیال زمینی / کاری در نیروگاه های دو مداره دو سیاله



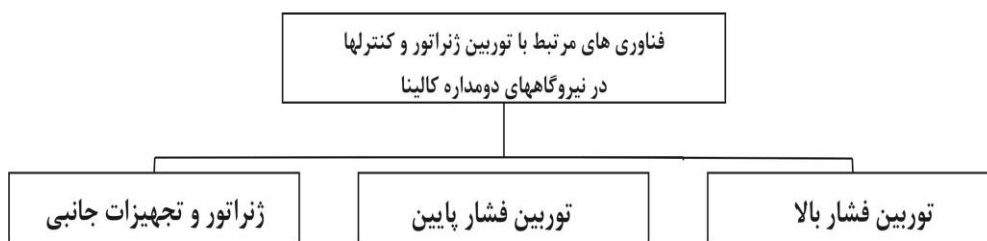
شکل (۷-۷۰) - درخت فناوری های مرتبط با نیروگاه های دو مداره کالینا



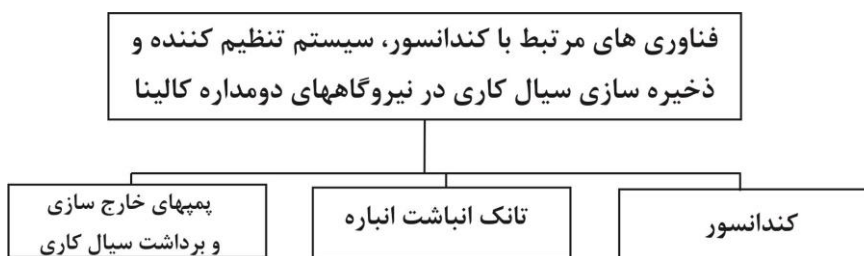
شکل (۷-۷۱) - درخت فناوری های مربوط به تجهیزات نیروگاه های دو مداره کالینا



شکل (۷-۷۲) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات سیستم تأمین آب زمینی در نیروگاه های دو مداره کالینا

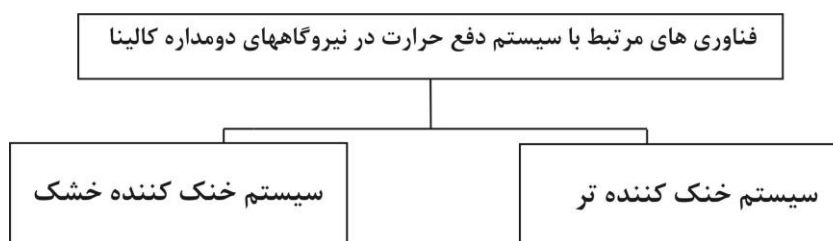


شکل (۷-۷۳) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات توربین، ژنراتور و کنترلها در نیروگاه های دو مداره کالینا

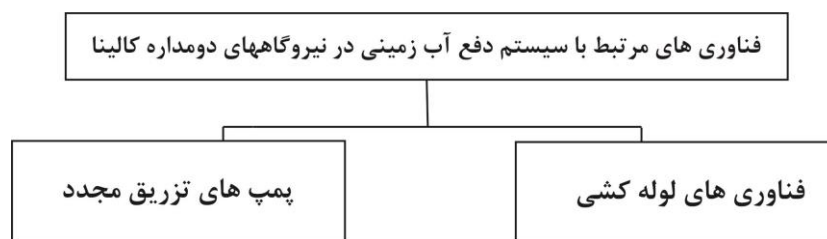


شکل (۷-۷۴) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات کندانسور، سیستم تنظیم کننده و ذخیره سازی سیال کاری در

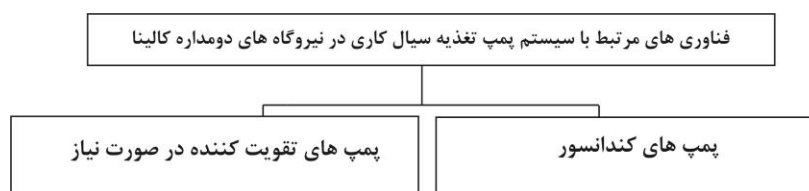
نیروگاه های دو مداره کالینا



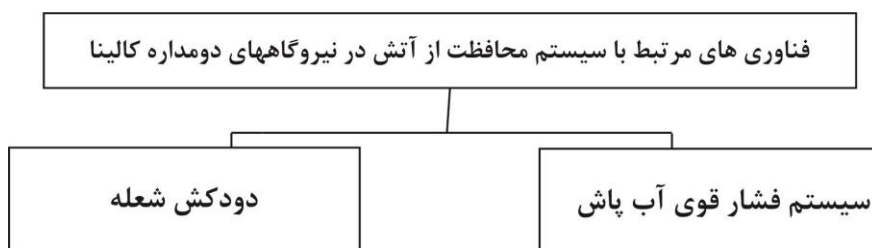
شکل (۷-۷۵) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات سیستم دفع حرارت در نیروگاه های دو مداره کالینا



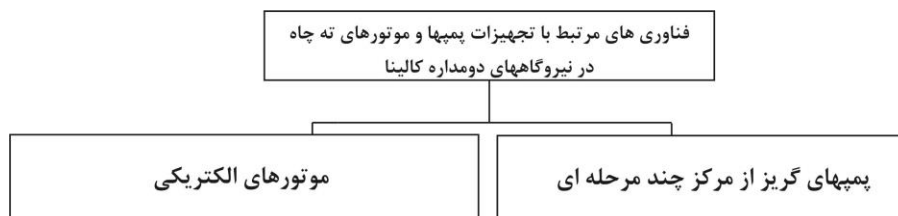
شکل (۷-۷۶) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات سیستم دفع آب زمینی در نیروگاه های دو مداره کالینا



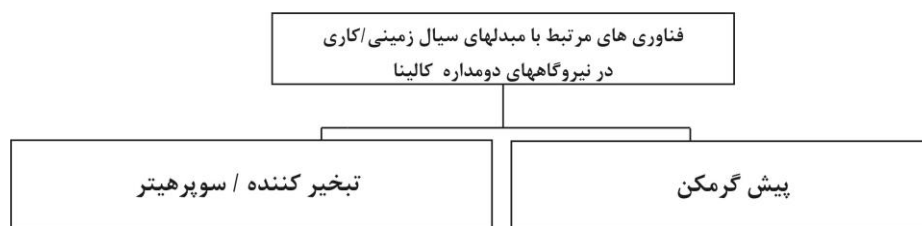
شکل (۷-۷۷) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات سیستم پمپ تغذیه سیال کاری در نیروگاه های دو مداره کالینا



شکل (۷-۷۸) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات سیستم محافظت از آتش در نیروگاه های دو مداره کالینا

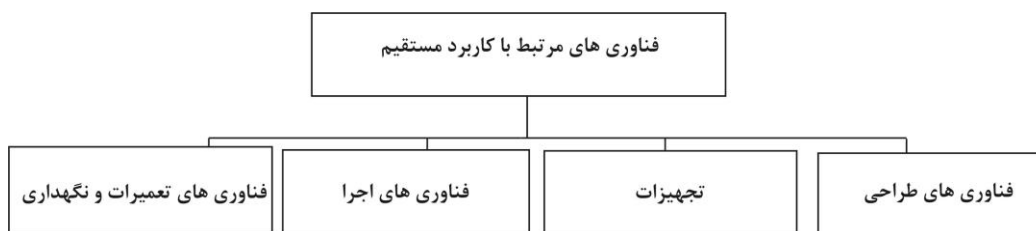


شکل (۷-۷۹) - درخت فناوری های مرتبط با تجهیزات پمپها و موتورهای ته چاه در نیروگاه های دو مداره کالینا

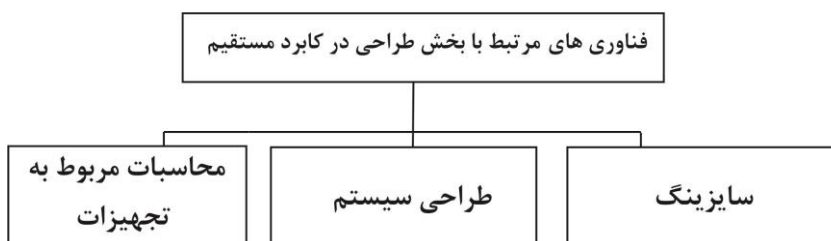


شکل (۷-۸۰) - درخت فناوری‌های مرتبط با تجهیزات مبدل‌های سیال زمینی/کاری در نیروگاه‌های دو مداره کالینا

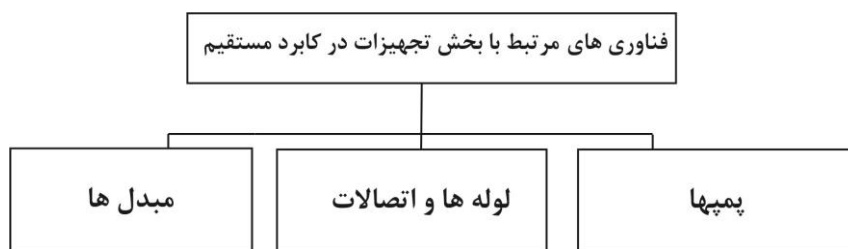
شکل (۷-۸۱) درخت فناوری‌های مرتبط با کاربرد مستقیم را نشان می‌دهد، در این درخت، فناوری‌های کاربرد مستقیم به ۴ بخش طراحی، تجهیزات، اجرا و تعمیرات و نگهداری تقسیم شده‌اند. در شکل‌های (۷-۸۲) تا (۷-۸۵) درخت فناوری هر یک از این بخش‌ها نشان داده شده است.



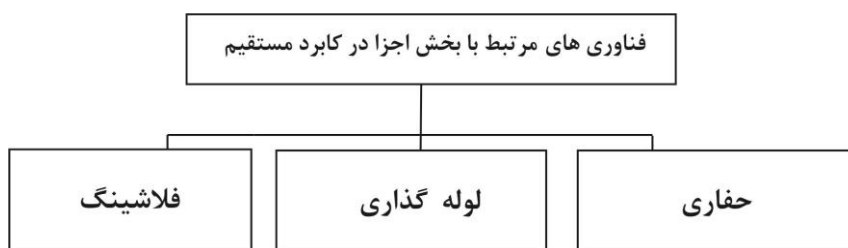
شکل (۷-۸۱) - درخت فناوری‌های مرتبط با کاربرد مستقیم



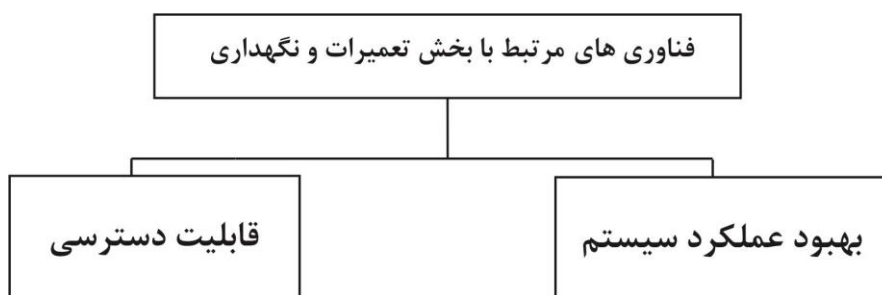
شکل (۷-۸۲) - درخت فناوری‌های مرتبط با بخش طراحی کاربرد مستقیم



شکل (۷-۸۳) - درخت فناوری های مرتبط با بخش تجهیزات در کاربرد مستقیم



شکل (۷-۸۴) - درخت فناوری های مرتبط با بخش اجزا در کاربرد مستقیم



شکل (۷-۸۵) - درخت فناوری های مرتبط با بخش تعمیرات و نگهداری در کاربرد مستقیم

منابع و مراجع

- [1] M.M.El-Wakil, "Powerplant Technology", McGraw-Hill, 1985.
- [2] Marry H. Dickson, Mario Fanelli, "Geothermal Energy", John Wiley & Sons, 1995.
- [3] RonaldDipippo, KirilPopovski, "Power Generation", World Geothermal Congress Pre-conference course,Doganbey (Izmir), April 2005.
- [4] RonaldDipippo, "Geothermal Power Plants", Elsevier, 2005.
- [5] C. H. Marston, "Parametric Analysis of the Kalina Cycle", ASME, 1990.
- [6] A. Henry, PE. Mlcak, "An Introduction to the Kalina Cycle", ASME, 1996.
- [7] AlenCosulting Group, "Australia's Geothermal Industry: Pathways for Development", Report to the Department of Resources, 2011.
- [8] O. G. Flovenz, "Geothermal Energy: A Begin and Renewable Source of Energy", Presentation at Fornybar Stavanger, Norway, 2009.
- [9] T. Johannesso and C. Chatenay, "Direct Use of Geothermal Resources", Presented at Short Course VI on Utilization of Low- and Medium-Enthalpy Geothermal Resources and Financial Aspects of Utilization, organized by UNU-GTP and LaGeo, Santa Tecla, El Salvador, 2014.
- [10] "Trends in Geothermal Applications; Survey Report on Geothermal Utilization and Development in IEA and GIA Member Countries in 2011 (with trend in geothermal power generation and heat use 2000-2011)", IEA Geothermal, 2011.

- [11] “Technology Roadmap, Geothermal Heat and Power” International Energy Agency, 2011.
- [12] “Geothermal Heat and Power Roadmap” International Energy Agency, 2011.
- [13] B. R. Philips, J. Ziagos, H. Thorsteinsson and E. Hass, “A Roadmap for Strategic Development of Geothermal Exploration Technologies”, Thirty-Eighth Workshop on Geothermal Reservoir Engineering Stanford University, Stanford, California, 2013.
- [14] “The Future of Geothermal Energy (impact of enhanced geothermal systems (EGS) on the United States in the 21th century)”, Massachusetts Institute of Technology, 2006.
- [15] J. McVeigh, J. Cohen, M. Vorum, G. Porro, and G. Nix, “Preliminary Technical Risk Analysis for the Geothermal Technologies Program”, Technical Report by National Renewable Energy Laboratory (NREL) and Princeton Energy Resources International (PERI), 2007.
- [16] “Geothermal Technology Roadmap; European Technology Platform on Renewable Heating and Cooling” Renewable Heating & Cooling Co-funded by the European Union, 2014.
- [17] “2050 Pathway Analysis”, Technical Report by Energy and Climate Change, UK, 2010.
- [18] “Australian Geothermal Industry; Development Framework” Technical Report by Department of Resources, Energy and Tourism, 2008.
- [19] “Australian Geothermal Industry; Technology Roadmap”, Technical Report, 2008.

فهرست مطالب

۱	۱- مقدمه
۱	۲- معرفی سیستم های زمین گرمایی پیشرفته (EGS)
۴	۳- جایگاه منابع زمین گرمایی پیشرفته در فن آوری های مرتبط با منابع زمین گرمایی
۴	۴- تفاوت های سیستم های زمین گرمایی متعارف (هیدروترمال) با سیستم های زمین گرمایی پیشرفته (EGS)
۷	۵- مزایای بهره برداری و عوامل مؤثر در توسعه منابع زمین گرمایی پیشرفته
۸	۶- اکتشاف سیستم های زمین گرمایی پیشرفته (EGS)
۱۲	۷- کشورهای پیشرو در زمینه سیستم های زمین گرمایی پیشرفته
۱۸	۸- هزینه های بهره برداری EGS
۲۰	۹- چالش های توسعه بهره برداری از منابع زمین گرمایی پیشرفته
۲۰	۱۰- چشم انداز تولید برق و کاربرد مستقیم حرارتی از انرژی زمین گرمایی تا سال ۲۰۵۰
۲۱	۱۱- شناسایی و معرفی فناوری های مرتبط با سیستم های زمین گرمایی پیشرفته
۲۳	۱۲- بررسی تاریخچه و نقاط عطف سیستم های زمین گرمایی پیشرفته EGS در سراسر دنیا از ابتدا تا انتهای سال ۲۰۱۳
۲۷	-منابع

فهرست اشکال

- شکل (۱-۱)- شمایی از یک سیستم زمین گرمایی پیشرفته ۲
- شکل (۲-۲)- نمودار شماتیک تغییر درجه حرارت نسبت به عمق برای منابع زمین گرمایی مختلف ۳
- شکل (۳-۱)- جایگاه منابع زمین گرمایی پیشرفته بر روی درخت فن آوری منابع زمین گرمایی ۴
- شکل (۴-۱)- موقعیت قرارگیری چاه‌های تزریقی و تولیدی در در منابع زمین گرمایی پیشرفته ۶
- شکل (۷-۱)- نقشه منابع زمین گرمایی در ایالات متحده امریکا ۱۳
- شکل (۷-۲)- نحوه پراکندگی درجه حرارت در عمق ۱۰ کیلومتری ایالات متحده امریکا ۱۴
- شکل (۷-۳)- نقشه توزیع حرارت در عمق ۵ کیلومتری زمین در استرالیا ۱۵
- شکل (۷-۴)- دمای میانگین در اعماق مختلف زمین در چین ۱۶
- شکل (۷-۵)- درجه حرارت بدست آمده از عمق‌های مختلف پروژه‌های EGS در سراسر جهان ۱۷
- شکل (۷-۶)- منحنی دبی چاه‌ها نسبت به عمق آنها از پروژه‌های EGS در سراسر جهان ۱۸
- شکل (۸-۱)- نوع سنگ‌های حفاری شده در پروژه‌های EGS در سراسر جهان ۱۹
- شکل (۱۰-۱)- چشم انداز تولید برق و کاربرد مستقیم حرارتی از منابع زمین گرمایی در سراسر جهان ۲۱
- شکل (۱۱-۱)- درخت فناوری اصلی سیستم‌های زمین گرمایی پیشرفته ۲۱
- شکل (۱۱-۲)- درخت فناوری مطالعات اکتشافی سیستم‌های زمین گرمایی پیشرفته ۲۲
- شکل (۱۱-۳)- درخت فناوری اکتشاف مقدماتی سیستم‌های زمین گرمایی پیشرفته ۲۲
- شکل (۱۱-۴)- درخت فناوری اکتشاف تکمیلی سیستم‌های زمین گرمایی پیشرفته ۲۳

فهرست جداول

جدول (۷-۱) - کشورهای پیشرو در خصوص تحقیق، بررسی و اجرای سیستم های زمین گرمایی

پیشرفته (EGS)

۱- مقدمه

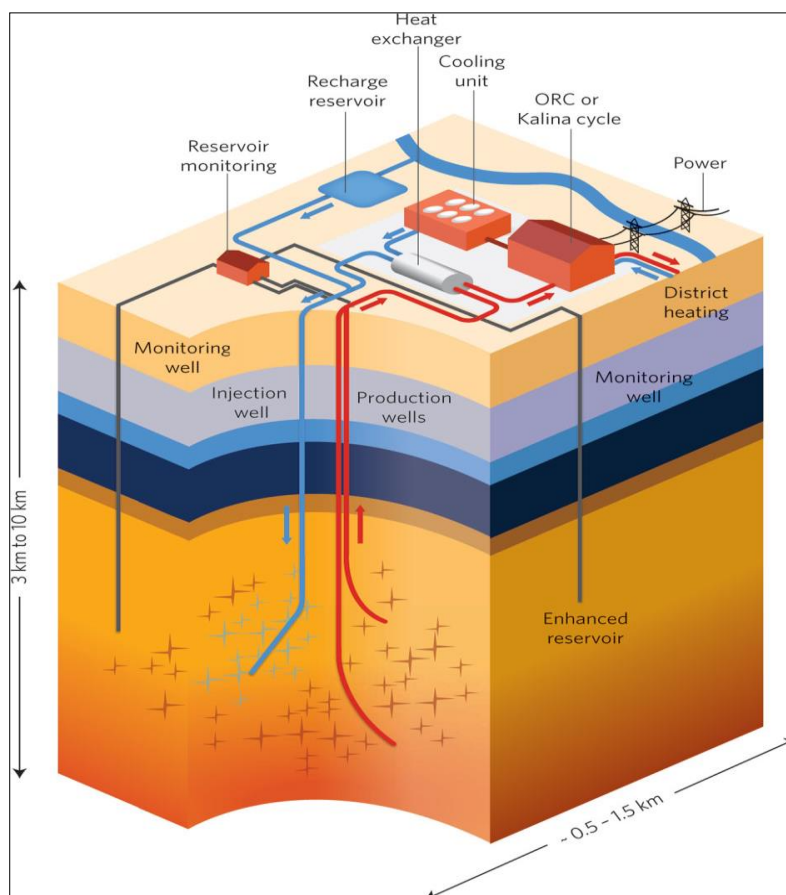
سیستم‌های زمین گرمایی پیشرفته (EGS) جزء منابع زمین گرمایی عمیق به شمار می‌روند. این دسته از منابع زمین گرمایی به طور مصنوعی در اعماق زمین ایجاد شده و به کمک بخار خروجی از آنها می‌توان برق تولید نمود. در این گزارش، فناوری‌های مرتبط با منابع زمین گرمایی پیشرفته از زوایای مختلفی مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرند. البته یادآور می‌گردد که فناوری‌های مرتبط با منابع EGS در حال رشد بوده و هنوز به مرحله تکامل خود نرسیده‌اند.

در گزارش حاضر، مباحث زیر به تفصیل مورد بررسی قرار می‌گیرند: تفاوت‌های منابع زمین گرمایی هیدروترمال با منابع زمین گرمایی پیشرفته، مزایای بهره برداری از این منابع، اکتشاف آنها، معرفی کشورهای پیشرو در خصوص منابع پیشرفته، هزینه‌های بهره برداری از آنها، چالش‌ها و موانع موجود در مسیر توسعه بهره برداری از منابع زمین گرمایی پیشرفته، چشم انداز تولید برق و موارد کاربرد مستقیم به کمک منابع زمین گرمایی پیشرفته تا سال ۲۰۵۰ و نهایتاً بررسی درخت‌های فناوری مرتبط با منابع پیشرفته. در ادامه، مباحث فوق‌الذکر با توضیحات بیشتری ارائه می‌گردند.

۲- معرفی سیستم‌های زمین گرمایی پیشرفته (EGS)

منابع زمین گرمایی پیشرفته (Enhanced/Engineered Geothermal System: EGS) به آن دسته از سیستم‌های زمین گرمایی اطلاق می‌شود که در آن منابع هیدروترمال به طور مصنوعی تشکیل شده و از انرژی آن جهت تولید برق استفاده می‌شود. در این فناوری نیز مانند سیستم‌های زمین گرمایی هیدروترمال، از گرمای درون پوسته زمین به منظور تولید برق استفاده می‌شود. در حال حاضر، منابع هیدروترمال موجود در عمق‌های نسبتاً کمی قرار دارند اما در منابع EGS، با ایجاد شکستگی‌ها و شکاف‌ها (و متعاقب آن افزایش نفوذپذیری) در سنگ‌های واقع در اعماق ۳ تا ۱۰ کیلومتری زمین و تزریق سیال به درون سنگ‌های یاد شده، مخازن هیدروترمال مصنوعی به وجود می‌آیند. در شکل (۱-۲) شمایی از یک سیستم زمین گرمایی پیشرفته نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل مشخص است عمق تشکیل این منابع بالاتر از منابع هیدروترمال متعارف می‌باشد همچنین در این سیستم‌ها سیال از طریق چاه‌های تزریقی که در شکل مشخص می‌باشند به محدوده شکستگی‌ها تزریق می‌شود و پس از گرم شدن، با استفاده از چاه‌های تولیدی به سطح زمین منتقل می‌گردد و به منظور تولید برق وارد نیروگاه زمین گرمایی می‌گردد.

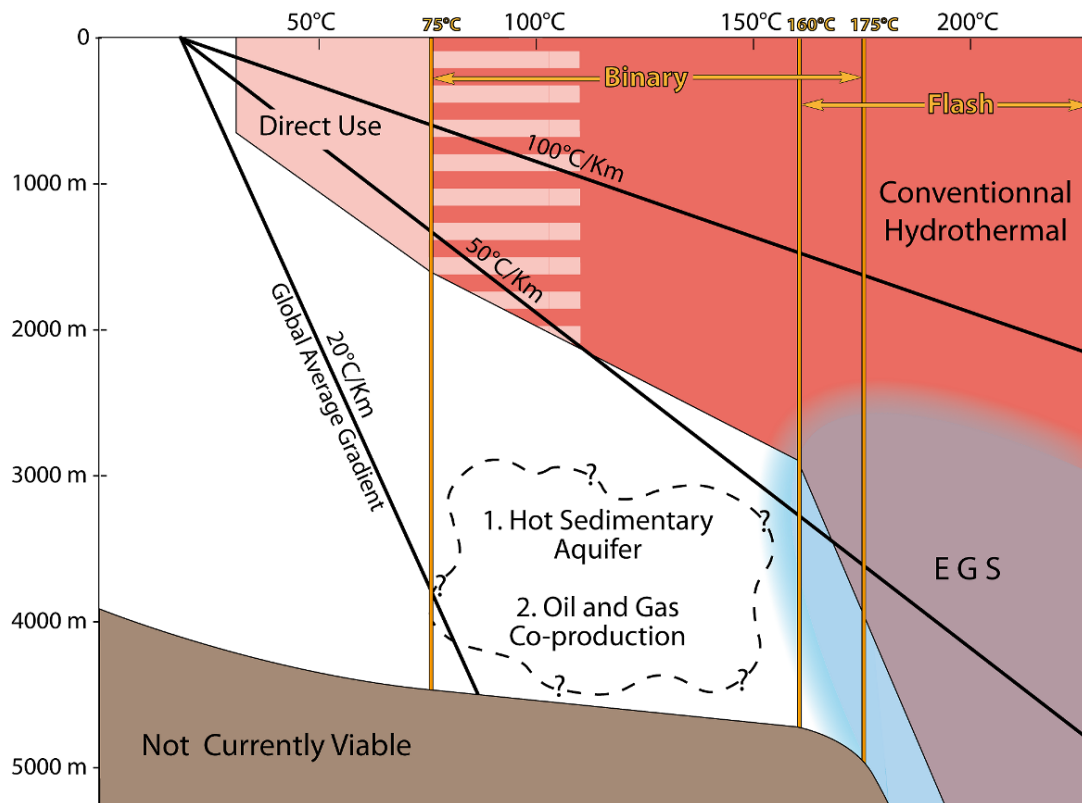
نیروگاه های زمین گرمایی هیدروترمال، به دلیل متمرکز شدن آنها در مکان هایی بخصوص و همچنین اندازه و ابعاد آنها دارای محدودیت هایی می باشند که منابع زمین گرمایی پیشرفته، این محدودیت ها را کاهش می دهد. به این صورت که مخازن هیدروترمال مصنوعی در اعماق پوسته و در جایی که سنگ های داغ به دلیل عدم وجود سیال و یا نفوذپذیری مناسب، تا پیش از این غیرقابل استفاده بوده اند، تشکیل گردیده و از انرژی آنها بهره برداری می شود [۱ و ۷ و ۸]. سیستم های زمین گرمایی متعارف دارای عمر مشخصی جهت برداشت سیال داغ می باشند و به طور کلی میانگین عمر یک مخزن زمین گرمایی متعارف حدود ۳۰ سال در نظر گرفته می شود این در حالی است که سیستم های زمین گرمایی پیشرفته می توانند به مدت طولانی تری مورد استفاده قرار گیرند. [۲].



شکل (۱-۲) - شمایی از یک سیستم زمین گرمایی پیشرفته (EGS) (Nature Climate Change- Chine, 2012).

همان گونه که اشاره گردید سیستم های زمین گرمایی در عمق های بالاتری (بین ۳ تا ۱۰ کیلومتری) قرار دارند. اما ممکن است در مناطق مختلف این عمق متفاوت باشد و این موضوع بستگی به شیب حرارتی منطقه دارد. در مناطقی که دارای شیب حرارتی بالاتری باشند، این منابع در عمق کمتری قرار می گیرند و در مناطقی که شیب حرارتی پایین می باشد، جهت ایجاد یک

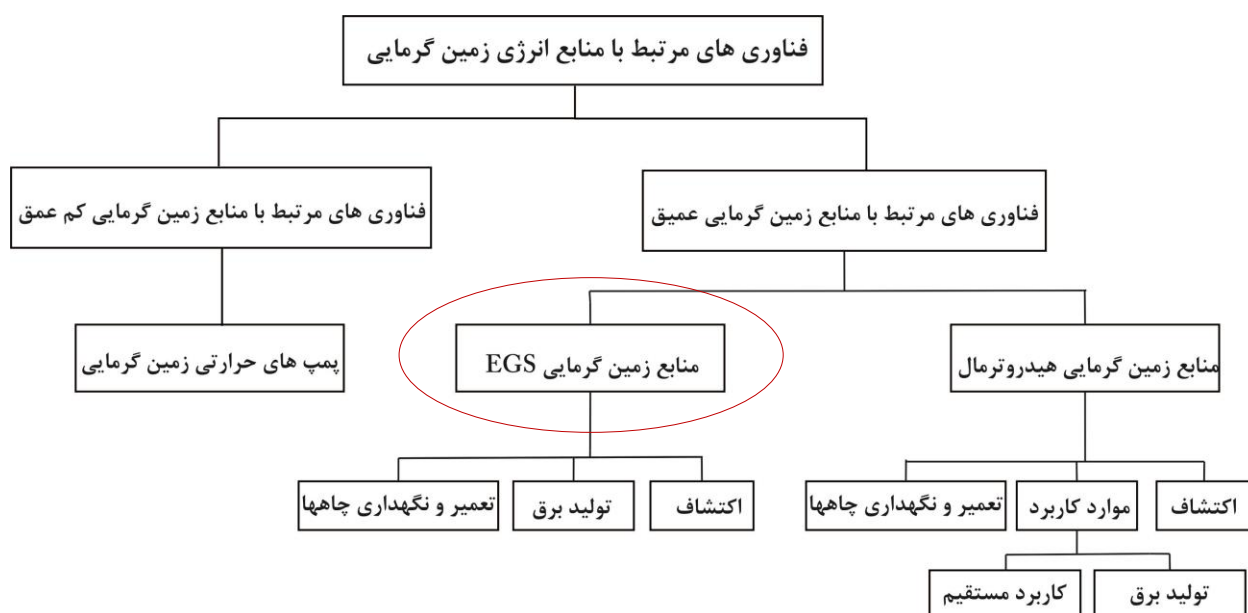
مخزن زمین گرمایی مصنوعی باید تا اعماق بیشتری حفاری صورت گیرد. این موضوع در شکل (۲-۲) به خوبی نمایان است. این شکل بر اساس عمق، درجه حرارت مخزن و کاربردهای منابع مختلف می‌باشد. همان گونه که ملاحظه می‌گردد در دماهای کمتر از ۷۵ درجه سانتی گراد و عمق‌هایی در حدود ۱۰۰۰ متری، منابع زمین گرمایی به منظور کاربرد مستقیم مورد استفاده قرار می‌گیرند. در دماهای ۷۵ تا ۱۷۰ درجه از سیستم‌های دو مداره (Binary) به منظور تولید برق استفاده می‌شود و در دمای بالاتر از ۱۷۰ درجه سانتی گراد، سیستم‌های فلش (Flash) به منظور تولید برق مورد استفاده قرار می‌گیرند. محدوده ای که منابع EGS در آن قرار گرفته اند، بر اساس عمق و دما مشخص شده است. گستردگی محدوده بر اساس گرادیان زمین گرمایی منطقه می‌باشد که در شکل مشخص شده است.



شکل (۲-۲) - نمودار شماتیک تغییر درجه حرارت نسبت به عمق برای منابع زمین گرمایی مختلف

۳- جایگاه منابع زمین گرمایی پیشرفته (EGS) در فن‌آوری‌های مرتبط با منابع زمین گرمایی

فن‌آوری‌های مرتبط با منابع انرژی زمین گرمایی در شکل (۳-۱) و در قالب درخت‌های فن‌آوری ارائه شده است. همان‌گونه که در شکل ملاحظه می‌گردد منابع زمین گرمایی پیشرفته (EGS)، همراه با منابع زمین گرمایی هیدروترمال، زیرمجموعه فن‌آوری‌های مرتبط با منابع زمین گرمایی عمیق را تشکیل می‌دهند. زیر شاخه‌های اصلی این منابع در درخت فن‌آوری انرژی زمین گرمایی شامل اکتشاف، تولید برق، تعمیر و نگهداری چاه‌ها می‌باشد، (شکل ۲).



شکل (۳-۱) - جایگاه منابع زمین گرمایی پیشرفته بر روی درخت فن‌آوری منابع زمین گرمایی

۴- تفاوت‌های سیستم‌های زمین گرمایی متعارف (هیدروترمال) با سیستم‌های زمین گرمایی پیشرفته (EGS)

مهم‌ترین تفاوت‌های منابع زمین گرمایی پیشرفته با سیستم‌های زمین گرمایی مرسوم شامل موارد زیر می‌باشد:

- منابع زمین گرمایی پیشرفته در عمق بیشتری قرار دارند.

- تعداد منابع زمین گرمایی پیشرفته نسبت به منابع هیدروترمال بسیار بیشتر می‌باشد.

- مخزن زمین گرمایی در منابع هیدروترمال به صورت طبیعی و بر اساس پارامترهای خاص زمین شناختی منطقه تشکیل شده است در حالی که مخازن زمین گرمایی پیشرفته به صورت مصنوعی ایجاد می‌شوند. این عمل توسط شکست هیدرولیکی (Hydro Fracturing) انجام می‌پذیرد.

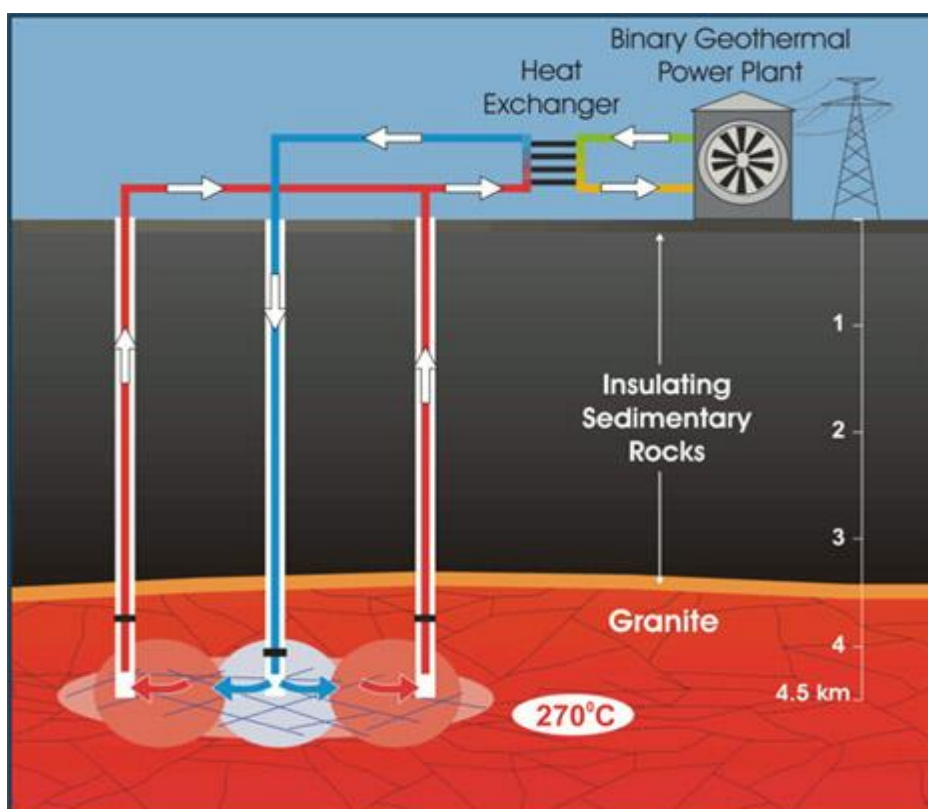
- از آنجایی که یک مخزن زمین گرمایی پیشرفته به صورت مصنوعی ایجاد شده و در عمق بالاتری قرار دارد، در نتیجه هزینه‌های آن بسیار بیشتر از منابع متعارف زمین گرمایی می‌باشد.

- به دلیل فراوانی تعداد منابع زمین گرمایی پیشرفته EGS، می‌توان در مناطق گسترده تری به تولید برق از این دسته از منابع زمین گرمایی پرداخت یا به عبارت دیگر، گزینه‌های بیشتری جهت احداث نیروگاه‌های زمین گرمایی در دسترس خواهد بود.

مهم ترین مانع در توسعه منابع زمین گرمایی پیشرفته، ایجاد مخازن هیدروترمال مصنوعی و تأمین مجراهای ضروری جهت گردش آب درون سنگ‌های داغ و خردشده است. به منظور کارکرد پیوسته یک نیروگاه EGS، تولید پیوسته و مداوم سیال داغ ضروری است. برای ایجاد این پیوستگی در تولید سیال، باید هم سیال کافی موجود باشد و هم اینکه سیال مورد نظر بتواند به راحتی در مخزن زمین گرمایی جریان داشته باشد [۹]. سنگ‌های داغ موجود در اعماق زمین (اعماق ۳ تا ۱۰ کیلومتری)، شرایط تشکیل منابع زمین گرمایی پیشرفته را دارند اما از آن جایی که این سنگ‌ها تحت فشار زیاد هستند، شکستگی و نفوذپذیری طبیعی آنها کم می‌باشد. بنابراین، در ابتدای مراحل تولید منابع زمین گرمایی پیشرفته، باید تخلخل و نفوذپذیری سنگ‌های داغ را افزایش داد که به این عملیات، اصطلاحاً تحریک مخزن می‌گویند، [۱۰]. در این مرحله در چاه حفر شده اصلی، سیال با فشار بسیار زیاد به سنگ‌های زیرزمینی هدف، تزریق می‌شود. در حین این عملیات، شکستگی‌های اصلی و فرعی سنگ‌ها گسترش پیدا می‌کند و شرایط برای تشکیل یک مخزن زمین گرمایی ایجاد می‌شود. ضمناً در مواردی که سنگ‌های مورد نظر، کربناته هستند می‌توان از سیالات اسیدی برای تحریک مخزن استفاده نمود، [۱۱].

کارشناسان مربوطه پس از انجام مرحله تحریک سنگ‌ها، حجم و شکل مخزن تولید شده را برآورد می‌نمایند تا مکان‌های مناسب برای حفر چاه‌های تزریقی و تولیدی، مشخص گردد. همچنین، در مرحله طراحی شبکه حفاری چاه‌های تزریقی و تولیدی می‌توان از روش‌های ژئوفیزیکی مانند لرزه‌نگاری و رادیومتری به منظور شناسایی مناطق مناسب حفر چاه‌ها بهره برد [۱۳]. پس از کسب اطلاعات دقیق از مخزن مصنوعی ایجاد شده، باید یک یا چند چاه تزریقی در مرکز مخزن و چندین چاه تولیدی در لبه‌های آن حفر شود. پس از تزریق آب در مرکز مخزن، این آب به اطراف حرکت کرده و توسط چاه‌های تولیدی به

سطح زمین باز می گردد، شکل (۴-۱). با انجام این کار (حفر چاه تزریق در مرکز و چاه های تولیدی در حواشی مخزن) تا حد زیادی از هدر رفت آب جلوگیری می شود. به هر حال پس از ایجاد مخزن مصنوعی، سایر مراحل بهره برداری از سیستم زمین-گرمایی پیشرفته، عملاً شبیه منابع هیدروترمال خواهد بود. بدین ترتیب که آب یا سیال به درون مخزن مصنوعی زمین گرمایی تزریق شده و پس از گرم شدن درون شکستگی ها به وسیله چاه های تولیدی به سطح زمین و توربین های تولید برق انتقال خواهد یافت. پیش بینی شده است که اکثر نیروگاه های EGS از سیکل تولید برق دومداره به منظور تولید برق استفاده خواهند نمود، [۱۴].



شکل (۴-۱) - موقعیت قرارگیری چاه های تزریقی و تولیدی در منابع زمین گرمایی پیشرفته

با این وجود، توسعه و گسترش سیستم های زمین گرمایی پیشرفته در جهان تا حد بسیار زیادی به پیشرفت فناوری های مرتبط با عملیات حفاری وابسته است. اگر چه می توان از فناوری حفاری منابع نفت و گاز در توسعه منابع زمین گرمایی پیشرفته بهره برد اما از آن جایی که درجه حرارت این قبیل مخازن، بیشتر از ۲۵۰ درجه فارنهایت می باشد، لذا این امر، موجب پیدایش مشکلاتی در توسعه این فناوری شده است. افزایش دمای چاه، احتمال توقف حفاری به دلیل فروریزش چاه، خرابی تجهیزات و عدم امکان استفاده از لوله جداری در چاه را به دنبال دارد [۱۵، ۱۶ و ۱۷].

عملیات حفاری، در مقام مقایسه با سیستم های زمین گرمایی هیدروترمال متعارف، نقش بسیار مهم و کلیدی در توسعه سیستم های زمین گرمایی پیشرفته دارد. زیرا، توسعه این سیستم ها در آینده، مستلزم حفاری در اعماق بیشتر، سنگ های سخت تر و داغ تر می باشد.

۵- مزایای بهره برداری و عوامل مؤثر در توسعه منابع زمین گرمایی پیشرفته

مهم ترین مزایای بهره برداری از منابع زمین گرمایی پیشرفته شامل موارد زیر می باشد:

- تأمین برق پایه
- توسعه زیرساخت های تولید انرژی
- مزایای زیست محیطی (آلودگی بسیار پایین هوا)
- بهره برداری از میادین نفتی متروک جهت تولید برق (به دلیل وجود چاه های فراوان و اطلاعات زمین شناسی)
- فراوانی بسیار بیشتر آنها نسبت به سیستم های هیدروترمال

مهمترین عوامل مؤثر در توسعه منابع زمین گرمایی پیشرفته به سه عامل اصلی زیر تقسیم می شوند:

- اکتشاف مربوط به حوزه های هیدروکربوری
- پیشرفت روش های ژئوفیزیکی (لرزه نگاری و مگنتوتلوریک) و استفاده از آنها در اکتشاف منابع زمین گرمایی
- پیشرفت تجهیزات حفاری

به منظور ایجاد یک مخزن زمین گرمایی پیشرفته نیاز به ابزارهای لازم با تکنولوژی بالا می باشد که امکان شناسایی یک منطقه دارای پتانسیل زمین گرمایی پیشرفته را فراهم کند. برای این منظور روش های ژئوفیزیکی مانند لرزه نگاری و مگنتوتلوریک می تواند کاربرد فراوانی در اکتشاف منابع داشته باشند. همچنین استفاده از اطلاعات مربوط به اکتشاف منابع هیدروکربوری می تواند اطلاعات مناسبی در اختیار ما قرار دهد. در یک حوزه هیدروکربوری ممکن است صدها و گاهی هزاران چاه با عمق های

بسیار بالا حفاری شده باشد که هر کدام حاوی اطلاعات زیرسطحی بسیار ارزشمندی هستند و در اکتشاف منابع زمین گرمایی پیشرفته می‌توانند بسیار راهگشا باشد. پیشرفت تجهیزات حفاری نیز امکان حفاری در اعماق بالا و امکان ایجاد یک مخزن مصنوعی را فراهم می‌آورند.

۶- اکتشاف سیستم‌های زمین گرمایی پیشرفته (EGS)

اکتشاف مخازن زمین گرمایی پیشرفته شامل طیف وسیعی از بررسی‌های زمین شناختی است و بنابراین به روش‌های متنوع و به اصطلاح به ترکیبی از روش‌های اکتشافی نیازمند است. از آن جایی که فعالیت‌های زمین گرمایی ناشی از یک سیستم زمین-گرمایی عادی دارای محدوده‌ها و وسعت زیادی می‌باشد، بنابراین شناسایی دقیق ویژگی‌های زمین شناسی و به ویژه در حالت EGS که نشانه‌های سطحی انرژی زمین گرمایی در آن موجود نیست اهمیت بسیار بیشتری پیدا می‌کند.

در حال حاضر، پیشرفت‌های چشم‌گیری در حوزه تکنولوژی و همچنین روش‌های اکتشافی در منابع زمین گرمایی پیشرفته صورت گرفته است که عمدتاً ناشی از فعالیت‌های صنعت نفت در حوزه‌های هیدروکربوری بوده و بنابراین، در حوزه انرژی زمین گرمایی نیز محبوبیت زیادی پیدا کرده است.

به عنوان مثال، در مورد روش‌های اکتشافی می‌توان گفت روش لرزه نگاری که سابقاً به دلیل هزینه زیاد و اجرای عملیات سنگین در حوزه‌های غیر نفتی استفاده نمی‌شد، ولی امروزه، موارد متعددی از استفاده از این روش ژئوفیزیکی در اکتشاف منابع انرژی زمین گرمایی وجود دارد و به ویژه در مورد منابع زمین گرمایی پیشرفته استفاده از این روش بسیار با اهمیت است زیرا بهترین روش برای شناسایی شکستگی‌ها در زیر سطح زمین می‌باشد و شناسایی این شکستگی‌ها و روند و الگویی که گسترش آنها را نشان می‌دهد، بر اساس مطالعات لرزه نگاری به خوبی قابل بررسی می‌باشد. همچنین روش مگنتوتلوریک که در ابتدا در حوزه نفت به کار می‌رفت، امروزه روشی متداول در اکتشافات منابع زمین گرمایی و بخصوص اکتشافات عمیق در منابع زمین-گرمایی پیشرفته است، [۱]. ترکیب روش‌های مختلف ژئوفیزیکی می‌تواند بیشترین اطلاعات را در زیر سطح زمین در اختیار ما قرار دهد.

استفاده از ترکیبی از روش‌های ژئوشیمیایی، ژئوفیزیکی و همچنین زمین شناسی بخصوص تکتونیک در یک ناحیه جهت اکتشافات منابع EGS اهمیت زیادی دارد. در واقع، یک استراتژی اکتشافی مؤثر در حالت کلی شامل موارد زیر است، [۱]:

- عملیات ژئوشیمیایی و ایزوتوپی سنگ‌ها و سیالات
- آنالیز ساختاری از گسل‌ها، شکستگی‌ها و چین خوردگی‌ها
- تعیین و آنالیز حوزه‌های استرسی در مقیاس ناحیه‌ای
- انجام روش‌های پتانسیلی شامل مغناطیس‌سنجی و گرانی‌سنجی
- انجام روش‌های الکترومغناطیسی و الکتریکی
- انجام روش‌های لرزه‌ای (فعال و غیرفعال)

ذکر این نکته ضروری است که بدانیم عملیات اکتشافی که به منظور اکتشافات زمین‌گرمایی صورت می‌گیرد نه تنها سیستم‌ها و زون‌های امیدبخش زمین‌گرمایی را شناسایی می‌کند بلکه دیگر ویژگی‌های زمین‌شناسی و ساختاری زیرسطحی را نیز مشخص می‌کند که این امر در توسعه سایت‌های زمین‌گرمایی پیشرفته (و حتی عادی) بسیار با اهمیت است.

اکتشاف سیستم‌های زمین‌گرمایی پیشرفته، اساسی‌ترین مرحله در بهره‌وری اقتصادی و مداوم از یک مخزن زمین‌گرمایی است. علی‌رغم مطالب فوق‌الذکر، تاکنون (۲۰۱۱)، ابزار، روش و استراتژی کافی جهت اکتشاف و مشخص کردن دقیق ساختار این نوع سیستم‌های زمین‌گرمایی موجود نمی‌باشد. بر همین اساس، بیشترین اکتشافات منابع زمین‌گرمایی پیشرفته در مناطقی صورت گرفته است که در گذشته این مناطق با هدف اکتشاف منابع هیدروکربوری مورد بررسی دقیق و اکتشاف قرار گرفته‌اند. به عبارت دیگر، اهداف پتانسیلی منابع پیشرفته کنونی عمدتاً در حوضه‌های رسوبی عمیق قرار دارد زیرا معمولاً در این نواحی جهت اکتشافات نفتی، اطلاعات زمین‌شناختی و زیرسطحی زیادی موجود است.

در مورد منابع زمین‌گرمایی پیشرفته، مخزن زمین‌گرمایی بخشی از سیستم زمین‌گرمایی است که دستخوش تغییرات مصنوعی انسانها، شامل حفاری‌های تولیدی و تزریقی، شده است. بنابراین، با توجه به این چشم‌انداز و همان‌طور که گفته شد واضح است که برای اکتشاف مخازن زمین‌گرمایی پیشرفته، ترکیبی از روش‌های ژئوفیزیکی، زمین‌شناسی و ژئوشیمیایی در مقیاس ناحیه‌ای و محلی نیاز است. اما، در میان روش‌های اکتشافی، یکی از مباحث مهم و بحرانی، موضوع تنش و استرس‌های موجود در سنگ‌ها است که باید حتماً قبل از حفاری و تحریک چاه کاملاً مشخص شده باشد، [۲]. تجزیه و تحلیل تمایل لغزش در سنگ‌ها یکی از روش‌هایی است که در آن به بررسی استرس موجود بر گسل‌ها و شکستگی‌ها در حالت عادی پرداخته و

سپس به بررسی واکنش و رفتار آنها جهت تحریک چاه می‌پردازد. در صورتی که استرس‌های تکتونیکی در یک میدان زمین-گرمایی به خوبی شناخته شده و به طور کلی کرنش مکانیکی سنگ‌ها مورد توجه قرار گیرد، می‌تواند در اقدامات آتی مخزن و بهره‌برداری از میادین زمین‌گرمایی پیشرفته به طور بهینه مؤثر باشد. با شناسایی مرزها و تکتونیک سنگ‌ها و در نتیجه تهیه یک مدل لیتوسفری مصنوعی می‌توان به تجزیه و تحلیل حوزه‌های استرسی سنگ‌ها در یک ناحیه پرداخت. تعیین مکانیزم کانون زمین‌لرزه‌های انجام شده در یک ناحیه و همچنین مطالعات صحرایی زمین‌شناسی مانند گسل‌های جوان، شکستگی‌ها و شناسایی روند حرکت آتشفشان‌ها از جمله موارد جزئی‌تر آن می‌باشد [۱].

با توجه به مطالعات مربوط به اکتشافات EGS در دنیا به نظر می‌رسد که یک برنامه اکتشافی دقیق با هدف EGS باید طی زمان‌بندی و در چند فاز انجام گیرد. در اینجا سه فاز مهم به منظور اکتشاف منابع EGS معرفی می‌گردد:

فاز اول: شناسایی اولیه نواحی امیدبخش EGS (هدف: تهیه نقشه‌های توزیع حرارت در عمق تا ۱۰ کیلومتر) که به ترتیب شامل موارد زیر است:

- ۱- جمع‌آوری کلیه اطلاعات مربوط به چاه‌های کشور بخصوص اطلاعات چاه‌های نفتی و تهیه یک بانک اطلاعاتی شامل سنگ‌شناسی، دمای چاه و غیره.
- ۲- تعیین خصوصیات سنگ‌ها در مناطق مختلف شامل چگالی، دمای ویژه، تخلخل و غیره با استفاده از اطلاعات چاه‌های موجود و دیگر اطلاعات.
- ۳- نمونه‌گیری از رسانایی دمای سنگ‌ها.
- ۴- حرارت‌سنجی در مقیاس ناحیه‌ای
- ۵- عملیات ژئوفیزیکی اولیه شامل مغناطیس‌سنجی و گرانی‌سنجی هوابرد در مقیاس کل کشور و یا استفاده از داده‌های هوابرد سازمان مربوطه به منظور بررسی‌های زمین‌شناسی کلی و همچنین تعیین عمق کوری.
- ۶- تهیه مقاطع و ستون‌های چینه‌شناسی در محدوده‌هایی که امکان پذیر است.
- ۷- تهیه نقشه حرارتی عمقی مربوط به کل کشور به عمق ۱۰-۵ کیلومتر

فاز دوم: شناسایی نیمه تفصیلی (هدف: معرفی مناطق امیدبخش در مقیاس محلی) که به ترتیب شامل موارد زیر است:

۱- انجام عملیات ژئوفیزیکی مانند مغناطیس‌سنجی و گرانی‌سنجی در نواحی مستعد

۲- مطالعات زمین‌شناسی، تکتونیکی و ژئوشیمیایی

۳- حفر چاه‌های اکتشافی نیمه عمیق

۴- تهیه نقشه‌های حرارتی عمقی با دقت بالا

۵- معرفی نواحی مستعدتر در مقیاس محلی

فاز سوم: شناسایی تفصیلی (هدف: تعیین موقعیت حفر چاه‌های تولیدی و تزریقی) EGS که به ترتیب شامل موارد زیر است:

۱- انجام عملیات ژئوفیزیکی دقیق شامل مغناطیس‌سنجی، گرانی‌سنجی، مگنتوتلوریک و لرزه‌نگاری در مقیاس محلی

۲- مطالعات زمین‌شناسی و چینه‌شناسی تکمیلی

۳- تجزیه و تحلیل گسل‌ها، شکستگی‌ها و پتانسیل‌سنجی کرنش سنگ‌ها قبل از انجام عملیات حفاری عمیق اکتشافی

۴- مطالعات آماری، اقتصادی، و خطرپذیری جهت معرفی نواحی مناسب برای بهره‌برداری از منابع EGS

۵- حفر چاه‌های اکتشافی (تا عمق ۳-۷ کیلومتر) در نواحی مستعد اثبات شده

۷- کشورهای پیشرو در زمینه سیستم‌های زمین گرمایی پیشرفته

در حال حاضر، اغلب سیستم‌های زمین گرمایی پیشرفته توسط کشورهای توسعه یافته در دست مطالعه و اجرا می‌باشند. همان‌طور که پیش‌تر اشاره گردید، بررسی و تحقیق در خصوص این سیستم‌ها مستلزم صرف هزینه زیاد و همچنین برخورداری از فناوری‌های پیشرفته حفاری می‌باشد که هر دوی این عوامل در کشورهای توسعه یافته وجود داشته و لذا این کشورها در این زمینه به عنوان کشورهای پیشگام به شمار می‌روند. به عنوان مثال در جدول (۷-۱) فعالیت‌هایی که در برخی از کشورهای پیشرو در زمینه تحقیق و اجرای پروژه‌های زمین گرمایی صورت می‌پذیرد آورده شده است.

جستجو و مطالعاتی که توسط گروه پژوهشی درگیر در این پروژه انجام گرفته است نشان می‌دهد که بیشترین اطلاعات، گزارش‌ها و مقالات ارائه شده در زمینه سیستم‌های زمین گرمایی پیشرفته مربوط به کشور آمریکا می‌باشد. در این کشور یک گروه تحقیقاتی وابسته به دانشگاه MIT بر روی منابع زمین گرمایی پیشرفته فعالیت می‌کنند و اطلاعات بسیار ارزشمندی در ارتباط با این مقوله ارائه گردیده است و در دسترس می‌باشد. بخش عمده‌ای از مطالبی که در قالب این گزارش مورد استفاده قرار گرفته است، بر اساس همین اطلاعات می‌باشد. بر اساس این مطالعات، فناوری‌های موجود در خصوص منابع زمین گرمایی

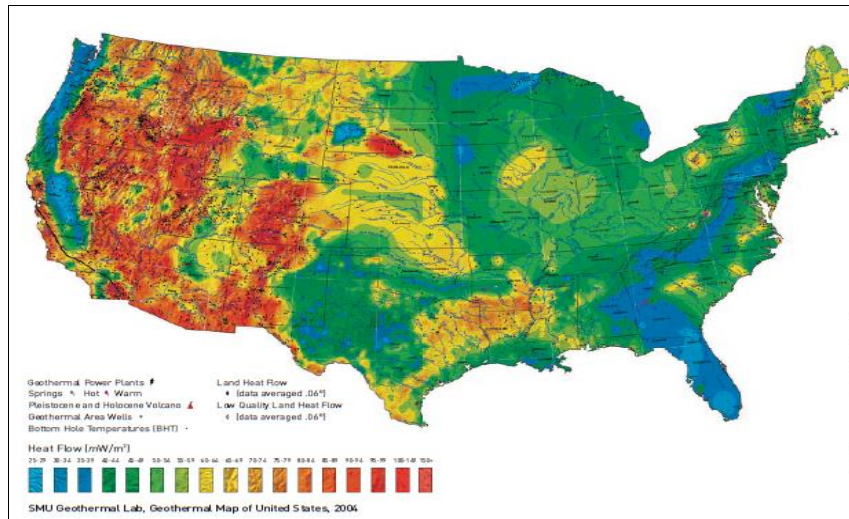
پیشرفته، هنوز تجاری نبوده و بر اساس گزارش تهیه شده توسط دانشگاه MIT، حداقل ۱۵ سال سرمایه گذاری و حمایت دولت در زمینه سیستم های پیشرفته نیاز است تا این سیستم ها به مرحله کاملاً اقتصادی و تجاری برسند. این گروه تحقیقاتی همچنین پیش بینی نموده است که تا سال ۲۰۵۰، صرفاً در آمریکا در حدود ۱۰۰ هزار مگاوات برق از طریق منابع زمین گرمایی پیشرفته تولید خواهد شد، [۳]. همچنین طبق گزارشات سازمان زمین شناسی آمریکا، این کشور، توانایی تولید ۵۱۷ هزار مگاوات برق معادل نصف کل تولید برق این کشور از منابع EGS را دارد، [۴].

جدول (۷-۱) - کشورهای پیشرو در خصوص تحقیق، بررسی و اجرای سیستم های زمین گرمایی پیشرفته (EGS)

ردیف	نام کشور	ظرفیت نیروگاه (MW)	عمق حفاری (Km)	وضعیت
۱	استرالیا	۲۵۰-۵۰۰	۴	در حال حفاری (۲۰۱۲)
۲	آمریکا	۱۱-۵۰	۲	در حال برنامه ریزی (۲۰۱۰)
۳	انگلیس	۱۳	۴	در حال بودجه ریزی (۲۰۰۹)
۴	هلند	۶	۲	در حال بهره برداری (۲۰۱۲)
۵	آلمان	۳	۳	در حال اجرا
۶	فرانسه	۱/۵	۴	در حال اجرا
۷	ژاپن	نامشخص	۱	CO ₂ experiments - (۲۰۱۰)

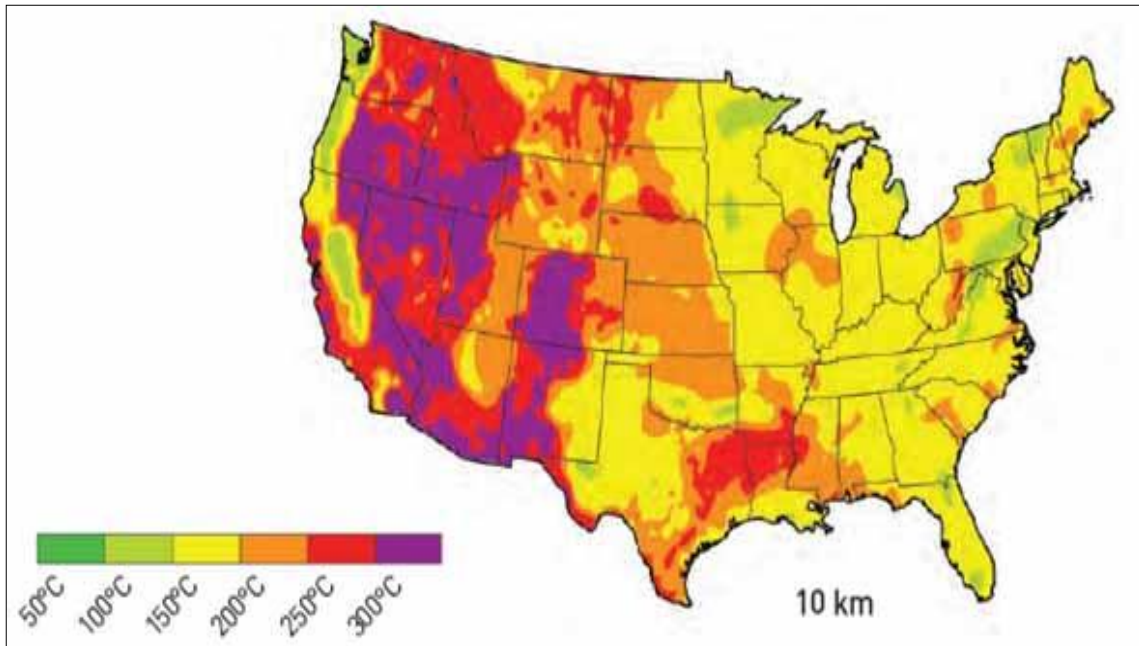
بسیاری از کشورهایی که برای استفاده از منابع زمین گرمایی پیشرفته دارای برنامه ریزی و اهداف کوتاه مدت و درازمدت می باشند، نقشه توزیع حرارت در اعماق را تهیه نموده اند و به نظر می رسد این اقدام به عنوان اولین گام در دسترسی به منابع زمین گرمایی پیشرفته، ضروری می باشد. اشکال (۷-۱) و (۷-۲) نقشه منابع زمین گرمایی و نحوه توزیع درجه حرارت در عمق ۱۰ کیلومتری کشور آمریکا را نشان می دهد. به عبارت دیگر، در نقاطی که از درجه حرارت بیشتری برخوردار هستند می توان منابع زمین گرمایی پیشرفته را ایجاد نمود.

همان گونه که در شکل (۷-۲) مشخص می باشد، توزیع حرارت در عمق ۱۰ کیلومتری زمین در سراسر کشور آمریکا ارائه گردیده است. با استفاده از این اطلاعات می توان دریافت که بیشترین پتانسیل منابع زمین گرمایی در کشور آمریکا در بخش های غربی این کشور می باشد. جایی که دارای دمای بالاتری در اعماق زمین می باشد، [۴].



شکل (۱-۷) - نقشه منابع زمین گرمایی در ایالات متحده امریکا

نقشه پراکندگی درجه حرارت در اعماق زمین برای بسیاری از کشورها که در حال حاضر بر روی سیستم های زمین گرمایی پیشرفته متمرکز شده اند، تهیه شده است. بر اساس این نقشه ها مناطقی که دارای پتانسیل حرارتی لازم می باشند شناسایی می شوند و مطالعات تکمیلی جهت تعیین محل حفاری های اکتشافی و نهایتاً تولیدی مشخص می گردد.



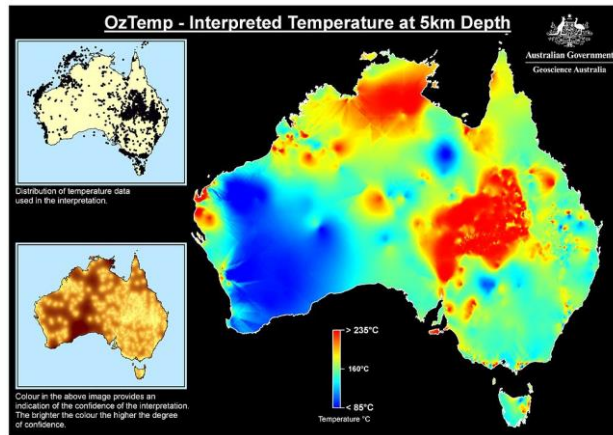
شکل (۲-۷) - نحوه پراکندگی درجه حرارت در عمق ۱۰ کیلومتری ایالات متحده امریکا

به دلیل نیاز این پروژه‌ها به هزینه زیاد و همچنین فناوری‌ها و تجهیزات پیشرفته، اکثر پروژه‌های EGS در دنیا در مرحله تحقیقاتی بوده و یا حتی اگر با هدف تجاری نیز در حال اجرا هستند، در مراحل اولیه خود می‌باشند. به عنوان مثال به منظور شناخت و درک بیشتر و کاربردی‌تر از عملیات اکتشاف و بهره‌برداری از منابع EGS در دنیا، یک نمونه کاربردی از این مطالعات که در کره جنوبی در حال انجام است به طور مختصر بیان می‌گردد [۳]:

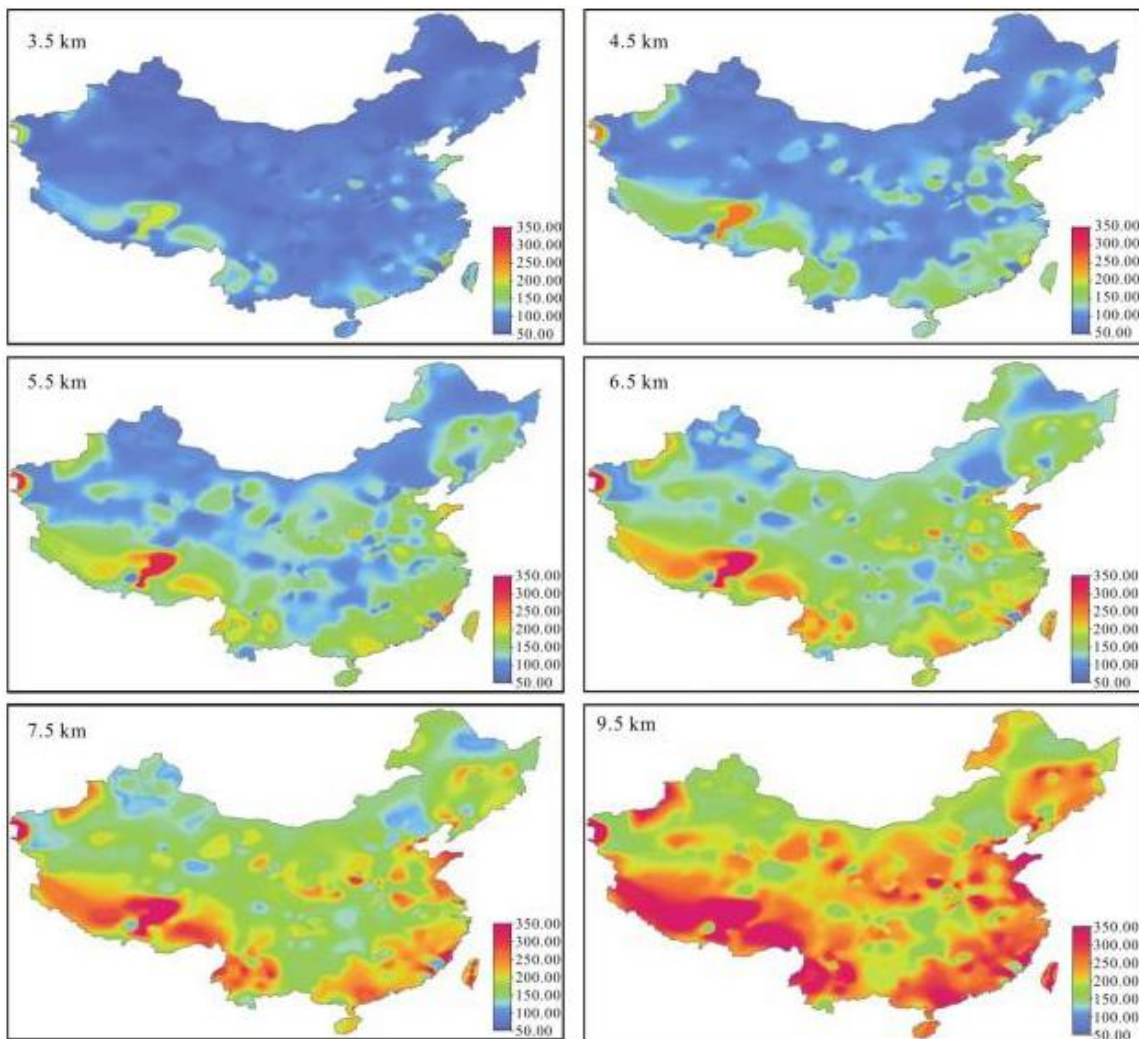
پروژه EGS در کره جنوبی در یک چشم‌انداز ۵ ساله از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۵ جهت نصب حداقل یک نیروگاه زمین گرمایی (EGS) در عمق کمتر از ۵ کیلومتر پیش بینی شده است. بودجه پیش‌بینی شده حدود ۴۴ میلیون دلار و سازمان‌های مسئول شامل چندین شرکت و مؤسسه تحقیقاتی و اجرایی به همراه دانشگاه سئول می‌باشند. این پروژه به دو فاز تقسیم شده است. فاز اول به مدت ۲ سال، از ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۲ بوده و دربرگیرنده اکتشافات زمین گرمایی شامل مطالعات زمین‌شناسی و ژئوفیزیک در مناطق مستعد، حفر دو چاه ۱ و ۳ کیلومتری و اندازه‌گیری جریان‌های حرارتی و همچنین اندازه‌گیری‌های مختلف شامل خصوصیات سنگ‌ها و سازندها می‌باشد. در واقع هدف از فاز اول یافتن نواحی مستعدتر با دمای بالاتر از ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد و تخمین انرژی قابل استحصال از نصب نیروگاه EGS در اعماق کمتر از ۵ کیلومتر است. فاز دوم از سال ۲۰۱۲ تا ۲۰۱۵ بوده و به مراحل نیروگاهی اختصاص یافت که شامل حفاری‌های عمیق تا ۵ کیلومتر، تحریک هیدرولیکی چاه، آزمون چرخش سیال و همچنین نصب نیروگاه EGS در مقیاس چند مگاواتی است.

پس از یک سال فعالیت (سال ۲۰۱۱)، انتخاب محل مناسب جهت بهره‌برداری از منابع EGS انجام شده است. انتخاب محل مناسب کار راحتی نیست زیرا محدودیت‌هایی شامل نواحی کشاورزی، نواحی مسکونی و غیره وجود دارد.

همان‌طور که اشاره گردید به منظور شروع مطالعات EGS در بسیاری از کشورها، نقشه توزیع حرارت در اعماق مختلف زمین برای آن کشور تهیه شده است. در اشکال (۳-۷) و (۴-۷) نقشه توزیع حرارت در زیر زمین برای کشورهای استرالیا و چین ارائه شده است، [۵]



شکل (۳-۷) - نقشه توزیع حرارت در عمق ۵ کیلومتری زمین در استرالیا

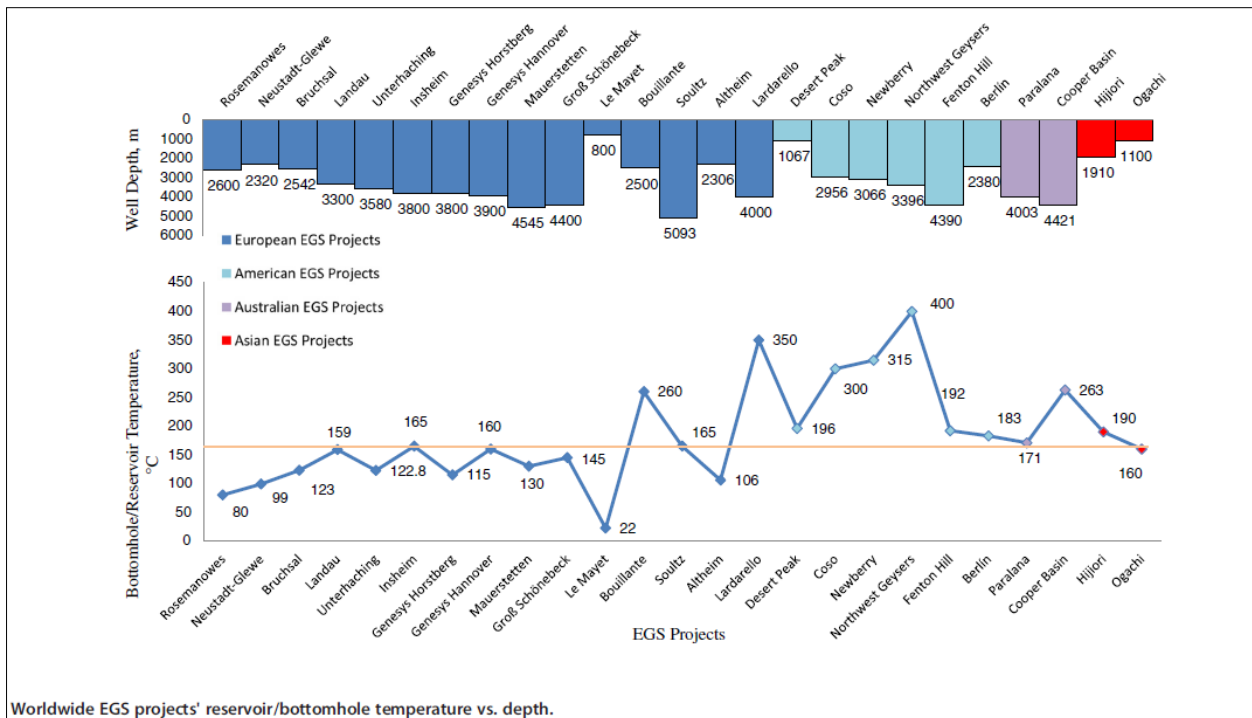


شکل (۴-۷) - دمای میانگین در اعماق مختلف زمین در چین

با استفاده از این نقشه ها که برای بسیاری از کشورها تهیه شده است و در واقع اولین گام در زمینه بررسی منابع EGS می باشد، مناطقی که دارای پتانسیل لازم جهت اکتشاف منابع زمین گرمایی پیشرفته می باشند شناسایی شده اند.

بررسی هایی که بر روی پروژه های منابع زمین گرمایی پیشرفته در سراسر جهان انجام شده است، اطلاعات ارزشمندی را در اختیار ما قرار می دهد، [۱۳]. اطلاعات مربوط به چاه های حفر شده، عمق آنها، دبی و درجه حرارت در اشکال (۷-۵) و (۶-۷) ارائه گردیده است. این اطلاعات مربوط به تمامی پروژه های EGS در سراسر جهان می باشد که مورد بررسی دقیق قرار گرفته اند، [۱۳].

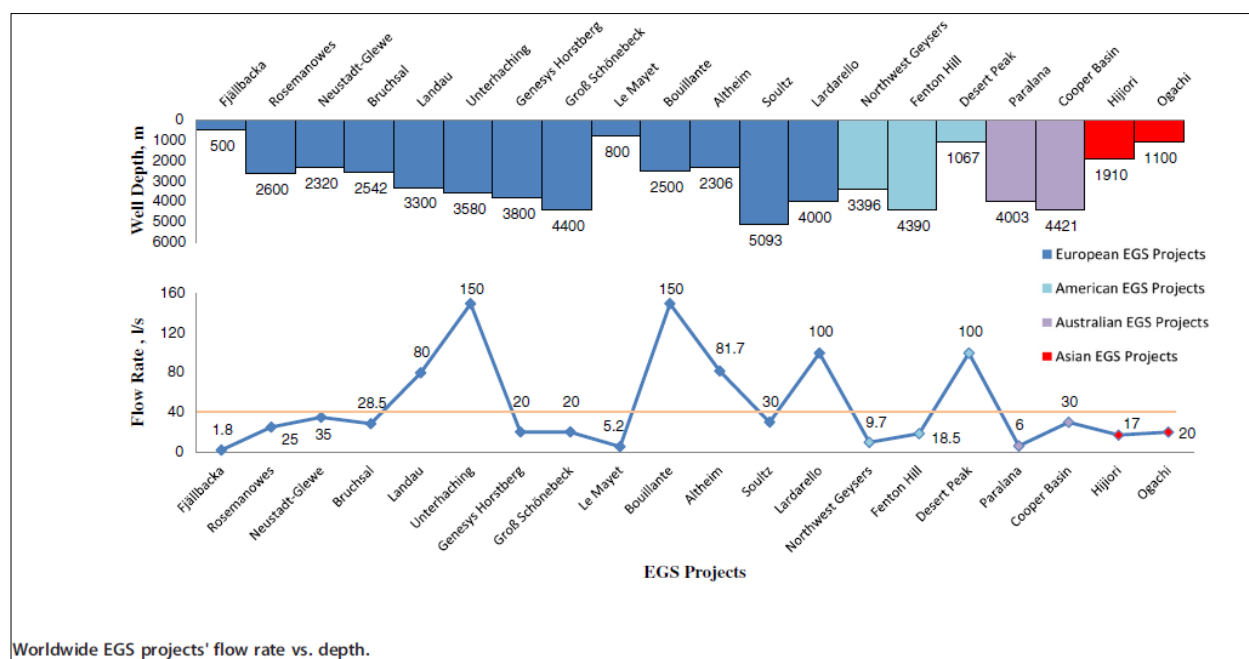
در شکل (۷-۵) عمق حفاری در مقابل درجه حرارت (منحنی آبی رنگ) در نقاط مختلف قابل بررسی است. پروژه هایی که در کشورهای اروپایی انجام گرفته است و در سمت چپ نمودار قرار دارند، به طور میانگین دارای دمای کمتری در اعماق زمین، نسبت به سایر کشورها می باشد. دلیل این موضوع مربوط به جنس پوسته در این مناطق و سایر دلایل زمین شناختی می باشد.



شکل (۷-۵) - درجه حرارت بدست آمده از عمق های مختلف پروژه های EGS در سراسر جهان

در شکل (۶-۷) عمق حفاری در مقابل دبی (منحنی آبی رنگ) در نقاط مختلف قابل بررسی است. در مناطقی که چاه های حفاری شده دارای بالاترین دبی می باشند، نشان دهنده این موضوع است که فرآیند شکست هیدرولیکی به خوبی انجام گرفته و آب به درون سنگ هایی که در آنها شکستگی ایجاد شده است تزریق شده و پس از گرم شدن توسط چاه های تولیدی به سطح زمین و نیروگاه انتقال پیدا می کند.

زمانی که چاه های تولیدی دارای دبی مناسب و بالایی باشند، بیان کننده این موضوع است که حفاری ها در نقاط مناسبی انجام گرفته است و سیال ورودی توسط چاه های تولیدی در همان مسیری قرار گرفته است که از قبل پیش بینی شده است. پایین بود دبی و یا خشک بودن چاه های تولیدی نشان دهنده خارج شدن سیال از محدوده چاه ها توسط شکستگی های موجود می باشد.

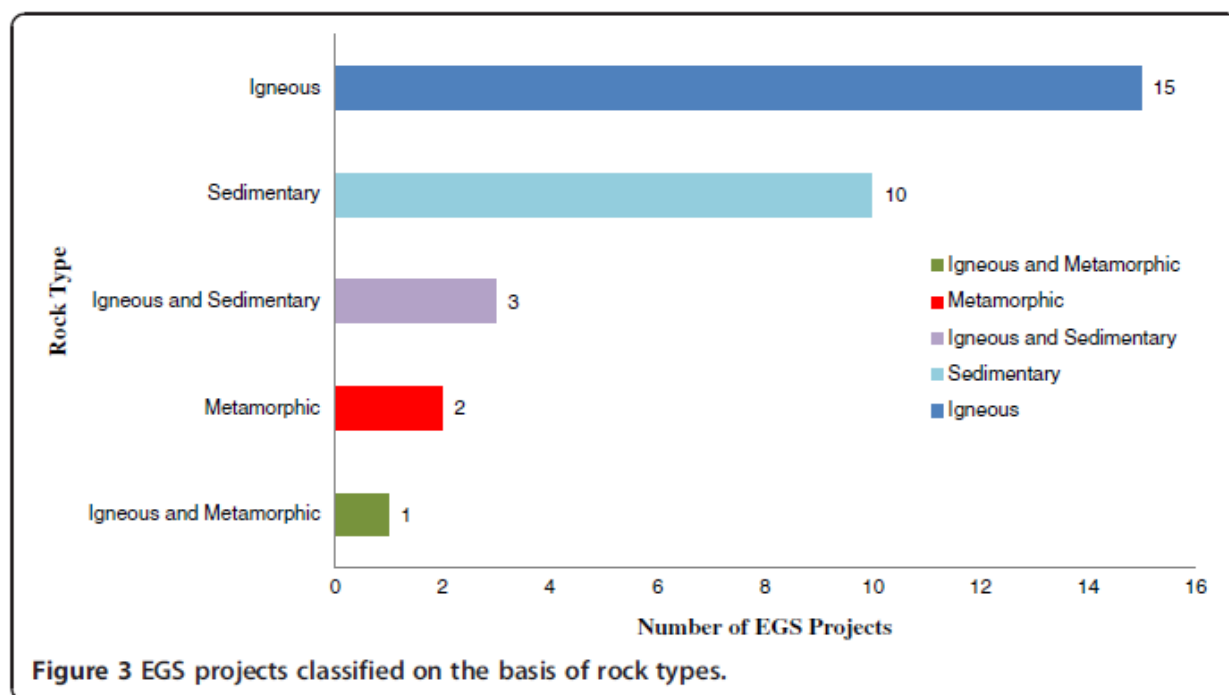


شکل (۶-۷) - منحنی دبی چاه ها نسبت به عمق آنها از پروژه های EGS در سراسر جهان

۸- هزینه های بهره برداری EGS

ماهیت تجربی تکنولوژی EGS سبب شده است که نتوان ارزیابی درستی از هزینه های لازم برای تأسیس نیروگاه های تجاری EGS داشت. به هر حال برآوردهای اولیه از این تکنولوژی نشان می دهد که تقریباً به دو برابر سرمایه گذاری نسبت به نیروگاه-

های زمین گرمایی متداول نیاز است [۱۸]. البته هزینه‌های EGS بسیار متنوع و غیرقابل پیش‌بینی است زیرا به منظور ایجاد یک مخزن مصنوعی نوع و سختی سنگ‌ها و سازندهای منطقه مورد مطالعه در هزینه‌ها بسیار با اهمیت است. بسته به نوع چینه شناسی منطقه، حفاری‌هایی که به منظور ایجاد یک مخزن مصنوعی زمین گرمایی صورت می‌پذیرد، ممکن است در سنگ‌های آذرین، دگرگونی، رسوبی و یا ترکیبی از هر کدام از این سنگ‌ها باشد. در شکل (۱-۸) نوع سنگ‌ها و تعداد پروژه‌های که به منظور ایجاد یک مخزن مصنوعی زمین گرمایی، در آنها حفاری شده مشخص می‌باشد. ماهیت سیستم‌های زمین گرمایی پیشرفته به گونه‌ای است که بیشتر در سنگ‌های سخت و متراکم بایستی حفاری صورت گیرد (سنگ‌های آذرین)، که مطمئناً حفاری در این سنگ‌ها در بردارنده هزینه بیشتری نسبت به پروژه‌های زمین گرمایی متعارف می‌باشد. علاوه بر این موضوع عمق حفاری نیز در این پروژه‌ها بیشتر از سیستم‌های هیدروترمال می‌باشد که هر دوی این موارد باعث افزایش هزینه‌ها می‌گردد.



شکل (۱-۸) - نوع سنگ‌های حفاری شده در پروژه‌های EGS در سراسر جهان

با تکنولوژی حفاری موجود در یک منطقه ایده‌آل از لحاظ مخزن زمین گرمایی، برای هر کیلووات ساعت برق در حدود ۱۷ تا ۳۰ سنت سرمایه نیاز است. این در حالی است که در یک منطقه با سنگ‌های سخت برای بهره‌برداری از EGS برای تولید هر کیلووات ساعت الکتریسته در حدود ۷۵ سنت نیاز است [۱۹]. پیشرفت تکنولوژی حفاری در صنعت نفت و گاز نشان می‌دهد

که این تکنولوژی نیز پتانسیل پیشرفت قابل ملاحظه‌ای در EGS دارد. در حال حاضر پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهد که با پیشرفت تکنولوژی حفاری در EGS، هزینه هر کیلووات ساعت برق به ۴ تا ۹ سنت خواهد رسید [۲۰ و ۲۱]. هزینه حفاری به تنهایی یک سوم کل هزینه یک نیروگاه EGS را شامل می‌شود [۲۲]. در یک مکان مستعد برای بهره‌گیری از انرژی EGS، هزینه حفاری هر چاه تا اعماق ۶ کیلومتری در حدود ۱۲ تا ۲۰ میلیون دلار است که تقریباً ۲ تا ۵ برابر هزینه حفاری در نفت و گاز است [۲۳]. به علاوه در EGS احتمال شکست در حفاری نیز وجود دارد.

۹- چالش‌های توسعه بهره برداری از منابع زمین گرمایی پیشرفته

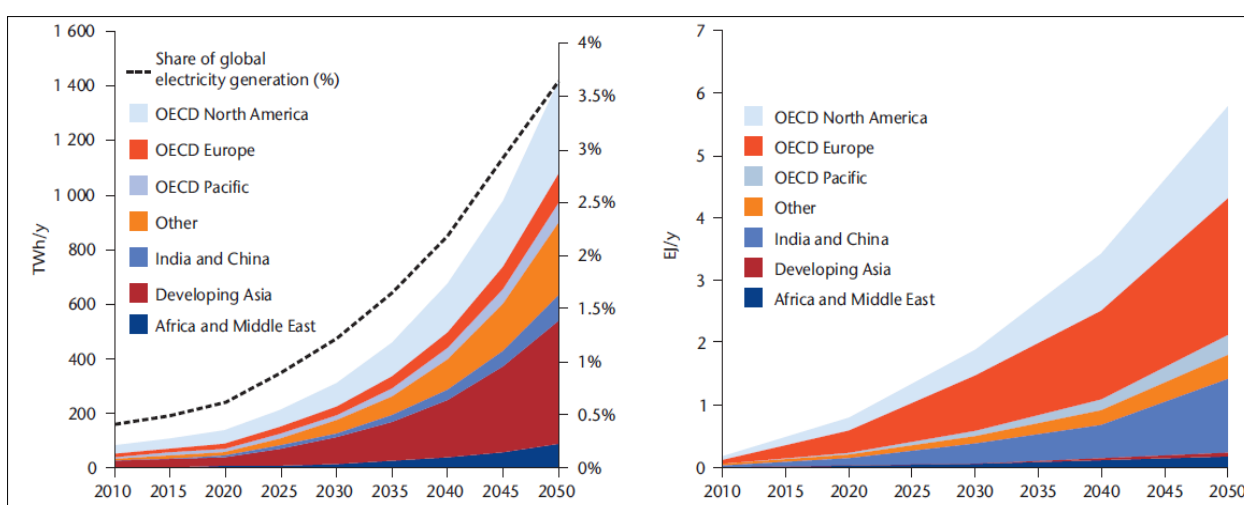
بهره برداری از منابع زمین گرمایی پیشرفته همواره با چالش‌های جدی برای دولت‌ها و سرمایه گذاران همراه می‌باشد که مهمترین این چالش‌ها شامل موارد ذیل می‌باشد:

- ریسک بالا در مرحله اکتشاف (نیاز به سرمایه گذاری بالا و احتمال عدم موفقیت حفاری)
- نیاز به دانش زیاد در حوزه زمین شناسی منابع زمین گرمایی به منظور انتخاب روش‌های بهینه جهت ایجاد مخازن EGS
- مسائل جغرافیایی (فاصله زیاد منابع EGS از مراکز مصرف انرژی)
- تأمین منابع آب مورد نیاز برای چاه‌های تزریقی

۱۰- چشم انداز تولید برق و کاربرد مستقیم حرارتی از انرژی زمین گرمایی تا سال ۲۰۵۰

بر اساس بررسی‌های انجام شده توسط گروه تحقیقاتی دانشگاه MIT در سال ۲۰۰۶، چشم انداز تولید برق و کاربردهای مستقیم انرژی زمین گرمایی تا سال ۲۰۵۰ مورد بررسی قرار گرفته و در قالب دو نمودار ارائه شده است که در شکل (۱-۱۰) مشخص می‌باشد. نمودار سمت چپ در شکل (۱-۱۰) چشم انداز تولید برق را نشان می‌دهد و نمودار سمت راست چشم انداز کاربرد مستقیم حرارتی منابع زمین گرمایی را تا سال ۲۰۵۰ نشان می‌دهد، [۶].

بر روی نمودار مربوط به تولید برق از منابع زمین گرمایی، از سال ۲۰۳۰ شاهد یک رشد با شیب بیشتر می باشیم به طوری که میزان تولید برق جهانی از منابع زمین گرمایی از کمتر از ۰/۲ درصد در سال ۲۰۳۰ به بیش از ۳/۵ درصد در سال ۲۰۵۰ می رسد. این امر به طور مستقیم با پیشرفت توسعه منابع EGS در ارتباط می باشد. همان طور که اشاره گردید منابع EGS در مرحله رشد خود قرار دارند و زمانی که شاهد توسعه این منابع در سراسر دنیا باشیم، بخش اصلی انرژی زمین گرمایی تولیدی در دنیا مربوط به این منابع می باشد و در واقع آینده انرژی زمین گرمایی وابسته به منابع EGS می باشد.

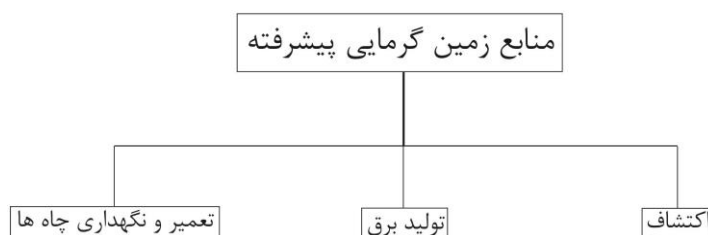


شکل (۱۰-۱) - چشم انداز تولید برق و کاربرد مستقیم حرارتی از منابع زمین گرمایی در سراسر جهان

در بحث کاربرد مستقیم نیز همانگونه که در نمودار سمت راست در شکل مشخص می باشد، از زمانی که توسعه سیستم های زمین گرمایی پیشرفته را در سراسر دنیا خواهیم داشت (سال ۲۰۳۰)، کاربرد مستقیم از منابع زمین گرمایی با رشد بالایی همراه خواهند بود.

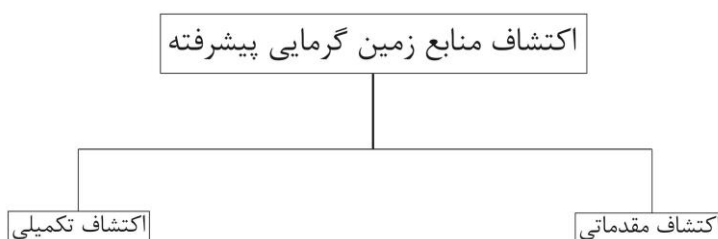
۱۱- شناسایی و معرفی فناوری های مرتبط با سیستم های زمین گرمایی پیشرفته

فناوری های مرتبط با سیستم های زمین گرمایی پیشرفته را می توان به سه رده اصلی زیر تقسیم بندی نمود، شکل (۱۱)-
 (۱). اکتشاف نخستین گام جهت توسعه منابع زمین گرمایی پیشرفته به شمار می رود که طی آن محل خفر چاه ها مشخص می گردد. علاوه بر اکتشاف در این تقسیم بندی تولید برق و تعمیر و نگهداری چاه ها نیز قرار دارند.

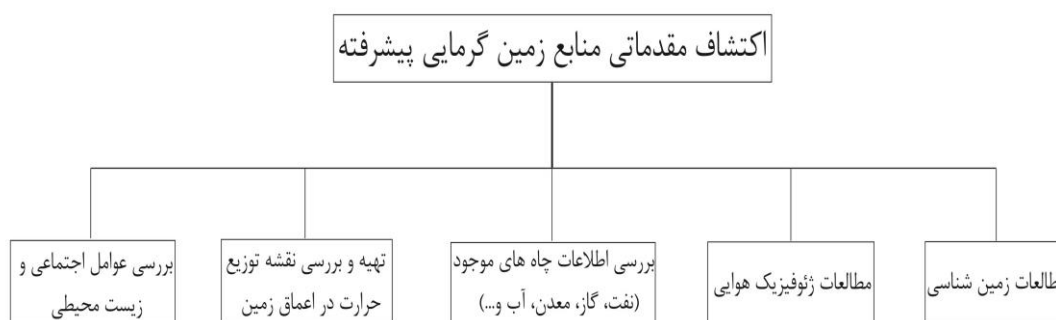


شکل (۱۱-۱) - درخت فناوری اصلی سیستم های زمین گرمایی پیشرفته

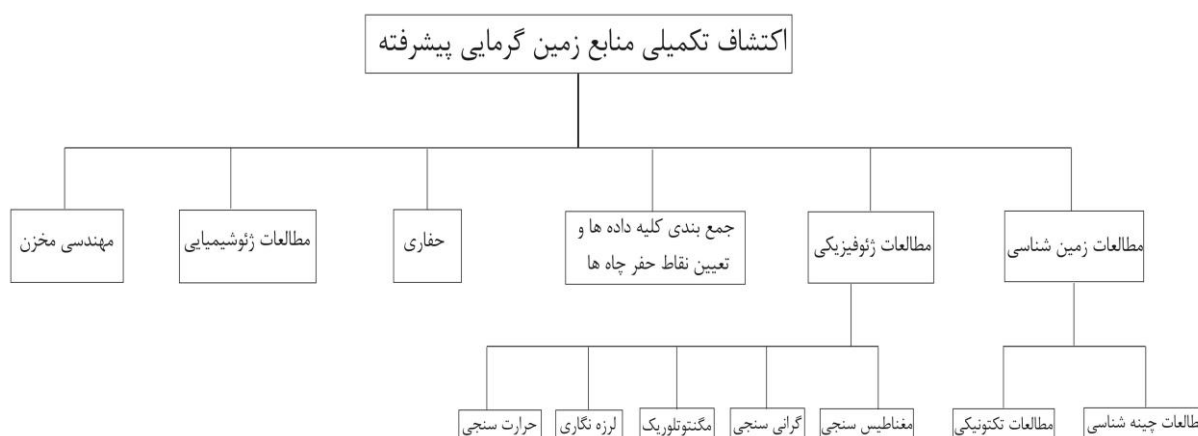
بحث تولید برق و تعمیر و نگهداری چاه ها، مشابه منابع زمین گرمایی متعارف می باشند و در سایر بخش های پروژه به آن پرداخته شده است. اکتشاف شامل کاربرد روش ها و فنون مختلف در زمینه علمی چون زمین شناسی، ژئوشیمی و ژئوفیزیک می گردد که همراه آن از دانش هیدرولوژی و به ویژه فن آوری حفاری و مهندسی مخزن نیز استفاده می شود. در شکل (۱۱-۲) اکتشاف سیستم های زمین گرمایی پیشرفته به دو بخش اکتشاف مقدماتی و اکتشاف تکمیلی تقسیم بندی شده است و هر کدام از آنها دارای زیر شاخه هایی می باشند که در اشکال (۱۱-۳) و (۱۱-۴) ارائه گردیده است.



شکل (۱۱-۲) - درخت فناوری مطالعات اکتشافی سیستم های زمین گرمایی پیشرفته



شکل (۱۱-۳) - درخت فناوری اکتشاف مقدماتی سیستم های زمین گرمایی پیشرفته



شکل (۴-۱۱) - درخت فناوری اکتشاف تکمیلی سیستم های زمین گرمایی پیشرفته

درخت فن آوری سیستم های زمین گرمایی پیشرفته تا حدود زیادی مشابه سیستم های هیدروترمال می باشد و فقط در یکسری روش های به کار رفته تفاوت هایی دیده می شود. به عنوان مثال در مقوله اکتشاف، مطالعات ژئوفیزیکی پیشرفته تر و دقت آنها بالاتر می باشد و یا در مقوله زمین شناسی، مطالعات تکتونیکی که به بررسی شکستگی ها و ساختمان منطقه می پردازد، از اهمیت خاصی برخوردار است و جزء اصلی ترین فعالیت ها در سیستم های زمین گرمایی پیشرفته می باشد.

۱۲- بررسی تاریخچه و نقاط عطف سیستم های زمین گرمایی پیشرفته EGS در سراسر دنیا از ابتدا تا انتهای سال ۲۰۱۳

در طول ۴ دهه گذشته برخی نقاط عطف کلیدی در جهت توسعه EGS به منظور تولید برق وجود داشته است. این اطلاعات از گزارش (Tenzer, 2001) [۱۲] و همچنین یکسری اطلاعات تکمیلی جمع آوری شده است.

۱۹۷۰: اولین طرح پیشنهادی در سراسر جهان برای EGS در فنتون هیل (Fenton Hill) لس آنجلس ارائه گردید.

۱۹۷۳: اولین آزمایش ها در مورد EGS در فنتون هیل صورت گرفت.

۱۹۷۴ تا ۱۹۷۷: مطالعات امکان سنجی برای پروژه های EGS در کشور ژاپن.

۱۹۷۵: آغاز آماده سازی اولین طرح آزمایشی علمی EGS در بد اوراچ (Bad Urach) آلمان.

در طول سال ۱۹۷۷: مطالعات امکان سنج EGS در اعماق کم در فالکنبرگ (Falkenberg) در کشور آلمان، شروع حفاری در این کشور.

۱۹۸۰ تا ۱۹۸۶: حفاری تا عمق ۳۴۸۸ متری در دمای ۱۴۷ درجه سانتی گراد در بد اوراچ (Bad Urach) آلمان و انجام آزمایشات هیدرولیکی در گمانه حفر شده.

۱۹۸۴ تا ۱۹۸۵: شروع استفاده از EGS در نوشتات گلو (Neustadt-Glewe) به عنوان طرح آزمایشی برای منابع کم انرژی. تا به امروز این مخزن به عنوان گرمترین آبگرم قابل دسترس در شمال آلمان می‌باشد.

۱۹۸۶: شروع پروژه EGS آلمان-فرانسه در (Soultz-sous-Forêts) در کشور فرانسه به عنوان طرح آزمایشی تحقیقاتی EGS مشترک اروپا.

۱۹۸۶ تا ۱۹۹۱: اولین آزمایشات EGS در هیجوری (Hijori) و دیگر مناطق در کشور ژاپن.

۱۹۸۷: شروع حفاری اولین چاه در پروژه EGS سولتز (Soultz) تا عمق ۲۰۰۰ متری در دمای ۱۴۷ درجه سانتی گراد و آغاز بررسی پی سنگ کریسالین در گودال راین (Rhine).

۱۹۸۹: پیوستن انگلستان به پروژه EGS سولتز (Soultz) و تشکیل یک کنسرسیوم صنعتی برای برنامه ریزی سازمان یافته و بهره برداری از یک پروژه در اروپا.

۱۹۹۰: حفاری دومین گمانه در EGS سولتز (Soultz) تا عمق ۲۰۰۰ متری و ادامه حفاری تا عمق ۳۵۰۰ متری در دمای ۱۶۰ درجه سانتی گراد. شناسایی مخزن زمین گرمایی، گمانه دوم به عنوان چاه مشاهده‌ای لرزه مورد استفاده قرار گرفت.

۱۹۹۱ تا ۱۹۹۶: پروژه EGS در بد اوراچ (Bad Urach) - تعمیق گمانه تا عمق ۴۴۴۵ متری در ۱۷۲ درجه سانتی گراد.

۱۹۹۵: حفاری دومین گمانه در EGS سولتز (Soultz) تا عمق ۳۸۷۶ متری. به دنبال این حفاری و آزمایش تولید، اولین بخار تولیدی در بخش‌های مرکزی اروپا از سنگ‌های کریستالین توسط ایجاد لرزه و گردش آب صورت گرفت و توسط مبدل حرارتی ۸ مگاوات برق تولید شد.

۱۹۹۶: شروع پروژه استخراج گرمای عمیق زمین در بازل (Basel) سوییس به عنوان اولین پروژه EGS در یک شهر مدرن.

۱۹۹۶ تا ۱۹۹۷: توسعه منبع حرارتی با شکستگی‌های عظیم هیدرولیکی در بخش‌های عمیق. بزرگترین EGS در سراسر دنیا با تست هیدرولیکی طولانی نزدیک ۴ ماه و توان تولید ۱۱ مگاوات برق.

۱۹۹۸ تا ۲۰۰۰: حفاری دومین گمانه در EGS سولتز (Soulitz) تا عمق ۵۰۶۰ متری در دمای ۲۰۱ درجه سانتی‌گراد با تحریک هیدرولیکی و نظارت لرزه‌ها.

۲۰۰۱: شروع پروژه EGS در شونبک (Schönebeck) آلمان با ایجاد اولین آزمایشگاه در محل برای توسعه تکنیک‌های اکتشاف و استفاده از منابع زمین گرمایی.

۲۰۰۳: شروع پروژه کوپر بیسین (Cooper Basin) در استرالیا که بزرگترین پروژه EGS در سراسر دنیا می‌باشد.

۲۰۰۳: آزمایش یک چاه جدید در جنسیس هورست برگ (Genesys Horstberg) در کشور آلمان.

۲۰۰۳: شروع پروژه لاندو (Landau) که اولین برق نیروگاهی زمین گرمایی متصل به شبکه در کشور آلمان و تنها پروژه EGS در کشور آلمان که در یک شهر واقع شده است.

۲۰۰۴: شروع پروژه (Unterhaching) در کشور آلمان. اولین پروژه زمین گرمایی در حوضه مولاس باواریا (Bavarian) که علاوه بر تولید حرارت، برق نیز تولید شده است. این پروژه اولین پروژه در سراسر جهان می‌باشد که با بیمه بخش خصوصی برای خطرات زمین شناسی در اعماق گمانه، صورت گرفته است.

۲۰۰۵: شروع پروژه پارالانا (Paralana) و تلاش برای پیاده سازی یک مبدل حرارتی در اعماق زمین.

۲۰۰۶ تا ۲۰۰۷: پروژه استخراج حرارت زمین در شهر بازل سوییس به علت تشدید وقایع لرزه‌ای متوقف و در سال ۲۰۰۹ این پروژه به طور کامل رها گردید.

۲۰۰۷: اولین نیروگاه دومداره زمین گرمایی فرانسه در پروژه EGS سولتز (Soulitz) مورد استفاده قرار گرفت.

۲۰۰۹: قانون جدید برای انرژی‌های تجدید پذیر در آلمان تصویب شد که بر اساس آن حمایت‌های مالی از EGS بیشتر شده است.

۲۰۰۹: شروع پروژه EGS جنسیس هانوفر (GeneSys Hannover).

۲۰۰۹: شروع پروژه EGS اس تی گالنت (St. Gallen) در سوییس

۲۰۱۰: اجرای پروژه اینشیم (Insheim) آلمان.

۲۰۱۱: پروژه EGS جنسیس هانوفر (GeneSys Hannover) به علت رسوب نمک در چاه متوقف گردید.

۲۰۱۱: راهنمایی برای نظارت بر ایجاد لرزه های ناشی از انجام پروژه های EGS در کشور آلمان منتشر گردید.

۲۰۱۲: کشور سوییس تصمیم به حمایت از پروژه های زمین گرمایی عمیق می گیرد.

۲۰۱۲: برق تولیدی از پروژه اینشیم (Insheim) آلمان به شبکه برق این کشور متصل می گردد.

۲۰۱۳: پروژه هابانرو (Habanero) که اولین پروژه EGS در استرالیا می باشد با توان تولید ۱ مگاوات برق با موفقیت راه

اندازی می گردد.

۲۰۱۳: حفاری در پروژه EGS اس تی گالنت (St. Gallen) شروع شده است.

۲۰۱۳: پروژه EGS اس تی گالنت (St. Gallen) به علت ایجاد لرزه هایی با مقیاس حداکثر ۳/۶ ریشتر متوقف گردید اما با

چراغ سبز شورای شهر پس از ۵ هفته توقف به فعالیت خود ادامه داده است.

منابع

- [1] U.S. Department of Energy. 2008. "The Basics of Enhanced Geothermal Systems." Accessed 22 August 2012. http://www1.eere.energy.gov/geothermal/pdfs/egs_basics.pdf
- [2] Williams, E., et al. 2007. A Convenient Guide to Climate Change Policy and Technology. http://www.nicholas.duke.edu/ccpp/convenientguide/cg_pdfs/ClimateBook.pdf
- [3] U.S. Energy Information Administration (EIA). 2011. "Table 8.11a Electric Net Summer Capacity: Total (All Sectors), 1949-2010." Accessed 2 May 2012.
- [4] Williams, C., et al. 2008. Assessment of Moderate-and High-Temperature Geothermal Resources of the United States. United States Geological Survey. <http://pubs.usgs.gov/fs/2008/3082/pdf/fs2008-3082.pdf>
- [5] -Huang Shangyao, Wang Jun, Wang Jiyang. The classifying of geothermal zones and modelling of geothermal field, Hydrogeology and Engineering Geology, 5, (1993), 22- 26
- [6] "Tester, J., et al. 2006. The Future of Geothermal Energy: Impact of Enhanced Geothermal Systems (EGS) on the United States in the 21st Century. Massachusetts Institute of Technology.
- [7] http://www1.eere.energy.gov/geothermal/pdfs/future_geo_energy.pdf
- [8] For an illustrated explanation, see the U.S. Department of Energy's Geothermal Technologies Program's webpage: "How an Enhanced Geothermal System Works" http://www1.eere.energy.gov/geothermal/egs_animation.html
- [9] U.S. Department of Energy (DOE). 2008a. An Evaluation of Enhanced Geothermal Systems Technology http://www1.eere.energy.gov/geothermal/pdfs/evaluation_egs_tech_2008.pdf.
- [10] DOE. 2008b. Geothermal Tomorrow 2008. <http://www.nrel.gov/docs/fy08osti/43504.pdf>
- [11] DOE, 2008a. . <http://www.nrel.gov/docs/fy08osti/43504.pdf>
- [12] Tenzer H (2001) Development of hot dry rock technology. GHC Bulletin, December, 2001.
- [13] A systematic review of enhanced (or engineered) geothermal systems: past, present and future. Katrin Breede, Khatia Dzebisashvili, Xiaolei Liu and Gioia Falcone, 2013. Geothermal Energy a Springer Open Journal. <http://www.geothermal-energy-journal.com/content/1/1/4>.
- [14] Rather than using hydrothermal steam to drive a turbine, a binary cycle geothermal plant uses heated water from the hydrothermal reservoir to vaporize a "working fluid," any fluid with a lower boiling point than water (e.g., iso-butane). The vaporized working fluid drives a generator while the geothermal water is promptly reinjected into the reservoir, without ever leaving its closed loop

system. To learn more about the conversion of hydrothermal resources to electricity see C2ES Climate TechBook: Geothermal Energy, 2009.

[15] DOE. 2008c. Multi-year Research, Development and Demonstration Plan: 2009-2015 with program activities to 2025.

http://www1.eere.energy.gov/geothermal/pdfs/gtp_myRDD_2009-complete.pdf

[16] DOE, 2008. <http://www.nrel.gov/docs/fy08osti/43504.pdf>

[17] A well's casing is the pipe placed in a wellbore as an interface between the wellbore and the surrounding formation. It typically extends from the top of the well and is cemented in place to maintain the diameter of the wellbore and provide stability. Telemetry refers to the transmission of data from the drill bit to the operators on the surface.

[18] Delaquil, P., Goldstein, G., and Wright, E. 2008. "US Technology Choices, Costs and opportunities under the Lieberman-Warner Climate Security Act: Assessing Compliance Pathways." International Resources Group.

http://docs.nrdc.org/globalwarming/files/glo_08051401A.pdf

[20] Western Governors' Association. 2006. Geothermal Task Force Report. Clear and Diversified Energy Initiative.

[19] Deloitte. 2008. Geothermal Risk Mitigation Strategies Report. Prepared for Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy Geothermal Program.

http://www1.eere.energy.gov/geothermal/pdfs/geothermal_risk_mitigation.pdf

[20] http://en.wikipedia.org/wiki/Enhanced_geothermal_system

[21] Huenges, E., 2009. Geothermal Energy System, Exploration, Development and utilization, Wiley-VCH verlag GmbH and Co. KGaA.

[22] Moeck, S., 2011. Geothermal Exploration with emphasis on Enhanced Geothermal Systems (EGS). International Centre for Geothermal Research German Centre of Geosciences GFZ, Berlin.

[23] Tae Jong Lee and et al., 2011. The first enhanced geothermal system project in Korea. Proceedings of the 9th Asian Geothermal Symposium, 7-9 November 2011.

فهرست مطالب

۱	۱- مقدمه
۱	۲- هدف و محدوده گزارش
۲	۳- مفاهیم و ادبیات
۲	۱-۳- درخت فناوری انرژی زمین گرمایی
۳	۲-۳- آینده پژوهی
۶	۴- وضعیت گذشته، حال و آینده تولید برق از منابع زمین گرمایی
۷	۱-۴- بازار برق زمین گرمایی جهان
۸	۵- منابع انرژی زمین گرمایی
۸	۱-۵- منابع زمین گرمایی هیدروترمال
۱۱	۲-۵- منابع سنگ داغ خشک
۱۲	۶- توانمندسازی های توسعه و استفاده از انرژی زمین گرمایی
۱۲	۱-۶- ارزیابی منبع
۱۲	۲-۶- مدیریت منبع
۱۳	۷- گسترش کاربرد انرژی زمین گرمایی تا سال ۲۰۵۰
۱۳	۱-۷- تولید برق
۱۶	۲-۷- کاربرد مستقیم
۱۷	۸- چشم انداز اقتصادی و کاهش هزینه های بهره برداری
۱۸	۹- توسعه فناوری: فعالیت ها و نقاط عطف انرژی زمین گرمایی
۱۸	۱-۹- فرآیندهای توانمندساز برای توسعه
۱۸	۱-۹-۱- ارزیابی منبع

۱۸	۹-۱-۲- ارزیابی و مهندسی منابع
۱۸	۳-۹-۱- استفاده از حرارت سیال زمین گرمایی
۱۹	۴-۹-۱- فناوری های زمین گرمایی پیشرفته: EGS
۲۰	۹-۱-۵- سایر فناوری های پیشرفته
۲۰	۱۰- زمینه های پیشرفت روش های اکتشافی
۲۲	۱۰-۱- الزامات اکتشاف
۲۳	۱۱- مسیرهای آینده حفاری زمین گرمایی
۲۴	۱۲- مشکلات و نیازهای مدیریت مخزن
۲۶	۱۳- فناوری های تحت الارضی در حال ظهور
۲۶	۱۳-۱- بررسی فناوری های تحت الارضی نوظهور
۲۶	۱-۱۳-۱- سیستم های زمین گرمایی پیشرفته EGS
۲۷	۱-۱۳-۱- الزامات توسعه سیستم های زمین گرمایی پیشرفته
۲۸	۱۳-۱-۲- منابع هیدروترمال پنهان
۲۹	۳-۱۳-۱- منابع زمین گرمایی دارای درجه حرارت بسیار زیاد (فوق بحرانی)
۳۰	۴-۱۳-۱- تولید همزمان انرژی حرارتی و سوخت های فسیلی (نفت و گاز)
۳۰	۱۳-۱-۵- منابع زمین گرمایی تحت فشار
۳۲	۱۴- سیستم های زمین گرمایی نا متعارف
۳۱	۱۴-۱- سیستم های ترکیبی زمین گرمایی
۳۴	۱۴-۲- سیستم های زمین گرمایی پیشرفته EGS
۳۵	۱۴-۳- چشم انداز توسعه منابع زمین گرمایی غیر متعارف
۳۵	۱۵- فناوری های نوین
۳۵	۱۵-۱- تدوین برنامه توسعه کوتاه مدت در مقابل برنامه بلند مدت

۳۶	۱۵-۲- توسعه نیروگاه های زمین گرمایی قابل حمل استاندارد
۳۶	۱۵-۳- بازیابی مواد معدنی
۳۷	۱۵-۴- سیال کاری نیروگاه های سیکل رانکین
۳۷	۱۵-۵- سیستم های خنک کننده ترکیبی
۳۸	۱۵-۶- پوشش دهی
۳۸	۱۵-۷- مفهوم فناوری های نوین
۳۹	۱۶- کاربرد مستقیم
۴۰	۱۷- پمپ های حرارتی
۴۰	۱۸- فناوری های جدید: مسیر پیش رو
۴۱	مراجع

فهرست اشکال

- شکل (۳-۱) - درخت اصلی فناوری های مرتبط با انرژی زمین گرمایی ۲
- شکل (۴-۱) - روند گذشته، حال و آینده ظرفیت تولید برق از منابع زمین گرمایی طی سال های ۲۰۰۵ تا ۲۰۲۰ ۶
درجهان
- شکل (۵-۱) - نقش منابع جهانی مخازن هیدروترمال همرفتی ۸
- شکل (۵-۲) - نقشه جهانی آبخوان های عمیق ۱۰
- شکل (۷-۱) - چشم انداز تولید برق زمین گرمایی به تفکیک مناطق مختلف جهان ۱۴
- شکل (۷-۲) - نمودار میزان رشد ظرفیت تولید برق از منابع زمین گرمایی در مناطق مختلف جهان به استثنای پمپ ۱۷
های حرارتی زمین گرمایی تا سال ۲۰۵۰
- شکل (۹-۱) - مدل مفهومی یک نیروگاه EGS در مقیاس صنعتی ۱۹

فهرست جداول

۷	جدول (۱-۴) - موانع اصلی توسعه انرژی زمین گرمایی و اقدامات لازم برای رفع آنها
۲۱	جدول (۱۰-۱) - پتانسیل آینده فناوری های اکتشاف
۲۹	جدول (۱۳-۱) - مقایسه ویژگی های تولید چاه های آتشفشانی معمول با فوق بحرانی

۱- مقدمه

نقش پررنگ منابع انرژی فسیلی در تأمین انرژی داخلی و صادرات انرژی کشور، سبب غفلت از منابع انرژی جایگزین، به ویژه انرژی زمین گرمایی که کاربردهای متنوع و گسترده‌ای در نقاط مختلف جغرافیایی ایران دارد، شده است. این گزارش به ما کمک می‌کند تا پورتفولیوی از کاربردهای انرژی زمین گرمایی و فناوری‌های مختلف آن را شناخته و در مورد توسعه آن دسته از فناوری‌ها که جذاب و در عین حال سازگار با شرایط داخلی هستند، بهتر بیاندیشیم. در این زمینه، با اتخاذ روش نگاشت فناوری به ارائه درخت فناوری‌های منابع کم‌عمق و عمیق زمین گرمایی و معرفی و بحث پیرامون فناوری‌های این حوزه می‌پردازیم. درخت‌های فناوری ارائه شده در این گزارش، در پاییز و زمستان سال ۱۳۹۳ به تأیید کمیته راهبری پروژه «تدوین سند راهبرد ملی و نقشه راه توسعه فناوری‌های مرتبط با انرژی زمین گرمایی در ایران» که ۷ تن از خبرگان این حوزه هستند، رسیده است.

۲- هدف و محدوده گزارش

در پاییز و زمستان ۱۳۹۳ و بهار ۱۳۹۴، پیرو مأموریت محوله از جانب وزارت نیرو به پژوهشگاه نیرو برای «تدوین سند راهبرد ملی و نقشه راه توسعه فناوری‌های مرتبط با انرژی زمین گرمایی در ایران»، با حضور جمعی از اساتید و خبرگان حوزه انرژی زمین گرمایی جلساتی در این پژوهشگاه برگزار گردید که طی آن‌ها شناسایی و ارزیابی جامعی از جنبه‌های مختلف فناوری‌های مرتبط با زمین گرمایی صورت گرفت. منابع زمین گرمایی شامل طیف وسیعی می‌شوند که نه فقط منابع هیدروترمال که اقتصادی‌تر و توسعه یافته‌تر هستند و پمپ‌های حرارتی که توسعه آن‌ها کمتر پیچیده است، بلکه منابع عمیق‌تر و انرژی حرارتی ذخیره شده قابل دسترس در تمام مناطق را نیز دربرمی‌گیرد. از آنجایی که، تاکنون در ایران سندی در مورد توسعه انرژی زمین گرمایی تدوین نشده است، تمامی این کاربردها در ایران به صورت محدود مورد توجه قرار گرفته‌اند یا بعضاً به کل مورد غفلت واقع شده‌اند. در این گزارش، به منظور شناخت کاملی از جنبه‌های فناورانه کاربردهای مختلف انرژی زمین گرمایی، درخت فناوری‌های مرتبط با این انرژی ارائه شده است. در ادامه، با استفاده از آینده پژوهی، تمامی فناوری‌های مربوطه، در زمینه‌های ذیل مورد بررسی قرار گرفته‌اند:

✓ از نظر منابع لازم برای توسعه هر یک

✓ از نظر فناوری‌های لازم موجود و آتی برای بهره‌برداری و نگهداری هر یک

✓ از نظر جنبه های اقتصادی، محیط زیستی، اجتماعی و ... برای هر کدام

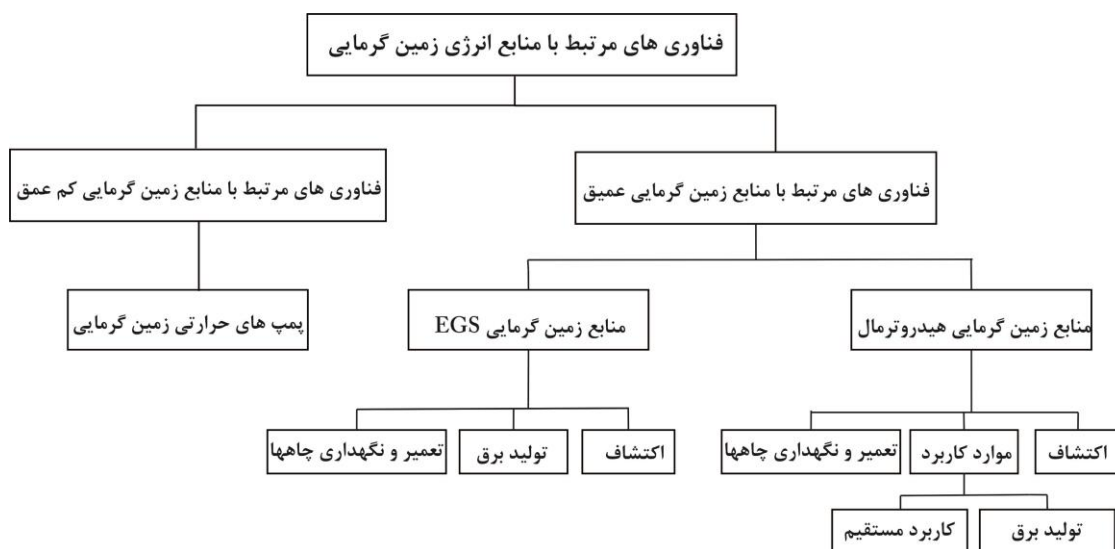
این گزارش، به عنوان ورودی مرحله بعد پروژه مورد استفاده قرار می گیرد؛ جایی که باید فناوری های ذکر شده در این مرحله مورد ارزیابی و غربال اولیه قرار گیرند و سپس فناوری های باقیمانده در فرایند اولویت بندی وارد شوند.

۳- مفاهیم و ادبیات

در این بخش، ابتدا درخت اصلی فناوری زمین گرمایی ارائه و سپس مفهوم آینده پژوهی تعریف می شود.

۱-۳- درخت فناوری انرژی زمین گرمایی

برای شناسایی حوزه های فناورانه انرژی زمین گرمایی از روش نگاشت مفهومی فناوری استفاده شده است. در انجام این کار دیدگاه فرآیند محور و توجه به زنجیره ارزش برای کاربردهای مختلف انرژی زمین گرمایی لحاظ گردیده است (شیوه تدوین درخت فناوری در گزارش «نگاشت فناوری های حوزه انرژی زمین گرمایی» به طور کامل توضیح داده شده است). بر این اساس، درخت اصلی فناوری انرژی زمین گرمایی به شکل زیر است:



شکل (۱-۳) - درخت اصلی فناوری های مرتبط با انرژی زمین گرمایی

۲-۳- آینده پژوهی

امروزه تغییرات فناورانه با نرخ سریع تری از گذشته به وقوع می پیوندد. تغییرات فناوری و به دنبال آن تغییر در دیگر جنبه های زندگی از طریق:

- افزایش روزافزون وابستگی متقابل کشورها و ملل،
- تمرکززدایی جوامع و نهادهای موجود که به دلیل گسترش فناوری اطلاعات، شتاب بیشتری یافته است، و
- تمایل روزافزون به جهانی شدن به همراه حفظ ویژگی های ملی، قومی و فرهنگی،

لزوم درک بهتر از «تغییرات» و «آینده» را برای دولت ها، کسب و کارها، سازمان ها و مردم ایجاد می کند. آینده اساساً قرین به عدم قطعیت است. با این همه، آثار و رگه هایی از اطلاعات و واقعیات که ریشه در گذشته و حال دارند، می توانند رهنمون هایی برای فهم کردن نسبت به آینده باشند. عدم قطعیت نهفته در آینده برای بعضی، توجیه کننده عدم دوراندیشی آنان است و برای عده ای دیگر منبعی گران بها از فرصت ها. در اینجا است که نقش مطالعات پیرامون آینده یا همان آینده پژوهی بیش از هر چیز احساس می شود.

آینده پژوهی دانش و معرفتی است که منجر به باز شدن دید سیاستگذاران نسبت به رویدادها، فرصت ها و چالش های احتمالی آینده شده و از طریق کاهش ابهام ها و تردیدهای فرساینده، توانایی انتخاب های هوشمندانه را افزایش می دهد. دانش حاصل از آینده پژوهی این اجازه را به سیاستگذار می دهد تا بداند که به کجاها می تواند برود (آینده های اکتشافی) و به کجاها باید برود (آینده های هنجاری). آینده پژوهی مشتمل بر مجموعه تلاش هایی است که با استفاده از تجزیه و تحلیل منابع، الگوها و عوامل تغییر و یا ثبات، به تجسم آینده های بالقوه و برنامه ریزی برای آنها می پردازد.

یکی از پیش فرض های آینده پژوهی اذعان به وجود گزینه های متعدد آینده است. در مباحث آینده پژوهی، منظور از آینده، در نظرگیری سه حالت آینده های ممکن، محتمل و مطلوب است. آینده ممکن هر چیزی اعم از خوب یا بد، محتمل یا بعید باشد که می تواند در آینده روی دهد. آینده محتمل، آینده ممکن است که به احتمال زیاد در آینده به وقوع خواهد پیوست. آینده مطلوب نیز، آینده محتملی است که مطلوب و مرجح باشد.

در ادبیات آینده پژوهی، وجود چهار عنصر رویدادها، روندها، تصویرها، و اقدام ها منجر به پیدایش آینده های مختلف می شود. رویدادها تمام وقایعی هستند که احتمال وقوع دارند. آنها در واقع آن دسته از مسایلی هستند که باعث شک و تردید بسیاری از

مردم در مورد کارایی تفکر درباره آینده می شوند. وقایعی که رویدادشان محتمل به نظر می رسد، اما آنچه که قرار است در آینده اتفاق بیافتد، کاملاً ناشناخته می ماند. از طرف دیگر، بسیاری از طراحان به عکس این موضوع عقیده دارند که تشخیص حیطه اصلی آینده و برنامه ریزی برای آن تا حدودی امکان پذیر است و این باعث تمرکز بر گرایش های آینده می شود تا آنچه قرار است در آینده پیش آید تا حدی شناخته شود و برای وقوع آن آمادگی حاصل شود. در اینجا است که مفهوم روندها پدید می آید. روندها، وقایعی هستند که در گذشته و حال اتفاق افتاده و در آینده نیز اتفاق خواهند افتاد؛ وقایعی که تحت شرایط خاص در آینده احتمال وقوع پیدا می کنند؛ یا وقایع نوظهوری هستند که پیامد مستقیم و یا غیرمستقیم فناوری های جدید هستند. با این تعریف، سه نوع نگاه به روندها شکل می گیرد:

- روندهایی که ادامه زمان گذشته و حال هستند. برای درک این روندها باید اتفاقات گذشته و حال را فهمید.
- روندهای ادواری که در زمان حاضر احساس نشده اند، و مربوط به بعضی اتفاقات در گذشته های دورتر می شوند. این روندها ممکن است در آینده هم پیش بیایند.
- مسائل جدیدی که در گذشته و حال وجود نداشته و ممکن است در آینده اتفاق بیافتد. این روندها را بهتر است مسائل نوظهور نامید، گرچه احتمال بروز آنها در آینده وجود دارد و در حال حاضر هم به سختی قابل تشخیص هستند. بسیاری از آینده پژوهان معتقدند که مهم ترین روندهای آینده همین مسائل نوظهور هستند که عمده تاً پیامد مستقیم و یا غیرمستقیم فناوری های جدید باشد و این قدرت را به همراه می آورد تا کارهایی که در گذشته قادر به انجام نبود را انجام دهد.

سومین و چهارمین عامل تأثیرگذار بر آینده، شامل تصاویری از آینده است که مردم از آینده در ذهن خود می پروراندند و اقدام هایی که براساس آن تصاویر ذهنی انجام می دهند. بعضی از این اقدام ها، صرفاً برای تأثیر بر آینده انتخاب شده اند، اما باقی اقدام ها به طور محض به این منظور نیستند. یکی از کارهایی که آینده پژوهی قصد انجام آن را دارد، کمک به مردم برای روشن کردن و بررسی تصاویر خویش از آینده، عقاید، امیدها، و نگرانی ها نسبت به آینده است تا شاید از این طریق، کیفیت تصمیمات مؤثر بر آینده را افزایش دهند. مسئله دیگری که آینده پژوهی سعی در انجام آن دارد کمک به مردم برای تغییر تصاویر و اعمال شان فرای تلاشی منفعل جهت پیش بینی آینده است و بعد از آن بر اساس پیش بینی ها، طرح های عملیاتی خود را اجرا کنند و به پیش برند.

در این گزارش با استفاده از روش روندیابی در آینده پژوهی، به تحلیل روندهای حال و آینده فناوری های انرژی زمین گرمایی پرداخته شده است. تحلیل روندها باید بسیار دقیق صورت پذیرد، زیرا یک روند مشخص می تواند تأثیرهای بسیار متفاوتی بر ابعاد گوناگون زندگی ما داشته باشد و از سوی دیگر شاید بسیاری از این تأثیرها در نگاه اول قابل کشف نباشد. تجزیه و تحلیل روندها به ویژه برای سنجش کارایی سیاستگذاری ها و نمایان ساختن مشکلات در حال ایجاد، مفید می باشد. در نهایت، اگر اطلاعات آماری در دست باشد می توان تغییرات روندها را با برون یابی به آینده تعمیم داد. آینده پژوهان با برون یابی می کوشند تا بر پایه نرخ کنونی تغییر، آینده را پیش بینی کنند. البته باید توجه نمود که دقت این پیش بینی ها به ثابت بودن نرخ تغییر بستگی دارد.

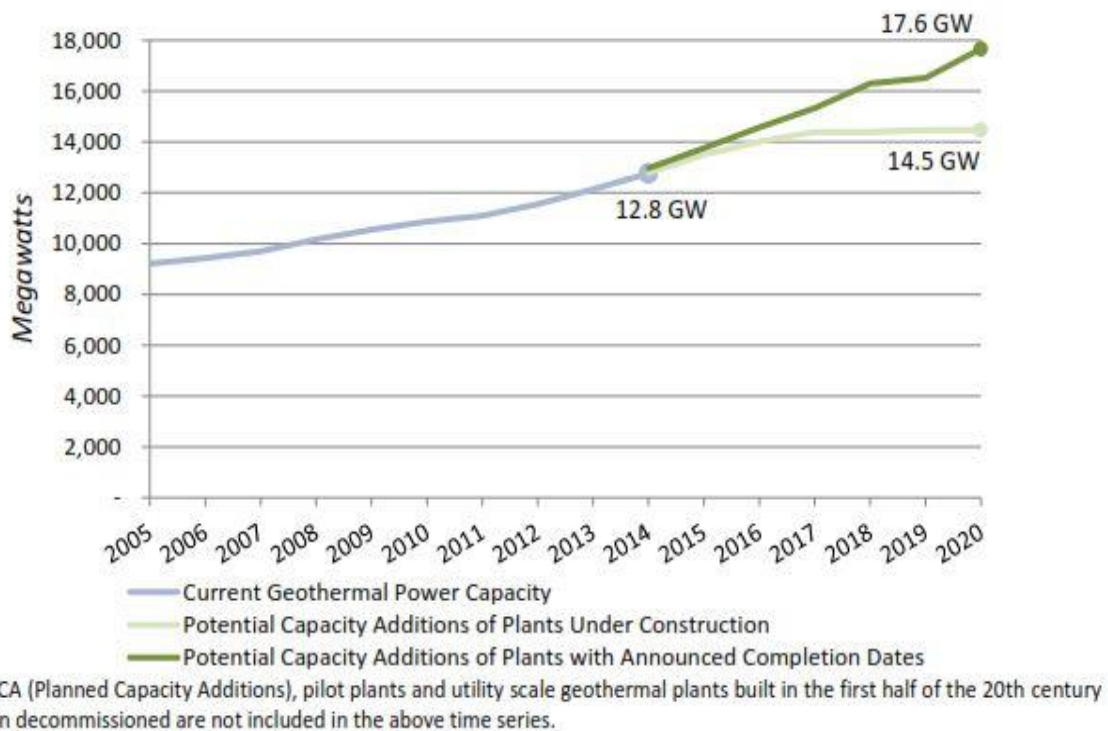
روش های عمده شناسایی روندها عبارتند از:

- شناسایی رویدادهایی که علیرغم احتمال ناچیز وقوع، اثر بسیار شدیدی باقی می گذارند
- رصد منابع اطلاعاتی
- شناسایی پیشران ها

در این گزارش، روندهای تغییر فناوری ها و زیرفناوری های حوزه عمیق و کم عمق برای انواع فناوری های نشان داده شده در درخت های فناوری مورد بررسی قرار گرفته اند.

۴- وضعیت گذشته، حال و آینده تولید برق از منابع زمین گرمایی

روند گذشته، حال و آینده ظرفیت تولید برق از منابع زمین گرمایی طی سال های ۲۰۰۵ تا ۲۰۲۰ در جهان در شکل (۱-۴) نشان داده شده است. در این شکل، سه روند متفاوت، مشخص می باشد. روند بنفش رنگ، ظرفیت نصب شده کنونی را در سراسر دنیا نشان می دهد. روند سبز کم رنگ، نشان دهنده ظرفیت نصب شده در دست ساخت می باشد. روند سبز پررنگ، ظرفیت نیروگاهی است که تصور می رود در سال ۲۰۲۰ احداث خواهد شد.



شکل (۱-۴) - روند گذشته، حال و آینده ظرفیت تولید برق از منابع زمین گرمایی طی سال های ۲۰۰۵ تا ۲۰۲۰ در جهان

[۱]

به طور کلی، متخصصین انجمن انرژی زمین گرمایی (Geothermal Energy Association, EGA)، پیش بینی می کنند که در آینده، بازار نیروگاه های دو مداره به موازات نیروگاه های بخار غالب و تبخیر آبی رشد خواهد نمود. در امریکا و اروپا، مهم ترین نیروگاه های زمین گرمایی در دست ساخت، نیروگاه های دومداره خواهند بود. حال آنکه، در کشورهای واقع در شرق آفریقا و اقیانوس آرام جنوبی، غالباً نیروگاه های بخار غالب و تبخیر آبی توسعه خواهند یافت.

در سایر کشورها، نظیر کشورهای واقع در مرکز و جنوب قاره امریکا، به تازگی شناسایی و بررسی منابع زمین گرمایی خود را آغاز کرده اند. اما بر اساس پتانسیل منابع آنها، انتظار می رود که در آینده آنها، مجموعه ای از نیروگاه های بخار غالب، تبخیر آبی و دومداره را توسعه خواهند داد.

نتیجه آنکه، طبق بررسی های انجام شده، مشخص گردید که در سراسر جهان، تعداد بسیار زیادی منبع زمین گرمایی با درجه حرارت های متفاوت در دست بررسی و مطالعه می باشند.

۱-۴- بازار برق زمین گرمایی جهان

طبق بررسی های صورت گرفته، مشخص شد که موانع خاصی وجود دارند که توسعه انرژی زمین گرمایی را تحت الشعاع خود قرار می دهند. در جدول (۴-۱)، تعدادی از این موانع و اقدامات لازم برای رفع آن ها آورده شده است. همان طور که ملاحظه می کنید شماری از اقدامات پیشنهادی، اقدامات فناورانه ای هستند که می توانند آینده فناوری در صنعت زمین گرمایی را جهت دهی کنند.

جدول (۴-۱) - موانع اصلی توسعه انرژی زمین گرمایی و اقدامات لازم برای رفع آنها [۲]

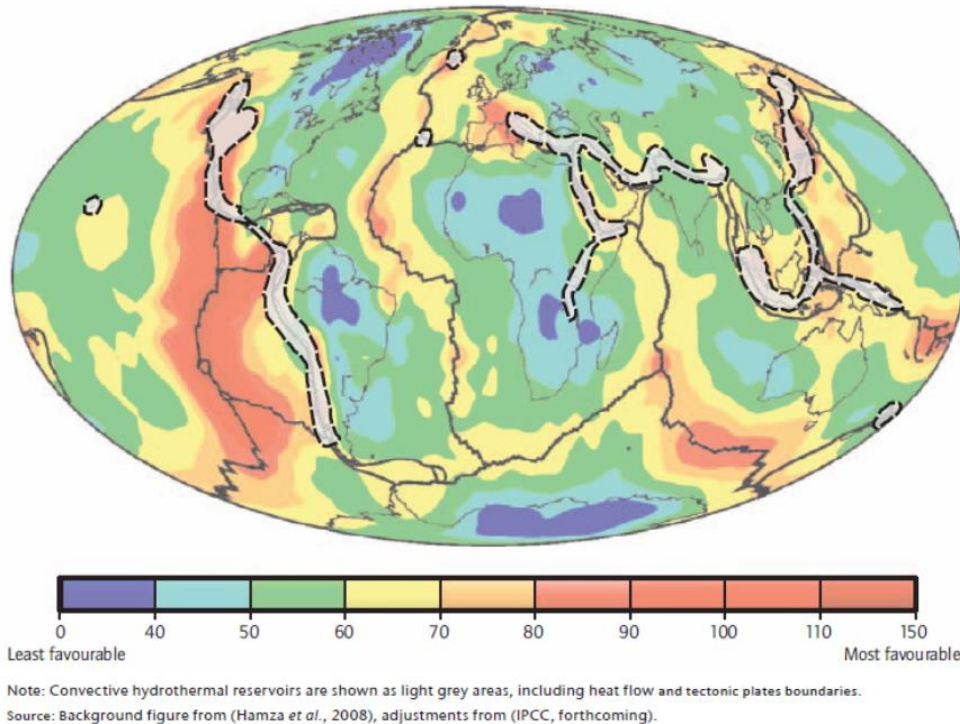
موانع	شرح	اقدامات لازم
منبع	<ul style="list-style-type: none"> - دسترسی به منبع زمین گرمایی - بهره وری چاه و ظرفیت حوزه - وقوع فعالیت های لرزه ای - آتشفشانی در نزدیکی منبع 	<ul style="list-style-type: none"> - فعالیت های تحقیق و توسعه: ارتقای فناوری شناسایی منبع و استخراج منابع زمین گرمایی در دماهای مختلف - هماهنگی فعالیت ها برای به اشتراک گذاری نتایج اکتشاف (یعنی پایگاه داده ای عمومی که مکان منابع را مشخص می سازد)
محیط زیست	<ul style="list-style-type: none"> - مقررات ساخت و ساز - آلودگی هوا و آلودگی صوتی - تأثیر بصری 	<ul style="list-style-type: none"> - هماهنگی فعالیت ها برای رعایت جوازها و مقررات - راه حل های فناورانه (توسعه فناوری) - راه حل های معماری
اقتصاد پروژه	<ul style="list-style-type: none"> هزینه های سرمایه گذاری بالا هزینه های نگهداری و تعمیرات بالا محرک ها و حمایت های مالی 	<ul style="list-style-type: none"> - هماهنگی در سطح ملی، منطقه ای و بین کشورهای مختلف برای حمایت و تنظیم این بخش - برنامه های تأمین مالی بانکی
اجتماعی	<ul style="list-style-type: none"> اطلاعات سوء تفاهم آمیز کمبود دانش موسسات غیر همسوی محلی / محیط زیستی 	<ul style="list-style-type: none"> - ایجاد اجماع از طریق اطلاعات و ارتباطات - ارتقای روابط با انجمن ها
تقاضا	<ul style="list-style-type: none"> روند تقاضای انرژی رقابت از جانب دیگر منابع تجدیدپذیر 	<ul style="list-style-type: none"> - برنامه ریزی پروژه های زمین گرمایی با اتصال به شبکه برق - حمایت از شبکه هوشمند توزیع

۵- منابع انرژی زمین گرمایی

۱-۵- منابع زمین گرمایی هیدروترمال

تا سال های اخیر، استفاده از انرژی زمین گرمایی در نواحی متمرکز شده بود که شرایط زمین شناسی اجازه گردش سیال با دمای بالا را، برای انتقال حرارت از لایه های زیرین به سطح زمین، از طریق تخلیه چاه بدون هیچگونه بالا کشاندن مصنوعی می داد. این سیال موجود در منابع هیدروترمال همرفت می تواند گاز (بخار) یا آب-غالب، با دمای بین ۱۰۰ تا بیش از ۳۰۰ درجه سانتی-گراد باشد. مخازن زمین گرمایی دما بالا، اغلب نزدیک به مرزهای صفحات تکتونیکی قرار دارند و معمولاً با فعالیت های

آتشفشانی و لرزه ای مرتبط هستند، زیرا در این نواحی پوسته عمیقاً ترک می خورد و بنابراین برای نفوذ سیال مناسب است که این امر، سبب در دسترس قرار گرفتن منابع گرمایی می شود.



شکل (۱-۵) - نقشه منابع جهانی مخازن هیدروترمال همرفتی [۳]

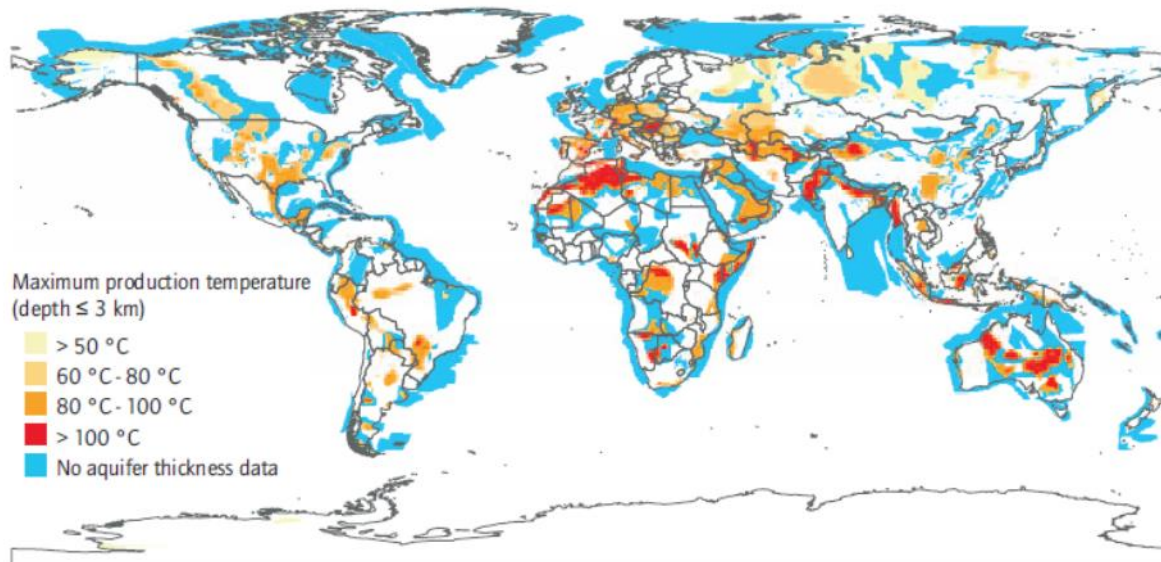
بیشتر مرزهای این صفحه ها زیر سطح دریا قرار دارند، شکل (۱-۵). ۱۳۰۰۰ کیلومتر از ۶۷۰۰۰ کیلومتر گسل های زیر اقیانوس^۱ مورد مطالعه قرار گرفته اند و بیش از ۲۸۰ منطقه زمین گرمایی زیر دریایی (در برگرنده چشمه های آبگرم زیر دریایی) کشف شده اند. تخمین زده می شود که بعضی از این گازفشان ها (نشانه های سطحی زمین گرمایی) قادر هستند ظرفیتی معادل ۶۰ مگاوات تا ۵ گیگاوات را آزاد کنند. بنابر فرضیات، این نشانه های سطحی زیر دریایی زمین گرمایی می توانند مستقیماً بدون حفاری مورد استخراج قرار گیرند و به واسطه نیروگاه های دومداره محصور زیر دریایی به تولید برق پردازند. به هر حال، تحقیق و توسعه وسیعی در این زمینه لازم است زیرا هنوز هیچ فناوری در دسترس برای تجاری سازی این انرژی از منابع زمین گرمایی دریایی وجود ندارد.

^۱Mid ocean ridges

گرمای زمین گرمایی همچنین می تواند به صورت به صرفه از سیستم های آبخوان های عمیق متعددی که در سراسر جهان وجود دارند، استخراج شود. بسیاری از این نواحی می توانند در عمق سه کیلومتری به متوسط جریان حرارتی بیش از ۵۰ تا ۶۰ مگاوات در مترمربع و دمای صخره و سیالی بیش از ۶۰ درجه سانتی گراد برسند، شکل (۲-۵).

عملکرد محلی واقعی بستگی زیادی به شرایط سیال طبیعی مخزن زمین گرمایی دارد. سیستم آبخوان های عمیق تحت فشار زمینی شامل سیال هایی با فشاری بالاتر از فشارهای هیدرواستاتیک هستند.

آبی که همزمان با استخراج نفت و گاز تولید می شود، نوع دیگری از منابع هیدروترمال است. چاه های نفت و گاز می توانند آب گرمی تولید کنند که اغلب از نظر اپراتورها یک محصول جانبی با پتانسیل تجاری محدود به حساب می آید. مثال هایی از این دست، حوزه های نفتی قدیمی در آمریکای شمالی هستند که می توانند بیش از ۱۰۰ میلیون لیتر آب گرم زمین گرمایی در روز تولید کنند. این می تواند با استخراج انرژی محصور در آب تولید شده از طریق نیروگاه های برق دودمداره، تبدیل به دارایی ارزشمندی شود.



Note: World map of deep aquifer systems modified from (Penwell, 1984). Overlain are expected average production temperatures for a depth interval starting at excess temperatures of 40°C relative to surface, and ranging to a maximum depth of 3 km. The map is based on heat flow data from Artemieva (2006) and sediment thickness information from Laske and Martens (1997). Local performance strongly depends on natural heat flow conditions and surface temperature.

Source: TNO, www.thermogis.nl/worldaquifer.

شکل (۲-۵) - نقشه جهانی آبخوان های عمیق [۳]

۲-۵- منابع سنگ داغ خشک

تاکنون، استفاده از انرژی زمین گرمایی در نواحی متمرکز بوده است که بخار یا آب به طور طبیعی در دسترس بوده و سنگها نفوذپذیر هستند. به هر حال، بخش وسیعی از اکثریت انرژی زمین گرمایی که با فناوری های موجود حفاری و شرایط اقتصادی فعلی، در عمق ۵ کیلومتری قابل دسترسی است؛ در سنگ های خشک و با نفوذپذیری کم نهفته است. گرمای ذخیره شده در سنگ های کم تخلخل و/یا با نفوذپذیری کم، معمولاً به منابع سنگ داغ بر می گردد. این منابع روزنه های محدودی و/یا شکاف های کوچکی دارند و بنابراین، آب کافی و نفوذپذیری برای استخراج طبیعی را ندارند. منابع سنگ داغ، می توانند هر جایی در دنیا پیدا شوند، اگرچه در نواحی ای که ایزوتوپ های رادیواکتیو به طور طبیعی در آن ساطع می شوند (مثل جنوب استرالیا)، یا صفحات تکتونیکی وضعیت فشار (تنش)^۳ مطلوب را دارند (مثل غرب آمریکا) به سطح نزدیک ترند. در وضعیت پایدار، در نواحی تکتونیک قاره ای که گرادیان های کمتر از ۷ تا ۱۵ درجه سانتی گراد بر کیلومتر دارند و نفوذپذیری آنها کم است اما وضعیت فشار مطلوبی دارند، عمق به طور قابل توجهی باید بیشتر باشد و این امر، توسعه منابع EGS را از صرفه اقتصادی دور می کند. فناوری هایی که اجازه می دهند انرژی منابع سنگ داغ در دسترس قرار گیرد، هنوز در مرحله شناسایی و آزمایش هستند و نیازمند نوآوری و تجربه برای واقعیت یافتن از نظر تجاری می باشند. شناخته شده ترین نوع چنین فناوری هایی سیستم های زمین گرمایی EGS هستند. دیگر راهکارها برای مهندسی منابع سنگ داغ که هنوز در فاز مفهومی قرار دارند، روش هایی را امتحان می کنند که نیازمند ایجاد شکاف در سنگ داغ نباشد. در عوض، چنین فناوری هایی به ایجاد اتصال بین آب ورودی و آب خروجی کمک می کنند، برای مثال با حفاری یک مبدل حرارتی تحت الارضی ساخته شده از لوله های زیرزمینی یا حفاری یک چاه عمودی ۷ تا ۱۰ کیلومتری با قطر زیاد که ورودی آب و خروجی آب در عمق های مختلف را در بر بگیرد. هنوز یک نقشه جهانی از منابع سنگ داغ در دسترس نیست اما بعضی کشورها مانند ایالات متحده آمریکا شروع به نقشه برداری از منابع EGS خود کرده اند.

در بین پروژه های EGS فعلی در جهان، سایت آزمایشی علمی اروپا در جنگل های سولتز-سوس فرانسه، در پیشرفته ترین مرحله قرار دارد و اخیراً به عنوان اولین نیروگاه ۱/۵ مگاواتی در این زمینه، ثبت شده است که پایگاه داده ارزشمندی از اطلاعات را فراهم می کند. در سال ۲۰۱۱، ۲۰ پروژه EGS در کشورهای اتحادیه اروپا در دست توسعه یا مورد بحث بوده اند. تحقیقات

^۳Stress

EGS، آزمایش و پروژه های نمایشی هنوز در آمریکا و استرالیا ادامه دارند. آمریکا بودجه و اجزای زیادی را برای این امر اختصاص داده است.

۶- توانمندسازهای توسعه و استفاده از انرژی زمین گرمایی

در حالی که یک منبع زمین گرمایی برای تولید برق و/یا گرما استفاده می شود، تکنیک ها و چارچوب های متعددی همواره برای ارزیابی منبع و مهندسی منبع مورد نیاز هستند.

۶-۱- ارزیابی منبع

منابع زمین گرمایی در لایه های عمیق زیر سطح زمین یافت می شوند بنابراین استخراج آن ها نیازمند مکان یابی و ارزیابی آن ها است. حفاری استخراجی ریسک اقتصادی بالایی دارد زیرا هم گران است و هم نتیجه چندان از قبل مشخص نیست. چاه ها در مخازن رسوبی هیدروترمال، جایی که شکل زمین شناسی شبیه به استخراج نفت و گاز است، می توانند با استفاده از روش های مشابه حفاری شوند. به عکس، حفاری اقتصادی چاه های اکتشافی و حفاری های عمیق در سنگ های سخت، با چالش های فنی خاصی روبرو است که نیاز به راه حل های جدید و نوآورانه دارد. ارتقای داده های زمین شناسی و روش های اکتشاف علم زمین شناسی، همانند ابزارهای ارزیابی منابع زمین گرمایی نوآورانه، ریسک اکتشاف را کاهش خواهد داد و مانع سرمایه گذاری در انرژی زمین گرمایی را از میان بر می دارد.

۶-۲- مدیریت منبع

همانند نقش کمک کننده ارزیابی منبع، فناوری حفاری رقابتی، دسترسی و مهندسی منابع زمین گرمایی را تسهیل خواهد کرد. فناوری تحریک مخزن هم برای مخازن هیدروترمال (که در آن اتصال چاه تولید به سیال های مخزن نیازمند ارتقا است) و هم برای ایجاد مخازن EGS در منابع سنگ های داغ، بسیار مهم است. شیوه های تحریک برای ارتقای رسانایی و اتصال منابع سنگ های داغ، امکان دسترسی به سنگ های بیشتر را فراهم می کند. تحریک می تواند به صورت هیدرولیک از طریق تزریق سیال انجام شود، یا به صورت شیمیایی از طریق تزریق اسید یا دیگر جایگزین ها که سنگ یا موادی که شکاف ها را پر می کنند، باشد. هر دو شیوه در توسعه مخازن گازی و نفتی به کار برده می شوند. تحریک هیدرولیک نفوذپذیری ایجاد می کند و انرژی لرزه ای آزاد می شود. در ایجاد شکاف هیدرولیک، همانند هر نوع تزریق سیال یا باز تزریق که فشار سیال زیر زمین را افزایش

می دهد، ریسک ایجاد شدن ریز-لرزه هایی وجود دارد که شدت آن ها برای احساس شدن در سطح زمین کافی است. این اثرات لرزه ای ایجاد شده بستگی به حوزه فشار موجود دارد.

۷- گسترش کاربرد انرژی زمین گرمایی تا سال ۲۰۵۰

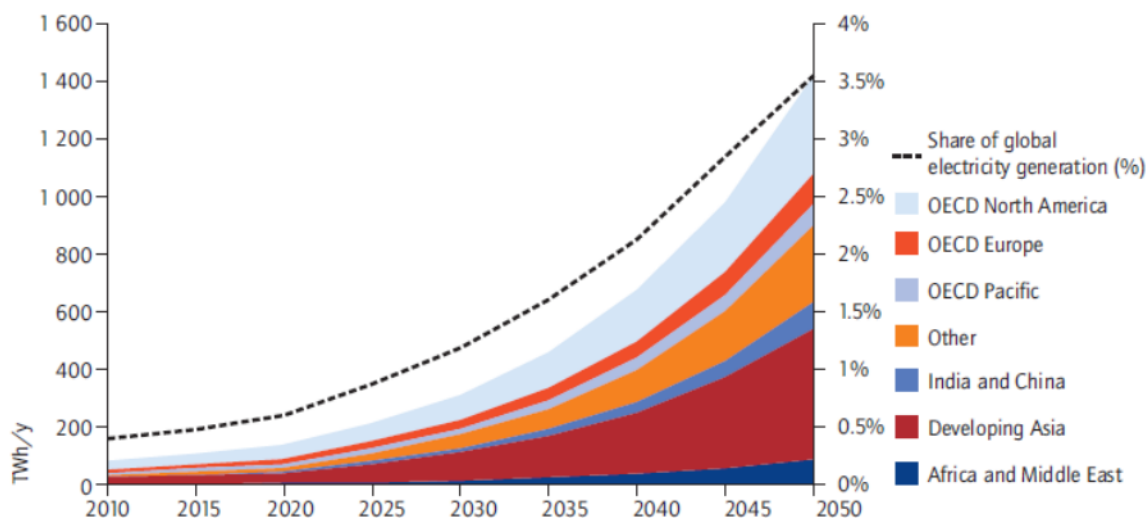
۷-۱- تولید برق

بر مبنای سناریوی ETP 2010 BLUE Map، در سال ۲۰۵۰ منابع انرژی تجدیدپذیر، ۷۵٪ تولید برق جهانی را بر عهده خواهند داشت و سهم زمین گرمایی تولید ۱۴۰۰ تراوات ساعت سالانه تا سال ۲۰۵۰ است که این مقدار، معادل ۳/۵٪ کل تولید برق جهانی تا آن زمان (۳۷۵۰۰ تراوات ساعت در سال تا ۲۰۵۰) خواهد بود، شکل (۷-۱). انتظار می رود که منابع دما بالای سنتی همانند آبخوان های با دمای متوسط و پایین، نقش مهمی در توسعه زمین گرمایی بازی کند. فناوری های زمین گرمایی سنگ های داغ پیشرفته، زودتر از سال ۲۰۳۰ تجاری می شوند.

پتانسیل زیادی برای برق زمین گرمایی در کشورهای در حال توسعه آسیایی، جاهایی که منابع هیدروترمال با دمای بالا هنوز در حال اکتشاف هستند، وجود دارد. در کشورهای OECD آمریکای شمالی هم رشد قابل توجهی مورد انتظار است که هم شامل منابع هیدروترمال دما بالا و هم توسعه EGS می شود. پیش بینی می شود که توسعه زمین گرمایی در OECD اروپایی، ترکیبی از هیدروترمال دما بالا، آبخوان های عمیق دما پایین و متوسط و EGS است.

انتظار می رود سهم قابل توجهی از منابع هیدروترمال (خشکی) دما بالا، به دلیل قیمت برق قابل پرداخت و نقش آن در تأمین بار پایه تا سال ۲۰۵۰ توسعه پیدا کند.

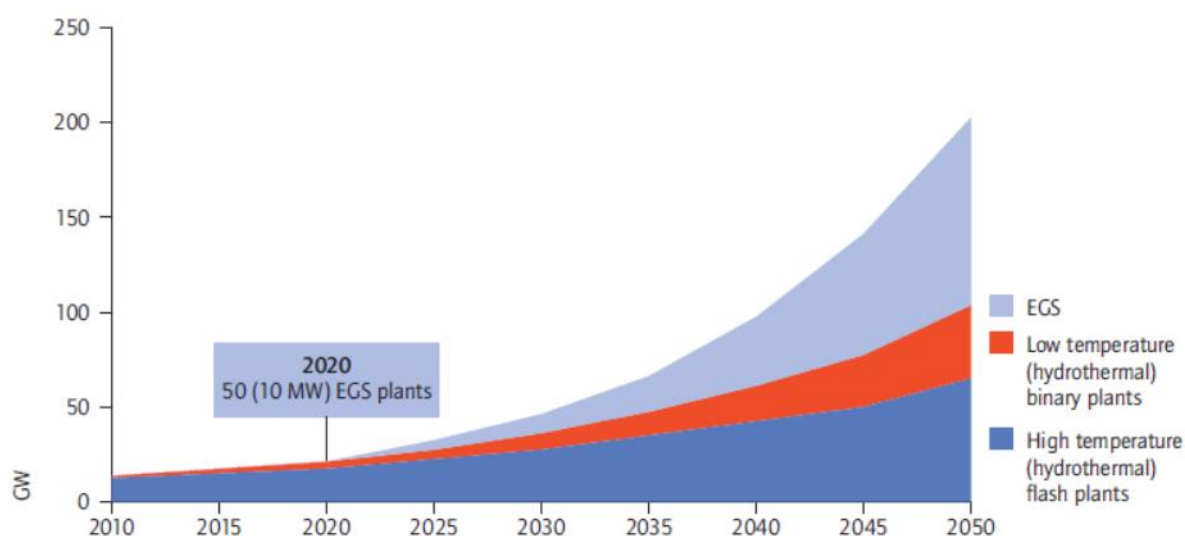
پیش بینی می شود که منابع هیدروترمال دما پایین و متوسط (که معمولاً در آبخوان های عمیق پیدا می شوند) در نیروگاه های کشورهای با آب و هوای گرم مورد بهره برداری قرار گیرند و در کشورهای با تقاضای بالای گرما، به صورت ترکیبی از تولید گرما و برق بهره برداری شوند. ساخت نیروگاه های CHP دوداره در سال های اخیر در آلمان توسعه زیادی داشته است. فروش حرارت حاصل از توسعه CHP (برای گرمایش مستقیم) می تواند توجه پذیری اقتصادی منابع دما پایین را افزایش دهد.



شکل (۷-۱) - چشم انداز تولید برق زمین گرمایی به تفکیک مناطق مختلف جهان [۳]

پیش بینی می شود که فناوری های سنگ داغ همانند EGS بعد از سال ۲۰۳۰ به تجاری سازی می رسند. به محض اینکه بر چالش های فنی و اقتصادی EGS فائق آییم، یا دیگر روش های استخراج منابع سنگ های داغ (یعنی بدون ایجاد شکاف در بستر سنگی زیرزمینی) در دسترس قرار گیرند، توسعه زمین گرمایی می تواند هر کجا که دمای سنگ و دیگر ویژگی های زیرزمینی اجازه فروش اقتصادی انرژی را بدهد، دنبال شود. این یعنی سیستم های زمین گرمایی پیشرفته هر جایی که تقاضای برق و حرارت وجود داشته باشد، می توانند توسعه یابند.

پیش بینی می شود که برق زمین گرمایی تا سال ۲۰۵۰ به ۲۰۰ گیگاوات ظرفیت نصب شده برسد که ۱۰۰ گیگاوات آن ظرفیت برق هیدروترمال و ۱۰۰ گیگاوات دیگر مربوط به EGS است. پیش بینی می شود که بیشترین فناوری مورد استفاده EGS فناوری تولید برق دودمداره باشد، شکل (۷-۲).



شکل (۲-۷) - نمودار میزان رشد ظرفیت تولید برق از منابع زمین گرمایی به وسیله فناوری های مختلف [۳]

برای دستیابی به سطح پیشرفت، علاوه بر ۱۰ نیروگاه EGS ای که اکنون در دست توسعه هستند، حداقل ۵۰ نیروگاه دیگر با متوسط ظرفیت ۱۰ مگاوات طی بیش از ۱۰ سال آینده ضروری به نظر می رسد و انتظار می رود ظرفیت نیروگاه های EGS افزایش یابد: در حالی که نیروگاه آزمایشی سولتر-سوس-فورترس به تولید برق با ظرفیت ۱/۵ مگاوات می پردازد، نیروگاه های در دست توسعه در دهه های آینده ظرفیتی بین ۳ تا ۱۰ مگاواتی خواهند داشت. در طول زمان، انتظار می رود ظرفیت ها به ۵۰ مگاوات و حتی در مواردی (با انبارش^۴ ماژول ها به صورت سری و موازی) به ۲۰۰ مگاوات برسد.

انتظار می رود که ۱۴۰۰ تراوات ساعت از برق زمین گرمایی تولید شده تا ۲۰۵۰، از انتشار ۷۶۰ مگاتن دی اکسید کربن در سال در سطح جهان جلوگیری کند. در محاسبات ETP 2010 در مورد کاهش دی اکسید کربن، همه نیروگاه های زمین گرمایی جدید بدون دی اکسید کربن فرض شده اند زیرا نیروگاه های چرخه بسته زمین گرمایی، انتشار کربن صفر دارند و بیشتر نیروگاه های زمین گرمایی جدید (که شامل نیروگاه های EGS هم می شود) هم اکنون به صورت چرخه بسته طراحی می شوند. در عملیات تولید حرارت نیز، انتشار کربن قابل چشم پوشی است.

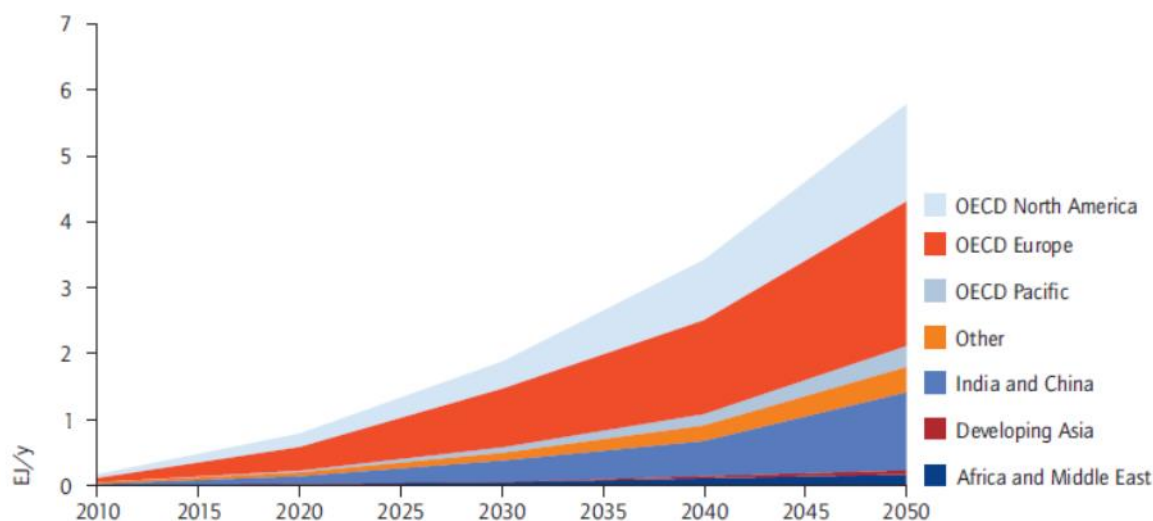
^۴Stacking modules in series and parallel

۲-۷- کاربرد مستقیم

استفاده از سیستم های گرمایشی زمین گرمایی بیشتر در کشورهای سردسیر مورد نظر است، اما در کشورهای گرمتر نیز گرمایش زمین گرمایی می تواند کاربردهای مفیدی در صنعت و کشاورزی داشته باشد و در سرمایش ساختمان ها با استفاده از گرمای ۶۰ درجه سانتی گراد به عنوان انرژی هادی در چیلرهای جذبی مورد استفاده قرار گیرد. افزایش سریع اخیر در تعداد نیروگاه های صرفاً حرارتی زمین گرمایی و همین طور نیروگاه های دودمداره CHP زمین گرمایی در اروپای شمالی، تصدیق می کند که علاقه به استفاده مستقیم از گرمای زمین گرمایی در حال افزایش است. با اطلاع یافتن از قرار گرفتن تعداد زیادی از کشورهای اروپای شرقی در بالا یا نزدیک به منابع زمین گرمایی عمیق، این کشورها با نیاز به بازآفرینی دوباره سیستم های گرمایش مستقیم قدیمی خود روبرو شده اند. حتی کشورهای گرمسیری مثل فیلیپین و اندونزی هم از مزایای بالقوه گرمایش زمین گرمایی برای کاربردهای کشاورزی آگاهی یافته اند.

طرح هایی برای استفاده از گرمای زمین گرمایی در ارتباط با توسعه فناوری های پیشرفته تعریف شده اند تا با استفاده همزمان از برق و حرارت، توجیه پذیری اقتصادی فناوری های گران تر، بیشتر شود. شکل (۷-۳)، چشم انداز رشد حرارت زمین گرمایی بر مبنای منطقه را تا سال ۲۰۵۰، یعنی زمانی که مجموع استفاده مستقیم از زمین گرمایی به ۵/۸ اگزاژول می رسد (حدود ۱۶۰۰ تراوات ساعت انرژی حرارتی)، نشان می دهد. این شکل بر اساس طرح های IPCC SSREN برای حرارت زمین گرمایی تدوین شده است که در این طرح ها، سهم پمپ های حرارتی منبع زمین حذف شده است و استفاده کامل از پتانسیل تولید همزمان برق و حرارت از طریق فناوری EGS اضافه شده است. این سناریو، فرض می کند که فناوری سنگ های داغ زودتر از سال ۲۰۳۰ تجاری سازی می شود. تحت این شرایط، استفاده از گرمای ساختارهای سنگی عمیق، هر کجا که دمای سنگ مناسب باشد و ویژگی های زیر زمین اجازه فروش اقتصادی انرژی را بدهد، ممکن است.

بیشترین پتانسیل حرارتی زمین گرمایی می تواند در منطقه هایی با بیشترین تقاضای حرارت باشد: اروپا، چین، و آمریکای شمالی.



شکل (۳-۷) - چشم انداز رشد کاربرد مستقیم انرژی زمین گرمایی در مناطق مختلف جهان به استثنای پمپ های حرارتی

زمین گرمایی تا سال ۲۰۵۰ (EJ/y) [۳]

۸- چشم انداز اقتصادی و کاهش هزینه های بهره برداری

هزینه های تولید انرژی زمین گرمایی به طور قابل توجهی متفاوت است. تخمین زده می شود که هزینه های تولید برق در نیروگاه های تبخیر آبی، که در بسیاری موارد تقریباً رقابتی است، به کاهش خود با نرخی متوسط تا سال ۲۰۵۰ ادامه دهد. نیروگاه های دو مداره (هیدروترمال) که در منابع با پایین تر فعالیت می کنند، نیز تقریباً فناوری بالغی هستند. برای نیروگاه های دو مداره که اخیراً ظرفیت های کوچکی دارند، با افزایش ظرفیت نیروگاه ها، هزینه ها کاهش پیدا خواهند کرد. با انتظار افزایش قیمت برق عمده فروشی در طی زمان، نیروگاه های تبخیر آبی هیدروترمال بین سال های ۲۰۲۰ تا ۲۰۳۰ کاملاً رقابتی می شوند. نیروگاه های دو مداره هیدروترمال بایستی بعد از ۲۰۳۰ کاملاً رقابتی شده باشند.

طرح های هزینه ای برای EGS قابل محاسبه نیستند زیرا هزینه های سرمایه گذاری واقعی در دست نیستند و بیشتر پروژه های جالب توجه هنوز در مقیاس آزمایشی و در مرحله صرف بودجه های تحقیق و توسعه ای بالا مخصوصاً در فازهای حفاری و تحریک هستند. همین وضعیت برای فناوری های هیدروترمال پیشرفته مانند تولید همزمان آب داغ از چاه های نفت و گاز، زمین گرمایی خشکی، توسعه منابع تحت فشار زمینی و سیال فوق بحرانی وجود دارد. برای فناوری های حرارتی زمین گرمایی، طرح های هزینه ای قابل محاسبه نیستند زیرا اطلاعاتی در مورد اشکال گسترش هر فناوری در دست نیست.

۹- توسعه فناوری: فعالیت ها و نقاط عطف انرژی زمین گرمایی

۹-۱- فرآیندهای توانمندساز برای توسعه

۹-۱-۱- ارزیابی منابع

اقدامات پیشنهادی	زمان عطف	ذینفعان
پیمایش و ترکیب پایگاه های داده زمین شناسی موجود، و گسترش مجموعه داده های زمین شناسی برای توسعه یک پایگاه داده در دسترس عموم از منابع زمین گرمایی	۲۰۱۱-۱۵	دولت ها، صنعت زمین گرمایی، صنعت هیدروکربنی، و مؤسسات تحقیقاتی
توسعه رویکرد یکپارچه ای برای شناخت منابع هیدروترمال پیشرفته و سنگ داغ و ارزیابی پتانسیل زمین گرمایی آن ها	۲۰۱۱-۲۰	مؤسسات تحقیقاتی و صنعت زمین گرمایی
توسعه ابزارهای زمین گرمایی و مدل های تحت الارضی برای شناخت صخره های داغ مناسب و سایت های هیدروترمال پنهان	۲۰۱۵-۲۵	مؤسسات تحقیقاتی، صنعت هیدروکربن و صنعت زمین گرمایی

۹-۱-۲- ارزیابی و مهندسی منابع

اقدامات پیشنهادی	زمان عطف	ذینفعان
توسعه فناوری های حفاری ارزان تر برای اکتشاف، ارزیابی منبع، و توسعه و استخراج مخزن ها و اکتشاف با رویکردهای حفاری پیشرفته	۲۰۱۱-۲۵	صنعت حفاری، مؤسسات تحقیقاتی، صنعت هیدروکربن، و صنعت زمین گرمایی
ارتقای فناوری حفاری فشار بالا، دما بالا و سنگ سخت	۲۰-۲۰۱۱	صنعت حفاری، مؤسسات تحقیقاتی، صنعت هیدروکربن و صنعت زمین گرمایی
ارتقای ابزارهای درون چاهی و پایش چاه	۲۰۱۱-۲۰	صنعت حفاری، مؤسسات تحقیقاتی، صنعت هیدروکربن و صنعت زمین گرمایی

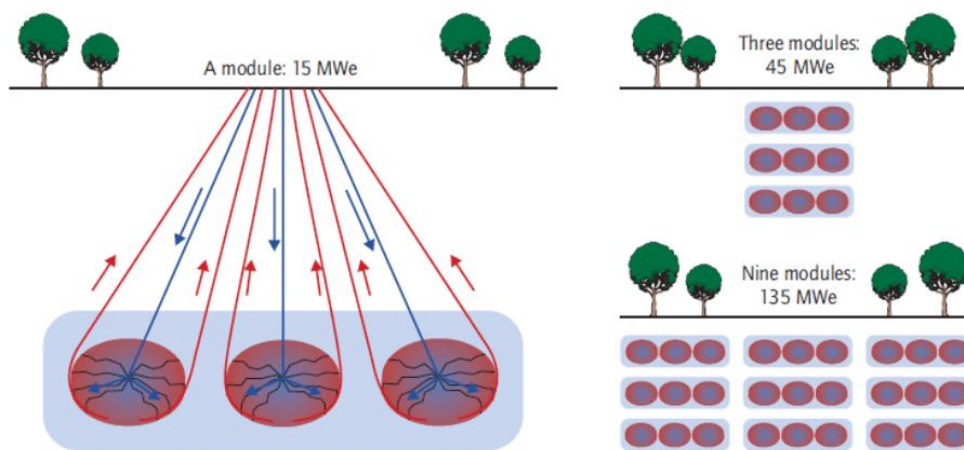
۹-۱-۳- استفاده از حرارت سیال زمین گرمایی

اقدامات پیشنهادی	زمان عطف	ذینفعان
افزایش کارایی و عملکرد تولید همزمان برق و حرارت (CHP) از طریق ارتقای اجزایی مانند پمپ ها، میدل های حرارتی، فناوری باز تزریق، پیشگیری از پوسته شدن، واحد پشتیبان و مخزن ذخیره. بهینه سازی تعادل بین گرما و برق در CHP زمین گرمایی	۱۵-۲۰۱۱	صنعت گرمایش مستقیم، مؤسسات تحقیقاتی، و صنعت زمین گرمایی
توسعه اکتشاف فرصت های استفاده از گرمایش زمین گرمایی از طریق استفاده پلکانی، استفاده در سرمایش، در کاربردهای صنعتی جدید و CHP سنگ داغ.	۲۵-۲۰۱۵	صنعت گرمایش مستقیم، مؤسسات تحقیقاتی، و صنعت زمین گرمایی

۴-۱-۹- فناوری های زمین گرمایی پیشرفته: EGS

ذینفعان	زمان عطف	اقدامات پیشنهادی
صنعت زمین گرمایی، دولت ها و مؤسسات تحقیقاتی	۲۰-۲۰۱۱	توسعه نیروگاه های آزمایشی EGS در محیط های زمین شناسی مختلف همزمان با توسعه منابع هیدروترمال
صنعت زمین گرمایی و مؤسسات تحقیقاتی	۳۰-۲۰۱۱	توسعه شیوه های تحریک هیدرولیک و حرارتی و شیمیایی استاندارد شده، و استفاده از ابزارهای جدید برای مدل سازی بهینه مخزن و در نهایت برای تقویت تولید EGS
صنعت زمین گرمایی و مؤسسات تحقیقاتی	۲۰۱۱-۲۰	ارتقای مباحث مدیریت سلامت، ایمنی و محط زیستی (HSE)، شامل ریسک های مرتبط با لرزه خیزی
صنعت زمین گرمایی و مؤسسات تحقیقاتی	۲۵-۲۰۱۵	تحقق دسترسی بلندمدت به منبع، پایش و مدیریت مخزن در EGS
صنعت زمین گرمایی	شروع در ۲۰۲۵	افزایش مقیاس نیروگاه های EGS به ۵۰ تا ۲۰۰ مگاوات از طریق چینش ماژول ها به صورت سری و موازی*

*مراجعه شود به شکل (۹-۱)



Source: EGS Energy.

شکل (۹-۱) - مدل مفهومی یک نیروگاه EGS در مقیاس صنعتی [۳]

۵-۱-۹- سایر فناوری های پیشرفته

ذینفعان	زمان عطف	اقدامات پیشنهادی
مؤسسات تحقیقاتی، دولت های محلی و صنعت زمین گرمایی	۲۵-۲۰۱۱	کشف امکان پذیری راه های جایگزین برای استخراج منابع سنگ های داغ
مؤسسات تحقیقاتی، دولت های محلی و صنعت زمین گرمایی و صنعت هیدروکربن	۲۰۱۱-۲۰	کشف امکان پذیری فناوری های جایگزین برای استخراج منابع هیدروترمال مانند سیال های فوق بحرانی و تولید همزمان آب داغ از چاه های نفت و گاز
مؤسسات تحقیقاتی، دولت های محلی و صنعت زمین گرمایی	۴۰-۲۰۲۰	کشف امکان پذیری فناوری های جایگزین برای استخراج منابع هیدروترمال دریایی

۱۰- زمینه های پیشرفت روش های اکتشافی

زمین شناسانی که در این گزارش با آن ها مصاحبه شد، همگی موافق بودند که صنعت زمین گرمایی در زمینه فناوری های اکتشاف و همچنین در زمینه توسعه روش های جدید توانمند در شناخت یک منبع بالقوه قبل از حفاری در مقیاس تولیدی با صحتی بالاتر از آنچه الان ممکن است، نیازمند بهبود اساسی است. در زیر، تعدادی از پیشرفت هایی که ایجاد شده اند و ایده های پیشنهادی که در مورد ابزارهای اکتشاف زمین گرمایی و متدولوژی های بهبود یافته مطرح شده اند، آمده است.

همان طور که موناسترو و کولباخ بیان می کنند: «مخرج مشترک این پیشرفت ها، ریشه داشتن آنها در انفجار فناوری کامپیوتر است». در سال های اخیر، قدرت محاسبات پیشرفته اجازه ارتقای قابل توجه توان جمع آوری، مدیریت و تحلیل داده ها را فراهم کرده است. همچنین امکان ایجاد مدل های زمین شناسی پیچیده تر با توان عملیاتی بالاتر را با استفاده از داده های حسگرهای راه دور، منابع ژئوفیزیکی و ژئوشیمیایی فراهم می کند.

در مصاحبه های متعددی که با متخصصین اکتشاف انجام شد، اجماع زیادی وجود دارد که مهم ترین پیشرفت های فناورانه کوتاه مدت، تثبیت همه داده های در دسترس در حال حاضر عمومی است. در ترکیب با قدرت محاسباتی پیشرفته ای که در بالا ذکر شد، چنین پایگاه داده ای و یا مرکز تحقیقاتی به صورت بالقوه به دانشمندان اکتشاف اجازه می دهد مدل های جزئی جریان های گرمایی، ژئوشیمیایی، زمین شناسی و دیگر ویژگی ها را با هم ترکیب کنند تا فعالیت های زمین گرمایی را نسبتاً ارزان تر و قبل از ریسک کردن در حوزه مورد نظر شناسایی کنند. ساخت چنین مدل های مفهومی می تواند به کسانی که به دنبال متدولوژی های اصلاح شده ای برای اکتشاف برای انتخاب های بهتر هستند، کمک کند. به علاوه، چنین پایگاه داده ای، می تواند تاریخچه

تجربیات و داده ها را به گونه ای حفظ کند که تیم اکتشافی که در حال انجام پروژه است، بتواند به پروژه های قبلی نگاهی بیندازد و شباهت های زمین شناسی، شیمیایی، دمایی و دیگر ویژگی ها را مورد نظر قرار دهد و از موفقیت ها و چگونگی اکتشاف انجام شده اطلاع یابد، جدول (۱-۱۰).

جدول (۱-۱۰) - پتانسیل آینده فناوری های اکتشاف [۴]

<p>توسعه فناوری های ارتقایافته ای که:</p> <p>مدیریت داده ها را تقویت می کند:</p> <ul style="list-style-type: none"> • گردآوری داده های شناخته شده در یک پایگاه داده مرکزی، شامل تاریخچه تجارب کاری همراه با جزئیات کامل • توسعه الگوریتم های بهتر برای بررسی داده های موجود و داده های پیمایش های جدید <p>بهبود تصاویر ماهواره ای:</p> <p>استفاده از قدرت محاسبات پیشرفته برای:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ارتقای تفکیک پذیری تصویر • توسعه بیشتر فناوری تصویربرداری ابرطیفی (شناسایی مواد معدنی) • گردآوردن تصویربرداری ابرطیفی با فرسرخ حرارتی برای تصویربرداری جریان گرمایی سطحی بیشتر <p>ارتقای شیمی زمین شناسی:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ارتقای قابلیت اطمینان و قابلیت تکثیر داده ها از ژئوترموترها • توسعه ژئوترموترهایی که می توانند اهداف جدید را تشخیص دهند (یعنی گازهای خاک/آب، مواد معدنی تجزیه نشده، ایزوتوپ ها) <p>ژئوفیزیک تقویت شده:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ارتقای تفکیک پذیری، قابلیت اطمینان، و قابلیت تکرار و کاهش نویزهای پیمایش های ژئوفیزیکی <p>توسعه فناوری های جدیدی که:</p> <ul style="list-style-type: none"> • می تواند نفوذپذیری را در عمق شناسایی کند
--

۱-۱۰-۱- الزامات اکتشاف

از نظر اغلب دانشمندان اکتشاف، هدف نهایی تحقیقات ارتقای اکتشاف زمین گرمایی، دست یابی به بهترین و ایده آل ترین محل برای حفاری است. اگرچه خیلی ساده به نظر می رسد ولی در عمل چالش سختی است.

این هدف ساده می تواند به وظایف مشخص تری تقسیم شود که به صورت پیشرفت های علمی و ابزاری لیست شده در جدول (۱-۱۰) نشان داده شده است. اولین و شاید مهم ترین آن، تعیین و درک ویژگی های فیزیکی منبعی است که به دنبال آن هستیم. در بین جامعه زمین گرمایی، اشتراک نظری در مورد خصوصیات دقیق یک منبع زمین گرمایی وجود ندارد. اگرچه عموماً پذیرفته شده است که یک مخزن زمین گرمایی جایی است که شبکه ای از جریان های گرمایی زیرزمینی و درز و شکاف های عبور سیال وجود دارد، ویژگی های متعدد دیگری نیز برای مخزن ذکر می شود که بعضی از آن ها نظری هستند. بعضی از این ویژگی ها عبارتند از: (۱) ترکیب زمین شناسی دقیق و ساختار مخزن و سنگ های اطراف، (۲) ساختار و ظاهر شبکه درز و شکاف مخزن، (۳) اندازه دقیق یک مخزن، (۴) پویایی رابطه منبع-سنگ-سیال گرما، و (۵) در بعضی موارد، ترکیب ژئوشیمیایی سیال. هدف بعدی، ارتباط نزدیکی با اهداف و ویژگی های منبع دارد. در واقع، همه متخصصان موافقت می کنند که روش هایی برای توسعه تصویرسازی از زیر زمین مورد نیاز است. در این میان، راه هایی برای تصویرسازی توزیع درز و شکاف ها در یک ناحیه معلوم هم وجود دارد. اگرچه توسعه چنین ابزاری، یا مجموعه ای از ابزارها، به نسبت مزایایی که دارد یک تلاش سخت و پرهزینه به نظر می رسد، تصور می شود هزینه واقعی کمتر از این مقدار باشد. بسیاری از اعضای جامعه زمین گرمایی معتقدند که درک کامل منبع و داشتن راهی برای تصویرسازی آن در زیر زمین، یک گام بحرانی و هنوز نه چندان مشخص در افزایش قابلیت اطمینان اکتشاف و پرده برداری از هزاران منبع زمین گرمایی است.

۱۱- مسیرهای آینده حفاری چاه های زمین گرمایی

ذات این امر - صدها یا هزاران پا حفاری در صخره های سخت آتشفشانی، داغ و تحت فشار - با موانع زیادی روبرو است. بعضی از این موانع، مانع های فیزیکی هستند که پیشرفت را کاملاً سخت می کنند. دیگر موارد، مباحث مرتبط با هزینه های رو به افزایش حفاری است. هر دو این ها، دستیابی به عمق هدف را سخت تر می کند. حفاری زمین گرمایی، زنجیره ای پایان ناپذیر از تصمیمات مشکل است.

بر مبنای نظر لوئیس کاپوانو، بزرگترین پیشرفت در صنعت حفاری، بهبود وضعیت حفاری زمین گرمایی است. او معتقد است که در حال حاضر، نرخ ۲۰٪ موفقیت حفاری بسیار پایین است و فقط اگر بتوانیم محل حفاری را بهتر شناسایی کنیم، این روند

بهبود خواهد یافت. رندی نورمن نیز معتقد است، راه ارتقای حفاری زمین گرمایی، توسعه روش های بهتر برای کشیدن نقشه مخازن زیر زمین است.

در کل، روش ها و تجهیزات حفاری زمین گرمایی در طی سال ها بسیار بهبود یافته اند و بر مبنای نظر بعضی متخصصان حفاری، کاملاً کارآمد هستند. بسیاری از کارشناسان صنعت حفاری انرژی زمین گرمایی بر این باور هستند که مانع اصلی جهت حفر چاه های عمیق تر، ابزارها و تجهیزات مربوطه نیستند بلکه هزینه های سرسام آور حفاری آنها می باشند. در واقع، بهبود صنعت اکتشاف باعث کاهش هزینه های مربوط به حفاری می شود اما در عین حال، نیاز به توسعه ابزارهای جدید را افزایش می دهد. نیمی از هزینه های پروژه حفاری به نحوی به ناپایداری زمین شناسی، عموماً هدرروی آب و مشکلات کنترل فشار، بر می گردد. به همین دلیل، بعضی شرکت ها در پی کاهش این هزینه های غیربهره ور از طریق افزایش اثربخشی مواد ساخت هستند. آن ها در حال توسعه لوله های جداری و لاینرها^۱ هستند که: (۱) نسبت به خوردگی مقاوم تر هستند، (۲) قادر به تحمل فشار در ۱۰،۰۰۰ psi هستند، (۳) به اندازه چاه گسترش می یابند، بنابراین به هزینه سیمان کاری نیازی نیست، و (۴) به طور قابل ملاحظه ای هزینه کلی اکتشاف و حفاری را کاهش می دهند. با دستیابی به این پیشرفت ها در لوله های جداری، صنعت حفاری، شاهد گل ها، سیمان ها، و مته های حفاری پیشرفته تری خواهد بود.

تا به حال، بیشتر فناوری های حفاری زمین گرمایی از صنایع نفت و گاز و معدن قرض گرفته شده است. حفاری در آن زمینه ها، اغلب در سنگ های نفوذپذیر و نرمی است که دمای بالایی ندارند. توسعه ابزارهای خاص دما بالا برای صنعت زمین گرمایی می تواند اثرات مهم و مشهودی داشته باشد.

در حفاری زمین گرمایی، مشکلی که اغلب در عمق پیش می آید، لرزش در رشته حفاری^۲ است. این لرزش در انتهای این رشته تقویت هم می شود و سبب شکستن و پرت شدن مته به بیرون سنگ می شود. در ساختارهای سخت تر، این لرزش ها می تواند سبب آسیب برش و حتی شکست کامل ساختار برشی مته شود. گروهی از محققان به دنبال کاهش این عمل با استفاده از توسعه تعدیل کننده هایی برای رشته حفاری هستند. این تعدیل کننده ها کمک می کنند تا مته در تماس با سنگ بماند و بنابراین عملکرد مته بهبود یابد و پیشروی حاصل شود. به نظر می رسد چنین سیستم تعلیقی، اجازه می دهد صنعت زمین گرمایی قادر باشد از سر مته های الماسی یا PDC استفاده کند. این مته ها در حال حاضر استاندارد طلایی صنعت نفت و گاز را دارند اما تا به

^۱casings and liners^۲Drill string

حال، معمولاً در سنگ های سخت حفاری شده در صنعت زمین گرمایی ناموفق بوده اند. محققان همچنین به توسعه متدهای PDC مؤثر در محیط های حفاری زمین گرمایی مشغولند.

۱۲- مشکلات و نیازهای مدیریت مخزن

در کل، مدیریت مخزن به این سرعت، با مشکلات زیادی که سایر گام های توسعه زمین گرمایی با آن روبرو هستند، مواجه نخواهد شد. در طی سال هایی که یک مخزن مورد استفاده است، اطلاعات به دست آمده به مهندسان مخزن در خصوص مدل سازی های پیچیده کامپیوتری کمک می کند تا تلاش هایشان را برای توسعه ایده های خوب در مورد چگونگی ساماندهی بهره برداری از منبع به شیوه ای مؤثرتر در بلندمدت، به نتیجه برسانند. به هر حال، بنا بر نظر تعداد زیادی از مهندسان مخزن، گاهی اوقات شرکت های توسعه دهنده با عدم توجه به پایش مخزن مناسب و رویکردهای مدیریت مخزن، از سرمایه گذاری خود برای آینده محافظت کافی به عمل نمی آورند.

مشکل دیگری که بعضی مهندسان مخزن به آن اشاره می کنند، عدم تبادل اطلاعات یا کمبود ارتباطات بین اندازه گیران عملکرد چاه و استفاده کنندگان داده های جمع آوری شده برای ساخت مدل های شبیه سازی مخزن است. به دلیل وجود این خلأ، داده هایی که مهندس مخزن در اختیار دارد، شکاف های اطلاعاتی یا نقص های اساسی دارد که آن ها را غیرقابل استفاده می سازد. این دست مباحث، به خصوص وقتی که مهندسی مخزن برای کار در حوزه هایی که فرایند با کاهش روبرو شده است دعوت می شود، بسیار پررنگ می شود. داده های غیرقابل استفاده، توانایی مهندس مخزن در کشف و ترمیم کاهش را محدود می کند. در صورت وجود این ارتباطات به صورت مستمر، مدل ها با روندی پایدار به روز خواهند شد و بهبود خواهند یافت و عمر تولید مخزن به طور قابل توجهی افزایش می یابد.

اصلی ترین کمبود فنی در مدیریت مخزن، عدم توانایی در تصویرپردازی سیال در زیر زمین است. اگر سیال های زیر زمین را بتوان تصویرپردازی کرد، امکان دارد بتوان جریان های مخزن را نقشه برداری کرد و به طور قابل توجهی عدم اطمینان در توسعه استراتژی های مدیریت مخزن را کاهش داد. اکنون این موضوع، بحث داغ تحقیقات است و تا زمانی که فناوری بهتری در این زمینه توسعه داده شود، همین طور باقی می ماند.

موضوع مهم دیگر، نیاز به تعیین مشخصات سنگ های زیر زمین است. تجزیه سنگ یک مانع اصلی در طول عمر یک حوزه زمین گرمایی است. درک بهتر از زمین شناسی، احتمالاً سبب بهبود روش های مدیریت سپرده های معدنی و بنابراین افزایش طول عمر بهره ور حوزه زمین گرمایی خواهد شد. تصویرپردازی سیال های زیر زمین، در کنار درک بهتر از ویژگی های زمین شناسی آن ها، چارچوبی برای مهندسان مخزن فراهم می کند تا مدل های مفهومی صحیح تری از چگونگی حوزه زمین گرمایی مورد نظر توسعه دهند.

اگرچه در حوزه مهندسی مخزن، فناوری های نسبتاً توسعه یافته ای وجود دارد، زمانی که آن را با دیگر گام های توسعه زمین گرمایی مقایسه می کنیم، هنوز پیشرفت های مهمی وجود دارد که می تواند در صنعت رخ دهد تا تولید مؤثرتری از منابع زمین گرمایی صورت گیرد.

۱۳- فناوری های تحت الارضی در حال ظهور

۱۳-۱- بررسی فناوری های تحت الارضی نوظهور

بیان عبارت «فناوری های زمین گرمایی پیشرفته» اغلب عبارت «سنگ داغ خشک» یا مفهوم شناخته شده ای به نام EGS را به ذهن متبادر می سازد. این فناوری، تنها یکی از فناوری های زمین گرمایی نوظهور گره خورده به پیشرفت ابزارها و متدولوژی های تحت الارضی است که می توانند انرژی قابل توجهی از منابع زمین گرمایی، تولید کند.

وزارت نیروی آمریکا، EGS را به عنوان «مخازن مهندسی شده ای که برای استخراج مقادیر اقتصادی گرما از منابع زمین گرمایی با نفوذپذیری و یا تخلخل کم ایجاد می شود» تعریف می کند. تعریفی که وزارت نیروی آمریکا مدنظر قرار داده است، در این گزارش مورد استناد قرار می گیرد و سایر فناوری های پیشرفته، به صورت زیر، جداگانه بررسی می شوند: سیستم های هیدروترمال پنهان، سیستم های آتشفشانی فوق بحرانی، تولید همزمان زمین گرمایی نفت/گاز، و سیستم های زمین گرمایی تحت فشار. EGS بخشی از یک طیف است، که این طیف ارتقای ابزارها و روش ها در هر یک از این حوزه ها برای توسعه تولید در حال حاضر غیر تجاری یا غیر معمول تا حوزه هایی که تنها سیستم زمین گرمایی سنگ های داغ در آن معنی دارد را در بر می گیرد.

۱-۱-۱۳- سیستم های زمین گرمایی پیشرفته (EGS)

فناوری EGS تا سال ۲۰۵۰ قادر به فراهم کردن ظرفیت الکتریکی معادل ۱۰۰،۰۰۰ (یک صد هزار) مگاوات است. چشم انداز صدها هزار مگاوات برق پایه تجدیدپذیر پاک از هر کجای دنیا جالب توجه است. چندین سازمان دولتی و خصوصی در سراسر جهان، EGS را اولویت اول خود قرار داده اند و در زمینه توسعه فناوری مورد نیاز آن کار می کنند. این پروژه ها هم اکنون در آمریکا، استرالیا، فرانسه، آلمان، سوئیس، جمهوری چک، انگلیس و چندین کشور دیگر در حال انجام هستند.

EGS تولید برق از انرژی زمین گرمایی در مکان هایی که امکان برق رسانی نیست را ممکن می سازد. برداشت گرما از سنگ های زیر سطحی، هدف توسعه فناوری EGS است. بدون شک، بخش زیادی از منابع EGS به شکل انرژی گرمایی ذخیره شده در ساختار صخره ای رسوبی و زیرزمینی باقی می ماند که تحت تسلط فرآیندهای انتقال حرارت و تشعشع است. به هر حال، بنا بر تنوع در جنس سنگ ها و عمقی که سنگ های داغ در آن واقع شده اند، چالش های گوناگونی در رابطه با توسعه EGS در بخش های مختلف یک کشور وجود دارد. برای مثال، ممکن است مقدار اقتصادی سنگ های کریستالی داغ موجود باشد ولی ایجاد شکستگی و درز و شکاف در آن ها (به روش تحریک) سخت باشد یا دسترسی به گرمای لازم در سنگ های رسوبی ای که شکاف در آن ها راحت تر است، در عمق های زیاد امکان پذیر باشد که اقتصادی نیست.

۱-۱-۱-۱۳- الزامات توسعه سیستم های زمین گرمایی پیشرفته

هنوز پروژه های آزمایشی موفق تجاری شده ای از EGS وجود ندارد. بخش هایی از این دست پروژه ها موفق بوده اند مثل حفاری سنگ های داغ خشک، ایجاد شبکه های شکستگی و شکاف، و حتی بعضی آزمایش های گردش [سیال] توسعه داده شده. بعضی از این پروژه ها، بر مبنای نظر روی باریا، کاملاً موفق و انگیزه بخش بوده اند. او شماری از پیشرفت هایی را که اخیراً در پروژه های آزمایشی اتفاق افتاده است، شرح می دهد:

- ۱- ما توانستیم به طور موفقیت آمیزی چاه های انحرافی را در عمق ۵ کیلومتری با هزینه ای حدود ۱۰ میلیون دلار، حفر کنیم.
- ۲- ما توانستیم با جداسازی چاه تولیدی از چاه تزریقی در محدوده ای ۶۰۰ متری، یک مخزن دارای شکستگی با حوزه انتقال حرارتی بالا ایجاد کنیم.
- ۳- ما می توانیم ته نشینی کلسیت و سیلیس را با استفاده از فشار و PH کنترل کنیم.
- ۴- ما دانش پایه برای مدیریت ایجاد یک مخزن حاوی درز و شکاف در محیط های متنوع را ارتقا دادیم.

۵- ما ائتلاف سیال در سیستم های باز یا بسته را کنترل کردیم.

۶- ما برای آزمایش سیستم، سیال داغ را در دمایی حدود ۱۹۰ درجه سانتی گراد و ۲۵ لیتر بر ثانیه برای چندین ماه بین یک جفت چاه به گردش درآوردیم.

بر اساس نظر متخصصان و ادارات دولتی متعددی که در توسعه فناوری EGS درگیر هستند، EGS اقتصادی به احتمال زیاد به موفقیت نزدیک می شود اما قبل از رخداد آن، توسعه دهندگان با چالش های عظیمی روبرو هستند. تا به حال، پروژه های EGS در مقیاس نسبتاً کوچک اجرا شده اند تا اجزا یا زیر اجزای فرایند کلی آن مورد آزمایش قرار گیرند. واضح است که برای امکان سنجی اقتصادی آن باید یک پروژه آزمایشی در مقیاس بزرگ که همه جنبه های EGS را یکپارچه سازد، اجرا شود تا به همه پرسش های پیرامون این فناوری پاسخ داده شود. تعدادی از پروژه ها با استفاده از یک چاه تزریق برای یک یا دو چاه تولیدی، در حال انجام هستند. مسیر نفوذ آب ممکن است از چاه تولید دور باشد و اگر قرار باشد مسیر نفوذ آب از طریق تزریق به چاه تولید ایجاد شود، ممکن است صرف مقدار آب مورد نیاز برای این کار باعث غیراقتصادی شدن تولید برق شود؛ هدررفت آب ممکن است خیلی زیاد باشد. موضوع مهم دیگر، گردش کوتاه سیال است که زمانی که اتصال خیلی خوبی بین چاه های تزریق و تولید وجود دارد، اتفاق می افتد. در چنین وضعیتی که تعداد کمی درز و شکاف از چاه های تزریق به چاه تولید وجود دارد، هنگام تزریق آب سطحی، سنگ های حاوی درز و شکاف منتهی به چاه تولید خنک می شوند. کاهش دمای سنگ های شکاف دار باعث کاهش گرمای انتقالی به سیال تزریقی شده و در نتیجه منجر به کاهش پتانسیل تولید برق می شود. در حالت ایده آل، سیستم EGS شامل درز و شکاف های متعددی خواهد بود (و بنابراین شامل سطح بیشتری برای تبادل) که از آن طریق سیال می تواند منتشر شود و نفوذ کند و گرما را در نرخ های اقتصادی ائتلاف آب و جریان مطلوب جمع آوری می کند. در این راستا، اگر سیستم EGS با یک یا تعداد کمی چاه تزریق یا تعداد بیشتری چاه تولید توسعه داده شود، آنگاه شانس دسترسی به آب در چاه تولید در مقادیر مناسب و نرخ جریان مناسب برای افزایش تولید برق بالاتر می رود.

یک پروژه آزمایشی از این دست ولی در مقیاس بزرگتر که بتواند آب را برای ماه ها و سال ها به گردش اندازد، تصویر بهتری از آنچه در تجاری سازی سیستم تولید EGS رخ می دهد، به نمایش می گذارد. فرای چالش ها و سؤال های فنی، بحث هزینه ها اصلی ترین مانع بر سر راه توسعه پروژه EGS می باشد. برای کامل کردن این نوع پروژه به صدها میلیون دلار نیاز داریم. اینکه آیا فناوری می تواند در قیمتی رقابتی با سایر گزینه ها، توسعه داده و به کار گرفته شود، تنها در تحقیقات و تلاش های آتی

مشخص می شود. درست است که ریسک پیش رو زیاد است اما نتایج، مخصوصاً تحقق یافتن ۱۰۰/۰۰۰ مگاوات انرژی پاک، جالب توجه خواهد بود.

۲-۱-۱۳- منابع هیدروترمال پنهان

از دیگر حوزه های فناوری های پیشرفته، منابع زمین گرمایی هیدروترمال «پنهان» است. این منابع هیچ گونه تظاهرات سطحی گرمایی از خود نشان نمی دهند. با تخمینی که USGS از پتانسیل تولید برق ۸۰ تا ۱۰۰ هزار مگاواتی این منابع می زند، پرداختن به توسعه ابزارها و روش هایی برای کشف این منابع بسیار مهم است. تعداد زیادی از متخصصان صنعت معتقدند آنچه که برای یافتن این منابع مورد نیاز است، فناوری های اکتشاف پیشرفته است مانند توسعه راهی برای تصویربرداری نفوذپذیری در لایه زیر زمین. توسعه چنین ابزارهایی می تواند پتانسیل منابع پنهان را آشکار سازد.

۳-۱-۱۳- منابع زمین گرمایی دارای درجه حرارت بسیار زیاد (فوق بحرانی)

یک سیال فوق بحرانی سیالی است که فشار و دمای آن به قدری بالا می رود که می تواند هم به صورت مایع و هم به صورت گاز عمل کند. چنین سیال هایی، توانایی منحصر به فردی برای حرکت از میان جامدات دارند. دما و فشار مورد نیاز، بستگی به نوع سیال دارد. زمانی که فشار این سیال به ۲۱۸/۳ اتمسفر و دما به ۳۷۴/۱ درجه سانتی گراد می رسد، آب در این حوزه فوق بحرانی عبور می کند. سیالی با این فشار و دما می تواند در ناحیه های آتشفشانی به اعماق زمین دست یابد. تلاش هایی برای دستیابی به این سیال های گرم ماگمایی در سه چاه در پروژه حفاری عمیق ایسلند در حال انجام است؛ با این ایده که چون این سیال در حوزه فوق بحرانی است، هنگام دستیابی به آن می توان آن را از طریق حفر چاه بالا آورد. می توان محاسبه کرد که با افزایش دما و فشار، چاه های حفر شده در این سیستم های آتشفشانی، پتانسیل دستیابی به برق عظیمی به ازای هر چاه دارند. این پیش بینی ها در جدول (۱۰-۱) نشان داده شده اند. برای تحقق این فناوری، به شدت به توسعه ابزارهای حفاری عمیق در دمای بالا نیاز است.

جدول (۱-۱۳) - مقایسه ویژگی های تولید چاه های آتشفشانی معمول با فوق بحرانی [۴]

	Conventional dry-stream well	IDDP well
Downhole temperature	235°C	430 - 550°C
Downhole pressure	30 bar	230 - 260 bar
Volumetric rate of inflow	0.67 m ³ /s	0.67 m ³ /s
Electric power output	~ 5 MW _e	~ 50 MW _e

۴-۱-۱۳ - تولید همزمان انرژی حرارتی و سوخت های فسیلی (نفت و گاز)

در بسیاری از حوزه های نفتی، یکی از محصولات جانبی تولید نفت، آب داغ است. دمای این سیال زمین گرمایی که بین ۱۲۰ تا ۲۰۰ درجه سانتی گراد است، در حال حاضر برای تولید برق به کار نمی رود و به عنوان ضایعات با آن رفتار می شود که دفع آن هم بسیار پرهزینه است. ایده ای که پشت این تولید همزمان وجود دارد این است که آب داغ به محض جداسدن از هیدروکربن-ها در یک جداساز مستقر در سطح زمین، می تواند وارد یک نیروگاه تولید برق دومداره شود و سپس دفع شود یا برای دیگر کاربردها مورد استفاده قرار گیرد. یک مزیت آشکار تولید همزمان زمین گرمایی در حوزه های هیدروکربنی این است که بیشتر کاری که به تولید برق منجر می شود، تقریباً انجام شده است. جمع آوری و عبور دادن این سیال از یک نیروگاه برق دومداره ممکن است نیازمند کمی مهندسی باشد اما تقریباً یک فرایند سراسر است زیرا بیشتر سیال تولید شده به یک تجهیزات جمع کننده مرکزی برای جداسازی هیدروکربن و دفع آب منتقل می شود. بنابراین، استفاده از امکانات موجود، سبب حذف نیاز به حفاری گران و عملیات شکاف سنگ و در نتیجه، کاهش اغلب هزینه های پیش روی تولید برق زمین گرمایی می شود.

پتانسیل تولید برق از حوزه نفتی، قابل توجه است. از چندین هزار تا دهها هزار مگاوات برق از آب داغ حاصل از استخراج چاه-های نفت و گاز می تواند تولید شود. یک محقق آمریکایی بیان می دارد که اگر تمام حجم آب حاصل از تولید هیدروکربن موجود وارد تبادل گرمایی شود، برق زمین گرمایی ترکیبی در حدود ۱۰۰۰ تا ۵۰۰۰ مگاوات تنها از ۷ ایالت نزدیک به خلیج تگزاس به دست می آید. در نظر داشته باشید که خروجی کل حوزه های زمین گرمایی فعلی حدود ۳۰۰۰ مگاوات است.

به علاوه، حوزه های هیدروکربنی می توانند به سایت های تولید زمین گرمایی با استفاده از روش های EGS تبدیل شوند. با توسعه EGS و دیگر انواع معمول تر مخزن های زمین گرمایی در حوزه های هیدروکربنی موجود، می توان از مزایای تلاقی مخازن مهندسی شده با نفوذپذیری بالا، دماهای بالا، نرخ های جریان بالا، و زیرساخت های موجود بهره برد.

۵-۱-۱۳- منابع زمین گرمایی تحت فشار

به دلیل شباهت های زمین شناسی، حوزه های تحت فشار اغلب در نواحی دارای ذخایر نفت و گاز پیدا می شوند. یک مخزن تحت فشار در ساختارهای رسوبی شکل می گیرد. آب به نقاط تخلخل لایه های ماسه ای نفوذ می کند. زمانی که سنگ های نفوذناپذیر در بالا قرار دارند، سیال در لایه ماسه ای تحت فشار زیاد گیر می افتد. در طی میلیون ها سال، این فشار افزایش می یابد تا جایی که لایه های رسوبی در بالای مخزن شکل می گیرند. اگر بدنه شن و ماسه ای که آب گیر افتاده است به اندازه کافی بزرگ باشد، این مخزن می تواند برای مدتی طولانی انرژی به صرفه از نظر اقتصادی تولید کند. یک خصوصیت مهم مخزن های تحت فشار، حداقل از لحاظ انرژی، این است که شامل متان محلول یا گاز طبیعی هستند. بنابراین، سه منبع انرژی از این مخزن قابل برداشت است:

۱- انرژی هیدرولیک از فشار شدید

۲- انرژی گرمایی از سیال

۳- گاز طبیعی محلول

در مقایسه با مخازن گاز طبیعی، مقدار متان محلول در این نوع مخزن ها خیلی کم است. اگر به تنهایی مخزن را برای گاز طبیعی بخواهیم استفاده کنیم، غیر اقتصادی است. به هر حال، با دو منبع انرژی اضافه تر، استفاده از آن ها ارزشمند خواهد شد. مخزن های تحت فشار اغلب در حوزه های آبی رسوبی عمیق وجود دارند. تا به حال تنها یک آزمایش اساسی از این فناوری انجام شده است. در سایت Pleasant Bayou نزدیک به هوستون در آمریکا، یک نیروگاه یک مگاواتی دومداره از یک سیستم تحت فشار استفاده می کند. این نیروگاه همچنین با سوزاندن گاز طبیعی در ژنراتورهای دارای موتورهای رفت و برگشتی برق تولید می کند. اگرچه این نیروگاه در طول دوره آزمایشی خود موفق عمل کرده است، از نظر اقتصادی به صرفه نبوده است و توسط وزارت نیروی آمریکا برچیده شد.

به هر حال، محققان می گویند که در جستجوی رویکرد تازه ای نسبت به منابع تحت فشار هستند. فناوری پیشرفته، در کنار نیاز بالاتر به انرژی محلی و قیمت های بالاتر برای برق و گاز طبیعی، می تواند منجر به تولید اقتصادی از منابع تحت فشار شود.

۱۴- سیستم های زمین گرمایی غیر متعارف

امروزه بیشتر برق زمین گرمایی از فناوری تبدیل برق سنتی زمین گرمایی تأمین می شود که انواع دیگر از ذخایر در این سیستم قدیمی گنجانده نمی شوند. مواردی که در ادامه مطرح خواهند شد اشاره مختصری به انواع این سیستم ها با تأکید بیشتر روی زیرساخت های نیروگاهی است.

۱۴-۱- سیستم های ترکیبی زمین گرمایی

در این سیستم های ترکیبی، یک ذخیره هیدروترمال زمین گرمایی با نوع دیگر ذخیره ترکیب شده اند. سیستم های ترکیبی می توانند راندمان را افزایش دهند، و همچنین می توانند بدون توسعه استفاده از ذخیره زمین گرمایی، برق بیشتری تولید کنند.

• زیست توده

انرژی زمین گرمایی می تواند به طور مرتبط با انرژی زیست توده مورد استفاده قرار بگیرد. برای مثال شرکت (Infinifuel Biodiesel)، در یک نیروگاه زمین گرمایی کوچک در نوادا دیزلی ساخته است که سوخت آن از انرژی زیست توده تأمین می شود.

این سازه زمین گرمایی که آب با دمای ۱۴۰ درجه سانتی گراد را استفاده می کند، برق کافی برای نیروگاه و همچنین برق اضافی جهت فروش را تولید می کند.

• تولید همزمان برق و حرارت

در صورت وجود ذخیره قطعی و همچنین شرایط مناسب، ذخایر زمین گرمایی می توانند هم جهت تولید برق مورد استفاده قرار بگیرند و هم جهت استفاده مستقیم مورد توجه باشند. این مدل ترکیبی به عنوان "تولید همزمان برق و حرارت" و یا CHP شناخته می شود.

CHP علاوه بر بالا بردن راندمان نیروگاه، از نظر اقتصادی مقرون به صرفه بوده، و نیز می تواند به نوعی باعث ایجاد شغل شود. از کاربرد پلکانی سیال زمین گرمایی در یک نیروگاه می توان جهت تولید انرژی حرارتی برای پروژه های کاربرد مستقیم مانند گلخانه ها، استخرهای پرورش ماهی و ... استفاده کرد.

• انرژی خورشیدی

وزارت نیروی امریکا (DOE)، سیستم های تولید برق خورشیدی- زمین گرمایی را برای مدت ها در حالت آزمایشی مورد قرار داد. به عنوان مثال، در سال ۱۹۷۹، در یک طرح آزمایشی، از انرژی خورشیدی برای افزایش درجه حرارت سیال زمین گرمایی ورودی به نیروگاه، استفاده گردید.

در طرح مذکور، به کمک انرژی خورشیدی، درجه حرارت سیال زمین گرمایی به نحو قابل ملاحظه ای قبل از ورود به مخزن تبخیر آبی، افزایش می یابد. اما متأسفانه به دلیل بروز مشکلات پیش بینی نشده ای مانند پوسته گذاری و خوردگی و تحمیل هزینه های اضافی، به کارگیری سیستم های هیبریدی خورشیدی- زمین گرمایی متوقف گردید.

انرژی خورشیدی همچنین به عنوان ابزاری برای در امان ماندن از ریسک های مرتبط با تولیدات زمین گرمایی پیشنهاد داده می- شوند. در پروژه های زمین گرمایی - خورشیدی، ظرفیت یک نیروگاه زمین گرمایی، بالاتر از ظرفیت قطعی ذخیره زمین گرمایی تخمین زده می شود. یک نیروگاه زمین گرمایی بزرگ که خروجی اولیه بالایی دارد، امکان تخلیه سریعتر مخزن را در پی دارد. برای حذف ریسک این موضوع، بعد از پنج یا ده سال از کار نیروگاه، حرارت مورد نیاز نیروگاه را می توان از انرژی خورشیدی تأمین کرد، بدین ترتیب تولید برق در نیروگاه همچنان ادامه خواهد داشت. اگرچه این نوع از نیروگاه های زمین گرمایی - خورشیدی، به طور خیلی مفصل در سال ۲۰۰۷، بحث شد، ولی تا کنون درباره مهندسی و همچنین قابلیت های اقتصادی آن، نتیجه ای به طور رسمی منتشر نشده است.

• پمپ های حرارتی ترکیبی

یکی از کاربردهای مجزای انرژی زمین گرمایی پمپ های حرارتی می باشد که به طور ترکیبی با دیگر منابع تولید برق می توانند مورد استفاده قرار بگیرند.

پمپ های حرارتی زمین گرمایی از حرارت زیر سطح زمین که به طور متوسط دمایی حدود ۱۸ درجه سانتی گراد دارد، استفاده می کنند. بر خلاف سیستم های هیدروترمال زمین گرمایی، کاربرد مستقیم به ذخیره زمین گرمایی نیاز ندارد.

عملکرد پمپ های حرارتی زمین گرمایی مشابه پمپ های حرارتی سنتی، گرم کردن و خنک کردن می باشد و اگر خیلی مجهز باشند توانایی تأمین آب گرم یک خانه را نیز دارا هستند، که در این حالت راندمان بهتری نسبت به پمپ های حرارتی سنتی خواهند داشت.

• منابع تحت فشار

یکی از منابع امیدبخش، سیستم های ترکیبی زمین گرمایی - سوخت فسیلی است که به عنوان "سیستم های تحت فشار" شناخته می شوند، که در بخش قبل به طور مفصل بحث شد.

یک سازه زمین گرمایی تحت فشار در هر دو زمینه گاز طبیعی و انرژی زمین گرمایی کار می کند. علی رغم موفقیت پروژه های آزمایشی منابع تحت فشار در بیش از دو دهه گذشته، با توجه به پایین بودن قیمت نفت و گاز، این منابع، توسعه چندان نداشته اند. امروزه به نظر می رسد که با افزایش قیمت نفت و گاز، کاربرد منابع زمین گرمایی تحت فشار اقتصادی تر خواهد بود.

۲-۱۴ - سیستم های زمین گرمایی پیشرفته (EGS):

اخیراً سیستم های زمین گرمایی پیشرفته (EGS)، به عنوان منابع امیدبخش انرژی زمین گرمایی جهت تولید برق مورد توجه قرار گرفته اند. بر اساس گزارش منتشر شده توسط مؤسسه (MIT)، فناوری EGS، از طریق سیستم های انرژی زمین گرمایی موجود شامل: دومداره، تبخیر آبی - دومداره، سیکل ترکیبی، تبخیر آبی دو مرحله ای یا تبخیر آبی یک مرحله ای، می تواند مورد استفاده قرار بگیرد.

منابع EGS، به غیر از چند مورد، شباهت زیادی با سیستم های زمین گرمایی هیدروترمال دارند. این تفاوت ها به صورت زیر است:

- وجود سنگ مخزن نفوذ ناپذیر که مانع از حرکت آزادانه سیال می شود.

- وجود مقادیر کم بخار یا آب داغ

- عمق بالاتر از مقادیر معمول حفاری

به دلیل عدم موفقیت کامل پروژه های آزمایشی تا به امروز، محققان تنها می توانند در مورد نیروگاه هایی که مورد نیاز خواهند بود اظهار نظر کنند. به هر روی، جنبه های قطعی فناوری EGS، می توانند انتخاب نوع نیروگاه را تحت تأثیر قرار دهد. که شامل موارد زیر می باشند:

• نوسانات در ترکیب گازهای غیر قابل میعان

• تغییرات دمایی در منبع حرارتی

- نوسانات در جریان منبع
- اندازه نیروگاه

۱۴-۳ - چشم انداز توسعه منابع زمین گرمایی غیر متعارف

بعضی از سیستم های زمین گرمایی مدرن اشاره شده در این بخش، همچون EGS، بسیار امیدبخش ظاهر شدند. برخی در مرحله تحقیق و آزمایش هستند (سیستم های تحت فشار) و یا بعضی کاربردهای تجاری دارند (CHP)، اما قابلیت توسعه و پیشرفت در آینده را خواهند داشت. دیگر سیستم های مدرن، مثل سیستم های ترکیبی خورشیدی، علی رغم افزایش راندمان، از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نیستند. پویا بودن فناوریانه و قابلیت سود دهی بازرگانی این سیستم های زمین گرمایی مدرن، نه تنها به تحقیق و توسعه نیازمند است، بلکه نیازمند پروژه های تجربی نیز می باشد.

۱۵ - فن آوری های نوین

ارزش فن آوری های جدید در مناطق مختلف، متفاوت است. به عنوان مثال در منطقه گیزرز، گازهای غیرقابل میعان، تأثیر به سزایی در کاهش راندمان نیروگاه های زمین گرمایی دارند. بنابراین، کارشناسان نیروگاه های مذکور به دنبال روش های مؤثر تر جهت کاهش گازهای یاد شده می باشند. بدیهی است که در مناطق زمین گرمایی که مشکل گازهای غیرقابل میعان وجود نداشته باشد، این برنامه تحقیقاتی کاربردی نخواهد داشت

مطالبی که در ادامه بحث خواهد شد، نمونه ای از پیشرفت در فناوری های سطحی انرژی زمین گرمایی است.

۱۵-۱ - تدوین برنامه توسعه کوتاه مدت در مقابل برنامه بلند مدت

توسعه تدریجی فناوری می تواند در کوتاه مدت با ارزش باشد. نیروگاه های زمین گرمایی می توانند در کاهش بار اضافه (پارازیتی)، کاهش مصرف انرژی در پره های خنک کننده و دیگر پیشرفت های فناوریانه مفید باشد.

توسعه کلان فناوری سطحی، در مقابل، نیازمند تحقیقات قابل توجه، تجربیات میدانی، و آزمایشات فناوریانه می باشد. توسعه کلان فناوری می تواند برابر و یا حتی با ارزش تر از توسعه تدریجی در طولانی مدت باشد، اما توسعه تدریجی می تواند تنها پس از چند سال تحقیق، توسعه و تجربیات میدانی قابل اجرا باشد.

۲-۱۵- توسعه نیروگاه های زمین گرمایی قابل حمل استاندارد

سیستم های تبدیل انرژی قابل حمل، از قبل توسط شرکت های زمین گرمایی موجود مورد تحقیق و بررسی قرار گرفته اند. بعضی از کارشناسان معتقدند که این استفاده از این سیستم ها موجب کاهش هزینه ها خواهد شد. زمانی که یک نیروگاه تأسیس می شود، سرمایه گذار می تواند با استفاده از نیروگاه های قابل حمل، پیشرفت قابل توجهی داشته باشد. این نیروگاه ها به توسعه دهندگان این اجازه را می دهد توان تولید برق را افزایش دهند.

واحدهای قابل حمل می توانند اندازه ای برابر با صدها کیلووات یا صدها مگاوات داشته باشند. نیروگاه های کوچکتر ممکن است امید بخش تر باشند مثل میدان های نفتی که همزمان قابلیت تولید نفت و برق را داشته باشند. اما نیروگاه های بزرگتر نقش مهمی را به عنوان فناوری های نوین بازی خواهند کرد مانند سیستم های EGS.

۳-۱۵- بازیابی مواد معدنی

با ادامه تحقیقات و توسعه بیشتر دانش می توان به جدایش مواد معدنی از سیال زمین گرمایی پرداخت، که تحت عنوان بازیابی مواد معدنی شناخته می شوند. بعضی از سیالات زمین گرمایی حاوی غلظت قابل توجهی از مواد معدنی حل شده هستند، در صورتی که انواع دیگر فاقد مواد معدنی محلول می باشند. بازیابی مواد معدنی مزایای قابل توجهی دارد. مواد معدنی موجود در نیروگاه های زمین گرمایی شامل: زینک، سیلیس، لیتیوم، بور، سرب، نقره، آنتیموان و استرانسیوم می باشند. بازیابی مواد معدنی در حال تبدیل شدن به موضوع قابل توجهی در جامعه زمین گرمایی است. در بسیاری از نیروگاه های زمین گرمایی، گونه های با ارزشی از مواد معدنی در غلظت های بالا ممکن است قابل دسترس باشند اما استخراج گونه های خالص ممکن است دشوار، هزینه بر و با ریسک بالا باشد.

۴-۱۵- سیال کاری نیروگاه های سیکل رانکین

مطالعات در آزمایشگاه بین المللی انرژی های تجدید پذیر (NREL)، (INL) و ... نشان دهنده این موضوع است که استفاده از سیالات کاری در نیروگاه های سیکل دو مداره زمین گرمایی، باعث افزایش راندمان کلی نیروگاه خواهد شد. محققان در حال بررسی انواع سیال کاری به منظور رسیدن به بهترین راندمان می باشند. یکی از انواع سیالات کاری که برای منابع دما پایین مناسب است، آب آمونیاک است. در سیکل کالینا آب آمونیاک با ترکیب ۷۰ درصد آمونیاک و ۳۰ درصد آب به عنوان سیال کاری مورد استفاده قرار می گیرد. در حین کار، سیال کاری با استفاده از حرارت سیال زمین گرمایی به بخار تبدیل می شود. سیال

کاری در یک بازه حرارتی مشخص به جوش می آید، و دمای آن نزدیک به دمای سیال زمین گرمایی است، و در فرآیند انتقال حرارت مؤثر است.

توسعه دهندگان و اپراتورهای نیروگاهی در خصوص پتانسیل مدل کالینا در بهبود بهره وری نیروگاه های سیکل رانکین دیدگاه های متفاوتی را پیشنهاد داده اند. با این حال متخصصین به قابلیت عرضه در بازار و همچنین احتمال کارایی آن در آینده فکر می کنند. یکی از چالش های پیش رو این است که سیکل کالینا هنوز از نظر تجاری در ایالات متحده مورد تأیید قرار نگرفته است، که این موضوع سرمایه گذاران را با مشکل مواجه می کند. یکی از راه حل های موجود ایجاد پروژه های مشترک سرمایه گذاری با صنعت است. این نوع پروژه های سرمایه گذاری مشترک برای تمام فناوری های زمین گرمایی در حال ظهور، مهم و ضروری است.

۵-۱۵ - سیستم های خنک کننده ترکیبی

کارشناسان، سیستم های خنک کننده ترکیبی را به عنوان یکی از ضروریات بهبود منابع سطحی می دانند. در شرایط بحران کمبود آب در جهان، خنک کردن هوا به یکی از اولویت ها تبدیل خواهد شد، اگرچه کارایی پایین سیستم های خنک کننده هوا در طول تابستان، زمانی که نوسان تغییرات دمایی بین هوا و آب کاهش پیدا می کند، ثابت شده است. انرژی تولیدی بعضی از نیروگاه ها در روزهای گرم، نیمی از انرژی تولید شده در روزهای سرد می باشد.

به منظور افزایش تقاضا برای افزایش راندمان و همین طور بهبود منابع آب، شرکت های NREL و INL به بررسی راه های بهبود اثر انتقال حرارت کندانسورهای خنک کننده هوا پرداختند.

۶-۱۵ - پوشش دهی

خوردگی و ته نشست مواد معدنی (که به عنوان رسوب شناخته می شوند)، در نواحی که سیال زمین گرمایی غلظت بالایی از مواد معدنی محلول و مواد جامد معلق را دارد، می تواند اتفاق افتد. هنگامی که رسوبات تجمع پیدا کنند، می توانند لوله ها و مجاری عبور سیال را مسدود کنند که این کار باعث کاهش انتقال حرارت خواهد شد. این نوع رسوب گذاری با استفاده از مواد افزودنی شیمیایی و یا به وسیله تمیزکاری مرتب سطوح، قابل کنترل می باشد که هزینه این عملیات به سایر هزینه های عملیاتی اضافه

می شود. از گذشته تا به امروز از مواد گران قیمت همچون فولاد آلیاژ بالا و تیتانیوم، به عنوان روش سنتی برای کاهش خوردگی استفاده می شود.

به منظور کاهش هزینه های تمیزکاری مسیر عبور سیال و نیز انتقال حرارت مؤثر، آزمایشگاه ملی بروک هاون (BNL)، پوشش های خاصی حاوی سولفید پولی فنیل تهیه کرده که ضمن دوام بالا، نسبت به پوسته گذاری مواد شیمیایی نیز مقاوم می باشد. این نوع پوشش دهی می تواند برای مبدل های حرارتی، - دستگاه هایی که کار انتقال حرارت از طریق یک دیواره رسانا از سیالی به سیال دیگر انجام می دهند- و همچنین نیروگاه های دودماره، سیستم های لوله کشی سیال زمین گرمایی، مخازن تبخیرآنی و دیگر اجزای نیروگاه ها، مورد استفاده قرار بگیرد. پوشش هایی که برای فولاد کربنی به کار می رود ارزان تر از آلیاژها است، ضمناً مقاومت آنها در برابر خوردگی مشابه آلیاژها بوده و همچنین تمیزکاری آنها نسبت به فولادهای ضد زنگ و تیتانیومی آسانتر انجام می شود.

۷-۱۵ - مفهوم فناوری های نوین

بعضی از فناوری های نو زمین گرمایی بحث شده در این بخش، در دهه ۱۹۸۰، کشف شده اند. در این زمان، بودجه تعیین شده برای برنامه فناوری های زمین گرمایی وزارت نیروی ایالات متحده، به بالاترین مقدار خود رسیده بود و شرکت های بزرگ نفت و گاز، روی به اکتشاف منابع زمین گرمایی آوردند. بسیاری از نوآوری های صنعت زمین گرمایی در دهه ۸۰، با هزینه های بالا همراه بودند. با این حال پس از سقوط قیمت انرژی در سال ۱۹۸۶، چندین پروژه تکمیل گردیده اما توسعه انرژی زمین گرمایی در امریکا به صورت محدود پیگیری شد. بعضی از متخصصان صنعت بر این باورند که وعده های اولیه در خصوص فناوری های انرژی زمین گرمایی که در دهه ۱۹۸۰، مطرح شده بودند، در سال ۱۹۸۶ متأثر از سقوط قیمت انرژی به بهره برداری رسیدند. امروزه با روند سریع افزایش جهانی قیمت انرژی، افزایش آلودگی هوا، آبها و گازهای گلخانه ای، توسعه فناوری های سطحی انرژی زمین گرمایی، مجدداً مورد توجه قرار گرفته است.

۱۶ - کاربرد مستقیم

منابع زمین گرمایی، از طریق چشمه های آبگرم، قرن ها است که مورد استفاده قرار می گیرند. اگرچه چشمه های آبگرم هنوز مورد استفاده هستند، اما کاربردهای آن (با عنوان کاربرد مستقیم) توسعه پیدا کرده است. از مهمترین مصارف و کاربردهای مستقیم منابع سطحی زمین گرمایی می توان به موارد زیر اشاره کرد:

استخرهای آبگرم، استحمام، مصارف آب درمانی، سیستم های گرمایشی و سرمایشی، مصارف کشاورزی مثل گلخانه ها و گرم کردن خاک، استخرهای پرورش ماهی (گرم کردن آب تالاب ها و نهرها)، مصارف صنعتی مثل استخراج مواد معدنی، خشک کردن غذا و دانه ها.

مناسب ترین درجه حرارت سیال زمین گرمایی برای کاربرد مستقیم ۲۱ تا ۱۴۹ درجه سانتی گراد می باشد. منابع زمین گرمایی با این محدوده دمایی مشخص به طور گسترده در حدود ۸۰ کشور در اعماق کم وجود دارند. در این محدوده دمایی هیچ گونه اتلاف بهره وری صورت نمی گیرد. اغلب پروژه های کاربرد مستقیم می توانند در کمتر از یک سال به بهره برداری برسند. این پروژه ها می توانند در اندازه های کوچک برای استفاده در منازل مسکونی مثل گلخانه ها و استخرهای پرورش ماهی ساخته شوند و یا در مقیاس های بزرگ تر برای گرمایش منطقه، خشک کردن غذا و استخراج مواد معدنی به کار برده شوند. در سیستم های زمین گرمایی مدرن، چاهی در مخزن زمین گرمایی به منظور فراهم آوردن بخار آب گرم به صورت پیوسته و بدون توقف، حفر می شود. در این روش آب از درون چاه به بالا آورده می شود و یک سیستم مکانیکی گرما را برای مصارف در نظر گرفته شده تحویل می دهد.

نکته مهمی که باید مورد توجه قرار بگیرد، جلوگیری از ورود اکسیژن به سیال زمین گرمایی است. همان طور که سیال زمین گرمایی فاقد اکسیژن است، گازهای محلول و مواد معدنی مانند بور، آرسنیک و سولفید هیدروژن، به جهت جلوگیری از خوردگی و همچنین آسیب رساندن به حیوانات و گیاهان، باید جدا شده و یا اینکه از بین بروند. از دی اکسید کربن موجود در اغلب سیالات زمین گرمایی، می توان پس از استخراج در تهیه نوشیدنی های گازدار و همچنین جهت افزایش رشد محصولات در گلخانه ها استفاده کرد.

۱۷- پمپ های حرارتی زمین گرمایی

پمپ های حرارتی زمین گرمایی شامل سیستم های حرارتی باز (که از آب های زمینی با آب دریاچه ها استفاده می کنند) و سیستم های حرارتی بسته (یا به صورت عمودی و یا به صورت افقی) می باشند. بر اساس آمار وزارت نیروی ایالات متحده (DOE)، پمپ های حرارتی زمین گرمایی حدود ۲۵ تا ۵۰ درصد میزان برق کمتری نسبت به سیستم های سرمایشی و گرمایشی معمولی استفاده می کنند. این سیستم ها در مقایسه با سیستم های سنتی می توانند حدود ۴۵ تا ۷۰ درصد کاهش مصرف انرژی را داشته باشند. سیستم های پمپ حرارتی به دلیل عدم نیاز به مخزن زمین گرمایی می توانند در هر جایی از جهان مورد استفاده قرار بگیرند.

۱۸- فناوری های جدید : مسیر پیش رو

صرفنظر از پیشرفت های به دست آمده در زمینه فن آوری های زمین گرمایی، انرژی زمین گرمایی به تنهایی نمی تواند همه نیازهای ما به انرژی را تأمین نماید. در عوض پیشرفت های فناورانه انرژی زمین گرمایی می تواند به افزایش سهم کشورها از انرژی های تجدیدپذیر زمین گرمایی کمک کند. پیشرفت های فناوری های سطحی می تواند باعث افزایش تولید انرژی بدون تحت تأثیر قرار دادن منبع زمین گرمایی، شود.

فناوری های سطحی و زیرسطحی زمین گرمایی، می توانند از طریق روش های مختلف توسعه پیدا کنند. یکی از امیدوارکننده ترین راه ها، از طریق استفاده از برنامه های دولت های پیشرو در این زمینه است مانند برنامه های وزارت نیروی ایالات متحده امریکا (DOE). متاسفانه برنامه های (DOE). در سال های اخیر با مشکل تأمین بودجه مواجه شده است، محدودیت منابع منجر به از دست دادن کارکنان در آزمایشگاه های ملی و دانشگاه ها شده است، اما افزایش احتمالی بودجه می تواند کمک شایانی به برنامه های بلند مدت (DOE) در حوزه انرژی زمین گرمایی داشته باشد.

مراجع

۱. 2015 Annual U.S. & Global Geothermal Power Production Report.
۲. Ruggero Bertani, October 2014. "Overview of geothermal development" Geothermal Center of Excellence, Enel Green Power.
۳. "Technology Roadmap", International energy agency, 2011.
۴. Mark A. Taylor, November 2007. "The State of Geothermal Technology" Part I: Subsurface Technology, Geothermal Energy Association.
۵. Alyssa Kagel, January 2008. "The State of Geothermal Technology" Part II: Surface Technology, Geothermal Energy Association.

فهرست مطالب

۱	مقدمه
۱	۱- تبیین چشم انداز
۲	۱-۱- مقدمه
۳	۱-۲- چهارچوب نظری در خصوص تدوین و تبیین بیانیه چشم انداز
۳	۱-۲-۱- تعریف چشم انداز
۴	۱-۲-۲- ویژگی های یک چشم انداز مطلوب
۶	۱-۲-۳- ضرورت تدوین چشم انداز
۸	۱-۲-۴- انواع چشم انداز
۱۰	۱-۲-۵- روش های تبیین بیانیه چشم انداز
۱۰	۱-۲-۵-۱- روش ۵ چرا
۱۰	۱-۲-۵-۲- روش استوارت
۱۰	۱-۲-۵-۳- روش برت نی نوس
۱۱	۱-۲-۵-۴- روش کیگلی
۱۱	۱-۲-۵-۵- روش لاتام
۱۳	۱-۲-۶- الگوسازی در جهت تحقق چشم انداز
۱۵	۱-۳- فرآیند (روش منتخب) تدوین چشم انداز
۱۷	۱-۱-۳- نتایج حاصل از بررسی اسناد بالادستی
۲۵	۱-۳-۲- نتایج حاصل از بررسی ابعاد چشم اندازی توسعه فناوری های انرژی زمین گرمایی در کشورهای مختلف (مطالعات تطبیقی)
۲۸	۱-۳-۲-۱- بررسی نقشه راه انرژی زمین گرمایی آمریکا
۲۹	۲-۲-۱-۳- بررسی نقشه راه انرژی زمین گرمایی استرالیا

- ۳۱ ۳-۱-۲- بررسی نقشه راه انرژی زمین گرمایی ایتالیا
- ۳۲ ۳-۱-۴- بررسی نقشه راه انرژی زمین گرمایی ژاپن
- ۳۳ ۳-۱-۵- بررسی نقشه راه انرژی زمین گرمایی چین
- ۳۵ ۳-۱-۶- بررسی نقشه راه انرژی زمین گرمایی مکزیک
- ۳۵ ۳-۱-۷- بررسی نقشه راه انرژی زمین گرمایی فیلیپین
- ۳۶ ۳-۱-۸- بررسی نقشه راه انرژی زمین گرمایی عربستان
- ۳۸ ۳-۱-۹- بررسی نقشه راه انرژی زمین گرمایی ترکیه
- ۴۰ ۳-۱-۱۰- بررسی نقشه راه انرژی زمین گرمایی ایسلند
- ۴۲ ۱۱-۲-۳- چشم انداز کشورهای منطقه MENA برای توسعه انرژی زمین گرمایی
- ۴۶ ۴-۱- تبیین چهارچوب بیانیه و ارائه پیش نویس اولیه چشم انداز
- ۴۷ ۵-۱- شناسای ابعاد بیانیه چشم انداز
- ۴۸ ۶-۱- نظرات کمیته راهبری درمورد پیش نویس اولیه چشم انداز
- ۴۸ ۷-۱- بیانیه نهایی چشم انداز
- ۵۰ ۲- تدوین اهداف کلان مرتبط با توسعه فناوری های حوزه زمین گرمایی
- ۵۰ ۱-۲- مقدمه
- ۵۳ ۲-۲- روش شناسی اهداف کلان توسعه فناوری های انرژی زمین گرمایی
- ۵۵ ۳-۲- نکات کلیدی اسناد بالادستی
- ۵۶ ۴-۲- خلاصه وضعیت و اهداف کشورهای منطقه و آسیا در انرژی زمین گرمایی
- ۶۲ ۵-۲- نکات مهم استخراج شده از بیانیه چشم انداز
- ۶۴ ۶-۲- تعیین حوزه های کاربردی مرتبط با دستاوردهای مختلف
- ۶۵ ۷-۲- تعیین فناوری های مختلف مورد استفاده در حوزه های کاربردی
- ۶۷ ۸-۲- تدوین پیش نویس اولیه اهداف کلان حوزه انرژی زمین گرمایی

۶۹	۲-۹- نظرات کمیته راهبری در خصوص پیش نویس اولیه اهداف
۶۹	۲-۱۰- اهداف کلان مرتبط با توسعه فناوری های حوزه زمین گرمایی
۷۱	۳- تدوین راهبردها
۷۲	۳-۱- اولویت بندی فناوری ها (جهت تعیین راهبردهای پورتفولیو)
۷۳	۳-۱-۱- شناسایی حوزه های فناورانه
۷۶	۳-۱-۲- بررسی چرخه عمر حوزه های فناورانه
۷۸	۳-۱-۳- بررسی فنی - اقتصادی گزینه های اولویت بندی فناوری های زمین گرمایی
۸۰	۳-۱-۴- جمع بندی نتایج اولویت و ارائه اولویت بندی نهایی
۸۰	۳-۲- سبک اکتساب فناوری ها (جهت تعیین راهبردهای هدایتی)
۸۳	۳-۳- تعیین سبک اکتساب فناوری های مرتبط با اکتشاف منابع زمین گرمایی
۸۳	۳-۳-۱- تعیین سبک اکتساب فناوری های مرتبط با اکتشاف منابع زمین گرمایی هیدروترمال
۸۵	۳-۳-۲- تعیین سبک اکتساب فناوری های مرتبط با تأمین و تعمیر و نگهداری چاه های منابع زمین گرمایی هیدروترمال
۸۶	۳-۳-۳- تعیین سبک اکتساب فناوری های مربوط به تولید برق هیدروترمال
۸۷	۳-۳-۴- تعیین سبک اکتساب فناوری های مربوط به منابع EGS
۸۸	۳-۳-۵- تعیین سبک اکتساب فناوری های مربوط به پمپ حرارتی زمین گرمایی
۸۹	مراجع

فهرست اشکال

- شکل (۱-۱) - بررسی نشانه های نیاز به تدوین چشم انداز جدید و یا اصلاح آن ۷
- شکل (۱-۲) - بررسی ابعاد قدرت و مزایای چشم انداز ۸
- شکل (۱-۳) - گام های پردازش یک چشم انداز مطلوب ۱۳
- شکل (۱-۴) - الگوسازی جهت تحقق چشم انداز ۱۴
- شکل (۱-۵) - الگوسازی پیشنهادی هرسی و بلانچارد برای پیاده سازی چشم انداز ۱۴
- شکل (۱-۶) - روش شناسی خلق چشم انداز ۱۵
- شکل (۱-۷) - تولید برق فعلی و جدید تجدیدپذیر استرالیا ۳۱
- شکل (۱-۸) - ظرفیت انرژی پتانسیل و نصب شده تجدیدپذیر در ترکیه در سال ۲۰۱۲ ۳۹
- شکل (۱-۹) - ظرفیت پیش بینی شده تجدیدپذیر غیر هیدرو در منطقه منا ۴۶
- شکل (۲-۱) - ویژگی های اهداف کلان ۵۲
- شکل (۲-۲) - مدل اجرایی برای اولویت بندی فناوری ها ۵۴
- شکل (۳-۱) - نسبت راهبردهای پورتفولیو و هدایتی با یکدیگر ۷۱
- شکل (۳-۲) - گام های تدوین راهبرد پورتفولیو ۷۳
- شکل (۳-۳) - درخت فناوری انرژی زمین گرمایی ۷۴
- شکل (۳-۴) - مدل مفهومی اکتساب فناوری ۸۱
- شکل (۳-۵) - ویژگی های مراحل مختلف چرخه عمر فناوری ۸۲

فهرست جداول

- جدول (۱-۱) - عناوین سیاست ها و برنامه های مصوب بررسی شده ۱۷
- جدول (۱-۲) - فهرست کشورهای دارای نقشه راه بلند مدت توسعه انرژی زمین گرمایی ۲۶
- جدول (۳-۱) - ۵ کشور برتر دنیا بر مبنای سرمایه گذاری سالانه / ظرفیت خالص اضافه شده / تولید در سال ۲۰۱۳ ۲۷
- جدول (۱-۴) - ۵ کشور برتر دنیا بر اساس تولید برق یا حرارت تا پایان سال ۲۰۱۳ ۲۷
- جدول (۱-۵) - اهداف موردنظر برای استفاده از زمین گرمایی تا سال ۲۰۲۰ در ایتالیا ۳۲
- جدول (۱-۶) - جدول افزایش ظرفیت تولید برق از انرژی زمین گرمایی تا سال ۲۰۳۰ در فیلیپین ۳۶
- جدول (۷-۱) - ظرفیت نصب شده انرژی تجدیدپذیر در منطقه منا (مگاوات) ۴۲
- جدول (۸-۱) - کل اهداف در زمینه سهم انرژی تجدیدپذیر در کشورهای منا ۴۳
- جدول (۱-۹) - اهداف ظرفیتی انرژی های تجدید پذیر بر اساس فناوری کشورهای منا ۴۵
- جدول (۱-۱۰) - ابعاد بیانیه چشم انداز ۴۸
- جدول (۱-۲) - خلاصه وضعیت ۱۴ کشور آسیا و شمال آفریقا در انرژی زمین گرمایی ۵۷
- جدول (۲-۲) - پیش نویس اهداف کلان مرتبط با توسعه فناوری های انرژی زمین گرمایی ۶۸
- جدول (۳-۲) - اهداف کلان مرتبط با توسعه فناوری های انرژی زمین گرمایی ۶۹
- جدول (۱-۳) - فناوری های خاص زمین گرمایی در منابع هیدروترمال ۷۵
- جدول (۲-۳) - فناوری های خاص زمین گرمایی در منابع EGS ۷۵
- جدول (۳-۳) - فناوری های خاص تولید برق زمین گرمایی ۷۵
- جدول (۳-۴) - فناوری های خاص زمین گرمایی در مناطق کم عمق (پمپ حرارتی) ۷۶
- جدول (۳-۵) - سبک اکتساب فناوری های مرتبط با اکتشاف منابع زمین گرمایی هیدروترمال ۸۴
- جدول (۳-۶) - سبک اکتساب فناوری های مرتبط با تأمین و تعمیر و نگهداری منابع زمین گرمایی ۸۵
- جدول (۷-۳) - سبک اکتساب فناوری های مرتبط با تولید برق منابع زمین گرمایی ۸۶
- جدول (۸-۳) - سبک اکتساب فناوری های مرتبط با منابع زمین گرمایی EGS ۸۷
- جدول (۹-۳) - سبک اکتساب فناوری های مرتبط با پمپ حرارتی منابع زمین گرمایی ۸۸

تعیین ارکان جهت ساز به منظور شکل دهی به آینده ای مطلوب و مورد انتظار صورت می گیرد. شکل دهی آینده ای مطلوب، هم به معنی ایجاد یک تصویر از این آینده و هم به معنی تعیین مسیر و چگونگی دستیابی به آن است. بنابراین، مأموریت این سطح را می توان ترسیم آینده مطلوب از طریق چشم انداز و اهداف کلان و نیز تعیین مسیر رسیدن به این آینده از طریق راهبردها و سیاست ها تعریف کرد. همان طور که از نام این سطح پیداست، پیاده سازی مؤلفه های آن در یک مورد عملیاتی، به تعیین ارکان جهت ساز توسعه فناوری می انجامد. تعیین اهداف خرد، اقدامات، و سیاست های اجرایی در قالب برنامه اقدامات و سیاست ها و در سطح بعدی صورت می گیرد.

پیش از بررسی مؤلفه های تدوین ارکان جهت ساز، لازم است تا ادبیات این حوزه مورد بررسی قرار گیرد. این مرور ادبیات، پشتوانه علمی لازم برای تهیه روش شناسی پیشنهادی در بخش تدوین ارکان جهت ساز را ارائه می کند. با توجه به هدف و مأموریت مؤلفه هایی که در ارکان جهت ساز مورد بحث قرار می گیرند، باید از حوزه ادبیاتی گسترده ای برای طراحی گام های این مؤلفه ها استفاده نمود. به طور کلی، از آنجا که تا کنون بسیاری از مفاهیم مربوط به مداخله هوشمندانه دولت ها در سطح ملی و در قالب اسناد ملی (که مخالف با جریان حاکم اقتصادی نئوکلاسیک است) به صورت گسترده و عمیق در ادبیات به بحث گذاشته نشده است، در تدوین روش شناسی این حوزه مناسب است تا در ابتدا مفاهیم موجود در حوزه های نزدیک استفاده گردد. در این راستا، ادبیات مدیریت فناوری را می توان مرتبط ترین حوزه با نیازهای بخش ارکان جهت ساز دانست که مهم ترین جزء آن تدوین راهبرد است. برای این منظور، در بخش سوم از کتاب، مبانی و مفاهیم مدیریت فناوری و زیرشاخه هایی از آن که قابلیت استفاده در طراحی مؤلفه های ارکان جهت ساز را دارند مورد بررسی قرار می گیرند. این زیر شاخه ها عبارتند از بررسی راهبردهای بنگاهی فناوری، راهبردهای ملی فناوری، مدل های ارزیابی توانمندی فناوری و مدل های اکتساب فناوری. مرور راهبردهای بنگاهی و ملی فناوری به منظور بدست آوردن بینش نسبت به ساختار و اجزا تشکیل دهنده راهبرد فناوری در سطح ملی صورت می پذیرد. بررسی مدل های ارزیابی فناوری نیز در راستای انتخاب اولویتهای فناوری (که بخشی از راهبرد ملی فناوری است) صورت می گیرد. در نهایت، مدل های اکتساب فناوری برای استفاده در تعیین سبک اکتساب فناوری (به عنوان بخشی دیگر از راهبرد ملی فناوری) مورد بررسی قرار می گیرند.

۱- تبیین چشم انداز

۱-۱- مقدمه

چشم انداز^۱ یک سازمان یا یک نهاد حقوقی بیانگر افق و جایگاه مطلوب، آرمانی و رقابتی برای آن سازمان یا نهاد است. برای سایر فعالیتها از جمله توسعه فناوریهای مختلف در سطح ملی و بین المللی چشم انداز تدوین می گردد. چشم انداز همواره امیدها و اهداف آرمانی سازمان را نشان می دهد و یادآوری می کند که جهت حرکت به کدام سو ادامه می یابد. به عبارت دیگر چشم انداز آینده ای است واقع گرایانه، محقق الوقوع و جذاب برای سازمان؛ در واقع چشم انداز کلید رهبری حرکت به سوی اهداف است. بر این اساس در خصوص موضوع سند، چشم انداز شامل جایگاه مطلوب کشور در موضوع سند خواهد بود.

اهمیت چشم انداز از ابعاد گوناگونی قابل بررسی است، با توجه موارد ذکر شده می توان گفت که چشم انداز دو کارکرد اصلی را برای هر سازمان و یا نهاد دارد: نخست از به بیراهه کشیده شدن فعالیتها جلوگیری کرده و دوم اینکه همواره امید را در فرد یا سازمان برای نیل به اهداف تعیین شده تقویت می نماید.

انواع آینده که در چشم انداز به آن پرداخته می شود، در سه دسته، طبقه بندی می شود: آینده ممکن، آینده محتمل و آینده مطلوب.

آینده ممکن: شامل تمامی آینده هایی است که می تواند اتفاق بیفتد. مهم نیست که این آینده تا چه حد احتمال وقوع داشته باشد و یا حتی دست نیافتنی باشد.

آینده های محتمل: آنچه به احتمال بسیار زیاد در آینده به وقوع خواهد پیوست.

آینده های مطلوب: آنچه مطلوب ترین و ارجح ترین رویداد آینده به شمار می رود.

هدف از نگارش این گزارش، تدوین بیانیه اولیه چشم انداز توسعه فناوری انرژی زمین گرمایی می باشد. بیانیه اولیه چشم انداز باید مبتنی بر مطالعات صورت گرفته (خصوصاً چشم انداز سایر کشورها) و اسناد بالادستی (خصوصاً سند چشم انداز بیست ساله توسعه کشور) تدوین گردد. با توجه به اینکه تدوین بیانیه اولیه چشم انداز نیازمند شناخت اساس و چهارچوب نظری تدوین چشم انداز و ملاحظات کلی تدوین چشم انداز می باشد در ابتدا به بررسی چارچوب نظری و ملاحظات کلی تدوین و تبیین

^۱Vision

چشم‌انداز پرداخته می‌شود. پس از آن با تجزیه و تحلیل مطالعات انجام شده و اسناد بالادستی، به تدوین بیانیه اولیه چشم‌انداز پرداخته می‌شود.

۱-۲ - چهارچوب نظری در خصوص تدوین و تبیین بیانیه چشم‌انداز

همان طور که اشاره شد یکی از گام‌های اساسی در تدوین برنامه راهبردی، تدوین چشم‌انداز است. در حقیقت، پس از تدوین مأموریت، می‌بایست مقصد نهایی در یک افق زمانی مشخص با فرض انجام کامل مأموریت خود، مشخص و تعیین گردد. با تهیه چنین تصویری از آینده، فعالیت‌ها و تصمیم‌گیری‌های مدیران ارشد، میانی و حتی کارکنان یک سازمان دارای یک هدف واحد و آن رسیدن به چشم‌انداز تعیین شده می‌باشد.

در این بخش از گزارش به بررسی مبانی نظری در انتخاب یک چشم‌انداز مناسب و همچنین بررسی الزامات آن پرداخته شده است. بر این اساس در این بخش ابتدا تعاریف و ویژگی‌های چشم‌انداز از منابع علمی مختلف ارائه و سپس متدولوژی‌های تدوین چشم‌انداز معرفی شده است.

۱-۲-۱ - تعریف چشم‌انداز

واژه چشم‌انداز در زبان فارسی به معنی تصویری است که از آینده در نظر انسان مجسم می‌شود. در مطالعات انجام گرفته، تعاریف مختلفی از چشم‌انداز وجود دارد که برخی از مهم‌ترین آن‌ها به شرح ذیل ارائه می‌شود:

- (۱) آینده واقع‌گرایانه، قابل تحقق و جذاب برای سازمان
- (۲) بیان صریح سرنوشتی که باید به سوی آن حرکت کرد
- (۳) هنر دیدن نادیدنی‌ها
- (۴) چشم‌انداز یک عامل کلیدی در رهبری و یک جنبش ذهنی از شناخته‌ها به ناشناخته‌ها است که رهبران اثربخش را قادر می‌سازد، با در کنار هم قرار دادن حقایق، آرزوها، ایده‌آل‌ها، فرصت‌ها و تهدیدها، آینده‌ای جذاب برای خود خلق کنند.
- (۵) چشم‌انداز عبارت است از تصویر مطلوب و آرمان قابل دستیابی جامعه در یک افق زمانی معین بلندمدت که

متناسب با مبانی ارزشی و آرمان‌های نظام و مردم تعیین می‌گردد.

(۶) چشم‌انداز به عنوان تصویر آینده‌ای که در جستجوی خلق آن هستیم معرفی شده، که هر چه این تصویر از نظر جزئیات غنی‌تر باشد، جالب‌توجه‌تر خواهد بود.

(۷) چشم‌انداز علاوه بر این که برانگیزاننده، هدایتگر و جهت‌دهنده اداره جامعه و همچنین الهام‌بخش، وحدت‌آفرین و قابل فهم برای همه اقشار می‌باشد، باید از ویژگی‌های آینده‌نگری، واقع‌گرایی، ارزش‌گرایی و جامع‌نگری برخوردار بوده و نسبت به وضع موجود، چالش اساسی داشته باشد تا بتوان عزم ملی را جهت تحقق آن فراهم آورد.

(۸) چشم‌انداز هر مجموعه اگر به صورت دقیق، جامع و آینده‌نگرانه تعریف شده باشد، می‌تواند مسیر حرکت آن مجموعه را همواره هدفمند و جهت‌دار نماید. آگاهی کامل مدیران مجموعه به چشم‌انداز، می‌تواند آن‌ها را در تصمیمات کلیدی یاری دهد. البته چشم‌انداز می‌تواند در طی زمان تکمیل گردد.

(۹) چشم‌انداز آمیزه‌ای از ارزش و داوری‌های مبتنی بر ایدئولوژی و واقعیت‌های اجتماعی، فرهنگی و اقتصادی می‌باشد. طبق این دیدگاه، هر ایدئولوژی، ترسیم‌کننده یک چشم‌انداز است، لذا در مقام برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری باید ایدئولوژی واحدی حاکم باشد تا چشم‌انداز واحدی شکل بگیرد.

(۱۰) چشم‌انداز، ارائه‌دهنده یک تصویر مطلوب، آرمانی و قابل دستیابی است که مانند چراغی در افق بلندمدت، فرآروی سازمان و ذی‌نفعانش قرار دارد و واجد ویژگی‌های جامع‌نگری، آینده‌نگاری، ارزش‌گرایی و واقع‌گرایی می‌باشد.

(۱۱) چشم‌انداز عبارت است از تصویر مطلوب (شفاف، واقعی، جذاب و قابل قبول) و آرمان قابل دستیابی در افق زمانی معین بلندمدت، که متناسب با مبانی ارزشی ذی‌نفعان تعیین می‌گردد.

مبتنی بر تعاریف مختلف ارائه شده، ویژگی‌های زیادی را برای یک چشم‌انداز مطلوب می‌توان مدنظر قرار داد که در ادامه و مبتنی بر یافته‌های کتابخانه‌ای به تعدادی از آن‌ها اشاره خواهد شد.

۲-۲-۱- ویژگی های یک چشم انداز مطلوب

در تعاریف اشاره شده ویژگی های مختلفی برای چشم انداز مطلوب بیان شده است که در این بخش برخی از مهم ترین ویژگی چشم انداز مطلوب بیان شده است. ویژگی هایی که چشم انداز مطلوب باید دارای آن ها باشد عبارتند از:

- (۱) قابل دستیابی در زمان مورد نظر و کمیت پذیر
- (۲) برآیند آثار ناشی از مزیت ها (مؤلفه های قوت و فرصت) از یک طرف و رافع چالش ها (نقاط ضعف و تهدید) بوده و با توجه به استراتژی های تعیین شده تبیین گردد.
- (۳) جامع، تحول گرا، آینده نگر و پویا
- (۴) دارای افق زمانی معین
- (۵) بلندپروازانه و در عین حال منحصر به فرد
- (۶) برانگیزاننده مشارکت همگانی و مشوق حرکت
- (۷) پیونددهنده حال و آینده به همدیگر (یعنی در عین آنکه باید واقع گرایانه باشد، مطابق با آرمان ها نیز باشد)
- (۸) اطمینان بخش و توجه برانگیز برای توجه ذینفعان
- (۹) دارای حس مالکیت و تعلق و تقویت کننده این حس در ذینفعان
- (۱۰) تعیین کننده مسیر حرکت و به وجود آورنده هدفی منسجم (در این خصوص چشم انداز باید تصویری ممکن از اهداف مطلوب را دارا باشد)
- (۱۱) تداوم بخش به برنامه ریزی و اجرا آن ها
- (۱۲) نشان دهنده فرصت های موجود و راه بهره جویی از این فرصت ها

این در حالی است که در سیستم ها و سازمان هایی با مقیاس های کوچک تر ویژگی های زیر را نیز باید برای چشم انداز متصور

شد:

- ایجادکننده رضایت شغلی، تعهد، علاقه و غرور در کارکنان و انرژی دهنده به آن ها و در حوزه سازمانی
- اثرگذار و معنی بخش به جوانب مختلف زندگی
- مشوق یادگیری

- مشخص کننده مخاطب
- مشخص کننده استاندارد برتر
- کوتاه و دقیق
- مرتبط با تمام ذینفعان مرتبط

۳-۲-۱- ضرورت تدوین چشم انداز

از دیگر مواردی که باید در تدوین بیانیه اولیه چشم انداز در نظر گرفته شود، درک و بیان ضرورت و اهمیت تدوین چشم انداز می باشد. همان طور که اشاره شد ضرورت اصلی تدوین چشم انداز تعیین افق، جایگاه و موقعیت مطلوب است که با تعیین آن از منحرف شدن از مسیر اصلی جلوگیری شده و امید فعالیت در فرد یا سازمان مدنظر تقویت می شود. اهمیت تدوین چشم انداز تا حدی است که مقام معظم رهبری فرموده اند:

"تا چشم انداز را برای خود تعریف نکنیم، هیچ کار درستی صورت نخواهد گرفت - همه اش روزمرگی است - بعد از آن که تعریف کردیم، اگر برنامه ریزی نکنیم، کار بی برنامه به سامان نخواهد رسید. بعد از آن که برنامه ریزی کردیم، اگر همت نکنیم، حرکت نکنیم، ذهن و عضلات و جسم خود را به تعب نیندازیم و راه نیفتیم، به مقصد نخواهیم رسید؛ این ها لازم است."

به طور کلی چشم انداز در پاسخ به مجموعه سؤالاتی مشابه سؤالات زیر تعریف می شود:

- ۱) آیا اختلال و سردرگمی نسبت به اهداف وجود دارد؟
- ۲) آیا افراد از کافی بودن چالش در کار خود شکایت دارند؟
- ۳) آیا در حال از دست دادن بازار، شهرت یا اعتبار هستیم؟
- ۴) آیا رقبای جدیدی در حال ظهور هستند که قرار است خدمات بهتری ارائه دهند؟
- ۵) آیا به نظر می رسد حرکت جامعه با روندهای تغییر محیطی هماهنگ نیست؟
- ۶) آیا احساس غرور و افتخار در جامعه ما کاهش یافته است؟
- ۷) آیا کسانی هستند که صرفاً برای پول کار می کنند و هیچ تعهدی نسبت به جامعه نداشته باشند؟

۸) آیا اجتناب از ریسک در جامعه بیش از حد لازم است؟ (افراد تمایل به مسئولیت‌پذیری ندارند، در چارچوب قوانین و مقررات، محدود مانده‌اند و در مقابل تغییر مقاومت می‌کنند؟)

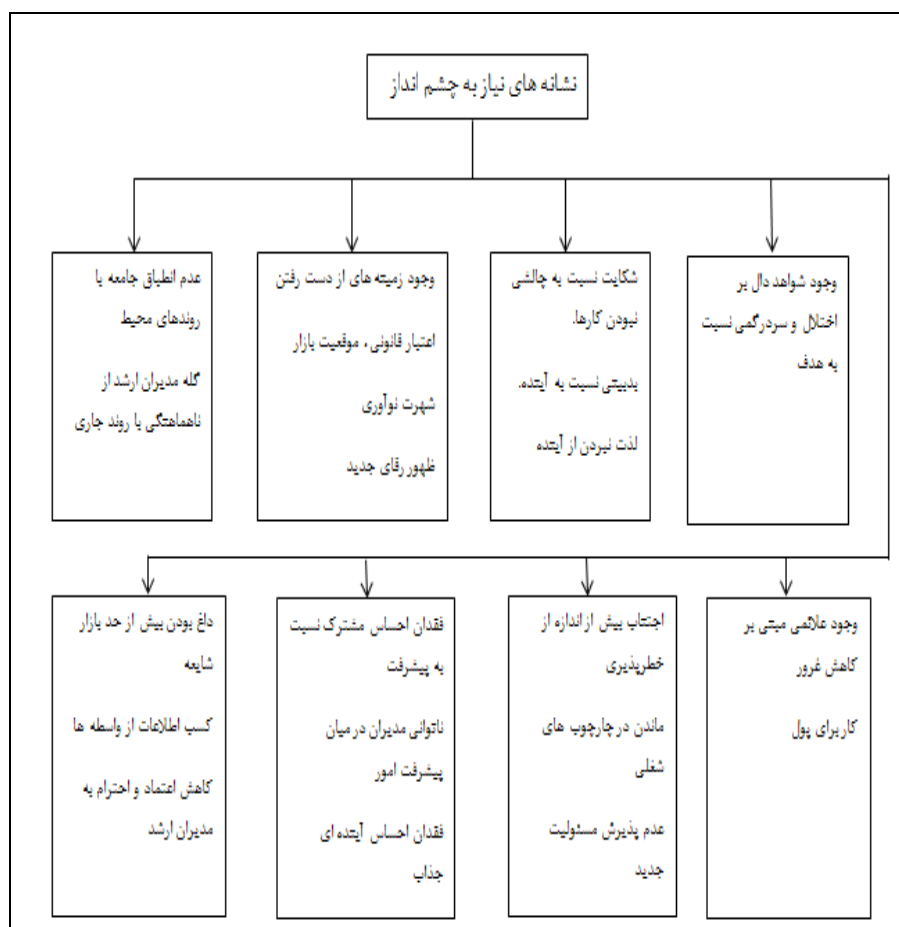
۹) آیا فقدان احساس مشترک نسبت به پیشرفت یا حرکت به سمت جلو مشاهده می‌شود؟

چنانچه پاسخ هر یک از سؤالات فوق در یک سیستم توسط کارشناسان مستقل مثبت قلمداد شود، اصلاح ساختارهای راهبردی و در رأس آن تعریف چشم‌اندازی جدید اجتناب‌ناپذیر خواهد بود. در این ارتباط نمودار ارائه شده در شکل (۱-۱) به بررسی علائم نیاز به چشم‌انداز پرداخته است. لازم به یادآوری است که بروز این علائم احتمالاً دارای یکی از معانی زیر خواهد بود:

۱) بخش و یا کلیت مفهوم چشم‌انداز فعلی به خوبی منتقل نشده است.

۲) بخش و یا کلیت مفهوم چشم‌انداز فعلی به خوبی درک نشده است.

۳) بخش و یا کل چشم‌انداز فعلی برای افراد ترغیب‌کننده و الهام‌بخش نیست.



شکل (۱-۱) - بررسی نشانه های نیاز به تدوین چشم انداز جدید و یا اصلاح آن

لذا باید جهت دهی جدید و نوینی تعریف و تنظیم گردد و از این رو برخورداری از یک چشم انداز مؤثر، جامع و کارآمد حائز اهمیت خواهد شد.

۴-۲-۱ - انواع چشم اندازها

هر بیانیه چشم انداز از لحاظ محتوایی، باید سه عنصر زیر را به صورت روشن دارا باشد:

(۴) صحنه و یا مرزهای رقابتی

(۵) مزیت رقابتی

(۶) قابلیت رقابتی یا شایستگی های محوری.

برخی از مزایا و ابعاد قدرت چشم انداز در نمودار شکل (۲-۱) ارائه شده است.



شکل (۲-۱) - بررسی ابعاد قدرت و مزایای چشم انداز

اکثر چشم اندازها به بیان جمله ای کیفی و کمی پرداخته اند. با این وجود، می توان چشم انداز را به چهار نوع دسته بندی نمود:

• چشم انداز کمی

چشم اندازی است که در آن شاخص های کمی برای آینده مطلوب بیان شده و سپس هر یک از این شاخص ها عدد گذاری می شوند. چشم اندازهای کمی می توانند از نوع عددی (به عنوان مثال، میزان تولید در افق زمانی چشم انداز) و یا از نوع درصدی (درصد سهم تولید در کشور یا منطقه در افق زمانی چشم انداز) باشند.

• چشم انداز کیفی

بر خلاف چشم انداز کمی، در این چشم انداز به بیان جملاتی کیفی و عاری از اعداد و ارقام پرداخته می شود. این نوع چشم انداز، شاخص های کیفی را برای نشان دادن آینده مطلوب سازمان به کار می برند.

• چشم‌انداز رتبه‌ای

در چشم‌انداز رتبه‌ای، جایگاه کشور یا سازمان بین دیگران به عنوان ملاک بیان آینده مطلوب در نظر گرفته شده است. به عنوان مثال، ممکن است سازمانی در بیانیه چشم‌انداز خود اعلام نماید که قصد دارد در بین سازمان‌های حاضر در صنعت، جایگاه سوم را دارا باشد.

• چشم‌انداز مقایسه‌ای

در چشم‌انداز مقایسه‌ای، جایگاه آینده در مقایسه با رقبای اصلی ترسیم می‌شود و ملاک پیشرفت و توسعه برتری نسبت به یک رقیب خاص اعلام شده است.

البته باید توجه داشت که چشم‌اندازهای رتبه‌ای و مقایسه‌ای تا حدی زیرمجموعه چشم‌اندازهای کمی و کیفی هستند و از این روی چشم‌انداز در دو دسته کلی کیفی و کمی قابل طبقه‌بندی خواهند بود. پس از شناسایی مبانی پایه، ضرورت‌های خلق چشم‌انداز و معرفی انواع آن نوبت به شناخت روش‌های تبیین چشم‌انداز می‌رسد، از این رو در ادامه به بررسی روش‌های مختلف تبیین چشم‌انداز پرداخته شده است.

۵-۲-۱- روش‌های تبیین بیانیه چشم‌انداز

فرآیند تدوین چشم‌انداز دارای پیچیدگی و سختی وصف‌ناپذیری است، از این رو روش‌های بسیار متنوعی توسط محققان مختلف برای تدوین بیانیه چشم‌انداز پیشنهاد شده است. به دلیل پیچیدگی موجود در این فرآیند، می‌توان گفت که هیچ کدام از روش‌های موجود کامل نیست و به همین دلیل در اکثر موارد برای تدوین بیانیه چشم‌انداز باید از ترکیب چند روش استفاده نمود. از این رو در ادامه برخی از مهم‌ترین روش‌های تدوین و خلق چشم‌انداز در ادامه ارائه شده است.

۱-۵-۲-۱- روش پنج چرا

کالینز و پوراس در سال ۱۹۹۶ طی مقاله‌ای در مجله "بررسی‌های بازرگانی هاروارد" توصیه کردند که با این پرسش کار را آغاز کنید که "چرا این کالاها و خدماتی را که ما تولید می‌کنیم مهم هستند؟" این سؤال را ۵ بار تکرار کنید تا به هدف بنیادین خود پی ببرید.

۲-۵-۱-۲ - روش استوارت

توماس استوارت قالبی را طراحی کرده که تدوین چشم‌انداز را برای هر جامعه‌ای تسهیل می‌نماید:

- ✓ جایگاه جامعه (رهبر، پیشرو، جهانی،...)
- ✓ کالا و خدمات (نوآور، ارزان، متنوع، باکیفیت،...)
- ✓ مشتریان و ذی‌نفعان (بازار جهانی، خلق ارزشی به ذینفعان،...)
- ✓ صنعت

۳-۵-۱-۲ - روش برت نی‌نوس

برت نی‌نوس روش نسبتاً پیچیده ولی جامع‌تری را برای تدوین چشم‌انداز معرفی کرده است که این روش شامل مراحل زیر می‌باشد:

- ✓ وضعیت فعلی جامعه، کسب و کار و نحوه فعالیت
- ✓ تعیین مرزهای چشم‌انداز (شناسایی ذینفعان و نیازهای آنان)
- ✓ تعیین جایگاه جامعه در محیط آتی
- ✓ ارزیابی و انتخاب چشم‌انداز نهایی

۴-۵-۱-۲ - روش کیگلی

به زعم کیگلی، چشم‌انداز رهبر، بر درک گذشته و حال دلالت دارد و مهم‌تر از آن، نقشه‌راهی برای آینده ارائه می‌کند و به افراد راهکارهایی در جهت عمل و عکس‌العمل برای تحقق آینده مطلوب عرضه می‌دارد. باید توجه داشت که پس از تبیین هر یک از ارکان چشم‌انداز، کیگلی در فرآیندی با نام فرآیند برنامه‌ریزی رایزنی رهبری، نحوه تدوین چشم‌انداز را در گام‌های زیر خلاصه می‌کند:

(۱) انتخاب افراد شرکت‌کننده در تدوین چشم‌انداز

- ۲) تدارک جلسه آشنایی مختصری برای تمام افراد گروه مرکزی
- ۳) تهیه و ارسال پرسشنامه برای هر یک از اعضای گروه مرکزی توسط مدیر مؤسسه
- ۴) مصاحبه با افرادی که این شیوه را ترجیح می دهند.
- ۵) جمع آوری پاسخها و دسته بندی پاسخهای مشابه
- ۶) خلاصه کردن نتایج
- ۷) آماده سازی و ارسال کتاب داده ها برای اعضای گروه مرکزی

۵-۲-۱- روش لاتام

در این شیوه هشت گام معرفی شده که به شرح زیر می باشند:

۱) گام اول: جمع آوری درون داد

برای اینکه چشم انداز اثربخش باشد باید نمایانگر ایده آل باشد. باید از افراد درخواست کرد که به پرسش های

زیر پاسخ دهند:

- ❖ فرهنگ تمام عیار سازمانی چه می تواند باشد؟
- ❖ سازمان در حالت آرمانی برای رشد و پیشرفت اعضای خود چه می تواند بکند؟
- ❖ سازمان آرمانی چه کالا یا خدماتی به مشتری و جامعه می تواند عرضه کند؟
- ❖ علاوه بر اینها، سازمان آرمانی چگونه می تواند باشد یا چه می تواند بکند؟

۲) گام دوم: طوفان ذهنی

۳) گام سوم: حذف اضافات

۴) گام چهارم: تدوین سند اولیه

۵) گام پنجم: تصحیح بیانیه

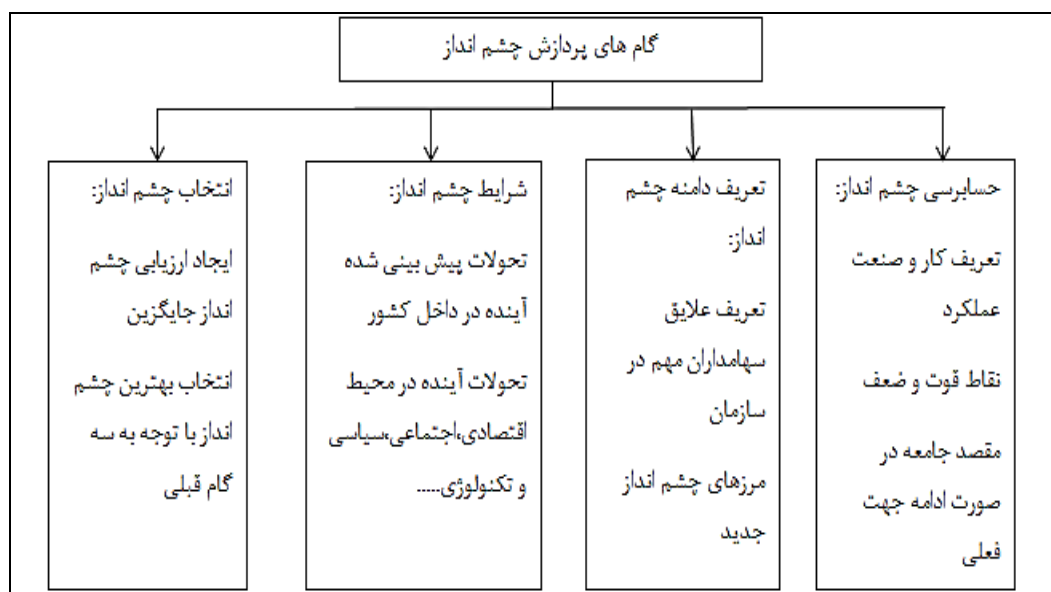
۶) گام ششم: آزمون معیارها

آیا چشم‌انداز حاضر بی‌انتهای، الهام‌بخش و در برگیرنده معیارهای تصمیم‌گیری برای کارکنان در مواجهه با موقعیت‌های دشوار هست؟ اگر چشم‌انداز این آزمون را پشت سر بگذارد، می‌توان آن را برای تصویب به سازمان تقدیم داشت.

(۷) گام هفتم: کسب تأیید یا تصحیح سازمان

(۸) گام هشتم: ابلاغ چشم‌انداز

این در حالی است که چشم‌انداز به هر روشی که انتخاب و خلق گردد باید مبتنی بر گام‌های خلق آن و مطابق با رویکرد ارائه شده در شکل (۱-۳) پردازش و ارائه شود. در شکل (۱-۳)، گام‌های پردازش چشم‌انداز به طور خلاصه ذکر شده است، [۲۸].

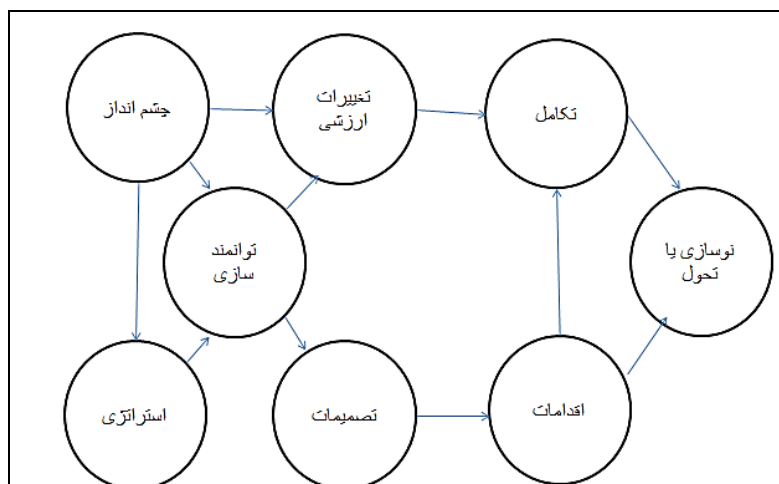


شکل (۱-۳) - گام‌های پردازش یک چشم‌انداز مطلوب

۶-۲-۱ - الگوسازی در جهت تحقق چشم‌انداز

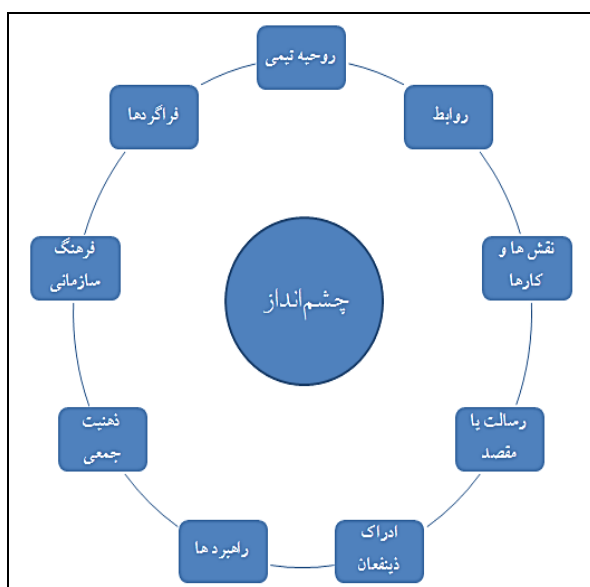
پس از خلق و تبیین چشم‌انداز باید استراتژی‌های لازم جهت تحقق اهداف بلندمدت چشم‌انداز معرفی و تبیین گردد. باید توجه داشت تغییر و تحولات ارزشی از طریق اطلاع‌رسانی مناسب صورت می‌گیرد. لذا در اطلاع‌رسانی و آگاه‌سازی، باید به فراهم کردن امکانات و گردآوری و هماهنگ‌سازی توانمندی‌های لازم جهت تحقق چشم‌انداز توجه شود. در ضمن باید در نظر

داشت که تصمیم‌سازی و تصمیم‌گیری در راستای تحقق چشم‌انداز اجتناب‌ناپذیر است. الگوی پیشنهادی برای تحقق این مهم به طور اجمالی در نمودار ارائه شده در شکل (۱-۴) مشاهده می‌شود.



شکل (۱-۴) - الگوسازی جهت تحقق چشم‌انداز

لازم به ذکر است در این خصوص مدل دیگری نیز توسط هرسی و بلانچارد ارائه شده است که طبق آن عناصر اصلی مدل‌سازی چشم‌انداز عبارتند از: رسالت، مقصد، ذینفعان، راهبرد، فرهنگ، اهداف، فرآیندها، روحیه تیمی، نقش‌ها، کارها و روابط میان آن‌ها، مهارت‌های مدیریتی و رهبری، تنظیم و هماهنگی. جزئیات مربوط به الگوی پیشنهادی ایشان نیز در نمودار ارائه شده در شکل (۱-۵) آمده است، [۲۷].



شکل (۱-۵) - الگوسازی پیشنهادی هرسی و بلانچارد برای پیاده سازی چشم انداز

۳-۱ - فرآیند (روش منتخب) تدوین چشم انداز

با توجه مطالب ذکر شده در رابطه با تعریف، ویژگی ها و روش های چشم انداز و جمع بندی این مطالب می توان به انتخاب یک روش مناسب برای تدوین چشم انداز پرداخت. همان طور که اشاره شد موارد مختلفی در بسط و تدوین چشم انداز دارای اهمیت می باشند، که به منظور در نظر گرفتن این موارد در بیانیه چشم انداز باید به یک سری سؤالات کلیدی و اساسی توجه شود. این سؤالات عبارتند از:

(۱) رسالت اصلی چیست؟ ما امروز چه هستیم؟ آرزو داریم چه بشویم؟ توانمندی اصلی ما چیست؟

(۲) چگونه آرزوی اصلی بیان شده در بیانیه چشم انداز را محقق خواهد شد؟ راهبرد رشد داخلی سیستم در هر یک از

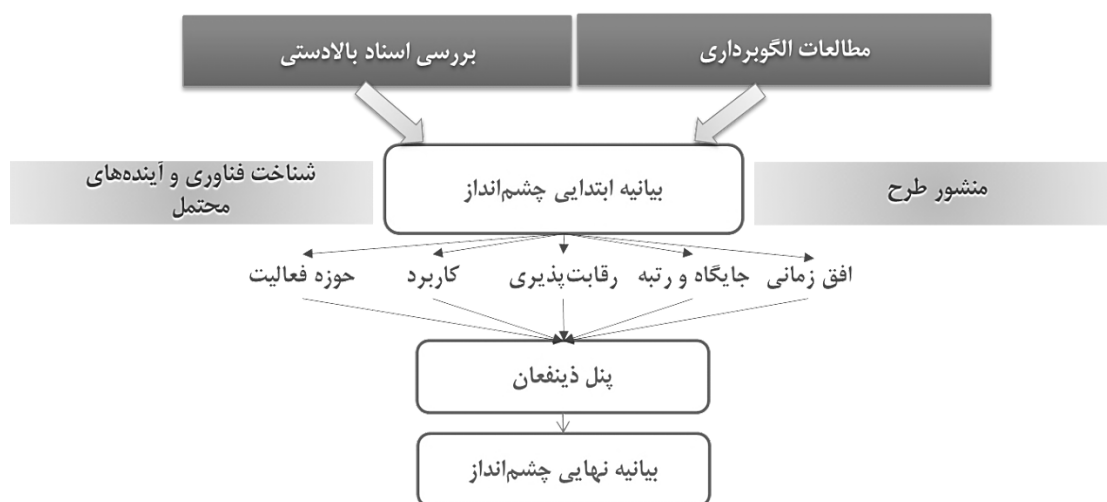
زیربخش های اصلی آن چیست؟ بخش یا کسب و کاری که از بقیه مهم تر و سودآفرین تر است کدام است؟

(۳) اگر زیر بخش های اصلی پتانسیل لازم برای رشد را نداشته باشند، راهبرد رشد خارجی برای تحقق آرزوی

چشم انداز تبیین شده کدام است؟

در واقع می توان اشاره کرد که روش (متدولوژی) منتخب تدوین هر چشم انداز پاسخ به سؤالات فوق الذکر بوده و پیشنهاد

می شود برای تدوین چشم انداز بر اساس فلوجارت ارائه شده در شکل (۶-۱) عمل شود.



شکل (۱-۶) - روش شناسی خلق چشم‌انداز

از این رو بر اساس روش منتخب گام‌های خلق یک چشم‌انداز به شرح زیر می‌باشد:

در مرحله اول به بررسی مطالعات تطبیقی، اسناد بالادستی، توقعات ذینفعان، فرهنگ سازمان، بیانیه مأموریت، تحولات آینده و ... پرداخته شده و با استفاده از این بررسی‌ها یک دید کلی نسبت به فضای سازمان و صنعت یا سیستم مدنظر به دست می‌آید.

در مرحله دوم با توجه به اطلاعات و دید به دست آمده از مرحله قبل، به تدوین بیانیه ابتدایی از چشم‌انداز پرداخته می‌شود. باید توجه کرد که چشم‌انداز تدوین شده باید به سؤالات اساسی فوق‌الذکر (از جمله رسالت اصلی مؤسسه چیست؟ ما امروز چه هستیم؟ آرزو داریم چه بشویم؟ توانمندی اصلی ما چیست؟ چگونه آرزوی اصلی بیان شده در بیانیه رسالت را محقق خواهیم کرد؟ راهبرد رشد داخلی ما در هر یک از زیر بخش‌های اصلی چیست؟ بخش یا کسب و کاری که از بقیه مهم‌تر و سودآفرین‌تر است کدام است؟ و...) پاسخ دهد.

در مرحله سوم و پس از تدوین بیانیه اولیه چشم‌انداز، باید بررسی شود که ویژگی‌های اساسی ذکر شده در بیانیه اولیه تدوین شده در نظر گرفته شده و لحاظ شده‌اند یا نه و در صورت در نظر گرفته نشدن ویژگی‌های اساسی، این ویژگی‌ها باید به بیانیه تدوین شده افزوده شود.

در مرحله چهارم که در شکل (۱-۶) از آن تحت عنوان پانل ذینفعان یاد شده است، چشم‌انداز اولیه را با ذینفعان در میان گذاشته می‌شود. در این مرحله پس از دریافت و بررسی نظرات ذینفعان در صورت لزوم تغییراتی در بیانیه اولیه چشم‌انداز داده

می شود. با استفاده از تکنیک‌هایی مانند طوفان ذهنی بیانیه چشم‌انداز که مورد قبول تمام مقامات اصلی سازمان باشد نهایی و تدوین می‌شود.

لازم به یادآوری است که چشم‌انداز تدوین شده باید مورد ارزیابی قرار گیرد تا کارایی آن اثبات شود. برای اثبات کارایی چشم‌انداز، بیانیه نهایی چشم‌انداز تدوین شده از لحاظ دارا بودن صفات و ویژگی‌های ضروری چشم‌انداز بررسی و سنجیده می‌شود و در صورتی که صفات و ویژگی‌های ذکر شده را دارا باشد چشم‌انداز از کارایی خوبی برخوردار خواهد بود. بر اساس کلیت اجمالی بیان شده از روش منتخب تدوین چشم‌انداز در ادامه مطابق با گام‌های بیان شده به بررسی مطالعات تطبیقی و اسناد بالادستی حوزه فناوری‌های مرتبط با انرژی زمین گرمایی پرداخته می‌شود.

۱-۳-۱- نتایج حاصل از بررسی اسناد بالادستی

همان‌طور که اشاره شد یکی از مهم‌ترین مراحل در تدوین سند راهبردی تبیین چشم‌انداز است، که به منظور تدوین چشم‌انداز به بررسی اسناد مختلف پرداخته می‌شود. یکی از منابع اصلی برای تدوین بیانیه اولیه چشم‌انداز اسناد بالادستی مرتبط با حوزه مدنظر می‌باشند. با توجه به متنوع بودن ارگان‌های قانون‌گذار اسناد بالادستی متعددی در رابطه با انرژی‌های تجدیدپذیر بررسی شده‌اند که لیست این اسناد در **Error! Reference source not found.** ارائه شده است. تمرکز کاوش بر اسناد مصوب دهه ۱۳۸۰، به این سو بوده است تا بتوان روزآمدترین اسنادی که به هرگونه با بحث انرژی‌های تجدیدپذیر و به‌ویژه انرژی زمین گرمایی ارتباط دارند را یافت.

در یک نگاه کلی می‌توان این اسناد را به دو دسته بخش کرد: یک دسته اسنادی که بحث تولید انرژی از منابع تجدیدپذیر را به‌طور مستقیم مورد خطاب قرار می‌دهند و دسته دوم، اسنادی که بحث انرژی‌های تجدیدپذیر در عنوان آن‌ها جایی ندارد، اگرچه تولید انرژی از منابع تجدیدپذیر به نوعی با آن‌ها در ارتباط است. در اکثر اسناد بررسی شده سیاست‌های کلی کشور در حوزه انرژی‌های نو مشخص شده و به‌طور خاص به سیاست‌های انرژی مرتبط با زمین گرمایی اشاره نشده است. با مطالعه قوانین و سیاست‌های مرتبط با انرژی‌های نو، می‌توان ویژگی‌های قابل تصور برای چشم‌انداز انرژی زمین گرمایی را برداشت کرد. ویژگی و مواردی که با توجه به اسناد بالادستی حوزه انرژی باید در بیانیه چشم‌انداز در نظر گرفته شوند، در جدول (۱-۱) ارائه شده‌اند.

جدول (۱-۱) - عناوین سیاست‌ها و برنامه‌های مصوب بررسی شده.

عنوان سند بالادستی	ماده/ بند مربوطه	ویژگی‌های قابل برداشت از قانون مورد استفاده در تدوین چشم انداز اولیه
سیاست‌های کلان کشور در بخش انرژی مصوب در مجمع تشخیص مصلحت نظام	سیاست‌های کلی سایر منابع انرژی	ایجاد تنوع در منابع انرژی کشور و استفاده از آن با رعایت مسائل زیست‌محیطی و تلاش برای افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر با اولویت انرژی‌های آبی تلاش برای کسب فناوری و دانش فنی انرژی‌های نو و ایجاد نیروگاه‌ها از قبیل بادی و خورشیدی و پیل‌های سوختی و زمین‌گرمایی در کشور
مجموعه برنامه پنج‌ساله پنجم توسعه جمهوری اسلامی ایران	برق - ماده ۱۳۳	پرداخت یارانه خرید برق از تولیدکنندگان برق پراکنده با مقیاس کوچک و ظرفیت‌های تولید برق مشترکین از عقد قراردادهای بلندمدت و همچنین تبدیل تا دوازده هزار (۱۲۰۰۰) مگاوات نیروگاه گازی به سیکل ترکیبی حمایت از توسعه نیروگاه‌های با مقیاس کوچک تولید برق توسط بخش‌های خصوصی و تعاونی انعقاد قراردادهای بلندمدت خرید تضمینی برق تولیدی از منابع انرژی‌های نو و انرژی‌های پاک با اولویت خرید از بخش‌های خصوصی و تعاونی افزایش توان تولیدی برق تا بیست و پنج هزار (۲۵۰۰۰) مگاوات با حداقل ده هزار (۱۰۰۰۰) مگاوات سهم بخش خصوصی و تعاونی صدور مجوز صادرات و عبور (ترانزیت) برق از نیروگاه‌های با سوخت غیرپارانه‌ای متعلق به بخش‌های خصوصی و تعاونی
انرژی‌های پاک - ماده ۱۳۹	انرژی‌های پاک - ماده ۱۳۹	حمایت از بخش‌های خصوصی و تعاونی به منظور ایجاد زیرساخت‌های تولید تجهیزات نیروگاه‌های بادی و خورشیدی و توسعه کاربرد انرژی‌های پاک و افزایش سهم تولید این نوع انرژی‌ها در سبد تولید انرژی کشور
کشاورزی - ماده ۱۴۸	کشاورزی - ماده ۱۴۸	جایگزینی سوخت فسیلی و انرژی‌های تجدیدپذیر به جای سوخت هیزمی
محیط زیست - ماده ۱۹۲ و ۱۹۳	محیط زیست - ماده ۱۹۲ و ۱۹۳	تنظیم دستورالعمل‌های محاسبه ارزش‌ها و هزینه‌های موارد دارای اولویت از قبیل: جنگل، آب، خاک، انرژی، تنوع زیستی و آلودگی‌های زیست محیطی در نقاط حساس
مجموعه برنامه پنج‌ساله چهارم توسعه جمهوری اسلامی ایران	سند چشم‌انداز در افق ۱۴۰۴ و سیاست‌های کلی برنامه چهارم	آمایش سرزمینی مبتنی بر اصول حفاظت محیط زیست و احیاء منابع طبیعی افزایش بازدهی نیروگاه‌ها، متنوع‌سازی منابع تولید برق و افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر و نوین گسترش تولید برق از نیروگاه‌های تولید پراکنده، کوچک مقیاس و پر بازده برق و تولید همزمان برق و حرارت حفظ، احیاء و بهره‌برداری بهینه از سرمایه‌ها، منابع طبیعی تجدیدشونده و حفظ محیط زیست در طرح‌های توسعه کسب فن‌آوری بویژه فن‌آوری‌های نو شامل: ریز فن‌آوری و فن‌آوری‌های زیستی، اطلاعات و ارتباطات، زیست محیطی، هوا فضا و هسته‌ای
ماده ۷- (م)	ماده ۷- (م)	موظف بودن دولت به تأمین منابع لازم برای اجرای بخش انرژی‌های نو
ماده ۲۵ و آیین‌نامه اجرایی شرایط و	ماده ۲۵ و آیین‌نامه اجرایی شرایط و	واگذاری حداقل ده درصد (۱۰٪) از انجام فعالیت مربوط به تولید و توزیع برق به

عنوان سند بالادستی	ماده/ بند مربوطه	ویژگی های قابل برداشت از قانون مورد استفاده در تدوین چشم انداز اولیه
	تضمین برق موضوع بند "ب" ماده (۲۵) قانون برنامه چهارم توسعه	اشخاص حقیقی و حقوقی داخلی ترغیب و تشویق بخش خصوصی به سرمایه گذاری در نیروگاه های تجدیدپذیر و بازیافت حرارت با پرداخت حمایت های مالی بابت عدم انتشار آلاینده ها و حفاظت از محیط زیست توسط سازمان حفاظت محیط زیست
	ماده ۳۰ بند ب- ۷	جلوگیری از ایجاد اختلال در خدمت رسانی شبکه برق در اثر بروز حوادث
	آیین نامه اجرایی ماده ۶۶	مصرف بهینه حامل های انرژی از طریق ترمیم ساختمان ها و استفاده از وسایل و تجهیزات کم مصرف، انرژی های نو، اصلاح روش های حمل و نقل با هدف کاهش مصرف سوخت و استفاده از گاز طبیعی استفاده از تکنولوژی های پاک و سازگار با محیط زیست برای کنترل و بهینه سازی مصرف جایگزینی سوخت مناسب در مناطق روستایی و عشایری به جای هیزم
اسناد ملی توسعه بخشی ماده ۱۵۵ قانون برنامه چهارم توسعه	سند ملی توسعه بخش "برق و انرژی های نو" - موضوع بند (الف) ماده ۱۵۵	احداث نیروگاه های برق تجدیدپذیر از جمله نیروگاه زمین گرمایی برای استفاده از انرژی های تجدیدپذیر استفاده اقتصادی از انرژی های پاک ایجاد بازار برق در سطح ملی و منطقه ای و تجدید ساختار در صنعت برق کشور افزایش سهم اقتصادی انرژی های تجدیدپذیر در سبد انرژی مصرفی کشور ایجاد زمینه های تحقیقاتی در انرژی های تجدیدپذیر به منظور دستیابی به دانش فنی فراهم آوردن زمینه گسترش احداث نیروگاه با منابع انرژی تجدیدشونده توسط بخش غیردولتی در نظر گرفتن متوسط نرخ رشد سالانه ۴/۴ درصدی برای برق حاصل از انرژی های تجدیدپذیر
	سند ملی توسعه بخش "نفت و گاز" - موضوع بند (ه) ماده ۱۵۵	حذف تدریجی یارانه فرآورده های نفتی و برقراری عوارض زیست محیطی (مالیات بر کربن) بر مصرف آن. تأمین بهینه انرژی مناطق مختلف کشور با توجه به جایگزینی اقتصادی حامل های انرژی، پتانسیل های محلی، ظرفیت های موجود و سیستم های عرضه انرژی.
	سند ملی توسعه ویژه فرابخشی "مدیریت انرژی" - موضوع بند (ج) ماده ۱۵۵	تحصیل ارزش افزوده بالاتر از حامل های انرژی در کشور توسعه و بهره برداری از پتانسیل های موجود انرژی های تجدیدپذیر در کشور دستیابی به فناوری های نوین و کارای انرژی حمایت از بازار انرژی و افزایش سهم بخش غیردولتی (شامل خصوصی و تعاونی) افزایش امنیت عرضه انرژی و بهبود کیفیت حامل های انرژی عرضه شده افزایش سهم انرژی های تجدیدپذیر و پاک در سبد انرژی کشور و کاهش آلودگی های زیست محیطی ایجاد تمرکز در سیاست گذاری و برنامه ریزی انرژی کشور اصلاح نظام قیمت گذاری حامل های انرژی توسعه هرچه بیشتر بهره برداری اقتصادی از منابع تجدیدشونده انرژی

عنوان سند بالادستی	ماده/ بند مربوطه	ویژگی های قابل برداشت از قانون مورد استفاده در تدوین چشم انداز اولیه
		ایجاد انگیزه اقتصادی برای ارتقای فناوری و ایجاد ظرفیت های لازم برای جایگزینی سوخت های پاک (مانند گاز طبیعی) و منابع تجدیدشونده انرژی تأمین برق روستاهای دور از شبکه با استفاده از منابع تجدیدپذیر انرژی معرفی و ترویج احداث نیروگاه های تجدیدشونده با اجرای پروژه های نمونه صنعتی توسط دولت به منظور اطمینان بخشی به بخش غیردولتی (شامل خصوصی و تعاونی) اطلاع رسانی، آگاه سازی و ایجاد فرهنگ عمومی جهت استفاده از منابع تجدیدپذیر انرژی
قانون تنظیم بخشی از مقررات مالی دولت	ماده ۲۵	پرداخت مبلغی تشویقی از طرف سازمان محیط زیست بابت عدم انتشار الاینده ها و حفاظت از محیط زیست در بودجه های سنواتی
	ماده ۶۲ و دستورالعمل اجرایی آن	تضمین خرید برق تولیدی تجدیدپذیر توسط بخش خصوصی و دولتی جلب مشارکت و حمایت از سرمایه گذاری بخش غیردولتی در تولید برق از منابع انرژی های نو
برنامه راهبردی وزارت نیرو در افق ۱۴۰۴	وزارت نیرو	ارتقاء سطح کارآمدی صنعت برق کشور با تأکید بر ارتقای توانمندی در تولید برق از انرژی های نو و تجدیدپذیر ارتقاء سطح دانش، پژوهش و فن آوری در صنعت آب و برق با تأکید بر شناسایی فن آوری های نوین و انتقال و بومی سازی فن آوری های دارای مزیت نسبی
	بخش برق و انرژی	شناسایی، انتقال و بومی سازی فن آوری های نوین و سازگار با محیط زیست تخصیص درصد معین و فزاینده ای از اعتبارات تحقیقاتی به بومی سازی فن آوری های مرتبط با انرژی های نو و تجدیدپذیر تعریف و اجرای پروژه های نمونه در زمینه انرژی های نو و تجدیدپذیر و تجاری سازی آنها بستر سازی، حمایت و جلب مشارکت بخش غیردولتی برای توسعه انرژی های نو و تجدیدپذیر جلب مشارکت مردم برای حمایت از تولید برق از انرژی های نو و تجدیدپذیر تنظیم قوانین مناسب در بازار برق به منظور توسعه استفاده از انرژی های نو و تجدیدپذیر اعطای مجوز صادراتی به تولیدکنندگان برق از منابع انرژی نو و تجدیدپذیر تنوع بخشی به منابع اولیه انرژی و فن آوری های تولید برق برای تقویت قدرت بازاریابی و کاهش آسیب پذیری خدمات
	بخش آموزش، پژوهش و فن آوری	ایفای نقش مؤثر در نقشه راه فن آوری های جدید و انتقال و بومی سازی آنها
	بخش پشتیبانی صنعت آب و برق	استفاده از ظرفیت های قانونی به منظور مشارکت با بخش خصوصی در فن آوری های نوین و سرمایه گذاری های پر خطر مورد نیاز صنعت آب و برق حمایت از انتقال و بومی سازی فن آوری های نو مورد نیاز و به کارگیری فن آوری های دارای مزیت نسبی بالا
نقشه جامع علمی کشور	فصل سوم	اولویت ها در حوزه علوم پایه و کاربردی:

عنوان سند بالادستی	ماده/ بند مربوطه	ویژگی های قابل برداشت از قانون مورد استفاده در تدوین چشم انداز اولیه
	اولویت الف- اولویت های علم و فن آوری	<ul style="list-style-type: none"> • انرژی های نو و تجدیدپذیر • بازیافت و تبدیل انرژی
قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی	فصل دوم: سیاست ها و خط مشی های اساسی- ماده ۴	لحاظ کردن بودجه برای راهکارهای تشویقی جهت ارتقای نظام تحقیق و توسعه فناوری های جدید
	فصل سوم: ساختار و تشکیلات- ماده ۵، ۶، ۸ و ۹	مسئولیت انحصاری شورای عالی انرژی در سیاست گذاری بخش انرژی کشور از جمله انرژی های نو موظف بودن وزارت نیرو به شناسایی کلیه فن آوری های مورد نیاز برای عرضه و مصرف انرژی در بیست سال آینده و فراهم کردن امکان طراحی و بهبود آنها برای به کارگیری توسط سازندگان و تولیدکنندگان داخلی تأسیس یک سازمان با شخصیت حقوقی مستقل توسط وزارت نیرو برای ارتقاء بهره وری و استفاده هر چه بیشتر از منابع تجدیدپذیر موظف بودن وزارت نفت نسبت به اصلاح اساسنامه و وظایف شرکت بهینه سازی مصرف سوخت با توجه به توسعه به کارگیری ظرفیت های محلی انرژی و انرژی های تجدیدپذیر
	فصل نهم: تولیدکنندگان و توزیع کنندگان انرژی- ماده ۴۴، ۴۵، ۴۸ و ۵۲	تضمین خرید برق تجدیدپذیر توسط وزارت نیرو در قراردادهای حداقل ۵ ساله بهره مند ساختن تولیدکنندگان همزمان برق و حرارت و برودت در محل مصرف از امکانات و تسهیلات عمومی توسط وزارتخانه های نیرو و نفت موظف بودن وزارت نیرو نسبت به حمایت از تشکیل شرکت های غیردولتی توزیع و فروش حرارت مکلف بودن وزارت نفت در همکاری با وزارت نیرو برای حمایت مؤثر از تحقیقات، سرمایه گذاری، ترویج و توسعه واحدهای تولید همزمان برق و حرارت و برودت از طریق بخش غیردولتی موظف بودن وزارت صنایع و معادن نسبت به حمایت از مراکز تحقیقاتی و صنایع مربوطه، برای توسعه دانش فنی بومی و خوداتکائی کشور در تأمین تجهیزات تولید همزمان برق، حرارت و برودت
	فصل دهم: انرژی های تجدیدپذیر و هسته ای- ماده ۶۱ و ۶۲	موظف بودن وزارت نیرو نسبت به عقد قرارداد بلند مدت خرید تضمینی برق تجدیدپذیر از تولیدکنندگان غیردولتی موظف بودن وزارتخانه های نفت و نیرو نسبت به اعلام حمایت عمومی از ترویج کاربرد اقتصادی منابع تجدیدشونده انرژی و اختصاص مبلغی از محل بودجه های مصوب سالانه خود به این امر
سند راهبرد انرژی های نو کشور		لزوم مطالعه جدی در مورد شناسایی پتانسیل های موجود در زمینه انرژی زمین گرمایی در کشور لزوم دستیابی کشور به جایگاه نخست منطقه و پنجم آسیا در بخش انرژی های نو تا سال ۱۴۰۴ لزوم در اختیار داشتن منابع متنوع انرژی برای دستیابی به رشد اقتصادی بالای ۸

عنوان سند بالادستی	ماده/ بند مربوطه	ویژگی های قابل برداشت از قانون مورد استفاده در تدوین چشم انداز اولیه
		درصد
قانون بودجه سال ۱۳۹۳	تبصره ۲- بند ق	وزارت نفت اجازه دارد به منظور اجرای طرح های بهینه سازی، کاهش گازهای گلخانه ای و کاهش مصرف انرژی در بخش های مختلف از جمله صنعت (با اولویت صنایع انرژی بر) و حمل و نقل عمومی و ریلی درون و برون شهری، ساختمان، توسعه استفاده از انرژی های تجدیدپذیر با رعایت قانون اجرای سیاست های کلی اصل چهل و چهارم (۴۴) قانون اساسی با متقاضیان و سرمایه گذاران بخش خصوصی و عمومی با اولویت استفاده از تجهیزات ساخت داخل، قرارداد منعقد نماید.
	تبصره ۶- الف	اجازه به شرکت های وابسته وزارت نیرو برای انتشار اوراق مشارکت برای طرح های دارای توجیه فنی و اقتصادی با اولویت اجرای پروژه های نیروگاه های برق
	تبصره ۹- ز	هزینه حداکثر چهارهزار میلیارد ریال صرفاً بابت حمایت از توسعه و نگهداری شبکه های روستایی و تولید برق تجدیدپذیر و پاک توسط شرکت توانیر
	تبصره ۱۱- ه	وزارت نیرو مجاز است به انعقاد قراردادهای بیع متقابل با سرمایه گذاران بخش های خصوصی و عمومی با اولویت استفاده از تجهیزات ساخت داخل تا سقف یکصد و بیست هزار میلیارد ریال به منظور اجرای طرح های افزایش بازدهی نیروگاه ها با اولویت نصب بخش بخار در نیروگاه های چرخه (سیکل) ترکیبی، توسعه استفاده از انرژی های تجدیدپذیر، کاهش تلفات، بهینه سازی و صرفه جویی در مصرف سوخت مایع، جایگزینی مصرف برق به جای گاز یا فرآورده های نفتی در مناطقی که توجیه اقتصادی دارد و افزایش سهم صادرات برق
سازمان انرژی های تجدیدپذیر و بهره وری انرژی ایران (ساتبا)	اهداف سطح سازمان (اصلی)	توسعه کاربرد انرژی های تجدیدپذیر در کشور به نحوی که تا پایان برنامه چهارم توسعه، ۱ درصد از نیاز برق کشور از انرژی های نو تأمین گردد. جلب مشارکت بخش خصوصی تا ۵۵ درصد در سرمایه گذاری های مربوط به انرژی های نو و بهره وری انرژی توسعه بازار فن آوری های مربوط به بهره وری انرژی و انرژی های نو با اجرای قوانین موجود و تصویب قوانین جدید به گونه ای که حداقل ۳ فناوری در هر حوزه به بازار کسب و کار کشور وارد شده باشد. توسعه آگاهی و فرهنگ سازی به منظور مصرف بهینه انرژی و توسعه کاربرد انرژی های نو با پوشش ۷۵ درصد مردم کشور ایجاد زمینه های مناسب انتقال و توسعه فن آوری با افزایش ارتباطات بین المللی و بسترسازی جهت شکوفایی استعداد های خلاق به منظور ارتقای سطح نوآوری علمی سازمان تا سطح سازمان های مشابه در کشورهای پیشرو.
	اهداف سطح بخشی- بخش انرژی های نو	سنجش ظرفیت و تهیه اطلس کامل کشور برای منابع تجدیدپذیر با اولویت انرژی های باد، خورشید، زیست توده و زمین گرمایی ایجاد حداقل یک نمونه فعال سیستم تولید انرژی از منابع تجدیدشونده در خصوص هریک از انرژی های نو به منظور توسعه آگاهی و تشویق بخش خصوصی
ابلاغیه پایه نرخ خرید برق از		قرارداد خرید تضمینی برق از این نیروگاه ها برای یک دوره حداکثر ۵ ساله و غیرقابل

عنوان سند بالادستی	ماده/ بند مربوطه	ویژگی های قابل برداشت از قانون مورد استفاده در تدوین چشم انداز اولیه
نیروگاه های انرژی نو و پاک		تمدید منعقد می شود. همچنین پس از دوره ۵ ساله، سرمایه گذار موظف به فروش برق در قالب قرارداد دوجانبه، بورس انرژی و بازار برق خواهد بود
قانون هدفمند کردن یارانه ها	ماده ۸	اختصاص ۳۰ درصد خالص وجوه حاصل از این قانون برای پرداخت کمک های بلاعوض یا یارانه سود تسهیلات و یا وجوه اداره شده برای اصلاح ساختار فن آوری واحدهای تولیدی در جهت افزایش بهره وری انرژی، آب و توسعه تولید برق از منابع تجدیدپذیر
طرح نیروگاه های انرژی های نو		همکاری در تدوین استاندارد و معیارهای فنی مرتبط با نیروگاه های تجدیدپذیر و طرح تولید پراکنده اطلاع رسانی، بسترسازی و برنامه ریزی جهت توسعه نیروگاه های تجدیدپذیر و طرح تولید پراکنده انجام هماهنگی لازم با ارگان های ذیربط جهت تسهیل در امور متقاضیان احداث نیروگاه های تجدیدپذیر و طرح تولید پراکنده
مصوبه شورای عالی اداری در خصوص انجام مطالعات و تحقیقات درباره انرژی های نو (تجدیدپذیر) و بهره برداری مؤثر از آن در کشور		حمایت از بخش خصوصی برای واگذاری امور عملیاتی و توسعه فناوری به آن همکاری با موسسات پژوهشی دولتی و غیردولتی نسبت به انجام تحقیقات لازم در مورد انرژی های نو
قانون بودجه در رابطه با تولید و مصرف انرژی با تأکید بر بهینه سازی مصرف انرژی	بند الف تبصره ۱۲	به منظور تشویق صنایع در امر بهینه سازی مصرف انرژی و همچنین ترویج انرژی های تجدیدپذیر، طرحی تحت عنوان یارانه سود تسهیلات برای کاهش شدت انرژی در نظر گرفته شود.
برنامه کاهش آلودگی هوا در هشت شهر بزرگ کشور		همکاری وزارت نیرو و سازمان محیط زیست با وزارت کشور برای تهیه سازوکارهای اجرایی و تشویقی لازم به منظور جایگزینی انرژی های فسیلی با انرژی های نو و تجدیدپذیر در کلیه اماکن شهری لزوم انجام تمام فرایندهای احتراقی تمام کارخانه ها، کارگاه ها و واحدهای تولیدی مستقر در محدوده و حریم شهرها از ابتدای سال ۱۳۹۲ با انرژی های تجدیدپذیر یا گاز و لزوم تامین این انرژی توسط وزارت نیرو الزام وزارت نیرو به تسریع در احداث نیروگاه های برق تجدیدپذیر
مصوبه هیئت وزیران درباره الزام دستگاه های اجرایی برای مقابله مؤثر با آلودگی هوا (۱۳۹۳)		اختصاص حداقل ۱۰ درصد از ظرفیت های جدید تولید برق به نیروگاه های بادی، خورشیدی، زیست توده و زمین گرمایی و حمایت از توسعه شبکه هوشمند انرژی (مدت ۶۰ ماه) توسعه استفاده از واحدهای تولید همزمان برق، برودت و گرمایش به میزان حداقل سالانه ۲۰۰ مگاوات (مدت ۶ ماه)

عنوان سند بالادستی	ماده/ بند مربوطه	ویژگی های قابل برداشت از قانون مورد استفاده در تدوین چشم انداز اولیه
اولویت های تحقیقاتی و فن آوری مصوب کمیسیون های تخصصی شورای عالی علوم، تحقیقات و فن آوری (عتف)	۱- کمیسیون تخصصی انرژی الف: اولویت های کمیسیون تخصصی انرژی- بندهای ۷ و ۱۷ ب: طرح کلان ملی کمیسیون تخصصی انرژی • برق و انرژی- بند ۸ • فرابخشی و محیط زیست- بندهای ۱، ۲	۷- توسعه فناوری های تبدیل انرژی های تجدیدپذیر ۱۷- فناوری های کاهش آلایندها و گازهای گلخانه ای در جانب عرضه و تقاضای انرژی ۸- توسعه فناوری ذخیره سازی برق ۱- تدوین راهبرد جامع انرژی و یکپارچه سازی اسناد پیشین با تأکید بر افزایش سهم ایران در بازار جهانی انرژی ۲- برنامه جامع کاهش آلاینده های ناشی از تولید و مصرف انرژی
۳- کمیسیون تخصصی صنایع، معادن و ارتباطات الف: اولویت های راهبردی پژوهش و فن آوری • صنعت آب و برق ب: سایر اولویت های پژوهشی • محیط زیست • صنعت آب و برق	ایجاد تنوع در منابع انرژی کشور و استفاده از آن با رعایت مسائل زیست محیطی و تلاش برای افزایش انرژی های تجدیدپذیر با اولویت انرژی های آبی سیاست های تشویقی برای توسعه نیروگاه های با مقیاس کوچک تولید توسط بخش غیردولتی بهره گیری افزون تر از فناوری های نوین و پاک برای کاهش تولید گازهای گلخانه ای افزایش سهم انرژی های نو با توجه به پتانسیل مناسب این گونه انرژی ها در کشور احداث نیروگاه هایی با سوخت پاک و جایگزینی نیروگاه های سوخت فسیلی با آن ها احداث نیروگاه هایی با راندمان بالاتر مانند نیروگاه های سیکل ترکیبی استفاده از فناوری های جدید و انتقال تکنولوژی توسعه و ترویج سیستم های تولید همزمان برق، حرارت و برودت	
۵- کمیسیون تخصصی کشاورزی آب و منابع طبیعی اولویت های تحقیقاتی و فن آوری کمیسیون تخصصی کشاورزی آب و منابع طبیعی • حوزه مشترک- بندهای ۲ و ۷ ماشین آلات و تجهیزات- بند ۲	۲- توسعه و استفاده از فناوری های نوین در کشاورزی، آب، فاضلاب، محیط زیست و منابع طبیعی ۷- شناسایی الگوهای پدافند غیرعامل و مدیریت بحران در بخش کشاورزی، آب، منابع طبیعی و محیط زیست ۲- توسعه فناوری های نوین، بهبود مکانیزاسیون و روش های کاهش مصرف انرژی با تأکید بر انرژی های تجدیدپذیر	

علاوه بر اسناد فوق، با توجه به نقش تعیین کننده وزارت نیرو در انجام مأموریت پژوهشگاه نیرو برای تدوین سند ملی توسعه فناوری های انرژی های نو، به نظر می رسد چشم اندازی که توسط آن وزارتخانه برای بخش برق و انرژی در افق ۱۴۰۴ بیان شده است باید به طور ویژه مدنظر قرار گیرد:

«وزارت نیرو در بخش برق با استفاده از منابع متنوع و در دسترس انرژی، مدیریت تقاضا، تکیه بر ساختاری منسجم و متخصصین توانمند و خلاق به گونه‌ای عمل می‌کند تا کشور در عرضه برق مطمئن و پایا و با کیفیت مناسب (در حد استانداردهای جهانی) سرآمد کشورهای منطقه گردد و با ایجاد بسترهای لازم، دسترسی آزاد به شبکه و رقابت منصفانه در بازار برق را میسر نموده و جمهوری اسلامی ایران به عنوان مرکز راهبردی شبکه برق در منطقه تثبیت گردد».

۲-۳-۱- نتایج حاصل از بررسی ابعاد چشم‌اندازی توسعه فناوری‌های انرژی زمین گرمایی در کشورهای مختلف (مطالعات تطبیقی)

همان‌طور که در بررسی چهارچوب نظری تبیین بیانیه چشم‌انداز و فرآیند منتخب تدوین چشم‌انداز اشاره شده، بررسی ابعاد چشم‌اندازی توسعه فناوری‌های انرژی زمین گرمایی در سایر کشورها منبع مناسبی است که می‌توان از آن در تدوین بیانیه اولیه چشم‌انداز استفاده کرد.

امروزه، کشورهای متعددی در جهان وجود دارند که از مزایای انرژی زمین گرمایی بهره‌مند می‌شوند. جدول (۲-۱) فهرست کشورهای دارای نقشه راه انرژی بلند مدت توسعه انرژی زمین گرمایی را نشان می‌دهد. جدول (۳-۱) ۵ کشور برتر دنیا بر اساس سرمایه گذاری سالانه/ظرفیت خالص اضافه شده/ تولید در سال ۲۰۱۳ را نشان می‌دهد. و جدول (۴-۱) ۵ کشور برتر دنیا بر اساس تولید برق و حرارت تا پایان سال ۲۰۱۳ را معرفی می‌کند، [۲۳].













جدول (۲-۱) - فهرست کشورهای دارای نقشه راه بلندمدت توسعه انرژی زمین گرمایی

ردیف	نام کشور	موارد کاربرد انرژی زمین گرمایی		سال هدف
		تولید برق	کاربرد مستقیم	
۱	امریکا	•	•	؟
۲	استرالیا	•	•	۲۰۳۰
۳	فیلیپین	•	•	۲۰۳۰
۴	عربستان	-	-	۲۰۳۲
۵	آلمان	•	-	۲۰۲۰
۶	ایتالیایی	•	-	۲۰۱۸
۷	فرانسه	•	•	۲۰۲۰
۸	اندونزی	•	•	۲۰۲۵
۹	ایسلند	•	•	۲۰۰۳
				۲۰۰۹
۱۰	تایلند	•	•	۲۰۲۱
۱۱	کنیا	•	•	۲۰۲۶
۱۲	ترکیه	•	•	؟
۱۳	کره جنوبی	-	-	۲۰۳۰
۱۴	مکزیک	•	•	۲۰۲۰
۱۵	نیوزلند	•	•	۲۰۳۰
۱۶	کانادا	•	•	۲۰۲۵
۱۷	انگلیس (کل انرژیهای تجدیدپذیر)	•	•	۲۰۲۰
۱۸	سوئیس	•	•	۲۰۵۰
۱۹	ژاپن	•	•	۲۰۳۰
۲۰	اسپانیا (کل انرژیهای تجدیدپذیر)	-	-	۲۰۲۰
۲۱	ارمنستان (کل انرژیهای تجدیدپذیر)	-	-	۲۰۱۵ (کوتاه-مدت)
				۲۰۲۰ (بلند مدت)
۲۲	چین	•	•	۲۰۲۰

جدول (۳-۱) - ۵ کشور برتر دنیا بر مبنای سرمایه گذاری سالانه/ظرفیت خالص اضافه شده/ تولید در ۲۰۱۳ [۷]

	1	2	3	4	5
Investment in renewable power and fuels	China	United States	Japan	United Kingdom	Germany
Share of GDP 2012 (USD) invested ¹	Uruguay	Mauritius	Costa Rica	South Africa	Nicaragua
 Geothermal power capacity	New Zealand	Turkey	United States	Kenya	Philippines
 Hydropower capacity	China	Turkey	Brazil	Vietnam	India
 Solar PV capacity	China	Japan	United States	Germany	United Kingdom
 CSP capacity	United States	Spain	United Arab Emirates	India	China
 Wind power capacity	China	Germany	United Kingdom	India	Canada
 Solar water heating capacity ²	China	Turkey	India	Brazil	Germany
 Biodiesel production	United States	Germany	Brazil	Argentina	France
 Fuel ethanol production	United States	Brazil	China	Canada	France

جدول (۴-۱) - ۵ کشور برتر دنیا بر اساس تولید برق یا حرارت تا پایان سال ۲۰۱۳

	1	2	3	4	5
POWER					
Renewable power (incl. hydro)	China	United States	Brazil	Canada	Germany
Renewable power (not incl. hydro)	China	United States	Germany	Spain / Italy	India
Renewable power capacity per capita (not incl. hydro) ³	Denmark	Germany	Portugal	Spain / Sweden	Austria
 Biopower generation	United States	Germany	China	Brazil	India
 Geothermal power	United States	Philippines	Indonesia	Mexico	Italy
 Hydropower ⁴	China	Brazil	United States	Canada	Russia
 Hydropower generation ⁴	China	Brazil	Canada	United States	Russia
 Concentrating solar thermal power (CSP)	Spain	United States	United Arab Emirates	India	Algeria
 Solar PV	Germany	China	Italy	Japan	United States
 Solar PV capacity per capita	Germany	Italy	Belgium	Greece	Czech Republic
 Wind power	China	United States	Germany	Spain	India
 Wind power capacity per capita	Denmark	Sweden	Spain	Portugal	Ireland
HEAT					
 Solar water heating ²	China	United States	Germany	Turkey	Brazil
 Solar water heating capacity per capita ²	Cyprus	Austria	Israel	Barbados	Greece
 Geothermal heat ⁵	China	Turkey	Iceland	Japan	Italy

سازمان بین‌المللی انرژی، براساس سناریوی نقشه آبی چشم‌انداز فناوری انرژی (ETP) ۲۰۱۰، پیش‌بینی می‌کند که تولید برق زمین‌گرمایی بتواند به بیش از ۱۰۰۰ تراوات ساعت تا سال ۲۰۵۰ برسد.

بدون شک، سطح فناوری در کشورهای مختلف، متفاوت می‌باشد. بنابراین، به‌منظور بررسی نقشه راه کشورها، آن‌ها به سه دسته توسعه‌یافته، در حال توسعه و کشورهای هم‌جوار تقسیم‌بندی شدند. سپس از هر دسته چند کشور به‌عنوان نمونه انتخاب شده و اسناد توسعه بهره‌برداری از انرژی زمین‌گرمایی در آن‌ها مورد بررسی قرار گرفتند. بدین ترتیب که از بین کشورهای توسعه‌یافته، کشورهای امریکا، استرالیا، ژاپن، ایسلند و ایتالیا بررسی شدند. از میان کشورهای در حال توسعه، فیلیپین، مکزیک و چین مورد مطالعه قرار گرفتند و از بین کشورهای منطقه نیز نقشه‌راه توسعه انرژی زمین‌گرمایی در کشورهای ترکیه و عربستان و همین‌طور کشورهای منا (MENA) که شامل کشورهای شمال آفریقا و خاورمیانه می‌باشند، مورد بحث و بررسی قرار گرفتند.

۱-۲-۳-۱ - بررسی نقشه راه انرژی زمین‌گرمایی آمریکا

کشور امریکا در حال حاضر با تولید ۳۳۸۹ مگاوات برق از منابع زمین‌گرمایی، به‌عنوان بزرگ‌ترین تولیدکننده برق از این منابع، مطرح است و سهم منابع زمین‌گرمایی آن حدود ۰/۳ درصد از کل ظرفیت برق تولیدی این کشور می‌باشد. ایالات متحده امریکا در حال حاضر، کشور پیش‌تاز در زمینه استفاده از منابع زمین‌گرمایی است. در حال حاضر، ۵۸ پروژه به‌منظور توسعه استفاده از منابع زمین‌گرمایی در کشور امریکا در دست اجرا می‌باشد که اتمام این پروژه‌ها ظرفیت برق تولیدی از این منابع را تا ۲۲۵۰ مگاوات بیشتر می‌کند، [۱۶].

صنعت انرژی زمین‌گرمایی امریکا دارای رشد ۵ درصدی تا پایان سال ۲۰۱۲ است. گرچه این رشد نسبتاً کم می‌باشد اما دارای پیشرفت‌های محسوسی است. در طول سال ۲۰۱۲ میزان ظرفیت انرژی زمین‌گرمایی اضافه‌شده ۱۴۷/۰۵ مگاوات بوده و کل ظرفیت تولید برق از منابع زمین‌گرمایی را به ۳۳۹۰ مگاوات تا پایان این سال رسانده است. از بین ایالت‌های امریکا ایالت کالیفرنیا بیشترین سهم را در تولید برق از انرژی زمین‌گرمایی دارد.

در سند توسعه انرژی زمین‌گرمایی در امریکا، اهدافی مدنظر قرار گرفته شده است که برخی از مهم‌ترین آن‌ها به شرح زیر می‌باشد:

۱- افزایش شفافیت و درک لازم برای همه ذینفعان درگیر و تسهیل ارتباط بین سازمان های مختلف

۲- آموزش افراد جدید در زمینه های مختلف

۳- ارائه مدل های توسعه انرژی زمین گرمایی برای هر یک از ایالت های کشور

۴- به روزرسانی اسناد و نقشه راه از طریق راه های نظارتی

۵- همکاری با صنایع دیگر از جمله نفت و گاز و معادن و استفاده از اطلاعات آنها

در برنامه فناوری زمین گرمایی آمریکا، «تبدیل انرژی زمین گرمایی به گزینه تأمین انرژی پایه ترجیحی از نظر زیست محیطی در کل کشور» به عنوان چشم انداز مدنظر قرار گرفته است.

۲-۲-۳-۱- بررسی نقشه راه انرژی زمین گرمایی استرالیا

در دهه های اخیر دولت استرالیا توجه خاصی به سرمایه گذاری در زمینه استفاده از منابع زمین گرمایی داشته است به طوری که از سال ۱۹۹۰ تاکنون، دولت و بخش خصوصی در استرالیا، حدود یک میلیارد دلار جهت شناسایی و بهره برداری از منابع انرژی زمین گرمایی در این کشور هزینه کرده اند. در ۱۲ سال اخیر بین سال های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۴ تعداد طرح های بهره برداری از انرژی زمین گرمایی ۸۳ برابر شده است. این امر حاکی از اهمیت این منابع در استرالیا می باشد، [۳۰].

در سال ۲۰۳۰، موارد زیر، مهم ترین بازار هدف برای کاربرد انرژی زمین گرمایی در استرالیا خواهند بود:

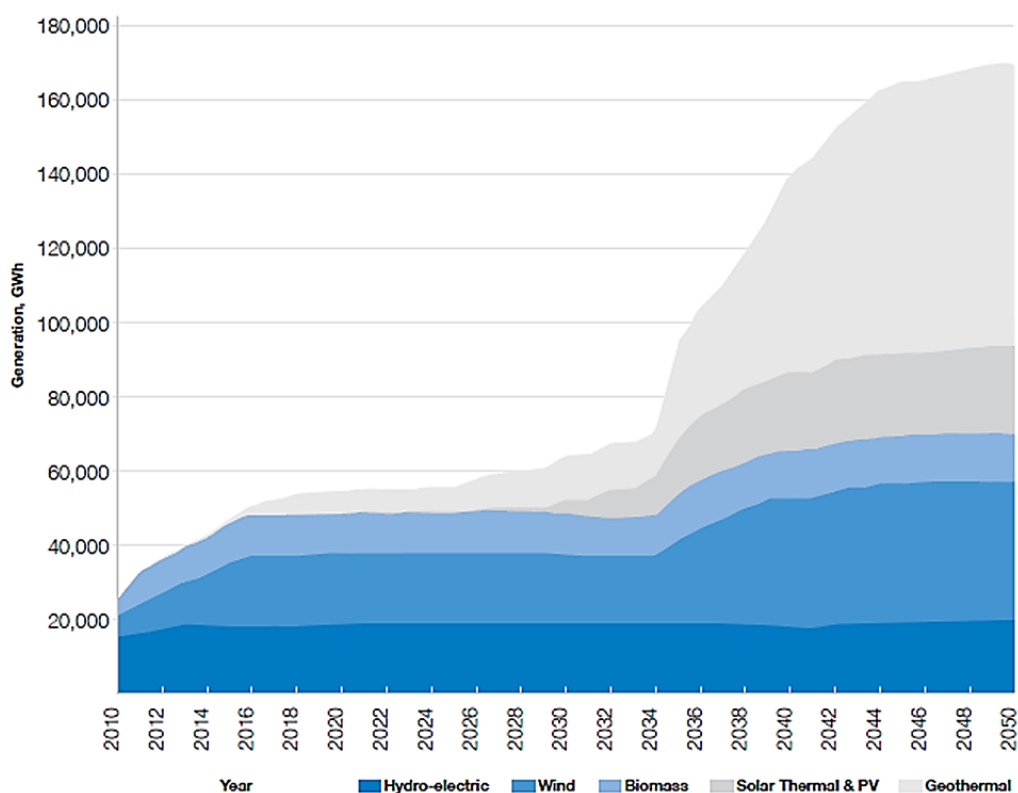
۱- مناطق دورافتاده ی فاقد شبکه سراسری برق

۲- نیروگاه های بزرگ تولید برق و یا طرح های بزرگ کاربرد مستقیم

مهم ترین هدف از تهیه نقشه راه، تبدیل انرژی زمین گرمایی به یکی از منابع اصلی تولید برق کشور استرالیا در سال ۲۰۳۰ می باشد و بر همین اساس مناطق مختلفی جهت اکتشاف منابع زمین گرمایی مدنظر قرار گرفته اند. در نقشه راه تبیین شده برای اکتشاف و توسعه منابع زمین گرمایی در کشور استرالیا اهداف زیر مدنظر است:

- شناسایی منابع زمین گرمایی موجود
- به کارگیری تکنیک های اکتشافی پیشرفته
- حفاری و تکنیک های مشابه (لوله گذاری)

- مدل سازی مخزن، ارزیابی و مدیریت مخزن
 - بهره گیری از سایر کاربردهای انرژی زمین گرمایی (کاربرد مستقیم)
 - بهبود بهره وری حرارتی از ایستگاه های زمین گرمایی با تکنولوژی های پیشرفته، به ویژه در مورد منابع حرارت پایین
 - ادغام تکنولوژی مربوط به صنایع مختلف در زمینه زمین گرمایی
 - گسترش تکنولوژی های در حال ظهور و تحقیق در مورد خلاء های موجود
 - مقایسه جایگاه تکنولوژی زمین گرمایی در استرالیا و سراسر جهان و ارزیابی تحقیقات و قابلیت های موجود در استرالیا
- صنعت انرژی زمین گرمایی در استرالیا با مشارکت دو گروه مهم توسعه می یابد:
- شرکت های کوچکی که منابع مالی محدودی دارند
 - صنایع نوپا و نوظهور
- انجمن انرژی زمین گرمایی استرالیا که وظیفه همکاری با دولت، مؤسسات تحقیقاتی، دانشگاهی و رسانه ها را برای ارتقای اطلاعات در مورد پیشرفت های صنعت و قابلیت های آن دارد، چشم انداز زمین گرمایی استرالیا را چنین بیان می کند: «انرژی زمین - گرمایی کم هزینه ترین روش تأمین بار پایه بدون آلودگی، برای بخش تجاری و خانگی استرالیا در قرون پیش رو خواهد بود».
- پیش بینی شده است که تولید برق انرژی تجدید پذیر در استرالیا تا ۲۰۵۰ حداقل به مقدار ۱۶۰۰۰۰ گیگاوات برسد که از سال ۲۰۳۵ به بعد سهم قابل توجهی از آن مربوط به انرژی زمین گرمایی است، شکل (۷-۱)، [۴].



شکل (۷-۱) - تولید برق فعلی و جدید تجدیدپذیر استرالیا (با هدف کاهش آلودگی ۵ درصدی سال ۲۰۲۰ نسبت به سطح

آلودگی سال ۲۰۰۰)

انجمن انرژی زمین گرمایی استرالیا، پروژه‌های فعلی برای تولید برق زمین گرمایی را برای کل ظرفیت کشور، ۲۲۰۰ مگاوات تا سال ۲۰۲۰ می‌داند که به هزینه سرمایه‌گذاری حدود ۱۲ میلیارد دلار نیاز دارد.

۳-۲-۳-۱ - بررسی نقشه راه انرژی زمین گرمایی ایتالیا

کشور ایتالیا در حال حاضر ۹۰۱ مگاوات برق از منابع زمین گرمایی تولید می‌کند که حدود ۰/۷ درصد از کل ظرفیت برق تولیدی این کشور است، [۱۰]. کشورهای عضو اتحادیه اروپا به منظور کاهش وابستگی به واردات، تنوع منابع انرژی و کاهش گازهای گلخانه‌ای، فعالیت‌های گسترده‌ای را در چارچوب برنامه کمیسیون اروپا (که در سال ۲۰۰۹ تصویب شده است) انجام داده‌اند. براساس این قوانین اتحادیه اروپا تا پایان سال ۲۰۲۰ حدود ۲۰ درصد از منابع انرژی خود را از انرژی‌های نو به دست می‌آورند. به منظور نیل به این هدف انگیزه‌های زیادی را در زمینه بهره‌برداری از منابع تجدیدپذیر ایجاد کرده است. برنامه-

ریزی‌ها در ایتالیا برای سه سال اخیر (۲۰۱۳ تا ۲۰۱۵) اضافه کردن سالانه ۳۵ مگاوات به ظرفیت برق تولیدی از منابع زمین-گرمایی می‌باشد. در حال حاضر ۳۵ نیروگاه فعال زمین‌گرمایی در این کشور موجود است که توان تولید برق آن‌ها در مجموع بیش از ۹۰۰ مگاوات می‌باشد. جدول (۱-۵) اهداف استفاده از زمین‌گرمایی را در ایتالیا تا سال ۲۰۲۰ نشان می‌دهد، [۸].

جدول (۱-۵) - اهداف موردنظر برای استفاده از منابع زمین‌گرمایی تا سال ۲۰۲۰ در ایتالیا

Electricity	
Total Installed Capacity 2012 (MW _e)	874.5
Forecasting for 2015 (MW _e)	915
Target Capacity 2020 (MW _e)	1,080
Direct Use	
Total Installed Direct Use 2012 (MW _{th})	1,000
Target Capacity 2020 (MW _{th})	2,500

۴-۲-۳-۱ - بررسی نقشه راه انرژی زمین‌گرمایی ژاپن

کشور ژاپن در حال حاضر ۵۳۷ مگاوات برق از منابع زمین‌گرمایی تولید می‌کند که حدود ۱/۰ درصد از کل ظرفیت برق تولیدی این کشور می‌باشد. در سال ۲۰۰۹ سهم انرژی‌های نو (باد، خورشید و زمین‌گرمایی) در تولید انرژی بسیار کم و در حدود ۸/۰ درصد بوده است. برنامه توسعه انرژی زمین‌گرمایی در ژاپن به گونه‌ای است که تا سال ۲۰۳۰ ظرفیت تولید برق از این منابع تا ۷ برابر بیشتر و معادل ۳۸۸۰ مگاوات خواهد شد. همچنین برنامه‌ریزی‌های صورت گرفته در کشور ژاپن به گونه‌ای است که تا سال ۲۰۵۰ میزان برق تولیدی از منابع زمین‌گرمایی در کشور ژاپن معادل ۱۰ درصد از کل برق تولیدی کشور باشد، [۷].

در کشور ژاپن با استفاده از چرخه‌های دومداره از چشمه‌های آب داغ نیز برای تولید برق استفاده می‌شود. برآوردها نشان می‌دهد این کشور توان تولید ۷۲۳ مگاوات از این چشمه‌ها بدون هزینه حفاری را دارد. در حال حاضر، برنامه‌ریزی‌های لازم برای استفاده از این چشمه‌ها به منظور تولید برق صورت گرفته است و با توجه به هزینه کمتری که ناشی از حذف هزینه‌های حفاری می‌باشد، این روش بیشتر مورد توجه قرار گرفته است، [۱۹].

برنامه‌ریزی‌ها برای استفاده از انرژی‌های نو در کشور ژاپن پس از زلزله فوکوشیما مورد بازنگری قرار گرفته است. با توجه به وجود منابع زمین‌گرمایی در کشور ژاپن، استفاده گسترده از این منابع انرژی هم مورد توجه بیشتر قرار گرفته و تصمیم‌گیری‌هایی توسط دولت به منظور استفاده از این منابع صورت گرفته است. از جمله مهم‌ترین این فعالیت‌ها به شرح زیر می‌باشد:

- اختصاص مجدد یارانه دولت که قبلاً حذف شده بود
- حذف محدودیت‌های توسعه منابع زمین‌گرمایی و حفاری در پارک‌های ملی (قبلاً استفاده از منابع زمین‌گرمایی که در پارک‌های ملی قرار داشتند ممنوع بوده و با توجه به اینکه ۸۰ درصد منابع ژاپن در این مناطق قرار دارند این محدودیت‌ها رفع شده و وزارت محیط زیست حفاظت از چشمه‌ها را بر عهده گرفته است).
- ساخت آزمایشگاه‌های جدید زمین‌گرمایی در مناطق مختلف
- کاهش قیمت استفاده از این انرژی برای مردم

۵-۲-۳-۱- بررسی نقشه راه انرژی زمین‌گرمایی چین

چین هم اکنون در زمینه استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در رأس کشورهای جهان قرار داد. این کشور گام‌های آرمانی را برای اضافه کردن منابع جدید انرژی‌های تجدیدپذیر در پیش گرفته است. چین در سال ۲۰۱۲ میلادی ۶۵/۱ میلیارد دلار در طرح‌های انرژی تجدیدپذیر سرمایه‌گذاری کرده است. این رقم نسبت به سال قبل از آن (۲۰۱۱) نشان‌دهنده رشد ۲۰ درصدی است این حجم از سرمایه‌گذاری، بیشترین، در سطح جهان است و حدود ۳۰ درصد از کل سرمایه‌گذاری‌های سال گذشته کشورهای گروه ۲۰ (۲۰ کشور بزرگ صنعتی جهان) را در انرژی‌های پاک تشکیل می‌دهد، [۱۵].

در مقوله زمین‌گرمایی به علت کم بودن منابع حرارت بالا در این کشور تولید برق بسیار اندک می‌باشد و در مراحل اولیه خود قرار دارد اما به نظر می‌رسد در آینده با روش‌های مختلف تولید برق از منابع زمین‌گرمایی، کشور چین در رده کشورهای فعال در این زمینه قرار گیرد. میزان تولید برق از انرژی زمین‌گرمایی در این کشور در حال حاضر فقط ۲۷ مگاوات می‌باشد که بسیار ناچیز است. در زمینه کاربرد مستقیم از منابع زمین‌گرمایی فعالیت‌های گسترده‌ای انجام پذیرفته است.

برنامه‌ریزی‌ها در زمینه استفاده از منابع زمین‌گرمایی در چین متوسط مدت و دراز مدت می‌باشد که توسط کمیته توسعه ملی آن کشور صورت گرفته است. برنامه‌های متوسط مدت که در قالب برنامه‌های ۵ ساله توسعه می‌باشد و انرژی زمین‌گرمایی به خوبی مورد توجه قرار گرفته است. این برنامه‌ریزی‌ها به گونه‌ای بوده که میزان استفاده از انرژی زمین‌گرمایی تا سال ۲۰۱۰ معادل ۴ میلیون تن و تا سال ۲۰۲۰ معادل ۱۲ میلیون تن زغال سنگ می‌باشد. اولین هدف به دست آمده است و در سال ۲۰۰۹ معادل ۴/۶۱ میلیون تن زغال سنگ از انرژی زمین‌گرمایی استفاده شده است، [۶].

دولت چین دارای یک استراتژی کلی در زمینه کاهش انتشار کربن و همچنین کاهش وابستگی به انرژی خارجی می‌باشد. هدف این استراتژی توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر می‌باشد که به شاخه زمین‌گرمایی نیز اهمیت خاصی داده شده است به طوری که در سال ۲۰۳۰ انرژی زمین‌گرمایی تامین‌کننده حداقل ۵ درصد کل منابع انرژی باشد. در این استراتژی برای منابع زمین‌گرمایی هم تولید برق و هم کاربرد مستقیم مدنظر قرار گرفته شده است، [۲۱]

برنامه دراز مدت توسط آکادمی علوم چین تکمیل شده است و سال هدف آن ۲۰۵۰ می‌باشد و اهداف زیر را دنبال می‌کند:

- هدف از نقشه راه در این کشور دستیابی به یک مدل عملیاتی توسعه منابع زمین‌گرمایی برای هر منطقه است.
- تا پایان سال ۲۰۱۵، بانک اطلاعاتی داده‌های زمین‌گرمایی راه‌اندازی خواهد شد
- توسعه انرژی زمین‌گرمایی در برنامه ۵ ساله سیزدهم در کشور چین (که از سال ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۰ می‌باشد) مد نظر قرار گرفته شده است. به گونه‌ای که با اجرای این سند، استفاده از انرژی زمین‌گرمایی معادل انرژی حاصل از سوختن ۵۰ میلیون تن زغال سنگ می‌باشد.
- تا پایان سال ۲۰۱۵، با اجرای برنامه‌های قبلی مساحت سیستم‌های گرمایشی زمین‌گرمایی به ۵۰۰ میلیون مترمربع و ظرفیت تولید برق به ۱۰۰ مگاوات خواهد رسید.
- در سال ۲۰۲۰ تکنولوژی یکپارچه فنی و صنعتی برای توسعه منابع زمین‌گرمایی فراهم شده و به مرحله بلوغ خود خواهد رسید.
- با اجرای این برنامه تعداد زیادی از شرکت‌های چینی با کمک دولت وارد بازارهای جهانی تجهیزات زمین‌گرمایی می‌شوند.

- استفاده گسترده از EGS و بیشترین تولید برق از این روش در سال ۲۰۵۰.

۶-۲-۳-۱- بررسی نقشه راه انرژی زمین گرمایی مکزیک

کشور مکزیک چهارمین کشور تولید کننده برق از منابع زمین گرمایی است و در ۴۰ سال اخیر بدون وقفه از منابع زمین گرمایی در این کشور برق تولید می شود، [۱۴]. ۶ میدان زمین گرمایی بزرگ در مکزیک شناسایی شده است که در حال حاضر از ۵ میدان آن برق تولید می شود. بیشتر میادین زمین گرمایی در این کشور در ارتباط با فعالیت های آتشفشانی بوده و حرارت بالا می باشند. میزان تولید برق از منابع زمین گرمایی در کشور مکزیک ۹۸۰ مگاوات است که این مقدار معادل ۳ درصد از کل ظرفیت تولید برق در این کشور می باشد. میزان تولید برق از منابع زمین گرمایی در کشور مکزیک در سال ۲۰۱۰ در حدود ۲ درصد بوده است، [۳] اما در حال حاضر، این میزان به ۳ درصد رشد یافته است که حاکی از نگاه ویژه و ظرفیت مناسب منابع زمین گرمایی در این کشور می باشد. کاربرد مستقیم از منابع زمین گرمایی در حال حاضر محدود به مجتمع های آب درمانی است اما برنامه توسعه کاربرد مستقیم از این منابع در حال اجرا می باشد. [۶] و [۱۷]

برنامه توسعه صنعت زمین گرمایی در کشور مکزیک [۱۳]

به منظور توسعه انرژی زمین گرمایی در کشور مکزیک فعالیت های زیر توسط دولت صورت می پذیرد

- پشتیبانی فنی و مالی
- ارائه پروژه ها توسط سازمان های دولتی و توسعه دهندگان به طور فعال
- آموزش پرسنل مجرب و در اولویت قرار گرفتن تربیت نیروهای جوان
- تهیه یک چهارچوب مشخص برای نصب ظرفیت های جدید (با در نظر گرفتن ملاحظات زیست محیطی و...)
- توسعه کاربرد مستقیم استفاده از منابع زمین گرمایی در کشور

۷-۲-۳-۱- بررسی نقشه راه انرژی زمین گرمایی فیلیپین

کشور فیلیپین پس از امریکا دومین تولید کننده برق از منابع زمین گرمایی می باشد و برنامه ریزی های صورت گرفته این کشور را تا سال ۲۰۳۰ به عنوان اولین کشور تولید کننده برق از این منابع می رساند. در حال حاضر، ۱۸۹۴ مگاوات برق از منابع زمین گرمایی در کشور فیلیپین تولید می شود که این میزان تولید ۲۷ درصد از کل ظرفیت تولیدی این کشور است. دولت

فیلیپین به منظور اطمینان از امنیت انرژی، استفاده از منابع زمین گرمایی را به عنوان یکی از اهداف اصلی در این زمینه دنبال می کند. علاوه بر تولید برق از انرژی زمین گرمایی، توسعه برنامه های کاربردی زمین گرمایی (کاربرد مستقیم) نیز مد نظر دولت می باشد. بر همین اساس، دولت در تلاش برای مقبولیت اجتماعی و زیست محیطی و بالابردن سطح آگاهی استفاده از منابع زمین گرمایی است.

بر اساس قانون انرژی های تجدیدپذیر کشور فیلیپین که در سال ۲۰۰۸ به تصویب رسیده است (معروف به قانون RE) اکتشاف و توسعه منابع زمین گرمایی مورد توجه بیشتری قرار گرفته است. پروژه های اکتشافی گسترش یافته و انگیزه های مالی در این زمینه تقویت شده اند، به طوری که سرمایه گذاری در صنعت زمین گرمایی از اولویت های اصلی سرمایه گذاری در کشور فیلیپین می باشد. بر همین اساس، ظرفیت تولید برق توسط انرژی زمین گرمایی از سال ۲۰۱۰ تا سال ۲۰۳۰ شامل افزایش ۷۵ درصدی است، البته همانگونه که مشاهده می شود ظرفیت نصب شده از سال ۲۰۱۰ تا سال ۲۰۱۵ شاهد کاهش ۲ درصدی بوده است، جدول (۶-۱).

بر اساس برآوردهای انجام شده کشور فیلیپین در سال ۲۰۵۰ جزء ۱۶ اقتصاد برتر جهان می باشد (بخش تحقیقات جهانی HSBC)، در نتیجه توسعه منابع تجدیدپذیر برای تولید برق در این کشور از اولویت های اصلی است. [۱]

جدول (۶-۱) - جدول افزایش ظرفیت تولید برق از انرژی زمین گرمایی تا سال ۲۰۳۰ در فیلیپین

Sector	Installed Capacity, MW as of 2010	Target Capacity Addition by				Total Capacity Addition, MW 2011-2030	Total Installed Capacity by 2030
		2015	2020	2025	2030		
Geothermal	1,972.0	220.0	1,100.0	95.0	80.0	1,495.0	3,467.0

۸-۲-۳-۱ - بررسی نقشه راه انرژی زمین گرمایی عربستان

کشور عربستان دارای منابع زمین گرمایی می باشد که می توانند مورد اکتشاف و بهره برداری نیز قرار بگیرند اما تاکنون یک مطالعه سیستماتیک برای شناسایی منابع زمین گرمایی این کشور انجام نشده است. بر اساس نقشه های موجود، منابع زمین گرمایی این کشور در جنوب غرب آن واقع شده اند. در حال حاضر از منابع زمین گرمایی موجود برای تولید برق و اهداف حرارتی

استفاده نمی‌شود. برخی از چشمه‌های آبگرم موجود در کشور عربستان شناسایی شده است اما به نظر می‌رسد تعداد آن‌ها به مراتب بیشتر از این باشد. [۴]

در نقشه راه ارائه‌شده برای توسعه انرژی زمین گرمایی در این کشور، فعالیت‌های الزامی برای سیاست‌گذاری در این زمینه، به قرار ذیل هستند:

- به‌منظور اطمینان از توسعه پایدار منابع زمین گرمایی، قوانین و مقررات ملی و بین‌المللی لحاظ گردد.
 - ایجاد اراده سیاسی به عنوان یک گام مهم در تحقق توسعه انرژی زمین گرمایی و بهره‌برداری از تمام پتانسیل منابع زمین گرمایی کشور
 - ارزیابی تقاضای محلی
 - بسترسازی جهت تأمین هزینه‌های حفاری توسط دولت
- اهداف اصلی از ارائه نقشه راه در کشور عربستان سعودی، اجرای طرح‌های اکتشافی جهت شناسایی منابع زمین گرمایی به-عنوان اولین گام توسعه است که این طرح‌ها شامل بررسی‌های زمین‌شناسی سطحی به‌منظور مشخص کردن موقعیت مکانی، عمق و سایر مشخصات منابع زمین گرمایی کشور می‌باشند. در گام بعدی انجام عملیات حفاری در میادین زمین گرمایی شناسایی شده مدنظر می‌باشد و نهایتاً فراهم ساختن مسیر، جهت بهره‌مندی از دانش متخصصین باتجربه بین‌المللی جهت توسعه انرژی زمین گرمایی در کشور است. برای استفاده از منابع زمین گرمایی در تولید برق، یک برنامه درازمدت در نظر گرفته شده است به‌گونه‌ای که در سال ۲۰۳۲ تولید ۱۰۰۰ مگاوات برق زمین گرمایی مدنظر می‌باشد.

در بسیاری از نواحی عربستان که فوران‌های آتشفشانی وجود دارند، از جمله نواحی مورد مطالعه، نفوذپذیری عمودی و ورود ماگما اجازه هدایت گرما و جرم را می‌دهد و بنابراین، اعماق نسبتاً قابل دستیابی هستند و دماها برای تولید برق مناسبند (۱۵۰ تا ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد). برای ساحل غربی عربستان، بین ۳ تا ۵ گیگاوات ظرفیت تولید برق پیش‌بینی می‌شود. این کشور پتانسیل تولید برقی معادل 200×10^6 کیلووات ساعت از منابع هیدروترمال و 120×10^6 تراوات ساعت از منابع EGS را داراست. [۱۸]

عربستان در نظر دارد تا سال ۲۰۲۰ به میزان ۳۰ گیگاوات ظرفیت تولید به شبکه اضافه کند و همه نوع تولید انرژی از جمله تجدیدپذیرها را در آن جای دهد. امروزه با همکاری تیم تحقیقاتی دانشگاه ملک سعود، دو شرکت انرژی پیشتاز از بخش

خصوصی، در مرحله آزمایش داده‌های جمع‌آوری شده زمین گرمایی هستند. تا پایان سال ۲۰۱۴، سه چاه زمین گرمایی در ناحیه لیث حفر شده‌اند و پیش‌بینی شده است که تا میانه سال ۲۰۱۵ یک نیروگاه دودمداره یک مگاواتی نصب شود. بعضی از کاربردهای مستقیم برای زمین گرمایی درجه پایین هم‌اکنون در عربستان مورد استفاده است مثل استخرهای شنا و رفع خستگی که در ناحیه جیزان احداث شده‌اند. اخیراً دو پروژه مقیاس کوچک توریستی در این منطقه توسط وزارت گردشگری عربستان اجرا شده است که هدف آن حفاری یک چاه کم عمق تا ۷۵ متری برای اصابت به سیستم شکاف اصلی جریان آب-گرم و پمپاژ آب از طریق لوله‌های مخصوص به نزدیک ناحیه کوهستانی است. تعدادی دیگر از این مراکز هم در دست ساخت هستند.

۹-۲-۳-۱- بررسی نقشه راه انرژی زمین گرمایی ترکیه

کشور ترکیه از نظر موقعیت زمین‌شناسی بر روی کمربند کوهزایی آلپ- هیمالیا قرار گرفته است که همراه با فرآیندهای تکتونیکی شدیدی می‌باشد و دارای پتانسیل زمین گرمایی بالایی است. مطالعات پتانسیل‌سنجی در مورد منابع زمین گرمایی در کشور ترکیه انجام گرفته و نتیجه آن شناسایی حدود ۱۷۰ میدان زمین گرمایی و ۶۰۰ منطقه امید بخش زمین گرمایی در این کشور است. ترکیه با داشتن پتانسیل قابل توجه منابع تجدید پذیر، رتبه هفتم در دنیا و اول در اروپا را در استفاده از انرژی زمین گرمایی به خود اختصاص داده است.

تعداد میدانی که دمای آن‌ها بالای ۱۳۰ درجه سانتی‌گراد است، ۱۷ میدان می‌باشد که یا از آن‌ها برق تولید می‌شود یا در حال توسعه به منظور تولید برق می‌باشند. میزان برق تولیدی از میدانی زمین گرمایی ترکیه ۱۶۲ مگاوات (در سال ۲۰۱۲) است که این مقدار حدود ۰/۳ درصد از کل ظرفیت تولیدی برق کشور می‌باشد. [۱۸]

در حال حاضر، از کل پتانسیل زمین گرمایی موجود در کشور ترکیه فقط از ۶ درصد آن بهره‌برداری صورت می‌گیرد.

بر اساس آمارهایی که این کشور از منابع زمین گرمایی ارائه کرده است، کل انرژی زمین گرمایی بالقوه در کشور ترکیه

تا عمق ۳ کیلومتری به صورت نظری معادل مقادیر زیر هستند:

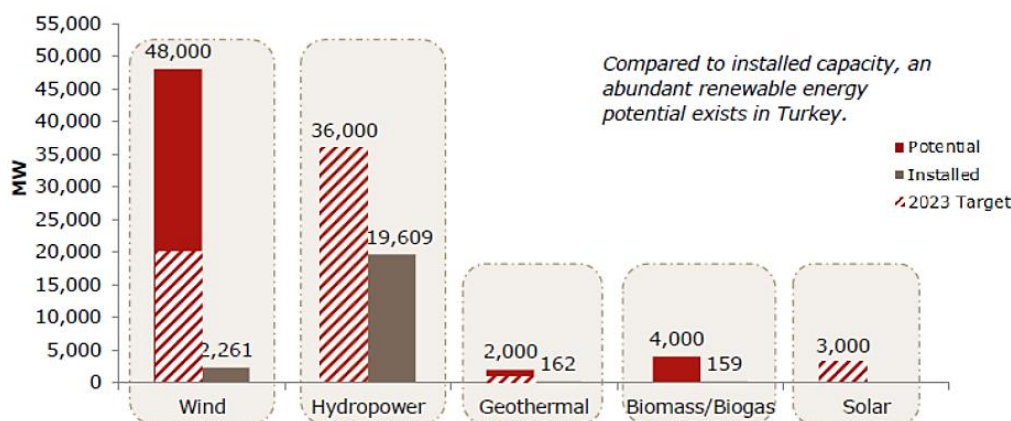
- ۶۰۰۰۰ مگاوات توان تولید برق
- تأمین سیستم گرمایش ۷/۵۰۰/۰۰۰ واحد مسکونی

- ۳۰۰ میلیارد مترمربع گلخانه‌های زمین گرمایی

کشور ترکیه در زمینه استفاده از منابع زمین گرمایی در طی ۱۵ سال اخیر پیشرفت‌های زیادی داشته است از جمله می-توان به موارد زیر اشاره نمود:

- تولید برق در حدود ۱۶۲ مگاوات تا سال ۲۰۱۲
- رتبه اول جهانی در استفاده از گلخانه‌های زمین گرمایی
- استفاده گسترده در سیستم گرمایشی منازل

برنامه‌ریزی‌ها و برآوردهای صورت گرفته نشان می‌دهد که توسعه زمین گرمایی در کشور ترکیه بین ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۸ دارای پیشرفت‌های محسوسی خواهد شد به گونه‌ای که ظرفیت تولید برق در این کشور را تا سقف ۷۵۰ مگاوات پیش‌بینی می‌کنند. همچنین تأمین سیستم گرمایش ۵۰۰/۰۰۰ واحد مسکونی مدنظر قرار گرفته شده است. در بخش گلخانه‌های زمین گرمایی نیز افزایش چند برابری برای توسعه آن‌ها در نظر گرفته شده است. ترکیه در نظر دارد تا سال ۲۰۲۳ ظرفیت تولید برق خود از منابع زمین گرمایی را تا ۲۰۰۰ مگاوات افزایش دهد، شکل (۸-۱). [۹]



شکل (۸-۱) - ظرفیت انرژی پتانسیل و نصب‌شده تجدیدپذیر در ترکیه در سال ۲۰۱۲

بین سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۵، مجموعاً حدود ۳۲۰ اکتشاف زمین گرمایی، تولید و تزریق چاه برای تولید برق و همچنین با هدف استفاده مستقیم صورت گرفته است که در کل ۵۷۰ کیلومتر حفاری توسط MTA و بخش خصوصی در ترکیه انجام شده است. به‌ویژه در سیستم‌های زمین گرمایی بیوک مندرس گرین و گدیز گرین، حوزه‌های زمین گرمایی جدیدی توسط MTA و

بخش خصوصی ترکیه کشف شده‌اند. نزدیک به ۸۰ درصد اکتشاف چاه‌های زمین گرمایی تا کنون در ناحیه آناتولی غربی بوده است. کل هدف تأمین الکتریسیته از زمین گرمایی تا سال ۲۰۲۰، ۱۰۷۷ مگاوات است.

کاربردهای مستقیم زمین گرمایی به ۲۸۸۶/۳ مگاوات گرمایش زمین گرمایی رسیده است که شامل گرمایش مستقیم (۸۰۵ مگاوات)، نزدیک به ۳ میلیون متر مربع گرمایش گلخانه‌ها (۶۱۲ مگاوات)، گرمایش تسهیلات حرارتی، هتل‌ها و ... (۴۲۰ مگاوات)، آب گرم درمانی (۱۰۰۵ مگاوات)، خشک‌کن‌های کشاورزی (۱/۵ مگاوات) و کاربردهای پمپ حرارتی (۴۲/۸ مگاوات) می‌باشد. تولید برق زمین گرمایی (از ۱۷ نیروگاه) تا به حال (دسامبر ۲۰۱۴) به ۴۰۰ مگاوات رسیده است. کارخانه‌های تولید یخ خشک و دی‌اکسید کربن مایع در داخل نیروگاه‌های کیزیلدره و سالواتلی ایجاد شده‌اند. ظرفیت نصب‌شده نیروگاه‌های زمین گرمایی در حال ساخت ۱۶۵ مگاوات است. در ۵ سال اخیر و به ویژه ۲ سال گذشته در ترکیه، بیشترین پیشرفت‌ها در حوزه نیروگاهی و آب گرم درمانی بوده است. مجموعاً ۷۵۰ مگاوات تولید برق و ۴۰۰۰ مگاوات گرمایش محیطی برای سال ۲۰۱۸ هدف‌گذاری شده است.

پس از همه این تجارب، اکنون زمان توجه به سرمایه‌های مستقیم زمین گرمایی در ترکیه فرا رسیده است. ۸۰ - ۷۰ درصد منابع زمین گرمایی ترکیه در آناتولی غربی واقع شده است که در طول فصل تابستان شدیداً گرم است و سرمایه‌های آن یک نیاز حیاتی است. دومین هدف ترکیه می‌تواند تأکید بر سیستم‌های EGS و کشف پتانسیل‌های آن برای در نظر گرفتن مشوق‌های سرمایه‌گذاری در این زمینه باشد. هدف تولید برق زمین گرمایی ترکیه تا سال ۲۰۲۳ برابر ۱۵۰۰ مگاوات اعلام شده است.

۱-۳-۲-۱۰ - بررسی نقشه راه انرژی زمین گرمایی ایسلند

طرح جامع توسعه انرژی زمین گرمایی در کشور ایسلند در سال ۱۹۹۷ توسط دولت ابلاغ شد. این طرح دارای بازه زمانی ۱۰ ساله و در دو فاز اجرا شده است. این طرح در واقع شامل پروژه‌های تولید برق از منابع زمین گرمایی است که دارای رتبه بالای اقتصادی، حداقل تأثیرات منفی زیست محیطی و اثرات مثبت در جامعه می‌باشند.

ایسلند دارای منابع زمین گرمایی فراوانی است به طوری که این منابع سهم عمده‌ای در تأمین انرژی این کشور دارا هستند. بیش از ۳۰ میدان زمین گرمایی حرارت بالا در کشور ایسلند کشف شده است که همه آن‌ها در ارتباط با فعالیت‌های آتشفشانی و

فعالیت‌های تکنونیک‌ی شدید می‌باشند. این میادین دارای پتانسیل تولید برق اند و از بسیاری از آن‌ها، در حال حاضر، برق تولید می‌شود.

فاز اول در سال ۱۹۹۹ آغاز شده و در سال ۲۰۰۳ به پایان رسیده است. این فاز شامل ۲۴ پروژه زمین گرمایی بوده است که هدف نهایی آن تولید ۱۸ تراوات ساعت انرژی زمین گرمایی بود.

فاز دوم طرح جامع در سپتامبر ۲۰۰۴ آغاز شده است. این فاز توسط دو گروه مشاور با شرح خدمات زیر اجرا شده است:

- گروه اول ارزیابی ماهیت زیستی و زمین شناسی انرژی زمین گرمایی را عهده دار است.

- گروه دوم بررسی بهبود روش‌ها و ارزیابی چشم‌انداز را عهده دار است.

مهم‌ترین فعالیت‌های فاز دوم

- اکتشاف مناطق زمین گرمایی ناشناخته که شامل تهیه نقشه‌های زمین شناسی، اکتشافات ژئوفیزیکی، نمونه برداری از چشمه‌ها و سایر نشانه‌ها، ارائه مدل مفهومی برای هر سیستم زمین گرمایی و نهایتاً مشخص کردن حجم و درجه حرارت احتمالی مخزن.
- ارزیابی مجدد پروژه‌های زمین گرمایی مربوط به فاز اول و همچنین ارزیابی پروژه‌های مربوط به فاز دوم.
- طبقه بندی نشانه‌های سطحی زمین شناسی و محدوده‌های دگرسان شده در مناطق زمین گرمایی.
- نقشه برداری از پوشش‌های گیاهی در نزدیکی نشانه‌های سطحی زمین گرمایی و بررسی زیست موجودات در مسیر سیال زمین گرمایی.
- بررسی چشم‌انداز تولید برق و مقایسه با سایر کشورهای اروپایی

در ۱۵ فوریه سال ۲۰۱۳، سازمانی به نام «گروه صنعتی زمین گرمایی» ایسلند رسماً آغاز به کار کرد. مأموریت این سازمان این است که به عنوان یک پلت فرم تأمین کننده ارزش اجتماعی و تجاری از پروژه‌های ارزشمند منحصربه‌فرد ایسلند در حوزه زمین گرمایی عمل کند. این سازمان در اولین گزارش خود که در سال ۲۰۱۳ منتشر شده است، چشم‌اندازی را برای نقش خود در توسعه زمین گرمایی تا سال ۲۰۱۹ بیان کرده است که نشان از عزم آن برای شناخته شدن به عنوان یک خوشه بین‌المللی در زمینه نوآوری، تحصیلات و توسعه تجاری در حوزه زمین گرمایی و همچنین سازمانی حامی برای شرکت‌های ایسلندی جهت تبدیل آن‌ها به پیشروان ارائه کننده خدمت در زنجیره ارزش بین‌المللی انرژی زمین گرمایی، می‌دهد.

۱۱-۲-۳-۱ چشم انداز کشورهای منطقه MENA برای توسعه انرژی زمین گرمایی

در حال حاضر، در میان انواع انرژی های تجدیدپذیر، انرژی زیست توده نوین و زمین گرمایی برای تولید برق کمترین منابع انرژی استخراج شده در این ناحیه بوده اند. قلمرو فلسطین در حال حاضر تنها کشوری است که از انرژی زمین گرمایی بهره برداری دارد و الجزایر، جیبوتی، ایران، عربستان و یمن هم برنامه هایی در این زمینه دارند. در مقایسه با انرژی باد و خورشیدی، انتظار نمی رود که به کارگیری این فناوری ها توسعه قابل توجهی پیدا کند. در جدول (۷-۱) ظرفیت نصب شده انرژی تجدید پذیر در منطقه منا نشان داده شده است.

جدول (۷-۱) - ظرفیت نصب شده انرژی تجدیدپذیر در منطقه منا (مگاوات)

	Solar		Wind	Biomass and Waste	Geothermal	Hydro	Total
	PV	CSP					
Algeria	7.1 ^a	25 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	228 ^a	260.1
Bahrain	5 ^b	0 ^b	0.5 ^a	0 ^a	0 ^b	0 ^b	5.5
Egypt	15 ^a	20 ^a	550 ^a	0 ^a	0 ^a	2,800 ^a	3,385
Iran	4.3 ^c	17 ^b	91 ^a	0 ^a	0 ^a	9,500 ^a	9,612.3
Iraq	3.5 ^d	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	1,864 ^a	1,867.5
Kuwait	1.8 ^e	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	1.8
Libya	4.8 ^a	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	4.8
Oman	0.7 ^e	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0.7
Qatar	1.2 ^e	0 ^a	0 ^a	40 ^a	0 ^a	0 ^a	41.2
Saudi Arabia	7 (2013)	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	7
Syria	0.84 ^e	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	1,151 ^e	1,151.84
UAE	22.5 ^a	100 (2013)	0 ^b	3 ^a	0 ^b	0 ^b	125.5
Yemen	1.5 ^a	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	1.5
Total NOEC	75.24	162	641.5	43	0	15,543	16,464.74
Djibouti	1.4 ^e	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	1.4
Israel	269 ^a	0 ^b	6 ^b	27 ^a	0 ^b	7 ^a	309
Jordan	1.6 ^a	0 ^b	1.4 ^a	3.5 ^a	0 ^b	10 ^a	16.5
Lebanon	1 ^a	0 ^b	0.5 ^a	0 ^b	0 ^b	282 ^a	283.5
Malta	12 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	12
Morocco	15 ^a	20 ^a	291 ^a	0 ^a	0 ^a	1,745 ^a	2,071
Palestinian Territories	1 ^a	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0.023 ^a	0 ^a	1.023
Tunisia	4 ^a	0 ^a	154 ^a	0 ^b	0 ^b	66 ^a	224
Total NOIC	305	20	452.9	30.5	0.023	2,110	2,918.42
TOTAL MENA	380.24	182	1,094.4	73.5	0.023	17,653	19,383.16

در ابتدای سال ۲۰۱۳، اهداف سیاستی برای انرژی تجدیدپذیر در همه ۲۱ کشور منا که شامل دو قلمرو منطقه ای می شوند، وجود داشته است. بیش از نیمی از اهداف سیاستی در مورد سهم تولید برق، به طور متوسط ۱۰ تا ۲۰ درصد تولید برق در نظر گرفته شده است، اما این رقم برای تک تک کشورها متفاوت است و طیفی از ۲ درصد تا سال ۲۰۲۰ برای قطر و ۴۰

درصد تا ۲۰۳۰ برای الجزایر را دربر می گیرد (جدول ۸-۱ را ببینید). دیگر اهداف، در مورد سهم تجدیدپذیر در تأمین انرژی اصلی یا نهایی، تأمین حرارت، مقدار کل تولید انرژی برای تجدیدپذیرها یا ظرفیت های نصب شده الکتریکی فناوری های خاص هستند. بیشترین اهداف برای بازه زمانی ۲۰۲۰-۲۰۳۰ تعیین شده اند. [۲۲]

جدول (۸-۱) - کل اهداف در زمینه سهم انرژی تجدیدپذیر در کشورهای منا

اهداف انرژی تجدیدپذیر و تاریخ های هدف		
۶٪ تولید برق تا ۲۰۱۵، ۱۵٪ تا ۲۰۲۰ و ۴۰٪ تا ۲۰۳۰؛ که از این مقدار ۳۷ درصد خورشیدی (فتوولتائیک و CSP) و ۳ درصد بادی است	الجزایر	NOEC (کشورهای صادرکننده تام نفت)
۵٪ تا ۲۰۲۰	بحرین	
۲۰٪ تولید برق تا ۲۰۲۰ که ۱۲ درصد آن انرژی بادی است	مصر	
-	ایران	
۲٪ تولید برق تا ۲۰۱۶	عراق	
۵٪ تولید برق تا ۲۰۲۰ و ۱۰٪ تا ۲۰۳۰	کویت	
۳٪ تولید برق تا ۲۰۱۵، ۷٪ تا ۲۰۲۰ و ۱۰٪ تا ۲۰۲۵	لیبی	
۱۰٪ تا ۲۰۲۰	عمان	
حداقل ۲٪ تولید برق تا سال ۲۰۲۰ از انرژی خورشیدی	قطر	
-	عربستان سعودی	
-	سوریه	
دبی، ۵٪ الکتریسیته تا ۲۰۳۰؛ ابوظبی، ۷٪ ظرفیت تولید برق تا ۲۰۲۰	امارات	
۱۵٪ الکتریسیته تا ۲۰۲۵	یمن	
۳۰٪ تامین الکتریسیته محلی از فتوولتائیک خورشیدی تا ۲۰۱۷، ۱۰۰٪ انرژی تجدیدپذیر تا ۲۰۲۰	جیبوتی	NOIC (کشورهای واردکننده تام نفت)
۵٪ تولید برق از تجدیدپذیرها تا ۲۰۱۴، ۱۰٪ تا ۲۰۲۰	اسرائیل	
۷٪ انرژی اصلی تا ۲۰۱۵، ۱۰٪ تا ۲۰۲۰	اردن	
۱۲٪ انرژی الکتریکی و گرمایی تا ۲۰۲۰	لبنان	
۱۰٪ انرژی نهایی از تجدیدپذیرها تا ۲۰۲۰، ۱۴٪ الکتریسیته تا ۲۰۲۰، ۶٪ گرمایش و سرمایش تا ۲۰۲۰، ۱۱٪ حمل و نقل تا ۲۰۲۰	مالت	
۴۲٪ ظرفیت برق نصب شده تا ۲۰۲۰	مراکش	
۲۵٪ انرژی از تجدیدپذیرها تا ۲۰۲۰، ۱۰٪ (یا حداقل ۲۴۰ گیگاوات) تولید برق تا ۲۰۲۰	قلمرو فلسطین	
۱۱٪ تولید برق تا ۲۰۱۶، ۲۵٪ تا ۲۰۳۰	تونس	

اهداف انرژی تجدیدپذیر و تاریخ‌های هدف		
۱۶٪ ظرفیت برق نصب‌شده تا ۲۰۱۶، ۴۰٪ تا ۲۰۳۰		

در کشورهای واردکننده تام نفت، قلمرو فلسطین هدف ۱۰ درصدی برای تولید برق تا سال ۲۰۲۰ در نظر گرفته، لبنان ۴۰ مگاوات از هیدرو، ۱۵-۲۵ مگاوات از بيوگاز و ۶۰-۱۰۰ مگاوات از ظرفیت بادی تا سال ۲۰۱۵ لحاظ کرده، و جیبوتی که هیچ ظرفیت برق تجدیدپذیری در سال ۲۰۰۹ نداشت، هدفی ۱۰۰ درصدی برای انرژی تجدیدپذیر تا ۲۰۲۰ در نظر گرفته است. [۲۶]

۱۹ کشور از ۲۱ کشور منا، اهداف انرژی تجدیدپذیر خود را بر اساس فناوری، تفکیک کرده‌اند (جدول ۱-۹ را ببینید). هنگامی- که اهداف کلی براساس فناوری تفکیک می‌شوند، انرژی‌های بادی و خورشیدی به‌وضوح گزینه‌های اصلی فناوری هستند که منعکس‌کننده کیفیت این منابع تجدیدپذیر در این منطقه است. در انتخاب فناوری‌های خورشیدی، CSP به‌دلیل پتانسیل خیره بالایش (علیرغم هزینه فعلی بالای هر واحد انرژی CSP)، جلوتر از فتولتائیک است.

تعدادی از کشورها، اهدافی را برای انرژی حاصل از ضایعات، انرژی هیدرو و زمین‌گرمایی تنظیم کرده‌اند. اهداف سرمایه‌گذاری و گرمایش خورشیدی اغلب در اسناد سیاستی برای انرژی تجدیدپذیر ظاهر نمی‌شوند و معمولاً به‌عنوان معیارهای کارایی انرژی دیده می‌شوند.

در کل، کشورهای NOEC اهداف انرژی تجدیدپذیر بلندپروازانه‌تری نسبت به NOIC دارند که بیانگر این است که این کشورها، به زودی به کشورهای پیشرو در این منطقه در زمینه سرمایه‌گذاری، ظرفیت و تولید انرژی تجدیدپذیر تبدیل خواهند شد. این واقعیت که، به استثنای تونس، کشورهای NOIC هنوز اهداف ظرفیت انرژی تجدیدپذیری فراتر از سال ۲۰۲۰ تعیین نکرده‌اند و همچنین اینکه کشورهای NOEC در این منطقه، عموماً جایگاه مطلوب‌تری برای تأمین مالی پروژه‌های انرژی تجدیدپذیر دارند، پیشتازی کشورهای NOEC را تأیید می‌کند.

در بین کشورهای NOEC، عربستان سعودی بلندپروازانه‌ترین هدف را دارد (۵۴ گیگاوات تا ۲۰۳۲) که توسط الجزایر (۱۲ گیگاوات تا ۲۰۳۰) و مصر (۱۰/۷ گیگاوات تا ۲۰۲۷) دنبال می‌شود. در بین کشورهای NOIC مراکش هدفی ۴ گیگاواتی برای ظرفیت انرژی تجدیدپذیر غیر هیدرو تا ۲۰۲۰ دارد و هدف اسرائیل دستیابی به تقریباً ۲/۸ گیگاوات تا ۲۰۲۰ است. [۲۴]

جدول (۹-۱) - اهداف ظرفیتی انرژی های تجدیدپذیر براساس فناوری در کشورهای منا

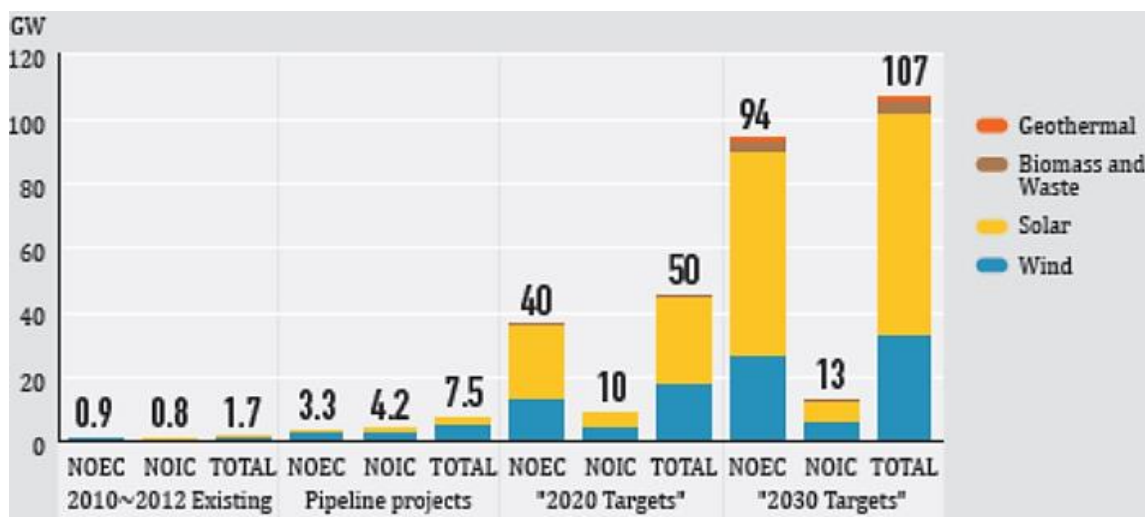
نکته: هدف ذکر شده برای الجزایر در این جدول، تنها مربوط به هدف ظرفیت انرژی تجدیدپذیر برای استفاده داخلی است. این کشور همچنین هدف

۱۰ هزار مگاواتی دیگری برای صادرات تا ۲۰۳۰ دارد.

	Solar		Wind	Biomass, Geothermal, and Hydro	TOTAL	
	PV	CSP				
NOEC	Algeria					
	by 2013	6 MW	25 MW	10 MW	—	41 MW
	by 2015	182 MW	325 MW	50 MW	—	557 MW
	by 2020	831 MW	1,500 MW	270 MW	—	2,601 MW
	by 2030	2,800 MW	7,200 MW	2,000 MW	—	12,000 MW
	Bahrain	—	—	—	—	—
	Egypt					
	by 2020	220 MW	1,100 MW	7,200 MW	—	8,520 MW
	by 2027	700 MW	2,800 MW	—	—	10,700 MW
	Iran					
	by 2013	—	—	1,500 MW	—	1,500 MW
	Iraq					
	by 2016	240 MW	80 MW	80 MW	—	7,700 MW
	Libya					
	by 2015	129 MW	—	260 MW	—	389 MW
	by 2020	344 MW	125 MW	600 MW	—	1,069 MW
by 2025	844 MW	375 MW	1,000 MW	—	2,219 MW	
Kuwait						
by 2030	3,500 MW	1,100 MW	3,100 MW	—	7,700 MW	
Oman	—	—	—	—	—	
Qatar						
by 2020	640 MW	—	—	—	640 MW	
Saudi Arabia						
by 2022	17,350 MW	—	6,500 MW wind/waste-to-energy/geothermal	—	23,850 MW	
by 2032	16,000 MW	25,000 MW	9,000 MW	3,000 MW waste-to-energy 1,000 MW geothermal	54,000 MW	
Syria						
by 2015	45 MW	—	150 MW	—	195 MW	
by 2020	380 MW	—	1,000 MW	140 MW biomass	1,520 MW	
by 2025	1,100 MW	50 MW	1,500 MW	260 MW biomass	2,910 MW	
by 2030	1,750 MW	—	2,000 MW	400 MW biomass	4,200 MW	
UAE	—	—	—	—	—	
Yemen						
by 2025	4 MW	100 MW	400 MW	6 MW solid biomass; 200 MW geothermal	710 MW	
NOIC	Djibouti	—	—	—	—	—
	Israel					
	by 2020	1,750 MW	—	800 MW	210 MW biogas and biomass	2,760 MW
	Jordan					
	by 2020	300 MW	300 MW	1,200 MW	—	1,800 MW
	Lebanon					
	by 2015	—	—	60-100 MW	15-25 MW biogas; 40 MW hydro	115-165 MW
	by 2020	—	—	400-500 MW	—	455-565 MW
	Malta					
	by 2020	28 MW	—	110 MW	7 MW biogas; 15 MW solid biomass	160 MW
Morocco						
by 2020	2,000 MW	—	2,000 MW	2,000 MW hydro	6,000 MW	
Palestinian Territories						
by 2020	45 MW	20 MW	44 MW	21 MW solid biomass	130 MW	
Tunisia						
by 2016	140 MW	—	430 MW	40 MW solid biomass	610 MW	
by 2030	1,500 MW	500 MW	1,700 MW	300 MW solid biomass	4,000 MW	

در زمینه انرژی زمین گرمایی، تنها عربستان ظرفیتی ۱۰۰۰ مگاواتی برای ۲۰۳۲ و یمن ظرفیتی ۲۰۰ مگاواتی برای ۲۰۲۵ در نظر گرفته اند. عربستان برنامه بلندپروازانه‌ای برای توسعه انرژی های تجدیدپذیر دارد که بخشی از آن مربوط به توسعه انرژی زمین گرمایی به میزان ۱ گیگاوات تا سال ۲۰۳۲ است. الجزایر اقدام به انجام مناقصه‌هایی برای توسعه دو نیروگاه برق زمین-گرمایی کرده است که یکی از آنها، یک نیروگاه ۵ مگاواتی در منطقه گوئلما است.

در این منطقه، در حال حاضر، ایران و جیبوتی دو پروژه زمین گرمایی با ظرفیت ۵۵ و ۵۰ مگاواتی دارند که هنوز به بهره برداری نرسیده اند. در شکل (۹-۱) ظرفیت پیش بینی شده تجدیدپذیر غیر هیدرو در منطقه مناسبت داده شده است. [۲۵]



شکل (۹-۱) - ظرفیت پیش بینی شده تجدیدپذیر غیر هیدرو در منطقه مناسبت

۱-۴ - تبیین چارچوب بیانیه و ارائه پیش نویس اولیه چشم انداز

با توجه به بررسی های صورت گرفته بر روی اسناد بالادستی و ابعاد چشم اندازی اسناد سایر کشورها به خصوص کشورهای ناحیه MENA، ویژگی ها و چارچوب های مهم در تدوین سناریوی توسعه فناوری زمین گرمایی مشخص شد. از آنجایی که هر سند تدوین شده در کشور باید در راستای سند چشم انداز ۲۰ ساله کشور باشد افق سند باید سال ۱۴۰۴ در نظر گرفته شود. با جمع بندی ویژگی های استنتاج شده از بررسی اسناد مختلف بیانیه اولیه چشم انداز توسعه انرژی زمین گرمایی ایران به صورت زیر بیان می شود.

«با الهام از سند چشم‌انداز بیست‌ساله توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی کشور، نقشه جامع علمی کشور و در راستای تحقق سند چشم‌انداز وزارت نیرو و به منظور ارتقای توانمندی‌های فناورانه در بخش تولید انرژی، جمهوری اسلامی ایران با تکیه بر توانمندی‌های داخلی و متخصصان کارآمد و خلاق در طراحی، تولید و راه‌اندازی فناوری‌های اولویت‌دار حوزه زمین‌گرمایی به جایگاه اول رقابت‌پذیر در منطقه و رتبه مناسب در آسیا در افق ۱۴۰۴ دست یافته است.»

۵-۱- شناسایی ابعاد بیانیه چشم‌انداز

همان‌طور که قبلاً در بخش ۱-۳ در توضیح فرایند (روش منتخب) تدوین بیانیه چشم‌انداز ذکر شد، در مرحله سوم و پس از تدوین بیانیه اولیه چشم‌انداز، باید بررسی شود که ویژگی‌های اساسی ذکر شده در بیانیه اولیه، در نظر گرفته شده و لحاظ شده‌اند یا نه و در صورت در نظر گرفته نشدن ویژگی‌های اساسی، این ویژگی‌ها باید به بیانیه تدوین شده افزوده شود. این ویژگی‌های اساسی عبارتند از: افق زمانی برنامه‌ریزی، جایگاه و رتبه عددی توانمندی در منطقه و جهان، توجه به اسناد بالادستی مرتبط، حوزه کاربرد فناوری، اصول ارزشی حاکم بر توسعه فناوری موردنظر، و تعیین سطح کلی فعالیت. برای تدوین پیش‌نویس اولیه چشم‌انداز توسعه فناوری‌های زمین‌گرمایی، تمامی این ویژگی‌های اساسی مدنظر قرار گرفته‌اند. جدول (۱-۱۰) جزئیات این ویژگی‌ها و چگونگی لحاظ شدن آن‌ها در پیش‌نویس را، توضیح می‌دهد.

جدول (۱-۱۰) - ابعاد بیانیه چشم‌انداز

محتوا	ابعاد مندرج در چشم‌انداز
۱۴۰۴	افق برنامه‌ریزی
رتبه اول در سطح منطقه	جایگاه و رتبه‌ی عددی توانمندی فناورانه در منطقه و جهان

محتوا	ابعاد مندرج در چشم‌انداز
سند چشم‌انداز بیست ساله کشور نقشه جامع علمی کشور سند چشم‌انداز وزارت نیرو در افق ۱۴۰۴	ذکر اهداف بالادستی تعیین شده در اسناد قبلی
فناوری‌های اولویت‌دار انرژی زمین گرمایی	حوزه کاربرد فناوری
ارتقای توانمندی فناوری‌های تولید انرژی تکیه بر توانمندی داخلی و متخصصان توانمند و خلاق	اصول ارزشی
طراحی و تولید و راه‌اندازی	تعریف کلی سطح فعالیت

۱-۶ - نظرات کمیته راهبری در مورد پیش‌نویس اولیه چشم‌انداز

چشم‌انداز تعریف شده توسط تحلیل‌گران و مشاوران در مرحله قبل باید برای نهایی شدن به تأیید کمیته راهبری مسئول توسعه فناوری، متشکل از خبرگان صنعت، دولت و دانشگاه برسد. این تأیید علاوه بر نمایش صحت آینده ترسیم شده، به همگرا شدن نظرات خبرگان در مورد هر یک از مؤلفه‌های آینده فناوری نیز منجر می‌شود. بنابراین، بیانیه اولیه چشم‌انداز در جلسه کمیته راهبری مورخ ۱۳۹۳/۱۲/۱۸ برگزار گردید که نظرات خبرگان در مورد آن در صورتجلسه پیوست شده به این گزارش موجود می‌باشد.

۱-۷ - بیانیه نهایی چشم‌انداز

پس از ارائه پیش‌نویس اولیه بیانیه چشم‌انداز در جلسه، متن ارائه شده به صورت کلی تأیید گردید و به‌عنوان بیانیه نهایی چشم‌انداز مورد استناد قرار خواهد گرفت. جایگاه کشور در بین کشورهای آسیا نیز با مشورت خبرگان تعیین شد.

«با الهام از سند چشم‌انداز بیست‌ساله توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی کشور، نقشه جامع علمی کشور و در راستای تحقق سند چشم‌انداز وزارت نیرو و به منظور ارتقای توانمندی‌های فناورانه در بخش تولید انرژی، جمهوری اسلامی ایران با تکیه بر توانمندی‌های داخلی و متخصصان کارآمد و خلاق در طراحی، تولید و راه‌اندازی فناوری‌های اولویت‌دار حوزه زمین‌گرمایی به جایگاه اول رقابت‌پذیر در منطقه و بین ۴ کشور اول آسیا در افق ۱۴۰۴ دست یافته است.»

لازم به ذکر است که ترسیم چشم‌انداز باید در تعامل با گام‌های بعدی صورت پذیرد. به عبارت دیگر، چشم‌انداز تعریف‌شده در این بخش بدون دریافت بازخورد از سایر گام‌ها می‌تواند ماهیتی خارج از واقعیت و غیرعملیاتی داشته باشد. بنابراین لازم است تا چشم‌انداز اولیه تعریف‌شده، با انجام هر گام (تعیین راهبردهای کلان، تحلیل عملکرد، و وضع سیاست‌ها) مورد بازنگری قرار گرفته و تغییرات لازم در مؤلفه‌های آن صورت پذیرد.

۲- تدوین اهداف کلان مرتبط با توسعه فناوری‌های حوزه زمین‌گرمایی

۸-۱- مقدمه

در این مرحله ابتدا بر اساس بررسی منابع مختلف شامل گزارش توجیه‌پذیری، مطالعات تطبیقی و غیره اهداف ممکن‌التصور استخراج می‌شود و سپس با توجه به الزامات بالادستی حاکم، دستاوردهای حاصل از توسعه فناوری در هر یک از اهداف ممکن‌التصور به دست می‌آید. در انتها، دستاوردهای به دست آمده در حوزه‌های اهداف کلان دسته‌بندی می‌شوند.

یکی از گام‌های اساسی در تعیین جهت‌گیری‌های کلان یک برنامه راهبردی، تدوین اهداف توسعه، در راستای چشم‌انداز تعریف شده است. این هدف‌گذاری در سطح کلان به منظور شفاف نمودن مسیر نیل به چشم‌انداز انجام می‌گیرد. در حقیقت اهداف مذکور، پاسخگوی یک سؤال اساسی است با عنوان «به منظور رسیدن به چشم‌انداز در افق زمانی تعیین‌شده، به چه مقاصدی باید دست یافت؟». با تعیین این اهداف در مسیر دستیابی به چشم‌انداز، کنشگران دخیل در نظام توسعه فناوری، اهدافی بلندمدتی را دنبال می‌کنند و در نتیجه، برنامه‌ریزی‌ها، تصمیم‌گیری‌ها و فعالیت‌های خود را بر اساس آن به صورت

دقیق تر و با جزئیات بیشتر انجام دهند.

در منابع برنامه ریزی راهبردی در سطح بنگاه، مطالعات مختلفی با موضوعیت تدوین حوزه های اهداف تعیین شده است. در زیر به طور خلاصه به بررسی این مدل ها پرداخته می شود:

حوزه های اهداف در مدل کارت امتیازی متوازن^۲

- منظر مالی (سودآوری، رشد در آمد، و افزایش بهره وری)
- منظر مشتری (تعیین مشتریان مخاطب، تعیین ارزش های پیشنهادی بنگاه با توجه به مشتریان)
- منظر فرایندهای داخلی (روابط با تأمین کنندگان، تصمیم گیری درمورد توسعه محصولات و خدمات جدید، خدمات پس از فروش، و مهندسی مجدد فرایندهای تولید)
- منظر یادگیری و رشد (رضایت کارکنان، فضای مناسب کاری، دسترسی به سیستم های اطلاعاتی لازم، برنامه های آموزش کارکنان)

حوزه های اهداف در مدل پیرس و رایبسون^۳ (۱۳۸۳)

توجه به مشتری، نوآوری، بهره وری، توجه به بخش مالی، منابع انسانی، لحاظ کردن محیط خارجی

حوزه های اهداف براساس مدل ترکیبی فیلیپس

- بازار (سعی در حفظ سهم بازار فعلی، افزایش صادرات)
- نوآوری (بالا بردن توان نوآوری و طراحی محصول)
- بهره وری (بهبود کیفیت محصولات تولیدی، افزایش بهره وری واحدهای تولیدی و خدماتی شرکت)
- منابع مالی (استفاده بهینه از منابع مالی شرکت و خارج از شرکت برای تأمین اهداف بازار)
- منابع انسانی (ایجاد انگیزه برای ارائه کار بهتر)
- مسئولیت های اجتماعی (حفظ محیط زیست و حفظ ایمنی و بهداشت محیط کار)
- منابع اولیه (تلاش برای تأمین مواد اولیه مورد نیاز از داخل کشور)

^۲Kaplan and Norton, 1996

^۳Pierce & Robinson

حوزه‌های اهداف براساس مدل دکتر اعرابی^۴

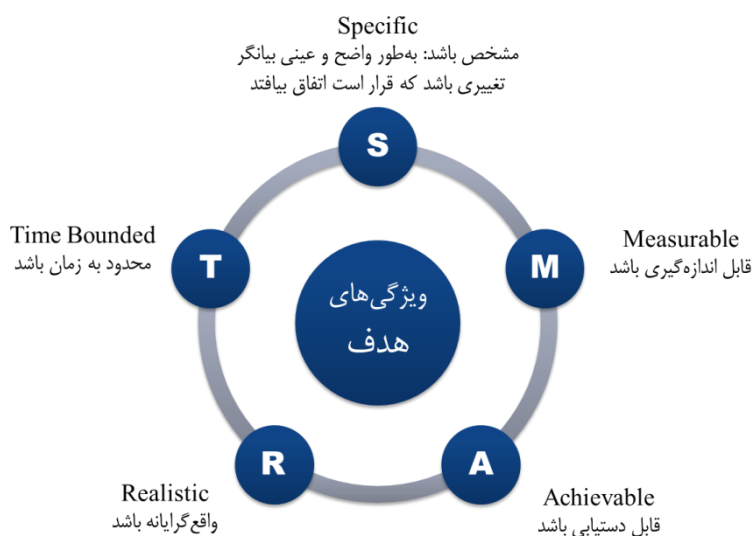
- سودآوری
- بهره‌وری (ساده‌سازی رویه‌ها و سیستم‌ها بر مبنای استانداردهای جهانی)
- موضع رقابتی (ارتقای نقش و جایگاه در اقتصاد ملی، توسعه همکاری‌های بین‌المللی و منطقه‌ای)
- پیشرفت کارکنان (سرمایه‌گذاری در نیروی انسانی و ظرفیت‌سازی)
- روابط کارکنان
- رهبری فناورانه
- مسئولیت اجتماعی (جلب رضایت، اعتماد و مشارکت خدمت‌گیرندگان).

علاوه بر حوزه‌های هدف ذکر شده، ویژگی‌هایی نیز برای اهداف در سطح بنگاه در ادبیات اشاره شده است. این ویژگی‌ها

عبارتند از:

- قابل کاربرد بودن،
- قابل اندازه‌گیری بودن،
- در نظر داشتن محدودیت منابع،
- قابل دستیابی بودن،
- مشخص بودن،
- قابلیت انعطاف داشتن،
- واقع‌گرایانه بودن،
- قابل قبول بودن، و
- و محدود به زمان بودن

^۴ این مدل در مورد تدوین استراتژی گمرک ایران مورد استفاده قرار گرفته است.



شکل (۱-۲) - ویژگی های اهداف کلان

در روش شناسی پیشنهادی، تدوین اهداف با دو رویکرد بالا-به-پایین و پایین-به-بالا صورت می پذیرد. رویکرد بالا-به-پایین رویکردی هدف محور است که به دنبال ترسیم یک آینده مطلوب برای توسعه صنعت است. در طرف مقابل، رویکرد پایین-به-بالا نگاهی مسئله محور^۵ به توسعه صنعت دارد. با استفاده از این رویکرد ترکیبی، از یک طرف همراستایی اهداف با چشم اندازهای کلان ملی و سایر ارکان جهت ساز بالادستی حفظ شده، و از طرف دیگر، تمام مسائل و مشکلات موجود در مسیر توسعه صنعت نیز مورد هدف تحلیل و بررسی قرار می گیرند. در این بخش، فرآیند تدوین اهداف کلان با نگاهی بالا-به-پایین صورت می گیرد. این اهداف در راستای چشم انداز و با تعریف حوزه های اهداف مشخص می شوند. در مجموع می توان این طور بیان نمود که اهداف، ترجمه چشم انداز در ابعاد مختلف هستند.

۹-۱ - روش شناسی تعیین اهداف کلان توسعه فناوری های انرژی زمین گرمایی

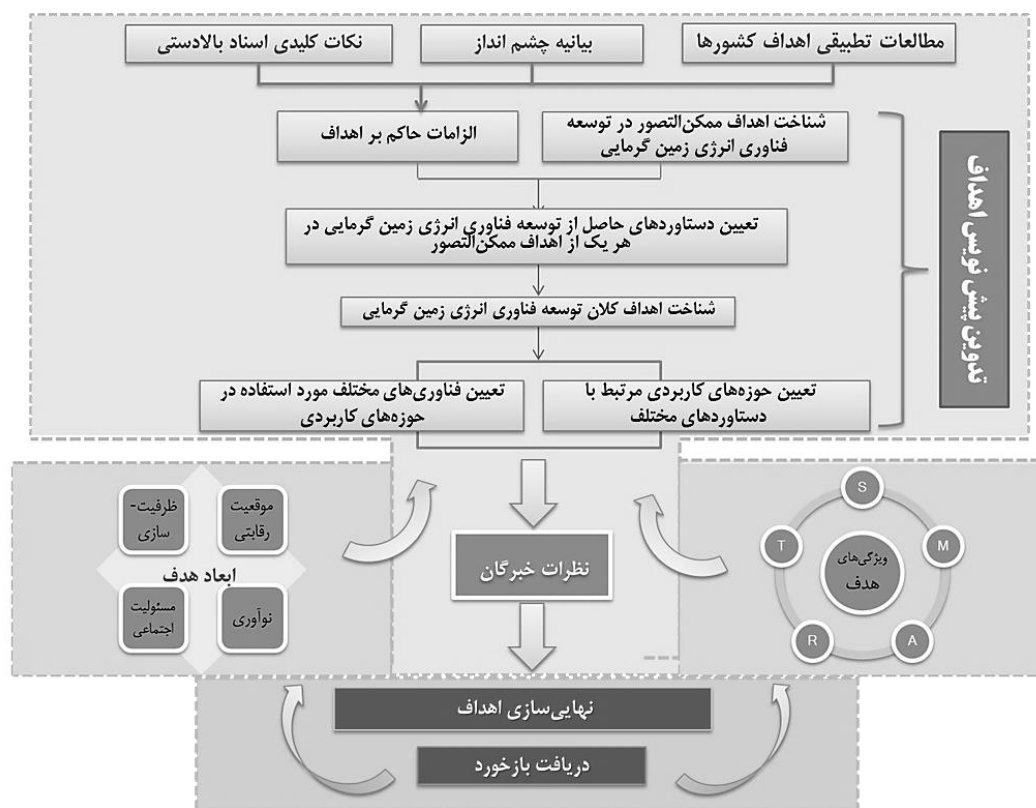
پس از بررسی و مطالعه مدل های مطرح در زمینه تدوین استراتژی فناوری و تعیین اولویت های تحقیقاتی و پس از برگزاری جلسات متعدد، تیم برنامه ریزی مدل اجرایی مناسب برای تعیین اهداف کلان را پیشنهاد کرد. در ادامه، مراحل این مدل به صورت خلاصه توضیح داده شده است.

برای تدوین پیش‌نویس اولیه‌ای از اهداف کلان، از سه ورودی اسناد کلان، چشم‌انداز تدوین‌شده در مرحله قبل، و مطالعات تطبیقی در مورد اهداف توسعه علمی و فنی کشورها به‌خصوص کشورهای منطقه، بهره‌می‌گیریم. مرور نکات کلیدی اسناد بالادستی، لحاظ کردن ابعاد ذکرشده در سند چشم‌انداز و همچنین شناسایی موقعیت رقابتی محتمل کشور بر اساس وضعیت کشورهای منطقه، الزامات حاکم بر اهداف را مشخص می‌سازد.

از طرف دیگر، به‌طور موازی، اهداف ممکن‌التصور بر اساس اهداف تعیین‌شده در اسناد راهبردی تهیه‌شده در سایر حوزه‌ها، مطالعات تطبیقی انجام‌شده در حوزه فناوری‌های زمین‌گرمایی، گزارش آینده‌پژوهی تهیه‌شده در حوزه فناوری‌های انرژی زمین‌گرمایی، گزارش اسناد بالادستی انرژی‌های تجدیدپذیر، و گزارش توجیه‌پذیری استفاده از انرژی زمین‌گرمایی، شناسایی می‌شوند. این اهداف باید در جهت دستیابی به چشم‌انداز و در مسیر مأموریت و استراتژی کلان انرژی کشور (الزامات حاکم بر اهداف) باشد و از سوی دیگر اهداف با توجه به قابلیت‌های فناوری تعیین شود.

سپس، همزمان با ارائه مطالبی در مورد ادبیات موضوع در حوزه هدفگذاری کلان به خبرگان کمیته راهبری، از نظرات آنان برای شناخت اهداف ممکن‌التصور و مشخص کردن دستاوردهای حاصل از توسعه انرژی زمین‌گرمایی در هر یک از اهداف ممکن‌التصور استفاده می‌شود. این امر، به شناختی کلی از اهداف کلان توسعه فناوری منجر می‌شود. سپس این دستاوردها در حوزه‌های اهداف دسته‌بندی می‌شوند. در ادامه، کاربردهای مرتبط با هر دستاورد مشخص می‌شود. درعین‌حال، فناوری‌های مورد استفاده در هر یک از حوزه‌های کاربردی شناسایی شده تعیین می‌شود. در نهایت، پیش‌نویس اهداف کلان تدوین می‌شود و برای دریافت نظرات خبرگان، در جلسه کمیته راهبری ارائه می‌گردد. پس از دریافت نظرات خبرگان، اهداف کلان نهایی می‌شوند. لازم به ذکر است که پس از نهایی شدن و با ورود به مراحل بعدی و دریافت بازخورد از مراحل بعدی، امکان اصلاح اهداف تدوین‌شده وجود دارد.

شکل زیر، مراحل تدوین اهداف کلان را به‌طور خلاصه به‌نمایش می‌گذارد.



شکل (۲-۲) - مدل اجرایی برای اولویت‌بندی فناوری‌ها

۱-۱۰- نکات کلیدی اسناد بالادستی

با توجه به بررسی‌های صورت گرفته بر روی اسناد بالادستی، ویژگی‌ها و چارچوب‌های مهم در تدوین سناریوی توسعه فناوری انرژی زمین گرمایی مشخص شد.

از آنجایی که هر سند تدوین شده در کشور باید در راستای سند چشم‌انداز ۲۰ ساله کشور باشد، افق سند باید سال ۱۴۰۴ در نظر گرفته شود. با جمع‌بندی ویژگی‌های استنتاج شده از بررسی اسناد مختلف و دیدگاه خبرگان مشخص می‌گردد که تدوین پیش-نویس اهداف کلان، باید با در نظر گرفتن نکات زیر صورت گیرد:

۱. دستیابی به جایگاه اول منطقه در عرضه برق مطمئن، پایا و با کیفیت مناسب (در حد استانداردهای جهانی)
۲. دسترسی آزاد به شبکه و رقابت منصفانه در بازار برق با ایجاد بسترهای لازم و تبدیل شدن به مرکز راهبردی شبکه برق در منطقه

۳. لزوم دستیابی کشور به جایگاه نخست منطقه و پنجم آسیا در بخش انرژی های نو تا سال ۱۴۰۴
۴. افزایش توان تولیدی برق تا بیست و پنج هزار (۲۵۰۰۰) مگاوات با حداقل ده هزار (۱۰۰۰۰) مگاوات سهم بخش خصوصی و تعاونی
۵. در نظر گرفتن متوسط نرخ رشد سالانه ۴/۴ درصدی برای برق حاصل از انرژی های تجدیدپذیر
۶. تنوع بخشی به منابع اولیه انرژی و فن آوری های تولید برق برای تقویت قدرت بازدارندگی و کاهش آسیب پذیری خدمات
۷. حفظ، احیاء و بهره برداری بهینه از سرمایه ها، منابع طبیعی تجدیدشونده و حفظ محیط زیست در طرح های توسعه ایجاد بازار برق در سطح ملی و منطقه ای و تجدید ساختار در صنعت برق کشور
۸. لزوم مطالعه جدی در مورد شناسایی پتانسیل های موجود در زمینه انرژی زمین گرمایی در کشور
۹. سنجش ظرفیت و تهیه اطلس کامل کشور برای منابع تجدیدپذیر با اولویت انرژی های باد، خورشید، زیست توده و زمین گرمایی
۱۰. توسعه کاربرد انرژی های تجدیدپذیر در کشور به نحوی که تا پایان برنامه چهارم توسعه، ۱ درصد از نیاز برق کشور از انرژی های نو تأمین گردد.
۱۱. موظف بودن وزارت نیرو به شناسایی کلیه فن آوری های مورد نیاز برای عرضه و مصرف انرژی در بیست سال آینده و فراهم کردن امکان طراحی و بهبود آن ها برای به کارگیری توسط سازندگان و تولیدکنندگان داخلی
۱۲. ایجاد انگیزه اقتصادی برای ارتقای فناوری و ایجاد ظرفیت های لازم برای جایگزینی سوخت های پاک (مانند گاز طبیعی) و منابع تجدیدشونده انرژی
۱۳. جلب مشارکت بخش خصوصی تا ۵۵ درصد در سرمایه گذاری های مربوط به انرژی های نو و بهره وری انرژی
۱۴. توسعه فناوری ذخیره سازی برق
۱۵. توسعه فناوری های تبدیل انرژی های تجدیدپذیر
۱۶. توسعه فناوری های نوین، بهبود مکانیزاسیون و روش های کاهش مصرف انرژی با تأکید بر انرژی های تجدیدپذیر
۱۷. استفاده از فناوری های جدید و انتقال تکنولوژی

۱۸. اطلاع‌رسانی، آگاه‌سازی و ایجاد فرهنگ عمومی جهت استفاده از منابع تجدیدپذیر انرژی و جلب مشارکت مردم برای

حمایت از تولید برق از انرژی‌های نو و تجدیدپذیر

۱۹. تلاش برای کسب فناوری و دانش فنی انرژی‌های نو و ایجاد نیروگاه‌ها از قبیل بادی و خورشیدی و پیل‌های سوختی

و زمین‌گرمایی در کشور

۲۰. گسترش تولید برق از نیروگاه‌های تولید پراکنده، کوچک مقیاس و پر بازده برق و تولید همزمان برق و حرارت

۲۱. لزوم توجه به ظرفیت‌های بالقوه کاربرد مستقیم انرژی زمین‌گرمایی در توسعه اقتصادی کشور

۲۲. لزوم توجه به مزیت غیرقابل انکار انرژی زمین‌گرمایی در تأمین بار پایه قابل انعطاف و مطمئن برای شبکه برق

۱۱-۱- خلاصه وضعیت و اهداف کشورهای منطقه و آسیا در انرژی زمین‌گرمایی

در مرحله مطالعات کلان، وضعیت فعلی و سناریوی توسعه علمی و فنی شماری از کشورهای جهان در حوزه منابع عمیق و

کم‌عمق زمین‌گرمایی مورد بررسی دقیق‌تر قرار گرفت تا بتوان جایگاه کشور در افق چشم‌انداز را در هر یک از این حوزه‌ها با

صحت بیشتری تعیین نمود.

در جدول زیر، بر مبنای گزارش‌های خوداظهاری کشورها در کنگره بین‌المللی زمین‌گرمایی در سال ۲۰۱۵، خلاصه‌ای از

وضعیت چهارده کشور در حوزه زمین‌گرمایی به تفکیک برای تولید برق، کاربرد مستقیم و پمپ حرارتی ذکر شده است که می-

تواند دید جامع‌تری برای تدوین اهداف کلان فراهم نماید. خلاصه وضعیت این کشورها در جدول زیر ذکر شده است.

جدول (۱-۲) - خلاصه وضعیت ۱۴ کشور آسیا و شمال آفریقا در انرژی زمین گرمایی

نام کشور	وضعیت کلی	پمپ حرارتی	کاربرد مستقیم	تولید برق
ارمنستان	در حال ارزیابی پتانسیل زمین گرمایی	-	-	یک پروژه نیروگاه فلش
چین	* استفاده بسیار توسعه یافته از کاربردهای مستقیم حرارت * گام های ابتدایی تولید برق * تمرکز تحقیقات فناوری های کلیدی بر پروژه های سنگ های خشک داغ * «مطالعه فناوری های کلیدی و تعیین وضعیت تولید برق از منابع حرارت کم-متوسط» با هدف دستیابی به یک نمونه ۵۰۰ کیلوواتی نیروگاه دوماهه تولید برق با کارایی حرارتی بیش از ۶ درصد	* ظرفیت نصب شده ۶۵/۹ درصد * استفاده انرژی سالانه ۵۷/۵ درصد * کاربرد در سال ۲۰۱۴ معادل ۳۳۰ مترمربع * ظرفیت نصب شده ۱۱/۷۸ گیگاوات	* ظرفیت نصب شده درمانی ۲۵۰۸ مگاوات * گرمایش مستقیم زمین-گرمایی، ۲۹۴۶ مگاوات، (۴۸/۴ درصد) * ظرفیت نصب شده گلخانه های زمین گرمایی معادل ۱۵۴ مگاوات * ظرفیت نصب شده استخراج های پرورش ماهی ۲۱۷ مگاوات	* ظرفیت تولید برق زمین-گرمایی ۱۵۵ گیگاوات ساعت در سال و فعلاً ظرفیت نصب شده ۲۸ مگاوات است * نیروگاه یانگ باجان به ظرفیت نصب شده ۲۶/۱۸ مگاوات و بازده سالانه ۱۴۰ گیگاوات * راه اندازی یک واحد ۴۰۰ کیلوواتی در سال ۲۰۱۱ و یک واحد ۵۰۰ کیلوواتی در سال ۲۰۱۲ در ناحیه نفتی لیوبی و راه اندازی ۱۶ مگاوات در ۲۰۱۴
اندونزی	* تمرکز بر تولید برق از زمین گرمایی به دلیل وجود منابع اکثراً با آنتالپی بالا	فعلاً ندارد	* استفاده استریلیزه کردن محیط رشد کشت قارچ * پالایش قند پالم با استفاده از شورآب های تولیدی از حوزه زمین-گرمایی لاهندونگ * خشک کردن نارگیل، * خشک کردن و پاستوریزه کردن چای * پرورش ماهی	* نیروگاه های زمین گرمایی در ۱۰ نقطه با ظرفیت برق نصب شده ۱۳۴۰ مگاوات * هدف کوتاه-مدت ۶۰۰۰ مگاوات تا سال ۲۰۲۵ * ۴۴۰ مگاوات (۵ نیروگاه) در مرحله ساخت نهایی
هند	* در حال حاضر، برق زمین گرمایی در هند وجود ندارد * برنامه ای مدون برای توسعه پمپ حرارتی وجود ندارد * کاربرد مستقیم، کمی توسعه پیدا کرده است. * گرانبه های هند با ظرفیت تولید انرژی معادل $10^{22} \times 3/331$ BTU آینده فناوری EGS هستند.	فعلاً ندارد	* مصرف سالانه انرژی برای حمام، شنا و آبگرم درمانی ۴۳۰۲ تراژول در سال ۲۰۱۴ * در نظر گرفتن محدوده وسیعی برای کشت گلخانه ای در نواحی سردسیر و همچنین برای تولید کشاورزی در زمین های کم آب شده	* شروع ارزیابی یک پروژه ۵۵ مگاواتی در گجرات در سال ۲۰۱۳ با استفاده از چاه های نفت متروک * امضای اولین قرارداد خرید برق زمین گرمایی با شرکت (GS) در ۲۰۱۰ برای استقرار نیروگاه ۲۵ مگاواتی * آغاز اکتشاف های ژئوفیزیکی (MT) و پیمایش قابلیت مقاومت عمیق * اتمام بررسی های اکتشافی ژئوفیزیکی در ساحل غربی

نام کشور	وضعیت کلی	پمپ حرارتی	کاربرد مستقیم	تولید برق
				استان های دارای پتانسیل زمین گرمایی و ناحیه های زمین گرمایی پوگا و چوماتانگ *انجام ارزیابی های دقیقی از منابع EGS *اتمام تحلیل های فیزیکی- شیمیایی و فشار بر روی گرانیتهای دما بالا در بعضی نواحی
ژاپن	* ۲۰ گیگاوات تخمین پتانسیل انرژی زمین گرمایی * ظرفیت کل فعلی نیروگاه زمین گرمایی هنوز حدود ۵۰۰ مگاوات است که برای حدود بیش از یک دهه بی تغییر بوده است *انتظار رشد شدید، نصب پمپ حرارتی در سال های آتی به دلیل اختصاص یارانه به نواحی محلی و شرکت های خصوصی	* ظرفیت نصب شده ۶۲ مگاوات *تاسیس «انجمن ترویج ژئو-حرارتی ^۶ ژاپن» در ۲۰۰۱ * ۹۹۰ مورد تعداد تسهیلات استفاده کننده از پمپ حرارتی: • ۸۳۶ مورد چرخه بسته • ۱۴۹ مورد چرخه باز • ۵ مورد هر دو چرخه	* ظرفیت نصب شده حدود ۲۱۰۰ مگاوات * افزایش استفاده از سیستم های مبدل حرارتی سطحی در نواحی دارای گرادیان معمولی برای گرمایش و سرمایش محیطی	* ظرفیت نصب شده ۵۱۹ مگاوات * فعالیت های جدید اکتشافی *نصب سریع سیستم های دوداره کوچک: • نصب هفت سیستم دوداره کوچک (۰/۰۳ تا ۲ مگاوات) در سال های ۲۰۱۳ و ۲۰۱۴ * اکتشاف یا توسعه بیش از ۴۰ ناحیه تحت مطالعه در سال ۲۰۱۴: • ۱۹ ناحیه بیش از ۱۰ مگاوات • ۷ ناحیه از ۱ تا ۱۰ مگاوات • ۱۸ ناحیه زیر ۱ مگاوات
فیلیپین	*دومین تولیدکننده بزرگ انرژی زمین- گرمایی در دنیا با ظرفیت نصب شده ۱۸۴۷/۶۹ مگاوات *تامین مستمر ۱۴ درصد از کل نیازهای تامین برق از این طریق * مطالعه فناوری های نوظهور زمین- گرمایی (مثل فناوری های مربوط به مخازن آب اسیدی و منابع با نفوذپذیری کم) برای استفاده کامل از پتانسیل زمین- گرمایی در کشور	فعلا ندارد	* انجام اقداماتی برای توسعه کاربردهای غیر از تولید برق * کاربردهای مستقیم فعلی: • کشاورزی (خشک کردن محصولات گیاهی) • آبگرم درمانی	* ظرفیت نصب شده ۱۸۷۰ مگاوات * ۲۵۵ مگاوات پروژه های توسعه ای در دست ساخت در نواحی فعلی خدماتی * ۱۱۶۰ مگاوات ظرفیت پتانسیل در حال اکتشاف برای بررسی امکان سنجی توسعه و کاربرد * انجام اقداماتی برای

نام کشور	وضعیت کلی	پمپ حرارتی	کاربرد مستقیم	تولید برق
				توسعه برق مقیاس کوچک *قرارگرفتن ۱۴۶۵ مگاوات، تا سال ۲۰۳۰ در شبکه
تایوان	* پتانسیل انرژی زمین گرمایی تخمینی ۱۵۰ گیگاوات * افزایش قابل توجه بودجه و کارکنان اختصاص یافته به فعالیت های زمین- گرمایی * برنامه حفاری های متعددی برای اکتشاف پتانسیل و نصب نیروگاه های آزمایشی * هدف دستیابی به یک ظرفیت برق تولیدی نصب شده ۶۰ مگاواتی و ۱۵۰ مگاواتی تا سال ۲۰۲۰ و ۲۰۲۵؛ و همچنین تجاری سازی زمین گرمایی EGS	فعلا ندارد	فعلا ندارد	ظرفیت نصب شده ۰/۵ مگاوات شناسایی ۴ ناحیه دارای پتانسیل بالا ارزیابی دوباره ای از مقدار انرژی زمین گرمایی در لایه- های عمیق سراسر جزیره یک نیروگاه زمین گرمایی آزمایشی دومداره کوچک در حال فعالیت ساخت یک نیروگاه آزمایشی EGS یک مگاواتی تا ۲۰۱۶ هدف کوتاه مدت، ساخت یک نیروگاه زمین گرمایی سنتی با ظرفیت ۴-۵ مگاوات
تایلند	منابع آنتالپی کم- متوسط	ندارد	توسعه منابع زمین گرمایی با آنتالپی کم- متوسط واقع در نواحی غیر آتشفشانی و چشمه های رسوبی برنامه پیچیده ای به نظر می رسد	* موقعیت مناسب برای نیروگاه های مقیاس کوچک ۱ تا ۱۰ مگاواتی با فناوری دومداره * استفاده از یک نیروگاه دومداره ۰/۳ مگاواتی * ظرفیت نصب شده ۰/۳ مگاوات
کره جنوبی	* عدم وجود تولید برق زمین گرمایی به- دلیل کمبود منابع هیدروترمال با دمای بالا * عدم نصب سیستم های گرمایش مستقیم مقیاس بزرگ به دلیل عدم وجود حوزه های رسوبی * تلاش های تحقیق و توسعه ای مستمر برای به کارگرفتن منابع زمین گرمایی عمیق صورت و استفاده از ظرفیت حدود ۲۰ گیگاواتی EGS	* ظرفیت نصب شده ۷۹۰ مگاوات تا پایان سال ۲۰۱۴ * افزایش قابل توجه نصب پمپ های حرارتی به طور متوسط سالانه بیش از ۵۰ درصد بوده * مدل سازی و اعتبارسنجی عملکرد بلندمدت سیستم های پمپ حرارتی مخصوصا سیستم های بزرگتر از ۱ مگاوات	* ظرفیت نصب شده ۴۴ مگاوات برای کاربردهای جریان های آب گرم، گرمایش انفرادی و گرمایش محیطی * اختصاص یارانه های موقتی برای حمایت از گلخانه ها و استخرهای پرورش ماهی * آغاز گرمایش مستقیم و گرمایش گلخانه ای مقیاس کوچک با استفاده از جریان های آب گرم در سال ۲۰۰۸	* راه اندازی پروژه نیروگاه آزمایشی EGS در پایان سال ۲۰۱۰ به عنوان مقدمه ای بر احداث نیروگاه مگاواتی در جنوب کره در سال ۲۰۱۵ * دستیابی نیروگاه آزمایشی EGS به سطح کلاس ۵ - ۱۰ مگاوات تا سال ۲۰۲۰ * هدف نصب ۲۰۰ مگاوات نیروگاه زمین گرمایی تا سال ۲۰۳۰

نام کشور	وضعیت کلی	پمپ حرارتی	کاربرد مستقیم	تولید برق
اردن	<ul style="list-style-type: none"> *ارزیابی پتانسیل کاربردهای انرژی زمین گرمایی در اردن مرکزی (جایی که صدها منبع آب گرمایی با دمای ۳۰ تا ۴۵ درجه و حداکثر دمای تخمینی مخازن آب حدود ۱۱۵ درجه وجود دارند) *دو ناحیه متمایز با گرادین های بالاتر از ۵۰ درجه سانتی گراد *سرمایه گذاری در منابع انرژی محلی برای کاهش وابستگی به واردات انرژی *اکتشاف منابع جدید برای گرمایش محیطی و تهویه هوا عمدتاً از طریق منابع زمین گرمایی 	فعلا ندارد	<ul style="list-style-type: none"> *استفاده توریستی از آب های گرم *کاربردهای آبی: <ul style="list-style-type: none"> • تصفیه و شیرین کردن آب • گرمایش گلخانه ها • پرورش ماهی • سردخانه ها 	فعلا ندارد
مغولستان	<ul style="list-style-type: none"> * ۴۳ ناحیه زمین گرمایی که بسیاری از آن ها برای گرمایش، حمام و اهداف درمانی مورد استفاده قرار می گیرد 	آغاز استفاده از سال ۲۰۰۸	آسایشگاه های سنتی در کنار منابع آبگرم	فعلا ندارد
جیبوتی	<p>اهداف:</p> <ol style="list-style-type: none"> ۱. توسعه سایت واقع در یک وضعیت مطلوب برای پاسخگویی به نیازهای فعلی پایتخت به میزان ۵۰ مگاوات ۲. اکتشاف منابع زمین گرمایی کل کشور برای پاسخ به نیازهای دیگر مراکز مصرف ۳. اثبات اقتصادی بودن صادرات منابع زمین گرمایی برای توسعه آبی آن به فرای مرزها 	فعلا ندارد	فعلا ندارد	<p>عدم موفقیت در تجاری سازی استفاده از منابع زمین گرمایی</p> <p>اکتشاف زمین گرمایی یک گام مهم به سوی خودکفایی تولید برق</p>
مصر	<ul style="list-style-type: none"> *اکتشاف های ژئوفیزیکی منابع زمین گرمایی ناکافی بوده است *در ۱۰ سال گذشته، بعضی کاربردهای مستقیم نصب شده اند *هنوز هیچ نیروگاه زمین گرمایی وجود ندارد 	فعلا ندارد	<ul style="list-style-type: none"> *آبگرم درمانی و توریستی و ساخت تاسیسات جدید در کانال سوئز *گرمایش مستقیم *پرورش ماهی *کاربردهای کشاورزی *گلخانه ها *مناسب بودن دمای آب زمین گرمایی سطحی کانال سوئز برای کاربردهای اقتصادی مقیاس کوچک مخصوصاً در ناحیه حمام فاران 	<ul style="list-style-type: none"> *پیمایش یکپارچه ای از شناسایی ثقل و مغناطیس زمینی در ناحیه زمین گرمایی حمام فاران با استفاده از ۱۶ ایستگاه MT به قصد تعیین چگالی زیرسطحی و مقاومت ویژه الکتریکی مربوط به واحدهای EGS *پتانسیل ۱۲/۴ - ۱۹/۸ مگاواتی در ناحیه حمام فاران، از نظر اقتصادی به صرفه است و از ساخت یک نیروگاه کوچک دومیاره برای تولید برق حمایت می کند *هدف ساخت یک نیروگاه

نام کشور	وضعیت کلی	پمپ حرارتی	کاربرد مستقیم	تولید برق
قزاقستان	پتانسیل ۵۴ تراوات ساعت برای انرژی زمین گرمایی	فعلا ندارد	استفاده از حوزه زمین-گرمایی کاپلانیک برای تامین گرمای ساختمان-های مسکونی گرمایش گلخانه ها در زمستان و تهویه هوا در تابستان در آلمانی	دومداره زمین گرمایی (کالینا) در ناحیه آب گرم حمام فاران یک پروژه نیروگاهی دارد

نکات کلیدی مطالعات تطبیقی:

- ۱- توسعه برنامه های اکتشافی در بیشتر کشورهای آسیایی و همچنین عربستان و ترکیه
- ۲- برنامه های توسعه فناوری گسترده در زمینه زمین گرمایی در کشورهای آسیایی چین، ژاپن، هند، و فیلیپین و همچنین کشور همسایه ترکیه
- ۳- آغاز به توسعه کاربرد و توسعه فناوری نیروگاه های دومداره در بیشتر کشورهای دارای پتانسیل مناسب زمین گرمایی
- ۴- آغاز به تحقیقات بلندمدت و انجام پروژه های آزمایشی در مورد فناوری های مرتبط با EGS در بیشتر کشورهای فعال در زمین گرمایی
- ۵- ظرفیت نصب ناچیز زمین گرمایی در منطقه منا در حال حاضر
- ۶- پیگیری اهداف توسعه ظرفیت نصب شده زمین گرمایی در کشورهای منطقه به خصوص در دو کشور عربستان و ترکیه
- ۷- توسعه کاربرد مستقیم در بیشتر کشورهای آسیایی با اهداف توسعه توریسم، گرمایش مستقیم، و توسعه گلخانه های زمین گرمایی
- ۸- تمرکز کشورهای دارای منابع حرارت پایین - متوسط زمین گرمایی بر توسعه پمپ حرارتی و همچنین گرمایش مستقیم زمین گرمایی

۱-۱۲- نکات مهم استخراج شده از بیانیه چشم انداز

بر اساس نتایج حاصل از بررسی بیانیه چشم انداز تدوین شده، اهداف کلان سند راهبرد ملی توسعه فناوری های انرژی زمین گرمایی در ۴ حوزه اصلی تدوین شدند که عبارتند از:

۱. استفاده بهینه از منابع متنوع و در دسترس انرژی (ناظر بر بعد هدف موقعیت رقابتی)

۲. ارتقای توانمندی فناوری های تولید انرژی (ناظر بر بعد هدف ظرفیت سازی)

۳. توسعه کسب و کارهای دانش بنیان (ناظر بر بعد هدف نوآوری)

۴. مسائل زیست محیطی و اجتماعی (ناظر بر بعد هدف مسئولیت اجتماعی)

اولین حوزه مطرح در تعیین اهداف کلان توسعه، استفاده بهینه از منابع متنوع و در دسترس انرژی است. استفاده بهینه از منابع متنوع انرژی به معنای تنوع بخشی سبد انرژی کشور به گونه ای است که با مدیریت صحیح منابع تأمین انرژی و استفاده از پتانسیل های انرژی نقاط مختلف کشور، بتوان امنیت شبکه تأمین و عرضه انرژی را بالا برد. انرژی زمین گرمایی با ویژگی هایی چون تأمین بار پایه مطمئن، ضریب ظرفیت بالا و امکان تولید همزمان برق و حرارت، یکی از مناسب ترین گزینه ها در بین انرژی های تجدیدپذیر برای توسعه، به منظور رسیدن به این هدف است.

حوزه بعدی مطرح در زمینه تعیین اهداف کلان توسعه فناوری های انرژی زمین گرمایی، ارتقای توانمندی فناوری های تولید انرژی است. اهمیت این حوزه زمانی مشخص می شود که روند بروز و افول فناوری های منابع انرژی مختلف را مورد مطالعه قرار دهیم. با کمی تأمل در این مورد، رشد سریع فناوری های نوین مرتبط با انرژی و به ویژه انرژی های پاک و افول تدریجی اما محتوم انرژی های فسیلی و فناوری های آن ها مشخص می گردد. برای بهره گیری هرچه بیشتر از پتانسیل فراوان انرژی های نو در آینده، نیازمند توجه به توسعه فناوری های آن ها در امروز هستیم. با توجه به سابقه توسعه فناوری های مرتبط با نفت و گاز در داخل کشور و شباهت این فناوری ها با فناوری های مرتبط با زمین گرمایی و همچنین با توجه به آینده درخشان شماری از فناوری های زمین گرمایی مانند سیستم های EGS، ضروری است که به توسعه فناوری های مرتبط با آن توجه ویژه ای مبذول داریم. توجه به ارتقای این فناوری ها در کوتاه مدت پیوند زدن دانش در بلندمدت ضامن تأمین انرژی پایدار برای کشور در آینده و ایجادکننده فرصت صادرات دانش و فناوری مربوطه به سایر کشورها می باشد. بدیهی است که بهره مند شدن از نیروی توانمند، متخصص و خلاق در حوزه زمین گرمایی یکی از پیش نیازهای ضروری برای دستیابی به توانمندی فناورانه است.

حوزه توسعه کسب و کارهای دانش بنیان یکی دیگر از حوزه های مربوطه در هدف گذاری کلان توسعه فناوری های انرژی زمین گرمایی است. در اسناد بالادستی مربوط به انرژی های تجدیدپذیر تأکید زیادی بر نقش بخش خصوصی در توسعه این انرژی ها شده است به نحوی که در اهداف اصلی ساتبا سهم ۵۵ درصدی برای جلب مشارکت بخش خصوصی در سرمایه گذاری های مربوط به انرژی های نو و بهره وری انرژی پیش بینی شده است و در اهداف بخش انرژی های نو بر ایجاد حداقل یک نمونه نیروگاه در هر یک از انواع انرژی های نو به منظور توسعه آگاهی و تشویق بخش خصوصی تأکید شده است. در برنامه های چهارم و پنجم توسعه، قوانین بودجه و قانون تنظیم بخشی از مقررات مالی دولت و شماری از مصوبات شوراهای دولتی، بر لزوم اطمینان بخشی به بخش خصوصی برای وارد شدن به حوزه انرژی های نو از طریق تضمین خرید برق تولیدی، واگذاری امور عملیاتی و توسعه فناوری به این بخش، پرداخت حمایت های مالی و ... اشاره شده است. فناوری های انرژی زمین گرمایی بر اساس عمق و دمای منابع زمین گرمایی، طیف گسترده و متنوعی را شامل می شوند و سرمایه گذاری بر روی آن ها به تنهایی توسط دولت کافی نیست و نیازمند توجه به حمایت از کسب و کارهای دانش بنیان برای توسعه همه جانبه و هماهنگ این طیف گسترده می باشد. با توجه به این موضوع و تأکید مؤکد و مکرر اسناد بالادستی بر لزوم توجه به نقش بخش خصوصی در این زمینه، سبب می شود تا با اطمینان، توسعه کسب و کارهای دانش بنیان را به عنوان یکی از حوزه های محوری هدف گذاری کلان برگزینیم.

حوزه دیگر تعیین شده به منظور هدف گذاری توسعه فناوری های انرژی زمین گرمایی، مسائل زیست محیطی و اجتماعی است. یکی از مزیت های اصلی انرژی تجدیدپذیر، نقش آن در کاهش آلاینده های زیست محیطی و به خصوص کاهش انتشار کربن است. انرژی زمین گرمایی از جمله انرژی های تجدیدپذیری است که کمترین آسیب های محیط زیستی و انتشار کربن را دارد. همچنین، به دلیل طیف گسترده کاربردهای مستقیم این انرژی و در عین حال ایجاد گسترده اشتغال محلی (چه در مورد تولید برق و چه کاربرد مستقیم)، سبب افزایش رفاه و بهبود کیفیت زندگی در نواحی روستایی و کمتر توسعه یافته می شود.

۱۳-۱- تعیین حوزه های کاربردی مرتبط با دستاوردهای مختلف

دستاوردهای حاصل از توسعه فناوری های انرژی زمین گرمایی دارای حوزه های کاربرد متنوعی است که در ذیل به طور اجمالی به حوزه های مربوطه اشاره گردیده است.

به کارگیری انرژی های تجدیدپذیر در کاهش آلودگی محیط زیست، کاهش تولید گازهای گلخانه ای، و کاهش وابستگی به منابع انرژی خارجی کاربرد دارد. انرژی زمین گرمایی با دارا بودن ضریب ظرفیت بالا، کاربردپذیری در مقیاس شبکه، ایفای نقش در تمام حلقه های زنجیره ارزش تولید الکتریسیته، و سامانه های توان پشتیبان در خدمت تأمین هدف افزایش امنیت و کیفیت عرضه انرژی می باشد.

این انرژی، در راستای تأمین هدف برق رسانی به مناطق محروم، قابلیت کاربرد در مناطق خارج از پوشش شبکه و ترکیب با تولید انرژی های تجدیدپذیر (پنل های خورشیدی و توربین های بادی) نصب شده در روستاها و مناطق دوردست را دارد. همچنین تنوع کاربردهای مستقیم انرژی زمین گرمایی در مناطق مستعد آن، سبب رونق اقتصادی و ایجاد اشتغال پایدار در آن نواحی می گردد و به افزایش سطح رفاه و کیفیت زندگی مردم این مناطق کمک می کند.

بهره گیری از انرژی زمین گرمایی در راستای تأمین هدف افزایش صادرات انرژی الکتریکی و کاهش وابستگی اقتصاد کشور به نفت و همچنین دارای کاربرد در تولید الکتریسیته از منابع تجدیدپذیر می باشد. به علاوه، با استفاده از انرژی زمین گرمایی، امکان تولید و استفاده همزمان برق و حرارت برای نواحی روستایی، شهری و کارخانه های صنعتی وجود دارد. در حوزه کم عمق زمین گرمایی نیز، با توسعه پمپ های حرارتی می توان از این انرژی برای تأمین حرارت بهره برد.

فناوری های حوزه عمیق زمین گرمایی در راستای تأمین هدف توسعه اقتصادی- ایجاد رفاه عمومی و منافع اقتصادی دارای کاربرد در مقیاس شبکه در راستای ذخیره سالیانه میلیاردها تومان در اثر جلوگیری از خسارات وارده ناشی از قطعی، یا افت کیفیت برق به صنایع مختلف در کشور، ممانعت از هزینه های هنگفت تحمیل شده ناشی از بسط تجهیزات توزیع و انتقال در شبکه برق رسانی کشور ناشی از افزایش تقاضای سالیانه، کسب درآمد ناشی از ترکیب انرژی های تجدیدپذیر در شبکه، جلوگیری از اتلاف هزینه برای احداث نیروگاه های سوخت فسیلی مازاد برای تأمین تقاضای اوج، و کسب درآمد ناشی از عدم نیاز به ظرفیت ۳-۴ درصدی نیروگاه ها برای جبران نوسان های ناگهانی در تقاضا می باشد.

از دیگر مزایای توسعه فناوری های انرژی زمین گرمایی، تأمین هدف توسعه اقتصادی، اشتغال زایی در سطح ملی، توسعه شرکت های دانش بنیان و به کارگیری نیروهای متخصص و تحصیل کرده در کشور است.

۱۴-۱- تعیین فناوری های مختلف مورد استفاده در حوزه های کاربردی

منابع انرژی زمین گرمایی به دو دسته کلی تقسیم می شوند: نواحی که گرمای انباشته با آنتالپی بالایی در آن وجود دارد و گرما از اعماق زمین توسط فرایندهای آتشفشانی یا شکاف پوسته به سطح انتقال می یابد و نواحی که آنتالپی پایینی دارند و گرمایی که از انرژی خورشیدی نشأت می گیرد با گرمای زمین آمیخته می شود. انرژی این ناحیه های با آنتالپی کم برای کاربردهایی مثل گرمایش خانه ها و مجتمع های مسکونی به کار می رود. منابع کیفیت بالای انرژی زمین گرمایی، چشمه هایی مانند چشمه های بخار و سیستم های آب گرم (فوق داغ) با جریان آب عالی و دمای آب یا بخار بالای ۲۰۰ درجه سانتی گراد هستند. منابع با کیفیت متوسط چشمه هایی با دمای ۱۲۰ تا ۲۰۰ درجه و منابع با کیفیت پایین زیر ۱۲۰ درجه سانتی گراد یا دارای جریان آب محدود، یا موجود در عمق بیشتر هستند.

انرژی زمین گرمایی می تواند دو نوع اصلی از سیستم های انرژی را تأمین کند: گرما (برای گرم کردن فضا، گرم کردن آب، گرمای فرایند) و برق، یا ترکیبی از این دو.

گرمایش مستقیم: سیستم های استفاده مستقیم، می توانند گرما را مستقیماً از منابع با دمای پایین (۵۰ تا ۱۵۰ درجه) بگیرند. سیستم های گرمایش مستقیم، نیازمند منبعی از گرما (یک چشمه)، سیستمی تحویل دهنده (لوله کشی) و روش تخلیه (یا از طریق تزریق مجدد سیال به چشمه یا استخر ذخیره) هستند. این فناوری می تواند گرما را برای تسهیلات اقامتی و صنعتی فراهم کند و معمولاً برای کاربردهای تجاری مانند تسهیلات گلخانه ای، استخر پرورش ماهی و فرایندهای غذایی به کار می رود.

پمپ حرارتی: سیستم پمپ حرارتی زمین گرمایی به دلیل استفاده از گرادیان حرارتی زمین، جزء انواع کاربردهای انرژی زمین گرمایی محسوب می شود. سیستم مذکور از جمله سیستم های گرمایشی - سرمایشی است که به دلیل میزان مصرف انرژی پایین، در مقایسه با سایر سیستم های تهویه مطبوع در جهان از اهمیت زیادی برخوردار شده است. زمین منبع خوبی برای تأمین گرمایش در ماه های سرد سال است و می توان از حرارت زمین برای تأمین گرمایش ساختمان ها استفاده نمود و همچنین از آن می توان برای تأمین سرمایش در ماه های سرد سال استفاده بهینه نمود. فرآیند مکانیکی این دستگاه به این صورت است که در فاز سرمایش هوای گرم داخل اطاق از طریق مکنده دستگاه وارد دستگاه شده و پس از سرد شدن به داخل اطاق دمیده می شود. در داخل دستگاه حرارت به مبرد منتقل شده و پس از عبور مبرد از سیکل مربوطه (سیکل تبرید)، حرارت موجود در مبرد توسط یک مبدل دو لوله ای به آب داخل کویل زمینی که در داخل لوله های پلی اتیلنی نصب شده در داخل زمین است منتقل می شود.

بالعکس در فاز گرمایش با استفاده از حرارت موجود در زمین، گرمای مورد نیاز ساختمان تأمین می‌شود.

تولید برق: سیستم‌های تولید برق از منابع زمین گرمایی برای تولید برق استفاده می‌کنند. فناوری‌های مختلفی می‌توانند

براساس کیفیت منابع زمین گرمایی برای این منظور به کار گرفته شوند.

- سیستم‌های سنتی/Flash: کشیدن سیال زمین گرمایی دارای فشار و دمای بالا (بالای ۱۸۰ درجه) به سطح و هدایت آن به مخزن با فشار کم، جایی که سیال ناگهان شعله‌ور شده (Flash) و به بخار تبدیل می‌شود. فشاری که این بخار ایجاد می‌کند، ژنراتور را به کار می‌اندازد. بخار متراکم یا به فرم بخار آب به اتمسفر وارد می‌شود یا دوباره به چشمه زمین گرمایی تزریق می‌شود. در سیستم‌های فلش دوگانه، سیال برای بار دوم از یک جداکننده می‌گذرد که امکان استخراج گرمای بیشتری را فراهم می‌کند. این سیستم‌ها اغلب برای تولید برق استفاده می‌شوند اما بعضی کارخانه‌ها قابلیت یکپارچه‌سازی تولید برق و استفاده مستقیم را هم دارند.

- سیستم‌های دومداره: شامل دو سیال آب زمین گرمایی داغ و یک سیال کاری (معمولاً هیدروکربنی مثل ایزوبوتان یا پنتان) است که در دمای پایینی به جوش می‌آید. گرما بین آب زمین گرمایی و سیال کاری جابه‌جا می‌شود و مایع کاری می‌جوشد و بخار می‌شود و به این طریق باعث چرخش توربین و تولید برق و گرما می‌شود. این سیستم در ۲ چرخه بسته عمل می‌کند: آب بسته که دوباره تزریق می‌شود و مایع کاری بسته که متراکم شده و در سیستم می‌گردد. سیستم چرخه بسته به دلیل آلودگی کم یا قابل چشم‌پوشی و ریسک کم آلودگی محیطی، مطلوب است. سیستم‌های دومداره معمولاً هم برای تولید برق و هم تولید گرما استفاده می‌شوند.

- سیستم‌های زمین گرمایی پیشرفته (EGS): شامل ایجاد یا تقویت یک منبع زمین گرمایی می‌شود. نفوذپذیری و تخلخل یک چشمه می‌تواند با ایجاد شکاف از طریق حفاری عمیق افزایش یابد، ممکن است آب اضافی (از زیر زمین یا دیگر منابع) برای ایجاد یک چشمه اضافه شود. EGS می‌تواند دسترسی به انرژی را از چشمه‌های خشک‌تر افزایش دهد یا عمر چشمه‌های تخلیه‌شده را افزایش دهد. فناوری‌ها و فرایندهای EGS هنوز تحت توسعه هستند و تجارب موفق از EGS در اروپا، استرالیا، و آمریکا وجود دارد. تحقیقی که توسط مؤسسه فناوری ماساچوست انجام شده است تخمین می‌زند که با تحقیقات مناسب و حمایت‌های توسعه‌ای، ۱۰۰۰۰۰ مگاوات برق تولیدی از EGS می‌تواند در آمریکا تا سال ۲۰۵۰ در دسترس قرار گیرد.

۱-۱۵- تدوین پیش نویس اولیه اهداف کلان حوزه انرژی زمین گرمایی

در این گزارش به منظور تعیین اهداف توسعه فناوری های عمیق و کم عمق زمین گرمایی از منابع مختلفی استفاده شد، که

عبارتند از:

- مطالعات تطبیقی انجام شده در حوزه فناوری های انرژی زمین گرمایی
- گزارش اسناد بالادستی انرژی زمین گرمایی و انرژی های تجدیدپذیر
- نکات مهم استخراج شده از بیانیه چشم انداز

با توجه به موارد فوق، دستاوردهای حاصل از توسعه فناوری های انرژی زمین گرمایی در کشور، به تفکیک در سه حوزه پمپ حرارتی، تولید برق و کاربرد مستقیم، و منابع زمین گرمایی پیشرفته مشخص شد. لازم به ذکر است که در تدوین پیش نویس اهداف، توجه به ویژگی های مطلوب برای اهداف که شامل قابل اندازه گیری بودن، قابل دستیابی بودن، واقع گرایی، محدودیت به زمان، و عینی بودن می باشند، ضروری است. بر این اساس، پیش نویس اهداف کلان که شامل موارد زیر است، در جلسه کمیته راهبری مورخ ۱۳۹۳/۱۲/۱۸ ارائه گردید.

جدول (۲-۲) - پیش نویس اهداف کلان مرتبط با توسعه فناوری های انرژی زمین گرمایی

اهداف	حوزه
۱- جایگاه اول یا دوم منطقه در عرصه علم و فناوری ۲- جایگاه اول یا دوم در منطقه و در بین ۳ یا ۴ یا ۵* کشور برتر آسیا در تولید صنعتی بومی و رقابت پذیر ۳- افزایش میزان بومی سازی تجهیزات پمپ های حرارتی به میزان حداقل ۹۰ درصد ارزش تجهیزات نصب شده در افق چشم انداز سند حاضر ۴- توانمندی در صادرات رقابت پذیر خدمات فنی و مهندسی و تجهیزات پمپ حرارتی با سهم ۵۰ یا ۹۰ درصدی از کل خدمات فنی و مهندسی و تجهیزات پمپ حرارتی ساخت داخل با تأکید بر بخش خصوصی	پمپ حرارتی
۵- جایگاه اول یا دوم منطقه در عرصه علم و فناوری ۶- جایگاه اول یا دوم در منطقه و در بین ۲ یا ۳ یا ۴ یا ۵** کشور برتر آسیا در تولید صنعتی بومی و رقابت پذیر ۷- دستیابی به توانمندی در صادرات خدمات فنی و مهندسی و تجهیزات نیروگاهی با سهم ۲۰ درصدی از کل خدمات فنی و مهندسی و تجهیزات زمین گرمایی ساخت داخل با تأکید بر بخش	تولید برق و کاربرد مستقیم

اهداف	حوزه
<p>خصوصی</p> <p>۸ - ایجاد و تقویت نمانام ملی با حداقل ظرفیت نصب شده در داخل و خارج کشور، معادل ۳۰ درصد ظرفیت نصب شده زمین گرمایی در داخل کشور و افزایش سهم صادراتی نمانام ایرانی در بازارهای منطقه‌ای و جهانی</p>	
<p>۹ - جایگاه اول منطقه و جزو ۱۰ کشور برتر دنیا در عرصه علم و فناوری</p> <p>۱۰ - دستیابی به نیروی انسانی با کیفیت، خلاق و متخصص در حوزه‌های مختلف انرژی زمین گرمایی</p>	منابع زمین گرمایی پیشرفته

* جایگاه سوم با در نظر گرفتن کشورهای کره و ژاپن به عنوان رتبه های قبل، جایگاه چهارم با در نظر گرفتن کشورهای کره و ژاپن و چین به عنوان رتبه های قبل، جایگاه پنجم با در نظر گرفتن کشورهای کره و ژاپن و چین و ترکیه به عنوان رتبه های قبل.

** جایگاه دوم با در نظر گرفتن کشور ژاپن به عنوان رتبه قبل، جایگاه سوم با در نظر گرفتن کشورهای ژاپن و چین به عنوان رتبه های قبل، جایگاه چهارم با در نظر گرفتن کشورهای ژاپن و چین و فیلیپین به عنوان رتبه های قبل، جایگاه پنجم با در نظر گرفتن کشورهای ژاپن و چین و فیلیپین و اندونزی به عنوان رتبه های قبل.

۱-۱۶ - نظرات کمیته راهبری در خصوص پیش نویس اولیه اهداف

اهداف کلان، راهنماهای توسعه در سایر مراحل خواهند بود. بنابراین، اهداف اولیه طراحی شده، برای نهایی شدن نیازمند تأیید دوباره افراد متخصص هستند. اجرای این مرحله به کاهش خطای ناشی از بازنویسی و پالایش اهداف توسط تحلیل گران کمک می کند. بر این اساس، پیش نویس اهداف کلان تدوین شده در جلسه مورخ ۱۳۹۳/۱۲/۱۸ به کمیته راهبری تقدیم گردید. خلاصه نظرات خبرگان در این زمینه، در صورت جلسه مربوطه که به پیوست این گزارش موجود است، ارائه گردیده است.

۱-۱۷ - اهداف کلان مرتبط با توسعه فناوری های حوزه زمین گرمایی

پس از ارائه پیش نویس اولیه اهداف کلان در جلسه کمیته راهبری، متن ارائه شده مورد تأیید کلی قرار گرفت و نظرات خبرگان در مورد اهداف پیشنهادی اخذ گردید. محتویات جدول زیر، به عنوان اهداف کلان مورد استناد قرار می گیرد.

از آنجا که تدوین گام‌های مختلف سند در یک فرآیند تعاملی به‌وقوع می‌پیوندد، اهداف کلان تدوین شده هر بخش ممکن است با تدوین گام‌های بعدی سند دچار تغییر و اصلاح شوند. تدوین اهداف خرد (اهداف پایین-به-بالا) و دریافت تصویر واقعی‌تر از وضعیت موجود یکی از مهمترین بازخوردهایی است که می‌تواند منجر به بازبینی در اهداف کلان شود.

جدول (۲-۳) - اهداف کلان مرتبط با توسعه فناوری‌های انرژی زمین گرمایی

اهداف	حوزه
۱- جایگاه اول منطقه در عرصه علم و فناوری ۲- جایگاه اول در منطقه و در بین ۴ کشور برتر آسیا در تولید صنعتی بومی و رقابت‌پذیر ۳- افزایش میزان بومی‌سازی تجهیزات پمپ‌های حرارتی به میزان حداقل ۷۰ درصد ارزش تجهیزات نصب‌شده در افق چشم‌انداز سند حاضر ۴- توانمندی در صادرات رقابت‌پذیر خدمات فنی و مهندسی و تجهیزات پمپ حرارتی با سهم ۴۰ درصدی از کل خدمات فنی و مهندسی و تجهیزات پمپ حرارتی ساخت داخل با تأکید بر بخش خصوصی	پمپ حرارتی
۵- جایگاه اول منطقه در عرصه علم و فناوری ۶- جایگاه اول در منطقه و در بین ۵ کشور برتر آسیا در تولید صنعتی بومی و رقابت‌پذیر ۷- افزایش میزان بومی‌سازی تجهیزات زمین‌گرمایی به میزان حداقل ۲۰ درصد ارزش تجهیزات نصب‌شده در افق چشم‌انداز سند حاضر ۸- دستیابی به توانمندی در صادرات خدمات فنی و مهندسی و تجهیزات نیروگاهی با سهم ۲۰ درصدی از کل خدمات فنی و مهندسی و تجهیزات زمین‌گرمایی ساخت داخل با تأکید بر بخش خصوصی ۹- ایجاد و تقویت نمانام ملی با حداقل ظرفیت نصب‌شده در داخل و خارج کشور، معادل ۵۰ درصد ظرفیت نصب‌شده زمین‌گرمایی در داخل کشور و افزایش سهم صادراتی نمانام ایرانی در بازارهای منطقه‌ای و جهانی	تولید برق و کاربرد مستقیم
۱۰- جایگاه اول منطقه و جزو ۱۰ کشور برتر دنیا در عرصه علم و فناوری ۱۱- دستیابی به نیروی انسانی با کیفیت، خلاق و متخصص در حوزه‌های مختلف انرژی زمین‌گرمایی	منابع زمین‌گرمایی پیشرفته

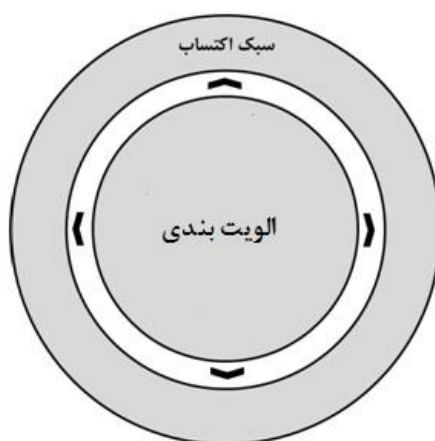
۳- تدوین راهبردها

راهبردهای ملی فناوری دربرگیرنده مجموعه‌ای از جهت‌گیری‌هایی است که با معین نمودن خطوط کلی، از عدم قطعیت موجود در توسعه فناوری کاسته و به سؤالات اساسی سیاستگذاران در مسیر دستیابی به اهداف کلان پاسخ می‌دهد؛ به طوری که راهبردها را می‌توان معین‌کننده مجموعه جهت‌گیری‌های اصلی برای دستیابی به اهداف دانست. این راهبرد به انتخاب فناوری های اولویت‌دار و تعیین نحوه دستیابی به آنها می‌پردازد. به عبارت دیگر، راهبرد ملی فناوری معین‌کننده چپستی و چگونگی توسعه فناوری در سطح کلان است.

در محیط پویای تصمیم‌گیری، راهبرد ملی فناوری براساس اطلاعات و حقایق موجود و با نگاهی به آینده، در راستای دو هدف کلی زیر تعریف می‌شود:

- راهبردهای پورتفولیو (چپستی - اولویت‌بندی): در راهبرد پورتفولیو حوزه‌های فناورانه برتر برای توسعه انتخاب می‌شوند.
- راهبردهای هدایتی (چگونگی - سبک اکتساب): در راهبرد هدایتی رویکرد توسعه فناوری و سبک اکتساب فناوری مشخص می‌گردد.

نسبت این دو دسته راهبرد با یکدیگر در شکل زیر نشان داده شده است. [۲۹]



شکل (۱-۳) - نسبت راهبردهای پورتفولیو و هدایتی با یکدیگر

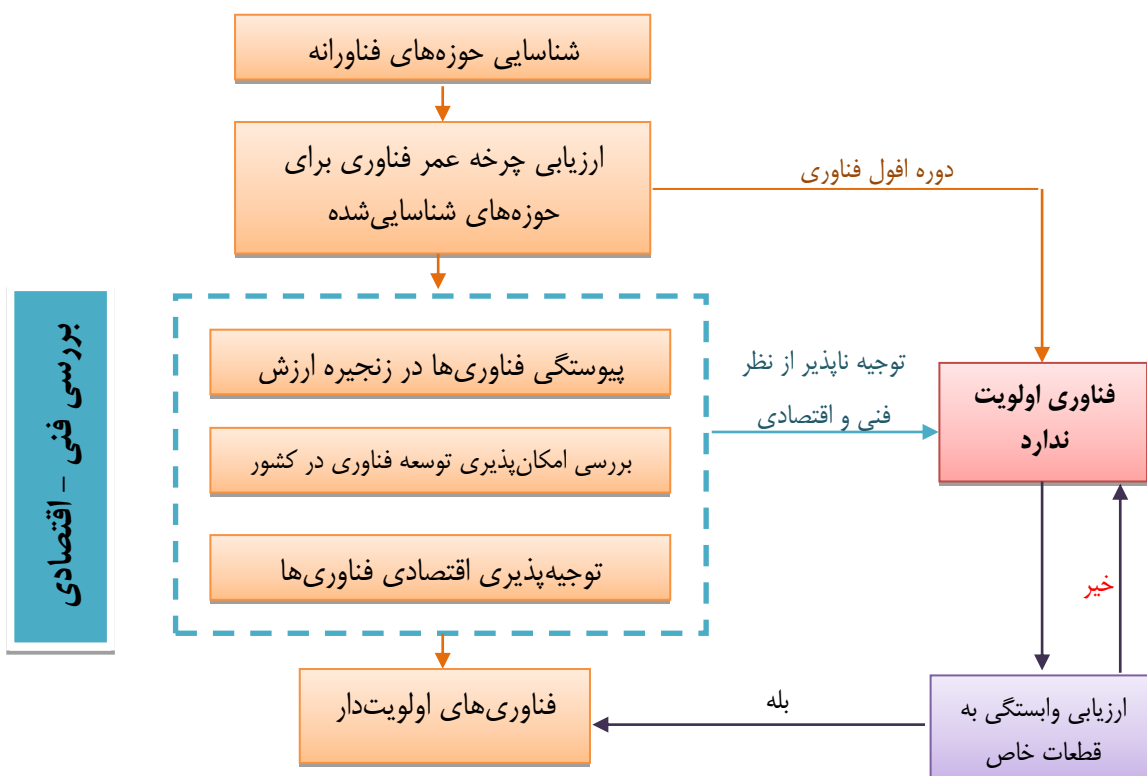
۱-۲- اولویت بندی فناوری ها (جهت تعیین راهبردهای پورتفولیو)

تعیین اولویت های توسعه و انتخاب حوزه های برگزیده فناوری در قالب راهبرد پورتفولیو به انجام می رسد. زمانی که انتخاب اولویت ها مورد نظر است، روش فناوری های حیاتی یا کلیدی، یک رویکرد ارزشمند و مفید جهت ارزیابی حوزه های تحقیقاتی و فناوری های مختلف به شمار می رود. در این روش با اندازه گیری میزان اهمیت یا کلیدی بودن هر حوزه، فهرستی از حوزه های مهم و کلیدی فناورانه برای سرمایه گذاری و توسعه مشخص می گردد. نوع سؤالاتی که معمولاً جهت شناسایی فناوری های کلیدی پرسیده می شود از این قبیل است:

- حوزه های کلیدی فناوری برای توسعه کدامند؟
- فناوری های حیاتی که باید به وسیله منابع عمومی حمایت شوند، کدامند؟
- چه معیارهایی باید به منظور انتخاب فناوری های حیاتی به کار گرفته شوند؟
- شاخص های اندازه گیری هر معیار چیست؟
- براساس معیارهای انتخاب شده، فناوری های اولویت دار برای توسعه و سرمایه گذاری کدامند؟

هدف راهبرد پورتفولیو اولویت بندی حوزه های فناورانه است. بنابراین در گام اول باید به شناسایی حوزه های فناورانه پرداخته شود. در گام بعد، چرخه عمر فناوری برای حوزه های شناسایی شده مورد ارزیابی قرار می گیرد. از آنجایی که کشورهای درحال توسعه معمولاً در مسیر توسعه صنایع نقش پیرو را بازی می کنند، لازم است تا نسبت به خطر توسعه فناوری های منسوخ در دنیا آگاه باشند. توسعه صنایع و فناوری هایی که از نظر چرخه عمر فناوری در مرحله افول قرار دارند، به دلیل خطر انقراض فناوری ارزش سرمایه گذاری برای بومی سازی را ندارند. در گام بعد که به بررسی فنی- اقتصادی فناوری ها مربوط است، پیوستگی فناوری ها از منظر تشکیل زنجیره ارزش مورد بررسی قرار می گیرد. در صورتی که فناوری ها بتوانند به عنوان گزینه های جایگزین یکدیگر به کار روند با تعریف معیارهایی امکان پذیری توسعه فناورانه آن ها در کشور بررسی می شود. همچنین، توجیه پذیری اقتصادی توسعه فناوری ها مورد بررسی قرار می گیرد. یکی از مهم ترین معیارها در انتخاب فناوری های اولویت دار، وابستگی حوزه فناوری به مواد یا قطعات خاص است. وابستگی یک فناوری به مواد یا قطعات خاص محدود در کشور می تواند موجب ایجاد اختلال در مسیر توسعه فناوری شود. عدم تمایل کشورهای پیشرو نسبت به صادرات این مواد و

قطعات خاص به کشورهای در حال توسعه می تواند مانع از دسترسی کشور به خروجی مورد نظر گردد. بنابراین در گام آخر به بررسی وابستگی فناوری به مواد و قطعات خاص می پردازیم. در صورت وجود چنین فناوری هایی، به منظور حذف خطر محدودیت در ورود این مواد و قطعات خاص، لازم است تا تلاش در جهت بومی سازی آن ها در هر شرایطی صورت گیرد. گام های تدوین راهبرد پورتفولیو در زیر تشریح شده است. [۳۰]



شکل (۲-۳) - گام های تدوین راهبرد پورتفولیو

۱-۱-۲ - شناسایی حوزه های فناوریانه

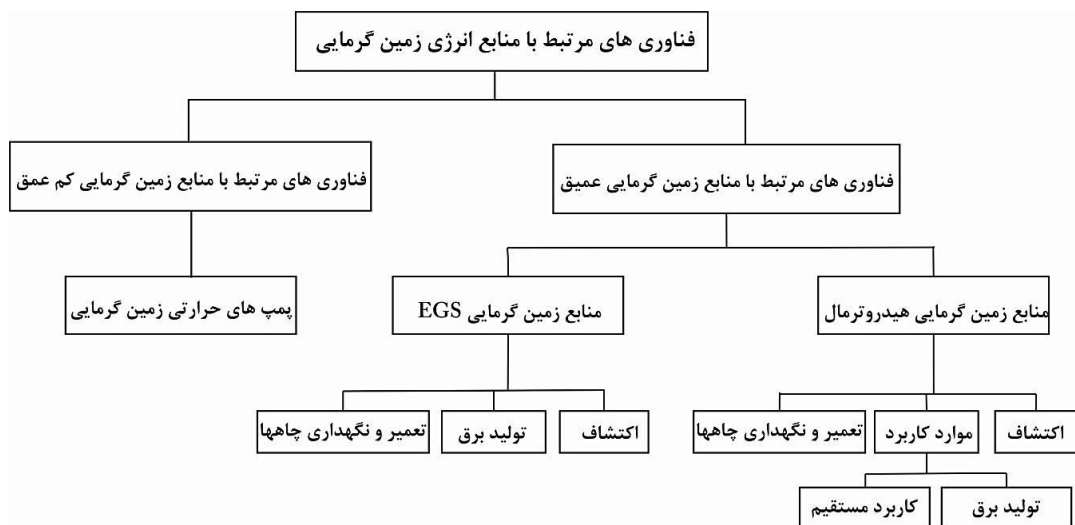
به منظور تصمیم گیری در مورد اولویت بندی فناوری های راهبردی، لازم است تا در ابتدا مؤلفه های تشکیل دهنده این فناوری ها مشخص شوند. در روش پیشنهادی، از عبارت حوزه های فناوریانه برای استناد به این اجزا استفاده شده است. حوزه-

های فناورانه، در برگیرنده دو مفهوم اصلی است: زیرفناوری‌ها، کاربردها، یا هر دو. در بعضی فناوری‌های راهبردی مانند توربین بادی، تدوین اولویت‌بندی به معنی انتخاب قطعات و زیرفناوری‌های اولویت‌دار برای توسعه و بومی‌سازی است. در این شرایط، شناسایی حوزه‌های فناورانه به معنی شناخت زیرفناوری‌هاست. در گونه‌ای دیگر از فناوری‌های راهبردی مانند نانو فناوری‌ها، تعیین اولویت‌ها به منظور شناسایی حوزه‌های کاربردی اولویت‌دار از قبیل صنایع الکترونیک، نساجی، پزشکی و غیره است. در این حالت، حوزه‌های فناورانه معنی کاربرد را به خود می‌گیرد. در نهایت، در فناوری‌های راهبردی مانند پیل سوختی، اولویت‌بندی هم به تقدم و تأخر کاربردها می‌پردازد و هم به انتخاب زیرفناوری‌های منتخب در کاربردهای برگزیده. در این وضعیت حوزه فناورانه را باید متشکل از کاربرد و زیرفناوری (به صورت توأمان) دانست. در یک جمع‌بندی:

«شناسایی حوزه‌های فناورانه شامل تهیه فهرستی از زیرفناوری‌ها و کاربردهای مرتبط با یک

فناوری راهبردی است.»

درخت اصلی فناوری های مرتبط با انرژی زمین گرمایی، به شکل زیر است.



شکل (۳-۳) - درخت فناوری انرژی زمین گرمایی

در اولویت‌بندی فناوری‌ها، به دلیل اشتراک زیاد فناوری‌های انرژی زمین گرمایی با فناوری‌های حوزه نفت و گاز، طی دو جلسه کمیته راهبری که در تاریخ ۱۳۹۳/۱۱/۶ و تاریخ ۱۳۹۳/۱۱/۱۳ برگزار گردید، فناوری‌های مرتبط با حوزه‌های عمیق و کم عمق زمین گرمایی مورد پیش‌ارزیابی قرار گرفتند تا فناوری‌های خاص زمین گرمایی شناسایی شوند. بر این اساس، فناوری-

های خاص زمین گرمایی در زمینه های فناوری های اکتشاف، تولید برق، و تأمین و تعمیر و نگهداری تجهیزات چاه های منابع زمین گرمایی عمیق و همچنین فناوری های مرتبط با پمپ حرارتی (مرتبط با منابع کم عمق زمین گرمایی) شناسایی شدند. فهرست کامل این فناوری ها، در ادامه ذکر می شود:

جدول (۱-۳) - فناوری های خاص زمین گرمایی در منابع هیدروترمال

شاخه فناوری	زیر فناوری ها
اکتشاف	سیستم های نمودارگیری، سیستم های اندازه گیری پارامتری ژئومکانیکی مغزه ها، فناوری - های مواد و روش های آنالیز شیمیایی، فناوری های مواد و روش های آنالیز ایزوتوپی، فناوری های تجهیزات آنالیز شیمیایی، فناوری های تجهیزات آنالیز ایزوتوپی، فناوری های مرتبط با روش MT، فناوری های مرتبط با روش TEM، فناوری های برداشت های هوایی مادون قرمز، فناوری های مرتبط با نمودارگیری متداول و پیشرفته از چاه های زمین گرمایی، فناوری آزمایش های چاه های زمین گرمایی، فناوری های مرتبط با تجهیزات، وسایل و دستگاه های مورد نیاز جهت اجرای عملیات چاه آزمایی، فناوری نرم افزارهای کاربردی جهت توصیف و تعیین خصوصیات مخزن، فناوری های مرتبط با عملیات چاه آزمایی، فناوری های مرتبط با نرم افزارهای بررسی داده های ژئوفیزیکی و زمین شناسی درون چاهی، فناوری مرتبط با نرم افزارهای ارزیابی پتروفیزیکی چاه ها، فناوری های مورد نیاز در آزمایشگاه بررسی خواص سیالات و سنگ مخزن
تعمیر و نگهداری چاه ها	فناوری های مرتبط با ساخت و تعمیر و نگهداری شیرآلات سرچاهی، فناوری های تولید مواد شیمیایی مورد نیاز برای تمیزکاری چاه های زمین گرمایی

جدول (۲-۳) - فناوری های خاص زمین گرمایی در منابع EGS

شاخه فناوری	زیر فناوری ها
اکتشاف	مطالعات زمین شناسی، مطالعات ژئوفیزیک هوایی، بررسی اطلاعات چاه های موجود، تهیه و بررسی نقشه توزیع حرارت در اعماق زمین
تعمیر و نگهداری چاه ها	فناوری های مرتبط با تعمیر و نگهداری چاه های منابع زمین گرمایی پیشرفته

جدول (۳-۳) - فناوری های خاص تولید برق زمین گرمایی

شاخه فناوری	زیر فناوری ها
تبخیر آبی	فناوری های طراحی نیروگاه، فناوری های اجرای نیروگاه، لوله و اتصالات، توربین بخار، سیستم کنترل توربین بخار، شیر تنظیم نیروگاه های تبخیر آبی، سیستم بازدارنده رسوب، شیرهای سرچاهی و تجهیزات کنترل، سیستم خارج کننده گاز، سیستم پالایش گازهای غیر قابل میعان، فناوری های نگهداری و تعمیرات در بخش های: الکترونیک ولتاژ بالا، الکترونیک ولتاژ متوسط، الکترونیک ولتاژ پایین، مکانیک تجهیزات اصلی، مکانیک تجهیزات جانبی، ابزار دقیق-سیستم های کنترل، ابزار دقیق- تجهیزات اندازه گیری، خوردگی، تست های پایش وضعیت، بخش نرم افزارهای پایش وضعیت
دومداره	فناوری های طراحی نیروگاه، فناوری های اجرای نیروگاه، لوله و اتصالات، سیستم شن گیر نیروگاه های دومداره، سیال کاری، پمپ های گریز از مرکز چندمرحله ای، توربین محوری، سیستم کنترل، فناوری های نگهداری و تعمیرات در بخش های: الکترونیک ولتاژ بالا، الکترونیک ولتاژ متوسط، الکترونیک ولتاژ پایین، مکانیک تجهیزات اصلی، مکانیک تجهیزات جانبی، ابزار دقیق- سیستم های کنترل، ابزار دقیق- تجهیزات اندازه گیری، خوردگی، تست های پایش وضعیت، بخش نرم افزارهای پایش وضعیت

جدول (۴-۳) - فناوری های خاص زمین گرمایی در منابع کم عمق (پمپ حرارتی)

شاخه فناوری	زیر فناوری ها
سیستم های باز	طراحی کویل زمینی، تجهیزات سیستم های توسعه یافته، سیستم کنترلی و محافظتی، حفاری، مبدل های آب به مبرد دو لوله ای، مبدل های آب به مبرد دی سوپرهیتر، مبرد، کمپرسور
سیستم های بسته افقی	سیال کاری کویل زمینی، تجهیزات سیستم های توسعه یافته، مبدل های آب به مبرد دو لوله ای، مبدل های آب به مبرد دی سوپرهیتر، مبرد، کمپرسور، سیستم کنترلی و محافظتی
سیستم های بسته عمودی	طراحی کویل زمینی، سیال کاری کویل زمینی، آزمایش های مربوط به سیستم های بسته عمودی، گروت، گروت ریزی، حفاری، تجهیزات سیستم های توسعه یافته، مبدل های آب به مبرد دو لوله ای، مبدل های آب به مبرد دی سوپرهیتر، مبرد، کمپرسور، سیستم کنترلی و محافظتی

۲-۱-۲- بررسی چرخه عمر حوزه‌های فناورانه منتخب

پیش از اولویت‌بندی و انتخاب حوزه‌های فناورانه، لازم است تا در یک ارزیابی اولیه، به بررسی چرخه عمر فناوری و چرخه عمر بازار- محصول پرداخته شود. در مسیر توسعه فناوری‌های راهبردی، لازم است تا حوزه‌های فناورانه‌ای برای توسعه انتخاب شوند که در مرحله زوال خود قرار نداشته باشند. اگر منظور از حوزه فناورانه، زیرفناوری‌ها باشند، لازم است چرخه عمر فناوری بررسی شود و اگر منظور کاربرد باشد، چرخه عمر بازار - محصول مورد نظر قرار می‌گیرد. برنامه‌ریزی برای توسعه فناوری‌های موجود در مرحله زوال منجر به هدررفت سرمایه‌گذاری‌های صورت‌گرفته و از دست دادن رقابت‌پذیری می‌گردد.

چرخه عمر فناوری، مفهومی است که نحوه بهبود عملکرد یک فناوری را در طول زمان نشان می‌دهد. این منحنی دارای چهار مرحله جنینی، رشد، بلوغ و زوال است. زمانی که یک فناوری به محدودیت طبیعی خودش برسد، جایی برای بهبود نداشته و به سمت زوال و جایگزینی با فناوری‌های دیگر حرکت می‌کند. به عبارت دیگر، مدت زمانی که تا مرحله زوال (منسوخ شدن) فناوری باقی مانده است، بر ریسک جایگزینی با فناوری(های) دیگری که در آستانه ظهور هستند، تأثیرگذار است.

در بخشی از گزارش « تدوین مبانی سند توسعه فناوری‌های مرتبط با انرژی زمین گرمایی » که در مرحله اول پروژه حاضر ارائه گردید، با تحلیل و بررسی ویژگی‌هایی چون میزان مقالات، تعداد پتنت‌ها، وضعیت بازار، و میزان ظرفیت نصب‌شده هر یک از فناوری‌های زمین گرمایی، جایگاه هر یک از این فناوری‌ها در چرخه عمر مشخص گردید. نتیجه این بررسی‌ها نشان‌دهنده آن است که چرخه عمر فناوری‌های اصلی انرژی زمین گرمایی به شرح زیر می‌باشد:

- فناوری‌های مرتبط با منابع هیدروترمال (منابع عمیق)

- طی ۱۵ سال گذشته، انتشار مقالات و پتنت‌ها در خصوص منابع هیدروترمال بجز مقوله اکتشاف، روند کاهشی داشته است. از سوی دیگر ظرفیت نیروگاهی تولید برق از منابع مذکور، رو به رشد بوده است. با توجه به مطالب ذکر شده، می‌توان این‌گونه نتیجه‌گیری نمود که فناوری‌های مرتبط با اکتشاف منابع هیدروترمال در مرحله انتهای رشد و ابتدای بلوغ خود قرار دارند. اما سایر فناوری‌های مرتبط با منابع هیدروترمال، در مرحله بلوغ قرار دارند. دلیل اصلی این استدلال، کاهش نرخ رشد مقالات و پتنت‌های منتشر شده از یک سو و افزایش ظرفیت تولید برق از سوی دیگر می‌باشد.

- منابع زمین گرمایی پیشرفته یا EGS (منابع عمیق)

- با توجه به روند رو به رشد تعداد مقالات و پتنت های منتشر شده در خصوص منابع EGS، و همچنین ظرفیت بسیار پایین نصب شده نیروگاهی می توان نتیجه گرفت که فناوری های مرتبط با این دسته از منابع زمین گرمایی در مرحله معرفی قرار دارند.

- پمپ های حرارتی زمین گرمایی (منابع کم عمق)

- با توجه به نرخ رشد کم تعداد مقالات و پتنت های منتشر شده در خصوص سیستم های پمپ حرارتی، و افزایش بسیار زیاد ظرفیت نصب شده سیستم های مذکور، می توان نتیجه گرفت که فناوری های مرتبط با پمپ های حرارتی زمین گرمایی در مرحله بلوغ خود قرار دارند.

بنابراین، هیچ کدام از شاخه های فناوری مرتبط با انرژی زمین گرمایی در مرحله زوال قرار ندارند و در این مرحله، نیازی به حذف شاخه های فناوری نیست.

همچنین، لازم به ذکر است که تمامی فناوری های مرتبط با منابع EGS، به دلیل نوظهور بودن جزو اولویت های فناورانه محسوب شده و وارد فاز اولویت بندی نمی شوند. منابع زمین گرمایی EGS فناوری های نوظهوری دارند که هنوز در مراحل ابتدایی عمر خود به سر می برند و توسعه آن ها در جهان در افق بلندمدت کشورها قرار دارد. بدیهی است که مزیت اصلی انرژی زمین گرمایی در آینده وابسته به توانمندی بهره برداری از این منابع است که البته کسب دانش و توسعه فناوری آن ها فرایندی بسیار بلندمدت است و کشور باید از هم اکنون برنامه هایی برای توسعه این فناوری در نظر داشته باشد. بنابراین این دسته از فناوری های زمین گرمایی قطعاً از اولویت برخوردارند و در همین گام از چرخه اولویت بندی متوقف شده و وارد گام های بعدی ارزیابی اولویت بندی نمی شوند.

۳-۱-۲- بررسی فنی - اقتصادی گزینه های اولویت بندی فناوری های زمین گرمایی

در این گام به منظور اولویت بندی فناوری ها، پیوستگی فناوری ها در زنجیره ارزش، امکان پذیری توسعه فناورانه آن ها در کشور، و توجیه پذیری اقتصادی توسعه فناوری ها مورد بررسی قرار می گیرد.

از دیدگاه زنجیره ارزشی، تمامی حوزه های فناورانه شناسایی شده در زمینه اکتشاف و نگهداری و تعمیرات منابع هیدروترمال (به استثنای حوزه مرتبط با تولید برق)، مراحل به هم پیوسته و تشکیل دهنده یک زنجیره ارزش هستند و بنابراین فناوری های مرتبط با آن ها نیز یک زنجیره ارزش را شکل می دهند. به همین دلیل، اولویت بندی فناوری ها در این حوزه ها کارایی نخواهد داشت و همگی فناوری های مرتبط با آن ها اولویت فناورانه می باشند.

از دیدگاه امکان پذیری توسعه فناوری، در مطالعه ای که پیش از این در سال ۱۳۹۳ توسط سازمان انرژی های نو ایران با عنوان «امکان پذیری توسعه سیستم های پمپ حرارتی زمین گرمایی در کشور» صورت گرفت، مشخص شد که در بخش های وسیعی از ناحیه مرکزی و ناحیه جنوب و جنوب غربی ایران توسعه این سیستم ها توجیه پذیر است. گزینه های مختلف پمپ حرارتی زمین گرمایی، در منطقه جغرافیایی محدود، می توانند جایگزین یکدیگر باشند اما در کشور ایران، هر یک از انواع پمپ حرارتی در شرایط متفاوت و برای نقاط خاصی از کشور مورد استفاده قرار می گیرند. از طرف دیگر، پمپ های حرارتی زمین گرمایی فناوری های ساده ای دارند که بیشتر آن ها هم اکنون در کشور موجودند. بنابراین فناوری های انواع پمپ حرارتی، همگی جزو اولویت های فناورانه قرار می گیرند.

بنابراین، تنها فناوری های مرتبط با تولید برق از منابع زمین گرمایی هیدروترمال، وارد بررسی توجیه پذیری اقتصادی می شوند. در این دسته از فناوری ها، از آنجایی که پتانسیل منابع و هزینه تمام شده انرژی دو معیار بسیار مهم و تعیین کننده در تعیین اولویت توسعه فناوری های مرتبط با این حوزه است، بررسی این دو معیار کمی وضعیت اولویت بندی انواع فناوری های تولید برق را مشخص خواهد نمود. این دو معیار هم نشان دهنده جذابیت فناوری و هم توانمندی کشور در تولید برق هیدروترمال هستند. مطابق اطلاعات ارائه شده در گزارش «ضرورت توسعه و توجیه پذیری»، که در مرحله اول پروژه حاضر تدوین شد، هزینه تمام شده انرژی برای نیروگاه دومداره در تمام محاسبات داخلی و بین المللی بیشتر از هزینه تمام شده انرژی نیروگاه تبخیر آبی است و بنابراین به صرفه است که توسعه نیروگاه های تبخیر آبی قبل از توسعه نیروگاه های دومداره صورت گیرد. اما از سوی دیگر، تعداد منابع هیدروترمال با دمای بالا که مناسب نیروگاه تبخیر آبی می باشد کم است. این در حالی است که مطابق تخمین های زمین شناسی، منابع هیدروترمال با دمای پایین تر (مناسب برای نیروگاه های دومداره) در ایران بسیار بیشتر از منابع دما بالا است.

۴-۱-۲- جمع بندی نتایج اولویت بندی و ارائه اولویت بندی نهایی

با توجه به مطالب ذکر شده در بخش های ۱-۲-۳ تا ۱-۴-۳ و توجیحات فنی، اقتصادی و فرایندی ارائه شده در آنها، مشخص گردید که در زمینه منابع کم عمق زمین گرمایی (پمپ حرارتی) تمامی فناوری های شناسایی شده در فاز پیش ارزیابی، جزو اولویت های کشور شناخته می شوند. در زمینه منابع عمیق زمین گرمایی پیشرفته (EGS) تمامی فناوری ها اولویت کشور شناخته می شوند. در زمینه فناوری های اکتشاف و نگهداری و تعمیرات منابع عمیق هیدروترمال، تمامی فناوری های خاص زمین گرمایی جزو اولویت توسعه فناوریانه شناخته شدند. در نهایت، در زمینه فناوری های تولید برق منابع عمیق هیدروترمال، تنها فناوری های مرتبط با نیروگاه دودمداره از اولویت توسعه فناوریانه برخوردارند.

۲-۲- سبک اکتساب فناوری ها (جهت تعیین راهبردهای هدایتی)

مدل های اکتساب فناوری به تعیین روش های دستیابی به فناوری شناسایی شده و انتخاب شده می پردازد. بدین معنی که تعیین می کند که توسعه فناوری از کدام یک از سبک های توسعه داخلی، همکاری با سایر شرکت ها یا مؤسسات (انتقال فناوری)، یا خرید محصول فناوری انجام شود. در این قسمت درباره عوامل راهبردی مؤثر بر انتخاب نوع اکتساب و ارتباط آن با انتخاب فناوری ها و زمان توسعه و معرفی آنها بحث می شود.

به مدلی که جهت تعیین روش اکتساب فناوری مورد استفاده قرار می گیرد، مدل انتخاب روش اکتساب فناوری گویند. هر

مدل از ۳ بخش مهم تشکیل می شود:

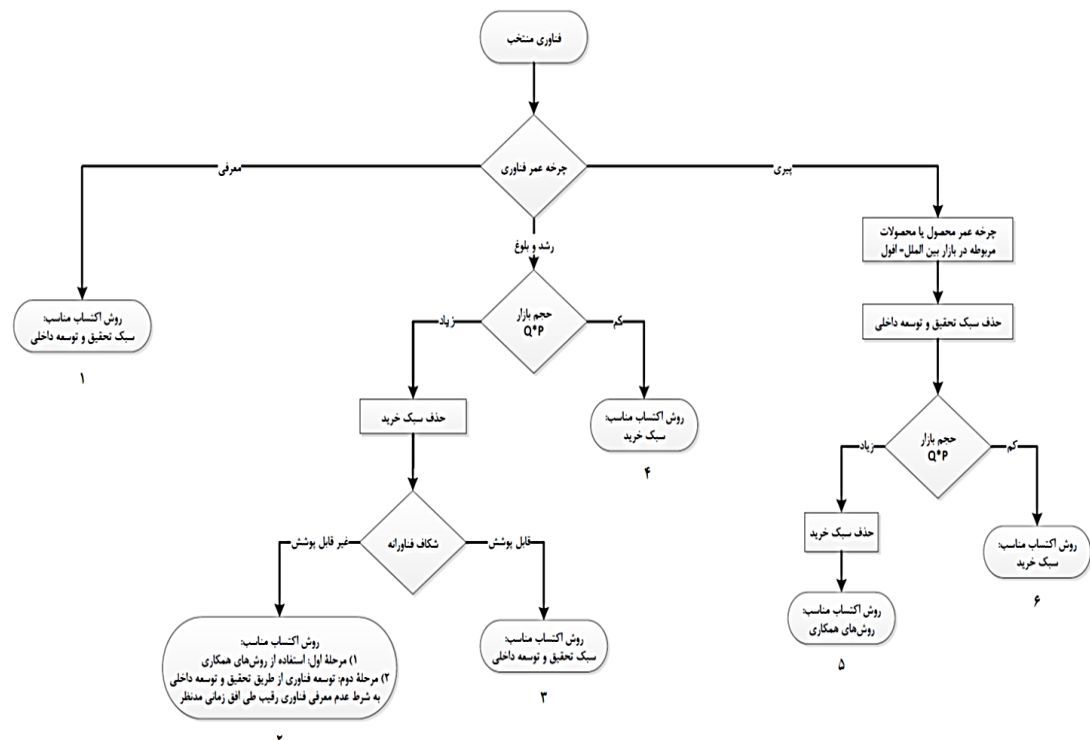
✓ معیارهای انتخاب

✓ روش های مورد نظر برای اکتساب فناوری

✓ مکانیزم اجرایی

تفاوت مدل هایی که در سطح بنگاه ها و دولت مورد استفاده قرار می گیرد، در معیارهای مورد استفاده و نیز مدنظر برای اکتساب فناوری می باشد. در برخی از موارد ممکن است یک معیار با عنوان یکسانی در هر دو مدل مورد استفاده قرار گیرد اما تعریف و یا گستره آن معیار در دو مدل متفاوت باشد. برای مثال تعریف معیار حجم بازار در سطح ملی با معیار حجم بازار در سطح یک بنگاه متفاوت است.

شاخص‌های مورد نیاز برای تعیین وضعیت عناصر مندرج در مدل اکتساب فناوری عبارتند از چرخه عمر فناوری، چرخه عمر محصول، حجم بازار داخلی و شکاف فناورانه. در میان این شاخص‌ها، در این پروژه که هدف توسعه فناوری‌های حوزه زمین گرمایی است و محصول خاصی موردنظر نیست، شاخص چرخه عمر محصول حذف خواهد شد.



شکل (۳-۴) - مدل مفهومی اکتساب فناوری

در ادامه، به شرح یکایک اجزا و عناصر این مدل و نقش آن‌ها در مدل می‌پردازیم:

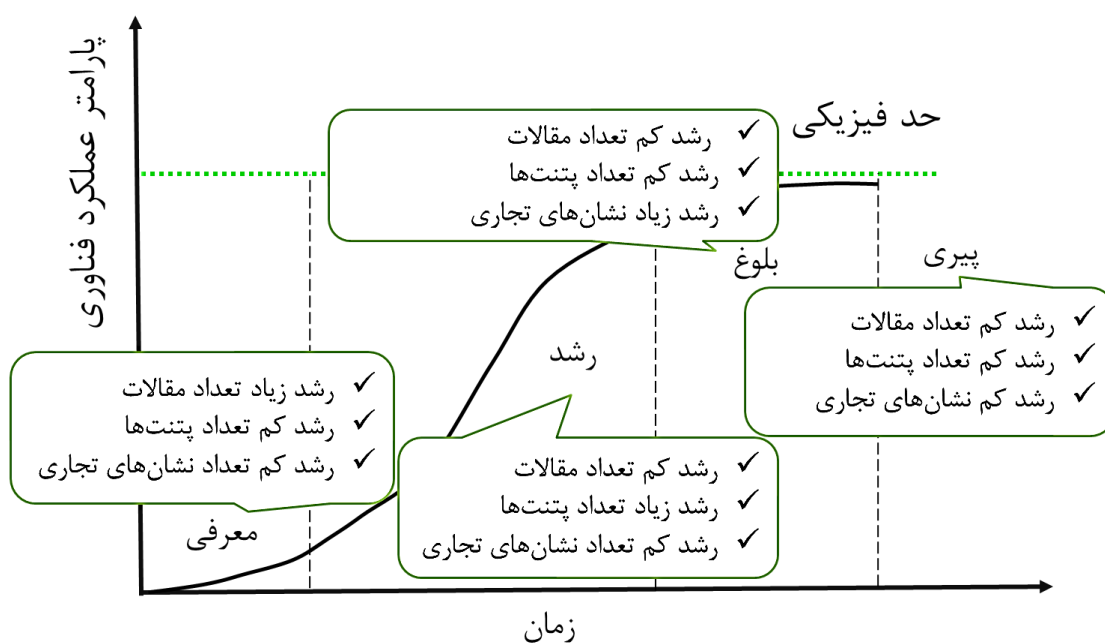
- **چرخه عمر فناوری:** عبارت است از سیر بهبود عملکرد فناوری طی زمان، که شامل مراحل معرفی، رشد، بلوغ و پیری می‌باشد. عملکرد فناوری را می‌توان در قالب هر ویژگی بیان کرد، مثلاً دensیتی در صنعت الکترونیک، یا سرعت هواپیما به مایل در هر ساعت. بر این اساس دوره معرفی دوره‌ای است که آزمایشات اولیه روی سیستم انجام می‌شود، و بهبود عملکرد رشد کندی دارد، در دوره رشد، عملکرد فناوری به صورت سریع و پایدار بهبود می‌یابد، در ادامه دوره

بلوغ وقتی آغاز می‌گردد که فناوری به بالاترین حد پیشرفت خود می‌رسد و به حدود طبیعی برخورد می‌کند، سرانجام پس از جایگزین شدن فناوری جدید، دوره پیری فناوری آغاز می‌گردد.

شاخص‌های تعیین وضعیت فناوری در چرخه عمر عبارتند از:

- رشد تعداد مقالات
- رشد تعداد پتنت‌ها
- رشد نشان‌های تجاری

در هر مرحله از عمر فناوری، این سه شاخص وضعیت متفاوتی دارند که در شکل زیر نشان داده شده است:



شکل (۳-۵) - ویژگی‌های مراحل مختلف چرخه عمر فناوری

- **حجم بازار داخل:** عبارت است از آن مقدار از ارزش پولی که برای محصول مذکور در بازار داخل کشور، در صورت خریداری به مصرف می‌رسد. این ارزش پولی وابسته به قیمت خرید و کمیت مورد نیاز از محصول مربوطه در کشور می‌باشد و از حاصلضرب این دو متغیر به دست می‌آید. در این گزارش، حجم بازار داخل ابتدا با نظر کارشناسان فنی

پژوهشگاه نیرو در حوزه انرژی زمین گرمایی تدوین شد و سپس در جلسه کمیته راهبری مورخ ۱۳۹۴/۳/۱۹ به تأیید خبرگان حاضر در جلسه رسید. آن دسته از فناوری های زمین گرمایی که در همه زمینه های استفاده از این انرژی کاربرد دارند (مانند فناوری های اکتشاف) دارای حجم بازار زیاد و آن دسته از فناوری ها که تنها برای استفاده در یک زمینه و آن هم به تعداد محدود مورد نیاز هستند (مانند تعدادی از فناوری های نیروگاهی که فقط یک مورد آن برای پاسخگویی به تعداد زیادی از نیروگاه های در حال حاضر و در آینده نزدیک محدود ایران، کافی است)، دارای حجم بازار کم تشخیص داده شدند.

- **شکاف فناورانه:** عبارت است از فاصله میان سطح توانمندی فناورانه بالقوه کشور در افق زمانی مورد نظر و حداقل سطح توانمندی مطلوب، در ارتباط با فناوری منتخب. در صورتی که بین این دو فاصله ای وجود نداشته باشد، شکاف فناورانه قابل پوشش است اما در صورت وجود فاصله، شکاف فناورانه قابل پوشش نیست. در این گزارش، وضعیت شکاف فناورانه ابتدا با نظر کارشناسان فنی پژوهشگاه نیرو در حوزه انرژی زمین گرمایی تدوین شد و سپس در جلسه کمیته راهبری مورخ ۱۳۹۴/۳/۱۹ به تأیید خبرگان حاضر در جلسه رسید.

۳-۲- تعیین سبک اکتساب فناوری های مرتبط با اکتشاف منابع زمین گرمایی

با بررسی سه شاخص چرخه عمر، حجم بازار، و شکاف فناوری برای فناوری های اولویت دار زمین گرمایی، سبک اکتساب آن ها مشخص گردید. لازم به ذکر است که پس از تدوین اولیه سبک اکتساب فناوری ها توسط تیم فنی، نتایج بررسی ها در جلسه کمیته راهبری مورخ ۱۳۹۴/۳/۱۹ به بحث گذاشته شد و پس از کسب نظر خبرگان حاضر در جلسه، نهایی گردید.

۱-۳-۲- تعیین سبک اکتساب فناوری های مرتبط با اکتشاف منابع زمین گرمایی هیدروترمال

نتایج بررسی ها در مورد سبک اکتساب فناوری های مرتبط با اکتشاف منابع زمین گرمایی هیدروترمال با توجه به چرخه عمر، حجم بازار، و شکاف فناورانه به صورت زیر است.

جدول (۳-۵) - سبک اکتساب فناوری های مرتبط با اکتشاف منابع زمین گرمایی هیدروترمال

ردیف	عنوان فناوری	چرخه عمر	حجم بازار	شکاف فناوری	سبک اکتساب
۱	سیستم های نمودارگیری	بالغ	زیاد	زیاد	انتقال فناوری به روش های همکاری
۲	سیستم های اندازه گیری پارامتری ژئومکانیکی مغزه ها	اوایل بلوغ	زیاد	زیاد	انتقال فناوری به روش های همکاری
۳	فناوری های مواد و روش های آنالیز شیمیایی	بالغ	زیاد	کم	توسعه درون زا
۴	فناوری های مواد و روش های آنالیز ایزوتوپی	بالغ	زیاد	زیاد	انتقال فناوری به روش های همکاری
۵	فناوری های تجهیزات آنالیز شیمیایی	بالغ	زیاد	کم	توسعه درون زا
۶	فناوری های تجهیزات آنالیز ایزوتوپی	بالغ	زیاد	زیاد	انتقال فناوری به روش های همکاری
۷	فناوری های مرتبط با روش MT	اوایل بلوغ	زیاد	زیاد	انتقال فناوری به روش های همکاری
۸	فناوری های مرتبط با روش TEM	اوایل بلوغ	زیاد	زیاد	انتقال فناوری به روش های همکاری
۹	فناوری های برداشت های هوایی مادون قرمز	بالغ	زیاد	کم	توسعه درون زا
۱۰	فناوری های مرتبط با نمودارگیری متداول و پیشرفته از چاه های زمین گرمایی	بالغ	زیاد	زیاد	انتقال فناوری به روش های همکاری
۱۱	فناوری آزمایش های چاه های زمین گرمایی	بالغ	زیاد	زیاد	انتقال فناوری به روش های همکاری
۱۲	فناوری های مرتبط با تجهیزات، وسایل و دستگاه های مورد نیاز جهت اجرای عملیات چاه آزمایشی	بالغ	زیاد	زیاد	انتقال فناوری به روش های همکاری
۱۳	فناوری نرم افزارهای کاربردی جهت توصیف و تعیین خصوصیات مخزن	بالغ	زیاد	کم	توسعه درون زا

ردیف	عنوان فناوری	چرخه عمر	حجم بازار	شکاف فناوری	سبک اکتساب
۱۴	فناوری های مرتبط با عملیات چاه آزمایشی	بالغ	زیاد	زیاد	انتقال فناوری به روش های همکاری
۱۵	فناوری های مرتبط با نرم افزارهای بررسی داده های ژئوفیزیکی و زمین شناسی درون چاهی	بالغ	زیاد	کم	توسعه درون زا
۱۶	فناوری مرتبط با نرم افزارهای ارزیابی پتروفیزیکی چاه ها	بالغ	زیاد	کم	توسعه درون زا
۱۷	فناوری های مورد نیاز در آزمایشگاه بررسی خواص سیالات و سنگ مخزن	بالغ	زیاد	زیاد	انتقال فناوری به روش های همکاری

۲-۳-۲- تعیین سبک اکتساب فناوری های مرتبط با تأمین و تعمیر و نگهداری چاه های منابع زمین گرمایی

هیدروترمال

نتایج بررسی ها در مورد سبک اکتساب فناوری های مرتبط با تأمین و تعمیر و نگهداری چاه های منابع زمین گرمایی هیدروترمال با توجه به چرخه عمر، حجم بازار، و شکاف فناورانه به صورت زیر است.

جدول (۳-۶) - سبک اکتساب فناوری های مرتبط با تأمین و تعمیر و نگهداری چاه های منابع زمین گرمایی

ردیف	عنوان فناوری	چرخه عمر	حجم بازار	شکاف فناوری	سبک اکتساب
۱	فناوری های مرتبط با ساخت و تعمیر و نگهداری شیر آلات سرچاهی	بالغ	زیاد	زیاد	انتقال فناوری به روش های همکاری
۲	فناوری های تولید مواد شیمیایی مورد نیاز برای تمیزکاری چاه های زمین گرمایی	بالغ	زیاد	زیاد	انتقال فناوری به روش های همکاری

۳-۳-۲- تعیین سبک اکتساب فناوری های مربوط به تولید برق هیدروترمال

نتایج بررسی ها در مورد سبک اکتساب فناوری های مرتبط به تولید برق از منابع هیدروترمال زمین گرمایی با توجه به چرخه عمر، حجم بازار، و شکاف فناورانه به صورت زیر است.

جدول (۳-۷) - سبک اکتساب فناوری های مرتبط با تولید برق منابع زمین گرمایی

ردیف	عنوان فناوری	چرخه عمر	حجم بازار	شکاف فناوری	سبک اکتساب
۱	طراحی نیروگاه های زمین گرمایی	بلوغ	زیاد	قابل پوشش	توسعه درون زا
۲	اجرای نیروگاه های زمین گرمایی	بلوغ	زیاد	قابل پوشش	توسعه درون زا
۳	لوله و اتصالات	بلوغ	زیاد	قابل پوشش	توسعه درون زا
۴	سیستم شن گیر نیروگاه های دودمداره	بلوغ	کم	قابل پوشش	خرید
۵	سیال کاری	بلوغ	کم	غیرقابل پوشش	خرید
۶	پمپ های گریز از مرکز چندمرحله ای	بلوغ	کم	غیرقابل پوشش	خرید
۷	فناوری های نت نیروگاه های زمین گرمایی در بخش الکترونیک ولتاژ بالا	بلوغ	زیاد	قابل پوشش	توسعه درون زا
۸	فناوری های نت نیروگاه های زمین گرمایی در بخش الکترونیک ولتاژ متوسط	بلوغ	زیاد	قابل پوشش	توسعه درون زا
۹	فناوری های نت نیروگاه های زمین گرمایی در بخش الکترونیک ولتاژ پایین	بلوغ	زیاد	قابل پوشش	توسعه درون زا
۱۰	فناوری های نت نیروگاه ها در بخش مکانیک تجهیزات اصلی	بلوغ	زیاد	قابل پوشش	توسعه درون زا
۱۱	فناوری های نت نیروگاه ها در بخش مکانیک تجهیزات جانبی	بلوغ	زیاد	قابل پوشش	توسعه درون زا
۱۲	فناوری های نت نیروگاه ها در بخش	بلوغ	زیاد	قابل پوشش	توسعه درون زا

ردیف	عنوان فناوری	چرخه عمر	حجم بازار	شکاف فناوری	سبک اکتساب
	ابزار دقیق - سیستم های کنترل				
۱۳	فناوری های نت نیروگاه ها در بخش ابزار دقیق - تجهیزات اندازه گیری	بلوغ	زیاد	قابل پوشش	توسعه درون زا
۱۴	فناوری های نت نیروگاه ها در بخش خوردگی	بلوغ	زیاد	قابل پوشش	توسعه درون زا
۱۵	فناوری های نت نیروگاه ها در بخش تست های پایش وضعیت	بلوغ	زیاد	قابل پوشش	توسعه درون زا
۱۶	فناوری های نت نیروگاه ها در بخش نرم افزارهای پایش وضعیت	بلوغ	زیاد	قابل پوشش	توسعه درون زا

۴-۳-۲- تعیین سبک اکتساب فناوری های مربوط EGS

نتایج بررسی ها در مورد سبک اکتساب فناوری های مرتبط با منابع EGS زمین گرمایی با توجه به چرخه عمر، حجم بازار، و شکاف فناورانه به صورت زیر است.

جدول (۳-۸) - سبک اکتساب فناوری های مرتبط با منابع زمین گرمایی EGS

ردیف	عنوان فناوری	چرخه عمر	حجم بازار	شکاف فناوری	سبک اکتساب
۲۰	فناوری های مرتبط با اکتشاف منابع زمین گرمایی پیشرفته	معرفی	-	-	توسعه درون زا
۲۱	فناوری های مرتبط با تعمیر و نگهداری چاه های منابع زمین گرمایی پیشرفته	معرفی	-	-	توسعه درون زا

۵-۳-۲- تعیین سبک اکتساب فناوری های مربوط به پمپ حرارتی زمین گرمایی

نتایج بررسی ها در مورد سبک اکتساب فناوری های مرتبط با پمپ حرارتی زمین گرمایی با توجه به چرخه عمر، حجم بازار، و شکاف فناورانه به صورت زیر است.

جدول (۳-۹) - سبک اکتساب فناوری های مرتبط با پمپ حرارتی زمین گرمایی

ردیف	عنوان فناوری	چرخه عمر	حجم بازار	شکاف فناوری	سبک اکتساب
۱	طراحی کویل زمینی	بالغ	زیاد	کم	توسعه درون زا
۲	تجهیزات سیستم های توسعه یافته	بالغ	زیاد	زیاد	انتقال فناوری به شیوه همکاری
۳	حفاری	بالغ	زیاد	زیاد	انتقال فناوری به شیوه همکاری
۴	سیستم کنترلی و محافظتی	بالغ	زیاد	کم	توسعه درون زا
۵	مبدل های آب به مبرد دو لوله ای	بالغ	زیاد	کم	توسعه درون زا
۶	مبدل های آب به مبرد دی سوپرهیتر	بالغ	زیاد	کم	توسعه درون زا
۷	مبرد	بالغ	زیاد	زیاد	انتقال فناوری به شیوه همکاری
۸	کمپرسور	بالغ	زیاد	زیاد	انتقال فناوری به شیوه همکاری
۹	سیال کاری کویل زمینی	بالغ	زیاد	کم	توسعه درون زا
۱۰	آزمایش های مربوط به سیستم های بسته عمودی	بالغ	زیاد	کم	توسعه درون زا
۱۱	گروت	بالغ	زیاد	زیاد	انتقال فناوری به شیوه همکاری
۱۲	گروت ریزی	بالغ	زیاد	کم	توسعه درون زا

۴- مراجع

۱. Opportunities for Direct Use of Geothermal Resources in the Bicol Region, Philippines, Proceedings, World Geothermal Congress (2010). (ب.د.).
۲. Cappetti, G. Romagnoli, P. and Sabatelli, F. (2010) Geothermal electricity: country update report. Proceedings World Geothermal Congress, Bali, Indonesia, April 25-30. (پ.پ.).
۳. Gutiérrez-Negrín, L.C.A., Maya-González R., and J.L. Quijano-León, 2010: Current Status of Geothermics in Mexico. Proceedings of the World Geothermal Congress 2010, Bali, Indonesia, 25-29 April 2010, ۱۱ پ.پ. (پ.پ.).
۴. ARENA (Australian Renewable Energy Agency), (2012). "Consultation Draft of the General Funding Strategy." Accessible online at: <http://www.arena.gov.au/documents/funding-strategy/consultation-draft-general-funding-strategy>. (ب.د.).
۵. Blankenship, D.A., Mansure, A.J., and Finger, J.T., 2007. Drilling and Completions Technology for Geothermal Wells. In Proceedings Geothermal Resources Council Transactions vol 31. . (ب.د.).
۶. Built and Circulated, 2010. Geothermal Energy in China: Past and Future, 395- 418, Geological Publishing House. (ب.د.).
۷. Bustamante, C. (2000). PNOG Geothermal Projects: A Holistic Approach to Environmental Management, World Geothermal Congress 2000, Kyushu, Japan, pp. 539-5۴۳. (پ.پ.).
۸. CFE, 2010: Statistics section of the public website of the Comisión Federal de Electricidad, Mexico. Website: <http://www.cfe.gob.mx>. Date: December 27, 2010. (ب.د.).
۹. Dolor, F. M. (2005). Phases of Geothermal Development in the Philippines. Proceedings, Workshop for Decision Makers on Geothermal Projects and their Management. Naivasha, Kenya, November 14-18, 2005. (ب.د.).

۱۰. Enrico, B., Stefano, B., Fabio, M., THE ITALIAN GEOTHERMAL DATABASE. World Geothermal Congress 2000, Kyushu - Tohoku, Japan, May 28 - June 10, 2000. . (ب.د.). 8.
۱۱. Gunerhan, G. G., Kocar, G. and Hepbasli, A. (2001). Geothermal energy utilisation in Turkey. International Journal of Energy Research, V. 25, N.9, pp.769-7۸۴ . (پ.پ.). ۹.
۱۲. Gutiérrez-Negrín, L. C. A. (2012) Update of the geothermal electric potential in Mexico. Geothermal Resources Council Transactions, Vo. 36, pp671-6۷۷. (پ.پ.).
۱۳. Habermehl, R. and Pestov, I., 2002. Geothermal resources of the Great Artesian Basin, Australia. GHC Bulletin, Vol 23(2), pp20-2۶. (پ.پ.).
۱۴. <http://www.renewableenergyworld.com/rea/news/article/2014/07/geothermal-energy-to-become-next-new-source-of-china-renewable-growth>. (ب.د.).
۱۵. Huang Shangyao, Wang Jun, Wang Jiyang. The classifying of geothermal zones and modelling of geothermal field, Hydrogeology and Engineering Geology, 5, (1983), 22- 26. . (ب.د.).
۱۶. José Luis Quijano-León and Luis C.A. 30 Years of Geothermal-Electric Generation in Mexico. Gutiérrez-Negrín Comisión Federal de Electricidad, Morelia, México. (ب.د.).
۱۷. Lin, W., Liu, Z., Ma, F., Liu, C. and Wang, G.: "An Estimation of HDR Resources in China's Mainland," Acta Geoscientica Sinica, 33(6): 1-5, 2012. (ب.د.).
۱۸. Lund, J.W., Bloomquist, R.G., Boyd, T.L., Renner, J., 2005. The United States of America country update. In: Proceedings of the World Geothermal Congress 2005, 24-۲۹ □□□□□ ۲۰۰۵, Antalya, Turkey, 19 pp. (ب.د.).
۱۹. M, A.-D. (ب.د.). Geothermal resources in Saudi Arabia, Geothermics. ۱۹۸۸, ۱۷(۲-۳), pp. 465 – ۴۷۶.
۲۰. Montemaggi, M., Romagnoli, P. and Bertani, R. (2013) Geothermal power generation for Italy. Proceedings European Geothermal Conference, Pisa, Italy, June 3-7. (ب.د.).

فهرست مطالب

۱- چارچوب نظری تدوین اقدامات سند توسعه فناوری های انرژی زمین گرمایی	۱
۱-۱- مقدمه	۱
۲-۱- نظام نوآوری فناورانه	۲
۱-۲-۱- ویژگی های نظام نوآوری فناورانه	۲
۳-۱- شناخت مؤلفه های مختلف نظام نوآوری فناورانه	۳
۱-۳-۱- شناخت ساختاری نظام نوآوری فناوری	۳
۱-۱-۳-۱- بازیگران	۳
۲-۱-۳-۱- نهادها	۴
۳-۱-۳-۱- فناوری	۵
۴-۱-۳-۱- روابط و شبکه ها	۵
۲-۳-۱- شناخت کارکردی نظام نوآوری فناوری	۶
۱-۲-۳-۱- فعالیت های کارآفرینی	۶
۲-۲-۳-۱- توسعه دانش	۸
۳-۲-۳-۱- انتشار دانش	۹
۴-۲-۳-۱- جهت دهی به سیستم	۱۹
۵-۲-۳-۱- شکل گیری بازار	۱۲
۶-۲-۳-۱- مدیریت منابع	۲۳
۷-۲-۳-۱- مشروعیت بخشی	۲۴
۴-۱- فرآیند تدوین اهداف خرد، اقدامات و سیاست های توسعه فناوری	۱۹
۱-۴-۱- شناسایی وضعیت موجود	۲۱
۱-۱-۴-۱- شناسایی بازیگران نظام توسعه فناوری	۲۱

- ۱-۴-۱-۲- شناسایی مرحله توسعه فناوری ۲۱
- ۱-۴-۲- شناسایی وضعیت مطلوب و تعیین کارکردهای کلیدی و فعال در توسعه فناوری ۲۴
- ۱-۴-۳- شناسایی چالش‌ها و موانع موجود در توسعه فناوری ۲۵
- ۱-۴-۴- پایش و جمع‌بندی نظرات خبرگان ۳۰
- ۱-۴-۵- تعیین اهداف خرد ۳۰
- ۱-۴-۶- تدوین سیاست‌ها و اقدامات ۳۴
- ۲- برنامه اقدامات و سیاست‌های توسعه فناوری‌های انرژی زمین گرمایی ۳۵**
- ۲-۱- مقدمه ۳۵
- ۲-۲- شناسایی وضعیت موجود توسعه فناوری‌های انرژی زمین گرمایی ۳۶
- ۲-۲-۱- بازیگران نظام توسعه فناوری‌های انرژی زمین گرمایی ۳۶
- ۲-۲-۱-۱- بازیگران زمینه توسعه دانش ۳۶
- ۲-۲-۱-۲- بازیگران در زمینه انتشار دانش ۳۷
- ۲-۲-۱-۳- بازیگران در زمینه تأمین منابع ۳۷
- ۲-۲-۱-۴- بازیگران در زمینه جهت‌دهی به سیستم ۴۰
- ۲-۲-۲- شناسایی مرحله توسعه فناوری‌های انرژی زمین گرمایی ۴۲
- ۲-۲-۲-۱- مرحله توسعه فناوری‌های مرتبط با پمپ حرارتی زمین گرمایی ۴۲
- ۲-۲-۲-۲- مرحله توسعه فناوری‌های مرتبط با اکتشاف منابع زمین گرمایی ۴۴
- ۲-۲-۳- مرحله توسعه فناوری‌های نیروگاهی زمین گرمایی ۴۵
- ۲-۳- شناسایی وضعیت مطلوب توسعه فناوری‌های انرژی زمین گرمایی ۴۶
- ۲-۴- شناسایی چالش‌ها و موانع توسعه فناوری‌های زمین گرمایی ۴۶
- ۲-۴-۱- مهندس آیدین کهرابی ۴۷
- ۲-۴-۲- مهندس مهناز رضوانی ۵۱

- ۵۲..... ۲-۴-۳- دکتر پرخیال
- ۵۴..... ۲-۴-۴- نظرات خبرگان در جلسات کمیته راهبری
- ۵۴..... ۲-۵-۵- شناسایی چالش‌ها و موانع توسعه فناوری‌های انرژی زمین گرمایی
- ۵۵..... ۲-۵-۱- چالش‌های مرتبط با پمپ حرارتی زمین گرمایی
- ۵۶..... ۲-۵-۲- چالش‌های مرتبط با اکتشاف منابع زمین گرمایی
- ۵۷..... ۲-۵-۳- چالش‌های مرتبط با فناوری‌های نیروگاهی زمین گرمایی
- ۵۸..... ۲-۶-۱- تعیین اهداف خرد توسعه فناوری‌های زمین گرمایی
- ۵۸..... ۲-۶-۱- اهداف خرد فناوری‌های مرتبط با پمپ حرارتی زمین گرمایی
- ۵۹..... ۲-۶-۲- اهداف خرد فناوری‌های مرتبط با اکتشاف منابع زمین گرمایی
- ۶۰..... ۲-۶-۳- اهداف خرد مرتبط با فناوری‌های نیروگاهی زمین گرمایی
- ۶۱..... ۲-۷-۱- سیاست‌ها و اقدامات حوزه توسعه فناوری‌های زمین گرمایی
- ۶۱..... ۲-۷-۱- اقدامات و سیاست‌های لازم برای رفع چالش‌های توسعه فناوری‌های پمپ حرارتی زمین گرمایی
- ۶۲.....
- ۶۲..... ۲-۷-۲- اقدامات و سیاست‌های لازم برای رفع چالش‌های توسعه فناوری‌های اکتشاف زمین گرمایی
- ۶۸.....
- ۶۸..... ۲-۷-۳- اقدامات و سیاست‌های لازم برای رفع چالش‌های توسعه فناوری‌های نیروگاهی زمین گرمایی
- ۷۲.....
- ۷۶..... ۲-۸-۱- دسته‌بندی اقدامات مورد نیاز برای توسعه فناوری‌های زمین گرمایی
- ۷۶..... ۲-۸-۱- اقدامات غیرفنی مورد نیاز برای توسعه فناوری‌های زمین گرمایی
- ۷۶..... ۲-۸-۱-۱- اقدامات مربوط به توسعه و انتشار دانش
- ۷۸..... ۲-۸-۱-۲- اقدامات مربوط به تأمین منابع
- ۷۸..... ۲-۸-۱-۳- اقدامات مربوط به جهت‌دهی به سیستم
- ۷۹..... ۲-۸-۱-۴- اقدامات مربوط به شکل‌دهی بازار

- ۸۰ ۲-۸-۱-۵- اقدامات مربوط به کارآفرینی
- ۸۰ ۲-۸-۱-۶- اقدامات مربوط به مشروعیت بخشی
- ۸۲ ۲-۸-۲- اقدامات فنی مورد نیاز برای توسعه فناوری های زمین گرمایی
- ۸۳ جمع بندی و نتیجه گیری
- ۸۴ مراجع

فهرست اشکال

- شکل (۱-۱) - حالت‌های ممکن خلق دانش در حین یادگیری در حین تعامل. ۹.....
- شکل (۲-۱) - نمایش مسیر توسعه بازار فناوری ۲۲
- شکل (۳-۱) - فرایند تدوین سیاستها و اقدامات توسعه فناوری نوظهور ۲۰
- شکل (۴-۱) - نشانه‌های تحقق مراحل برای تعیین مرحله توسعه ۲۴
- شکل (۵-۱) - مراحل توسعه‌ی نظام نوآورانه فناورانه و موتورهای فعال در هر مرحله ۲۴
- شکل (۶-۱) - موتورها و کارکردهای کلیدی، حمایتی و حاشیه‌ای ۲۵
- شکل (۷-۱) - روش بالا به پایین در تدوین اهداف خرد ۳۳
- شکل (۸-۱) - هدفگذاری خرد با رویکرد پایین به بالا ۳۴
- شکل (۱-۲) - فرایند تدوین اقدامات توسعه فناوری‌های انرژی زمین گرمایی ۳۵
- شکل (۲-۲) - نشانه‌های تحقق مراحل برای تعیین مرحله توسعه ۴۲
- شکل (۳-۲) - شناسایی فاز توسعه فناوری‌های مرتبط با پمپ حرارتی زمین گرمایی ۴۳
- شکل (۴-۲) - شناسایی فاز توسعه فناوری‌های مرتبط با اکتشاف منابع زمین گرمایی ۴۴
- شکل (۵-۲) - شناسایی فاز توسعه فناوری‌های نیروگاهی زمین گرمایی ۴۵

فهرست جداول

- جدول (۱-۱) - ابعاد ساختاری نظام نوآوری فناورانه ۶
- جدول (۲-۱) - کارکردهای پیشنهادی و شاخص‌های آن‌ها ۱۷
- جدول (۳-۱) - مشخصه‌های ساختاری نظام توسعه فناوری ۲۲
- جدول (۴-۱) - سؤالات برای ارزشیابی کارکردهای موتور محرک علم و فناوری در مرحله اول ۲۷
- جدول (۵-۱) - سؤالات برای ارزشیابی کارکردهای موتور محرک کارآفرینی در مرحله توسعه ۲۷
- جدول (۶-۱) - سؤالات برای ارزشیابی کارکردهای موتور ساختاردهی به سیستم در مرحله سوم ۲۹
- جدول (۷-۱) - سؤالات برای ارزشیابی کارکردهای موتور شکل‌دهی به بازار در مرحله چهارم ۳۰
- جدول (۱-۲) - شرکت‌های پیمانکار و تأمین‌کننده فناوری‌های انرژی زمین گرمایی ۳۹
- جدول (۲-۲) - بازیگران و ذینفعان فعال در حوزه فناوری‌های انرژی زمین گرمایی ۴۰
- جدول (۳-۲) - فهرست خبرگان و کارشناسان آشنا با چالش‌های حوزه انرژی زمین گرمایی ۴۶
- جدول (۴-۲) - چالش‌های مرتبط با پمپ حرارتی زمین گرمایی ۵۵
- جدول (۵-۲) - چالش‌های مرتبط با اکتشاف منابع زمین گرمایی ۵۷
- جدول (۶-۲) - چالش‌های مرتبط با فناوری‌های نیروگاهی زمین گرمایی ۵۷
- جدول (۷-۲) - اهداف خرد فناوری‌های مرتبط با پمپ حرارتی زمین گرمایی ۵۹
- جدول (۸-۲) - اهداف خرد فناوری‌های مرتبط با اکتشاف منابع زمین گرمایی ۵۹
- جدول (۹-۲) - اهداف خرد فناوری‌های نیروگاهی زمین گرمایی ۶۰
- جدول (۱۰-۲) - اقدامات و سیاست‌های پیشنهادی برای رفع چالش‌های توسعه فناوری‌های پمپ حرارتی زمین گرمایی ۶۳
- جدول (۱۱-۲) - اقدامات و سیاست‌های پیشنهادی برای رفع چالش‌های فناوری‌های اکتشاف منابع زمین گرمایی ۶۹
- جدول (۱۲-۲) - اقدامات و سیاست‌های پیشنهادی برای رفع چالش‌های توسعه فناوری‌های نیروگاهی زمین گرمایی ۷۳
- جدول (۱۳-۲) - اقدامات غیرفنی مربوط به توسعه و انتشار دانش ۷۶

- جدول (۲-۱۴) - اقدامات غیرفنی مربوط به تأمین منابع ۷۸
- جدول (۲-۱۵) - اقدامات غیرفنی مربوط به جهت‌دهی به سیستم ۷۸
- جدول (۲-۱۶) - اقدامات غیرفنی مربوط به شکل‌دهی بازار ۷۹
- جدول (۲-۱۷) - اقدامات غیرفنی مربوط به کارآفرینی ۸۰
- جدول (۲-۱۸) - اقدامات غیرفنی مربوط به مشروعیت‌بخشی ۸۰
- جدول (۲-۱۹) - اقدامات فنی موردنیاز برای توسعه فناوری‌های اولویت‌دار زمین‌گرمایی ۸۱

۱- چارچوب نظری تدوین اقدامات سند توسعه فناوری‌های انرژی زمین گرمایی

۱-۱- مقدمه

مبنای تدوین این اقدامات در این سند، نظام نوآوری فناورانه (TIS)^۱ است. بنا بر تعریف کارلسون و استانکیویکز، نظام فناورانه عبارت است از: «شبکه‌ای پویا از عواملان که در یک ناحیه‌ی اقتصادی/صنعتی تحت زیرساخت‌های نهادی خاص با یکدیگر در تعامل بوده و در تولید، انتشار و بهره‌برداری از فناوری سهیم هستند».

نقطه آغاز تحلیل یک نظام فناورانه نوآوری بر یک منطقه جغرافیایی یا بخش صنعتی متمرکز نیست، بلکه بر یک فناوری یا یک زمینه فناورانه متمرکز است. هدف بیشتر مطالعات نظام‌های نوآوری فناورانه، تحلیل و ارزیابی توسعه یک نوآوری فناورانه خاص در قالب ساختار یا فرآیندهای پشتیبان (یا مخرب) آن است. از این منظر، می‌توان به این رویکرد به‌عنوان یک گونه خردنگر^۲ از مفهوم نظام‌های بخشی نوآوری نگریست. رویکرد نظام نوآوری فناورانه دارای مشخصه‌های عمومی رویکردهای نظام نوآوری است. با این وجود، دو مشخصه، این رویکرد را از رویکردهای دیگر متمایز می‌سازد. اولین مشخصه، تأکید رویکرد نظام نوآوری فناورانه بر نقش شایستگی اقتصادی، توانایی توسعه و نیز استفاده از فرصت‌های جدید کسب و کار به‌عنوان جنبه‌ای مهم از نوآوری فناورانه می‌باشد. این رویکرد بر کافی بودن تحریک جریان‌های دانش برای وقوع تغییرات فناورانه و عملکرد اقتصادی تأکید می‌کند. تحریک جریان‌های دانش برای تحریک فعالانه دانش‌های موجود به منظور ایجاد فرصت‌های جدید کسب و کار، لازم است. این جنبه رویکرد نظام نوآوری فناورانه بر اهمیت اشخاص به‌عنوان منابع نوآوری تأکید می‌کند. این موضوع توسط رویکردهای کلی‌نگر^۳ نظام نوآوری مغفول واقع گردیده است. تمرکز بر فعالیت‌های کارآفرینانه، مکمل تأکید بر جریان‌های دانش است. مشخصه دوم متمایزکننده مطالعات مربوط به نظام نوآوری فناورانه از رویکردهای دیگر، تمرکز زیاد آن بر پویایی سیستم است. تمرکز بر اقدام کارآفرینانه، پژوهشگران حوزه نظام فناورانه نوآوری را تشویق به نگرستن به آن به-عنوان چیزی کرده است که در طول زمان ایجاد می‌گردد.

^۱Technology Innovation System

Micro oriented

Macro oriented

۲-۱- نظام نوآوری فناوری

نظام های نوآوری با تمرکز خاص بر فناوری، نمونه ای از رویکردهای سیستمی هستند که در ادبیات از آنها تحت عنوان نظام نوآوری فناوریانه یاد می گردد. نقطه شروع تحلیل در نظام های نوآوری فناوریانه مرزهای جغرافیایی یا یک صنعت خاص نبوده، بلکه این رویکرد تمرکز بر فناوری را هدف مطالعه قرار می دهد.

هدف تحلیل های نظام نوآوری فناوریانه ارزیابی روند توسعه یک نوآوری فناوریانه از نگاه ساختار و فرآیندهایی است که به پشتیبانی و یا ممانعت از آن می پردازد. در تعریف نظام نوآوری فناوریانه، فناوری هم به معنای مواد، سخت افزارها، و نرم افزارهایی است که به شکل مستقیم در فرایند توسعه به کار می روند، و هم به شکل دانشی است که چه به شکل عمومی و یا نهفته در محصول وجود دارد. [۲]

۱-۲-۱ ویژگی های نظام نوآوری فناوریانه

نظام نوآوری فناوریانه علی رغم دارا بودن ویژگی های مشترک سایر رویکردهای نظام نوآوری، دارای دو ویژگی متمایزکننده از سایر رویکردهای نظام نوآوری می باشند که عبارتند از:

۱- تأکید بر نقش شایستگی اقتصادی.

۲- تأکید جدی بر پویایی سیستم.

نظام نوآوری فناوریانه دارای چهار ویژگی اساسی بوده که این ویژگی ها با سایر رویکردهای نظام نوآوری مشترک می باشد، که به شرح زیر می باشند:

۱- سیستم (نه تک تک اجزا) به عنوان واحد تحلیل قرار می گیرد.

۲- سیستم دارای ماهیتی پویا می باشد.

۳- فرصت های فناوریانه عملاً نامحدود هستند. بنابراین لازم است تا تمرکز بیشتری در شناسایی، جذب و بهره برداری از فرصت های فناوریانه صورت پذیرد.

۴- بازیگران این نظام خردپذیر هستند، اما با محدودیت هایی از جنس توانایی ها و اطلاعات روبه رو هستند.

۳-۱- شناخت مؤلفه‌های مختلف نظام نوآوری فناورانه

به منظور شناخت کافی از مؤلفه‌های مختلف نظام نوآوری فناورانه، لازم است تا مفهوم دو حوزه اساسی نظام‌های نوآوری فناورانه، شناخت ساختاری و شناخت کارکردی تبیین گردد.

۳-۱-۱- شناخت ساختاری نظام نوآوری فناوری

ساختار نظام نوآوری فناورانه از اجزایی مختلفی تشکیل شده که عبارت‌اند از: بازیگران، نهادها، روابط و شبکه‌ها و فناوری.

۱-۳-۱-۱- بازیگران

منظور از بازیگران عبارت است از هر سازمانی که در ظهور فناوری به طور مستقیم به‌عنوان توسعه‌دهنده و یادگیرنده‌ی فناوری یا به‌طور غیرمستقیم به‌عنوان تنظیم‌کننده، تأمین‌کننده مالی و دیگر نقش‌ها مهم هستند. در حقیقت، این بازیگران، یک نظام نوآوری تکنولوژیکی هستند که با انتخاب‌ها و تصمیمات خود، فناوری‌هایی را ایجاد، منتشر و بهره‌برداری می‌کنند. تنوع بالقوه بازیگران در یک نظام نوآوری تکنولوژیکی بسیار زیاد است و گستره‌ای از بازیگران خصوصی، بازیگران عمومی، توسعه‌دهندگان فناوری تا گیرندگان آن را در بر می‌گیرد. در کل بازیگران را می‌توان به دو دسته پیشرو و پیرو تقسیم کرد.

الف) بازیگران پیشرو

بازیگران پیشرو آن‌هایی هستند که کاملاً در توسعه یک فناوری خاص وارد شده‌اند و به موفقیت آن فناوری وابسته می‌باشند. از این گروه از بازیگران می‌توان به‌عنوان بازیگران مستقیم یاد کرد که شامل توسعه‌دهندگان و یا گیرندگان فناوری می‌شوند. به‌طور معمول، پیشروان توسعه یک فناوری، متشکل از واحدهای صنعتی و توسعه‌دهندگان فناوری کوچک هستند که تنها در حوزه یک فناوری به ایفای نقش مشغول هستند. برای مثال، اندازه کوچک یک شرکت، جایگاه آن به‌عنوان یک توسعه‌دهنده فناوری و وابستگی آن به یک گزینه فناورانه، نشانگر نقش آن به‌عنوان یک پیشرو است. بازیگران پیشرو که در یک فناوری به ماندن در آن حوزه تمایل دارند، از یک رویکرد تجربی^۱ برای توسعه‌ی دانش استفاده می‌کنند و بیشتر بر مزایا به جای هزینه‌ها تأکید می‌کنند، از این رو این گروه برای به‌کارگیری در برنامه اطلاع‌رسانی بسیار مناسب بوده و انگیزه کافی را دارا می‌باشند و می‌توان با استفاده از آن‌ها بازیگران پیرو را به فعالیت وادار کرد.

ب) بازیگران پیرو

این گروه از بازیگران کاملاً در توسعه یک فناوری درگیر نشده‌اند و می‌توانند بین گزینه‌های مختلف، دست به انتخاب بزنند. از بازیگران پیرو می‌توان به‌عنوان بازیگران غیرمستقیم در توسعه فناوری نوظهور یاد کرد. بازیگران پیرو را می‌توان متشکل از تنظیم‌گران، تأمین‌کنندگان مالی، کاربران و بنگاه‌های بزرگ با قابلیت حمایت از انواع مختلفی از گزینه‌های فناورانه دانست. نمونه این گروه سرمایه‌گذاران می‌باشند که می‌توانند در صنایع و فناوری‌های مختلف سرمایه‌گذاری کنند و هدف آن‌ها کسب درآمد و سود هرچه بیشتر می‌باشد.

پیروان با گزینه‌های مختلفی برای اجرا و سرمایه‌گذاری روبرو می‌باشند، از این رو باید تمایل به فعالیت در گزینه‌های مختلف را داشته و با در نظر گرفتن چند گزینه و مقایسه آن‌ها، از یک رویکرد عینی^۱ برای توسعه‌ی دانش استفاده می‌کنند و از چارچوب‌های ارزیابی مختلفی بهره ببرند. این گروه از بازیگران در حقیقت گروه هدف (مخاطبان) برنامه اطلاع‌رسانی می‌باشند که باید با اجرای برنامه اطلاع‌رسانی تمایل این گروه را به فناوری مدنظر بیشتر کرد.

۲-۱-۳-۱- نهادهای

نهادهای به‌عنوان قواعد بازی در یک جامعه یا به‌طور رسمی‌تر «تنگناهای تدبیر شده انسانی که شکل‌دهنده تعاملات انسان‌ها می‌باشد» شناخته می‌شوند، به‌عبارت‌دیگر، نهادهای را می‌توان اصول، قوانین و مقررات نحوه برقراری و ایجاد ارتباط و تعامل بین بازیگران مختلف دانست. در واقع می‌توان از این نهادهای در تعیین نحوه برقراری تعامل با ذینفعان و مخاطبان مختلف استفاده کرد.

نهادهای را می‌توان به دو دسته نهادهای رسمی (دارای قوانین مدون شده) و غیررسمی (ضمنی‌تر بوده و می‌توانند هنجاری «بر مبنای هنجارهای اجتماعی» یا شناختی «چارچوب‌های ذهنی و پارادایم‌های اجتماعی» باشند) تقسیم کرد. مثال‌هایی از نهادهای رسمی عبارت‌اند از قوانین دولتی و تصمیمات سیاستی و یا بخش‌نامه‌ها یا قراردادهای بنگاه‌ها. مثالی در رابطه با قواعد هنجاری، مسئولیت احساس شده توسط یک شرکت در رابطه با عدم تولید ضایعات یا پاکیزه‌سازی آن‌ها است. مثال‌هایی در رابطه با قواعد شناختی نیز جستجوی ذهنی^۲ (ابتکاری) یا رویه‌های حل مسئله هستند.

قواعد نهادی خصوصاً نهادهای رسمی بسیار کمی وجود دارد و حتی قواعد موجود با فناوری در حال ظهور سازگاری چندانی ندارند. به همین منظور، در توسعه فناوری نوظهور قواعد شناختی از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشند و از این قواعد برای هدایت بازیگران (به ویژه بازیگران پیرو) و جلب حمایت برای توسعه فناوری استفاده می‌شود.

۳-۱-۳-۱- فناوری

عوامل فناورانه متشکل از مصنوعات و زیرساخت‌های فناورانه به صورتی یکپارچه هستند. عملکرد فنی - اقتصادی از اهمیت زیادی (برای فهم فرآیند تغییر فناورانه) برخوردار می‌باشد. عملکردهای فنی شامل ساختارهای هزینه، ایمنی، قابلیت اطمینان، اثرات افزایش مقیاس و موارد دیگر می‌شود.

۴-۱-۳-۱- روابط و شبکه‌ها

این بخش فراهم‌آورنده یک نگاه مفهومی به تمامی روابط می‌باشد. روابط ممکن بین مؤلفه‌های ساختاری دارای انواع گوناگونی می‌باشند، که این روابط شامل روابط بین بازیگران مختلف، بازیگران - نهادها، بازیگران - فناوری‌ها و فناوری‌ها-نهادها می‌شود. روابط بین بازیگران-نهادها و بین بازیگران-فناوری‌ها مشابه یکدیگر بوده و هر دو این روابط از نوع روابط فاعل-مفعولی می‌باشند مثل تغییر قوانین و مقررات مرتبط با موضوع. این موضوع با در نظر گرفتن اختلاف بین این روابط و روابط بین بازیگران بهتر فهمیده می‌شود.

اولاً، روابط بین بازیگران با استقلال دوسویه مشخص می‌گردد و معمولاً بازیگران در جایگاهی قرار ندارند که به طور مستقیم یکدیگر را تغییر، تطبیق و یا حذف نمایند؛ در عوض، روابط بین بازیگران مختلف در یک نظام متشکل از قواعد نهادی و فناورانه محدود شده‌اند. بازیگران می‌توانند در انجام اقدامات به طور عمدی معماری قواعد نهادی و فناورانه را تغییر دهند و از این طریق (به طور غیرمستقیم) بر محیط عملکرد سایر بازیگران اثر بگذارند. میزان انجام این اقدامات وابسته به شایستگی‌های بازیگران و جایگاه آن‌ها در نظام نوآوری فناورانه است.

ثانیاً روابط بین بازیگران و فناوری‌ها و روابط بین بازیگران و نهادها، تعاملی نبوده، بلکه یک‌سویه می‌باشد. در حقیقت معماری قواعد فناورانه و نهادهای فراهم‌آورنده مشوق‌هایی برای بازیگران برای انجام برخی از اقدامات خاص و پرهیز از برخی اقدامات دیگر است.

زمانی که روابط دارای پیکربندی مشخص و متراکم باشند می توان از این پیکربندی به عنوان ساختار شبکه ای یاد کرد. در شبکه ارتباط تمام انواع روابط و نحوه برقراری هر یک از آنها مشخص شده است. جدول (۱-۱) تمامی ابعاد ساختاری TIS را به صورت خلاصه نشان می دهد. [۳]

جدول (۱-۱) - ابعاد ساختاری نظام نوآوری فناورانه

ابعاد ساختاری	زیر بخشها
بازیگران	<ul style="list-style-type: none"> جامعه مدنی شرکتها: شرکت های تازه تأسیس شده، بنگاه های کسب و کار کوچک و متوسط، کارخانه های بزرگ، شرکت های چندملیتی دولت سازمان های مردم نهاد بخش های دیگر: سازمان های قانون گذاری، بانکها/ سازمان های مالی، نهادهای واسطه ای، کارگزاران دانشی مشاورین
نهادهای	<ul style="list-style-type: none"> سخت: قوانین، مقررات، دستورالعملها نرم: هنجارها، عادت های رایج، رسوم، سنتی و انتظارات و...
تعاملات	<ul style="list-style-type: none"> در سطح شبکه در سطح ارتباطات فردی
زیرساختها	<ul style="list-style-type: none"> تجهیزاتی: ابزارهای فنی، ماشینها، ساختمانها، جادهها، پلها و ... دانشی: دانش، تخصص، اطلاعات راهبردی

۲-۳-۱ - شناخت کارکردی نظام نوآوری فناوری

نظام های نوآوری فناورانه را می توان به عنوان رویکردی برای تحلیل تغییرات فناورانه به کار برد. توسعه، انتشار و بکارگیری نوآوری ها را در عمل می توان به عنوان کارکردهای اصلی نظام های نوآوری قلمداد کرد. در کل نظام نوآوری فناورانه دارای هفت کارکرد مختلف می باشد که عبارت اند از: فعالیت های کارآفرینی، توسعه دانش، انتشار دانش، جهت دهی به جستجو، شکل دهی بازار، تأمین و تخصیص منابع و مشروعیت بخشی.

۱-۳-۲-۱ - فعالیت های کارآفرینی

در ابتدای توسعه فناوری تعداد گزینه ها زیاد بوده و ریسک و عدم قطعیت بالا از ویژگی های اصلی فناوری می باشد. بر این اساس، هدف اصلی از انجام فعالیت کارآفرینی بهره برداری از فرصت های موجود از طریق انجام ریسک در شرایط عدم قطعیت بازار و فناوری و نهادهای چالش برانگیز است. بنابراین بدون انجام فعالیت های کارآفرینی، نظام نوآوری شکل نخواهد گرفت.

بنابراین می‌توان گفت که لازمه خلق دانش و افزایش دانش فنی در رابطه با فناوری انجام فعالیت‌های کارآفرینی می‌باشد. به-طوری‌که می‌توان دو زیرکارکرد را برای فعالیت‌های کارآفرینی متصور شد: ایجاد فرصت‌های کاری جدید و شناساندن فرصت‌های کاری جدید.

کارآفرینان را می‌توان از منظر سابقه آن‌ها در انجام فعالیت‌های کارآفرینی به دو دسته تقسیم کرد: دسته‌ی اول بازیگرانی هستند که به فناوری جدید به مثابه فرصتی برای ورود به کسب‌وکار می‌نگرند و به استفاده از بازارهای موجود در حوزه فناوری نوظهور می‌اندیشند. که برای جذب سرمایه و حمایت این دسته از کارآفرین‌ها باید در تعامل با آن‌ها بر سوددهی و منفعت مالی ناشی از بکارگیری فناوری نوظهور تأکید کرد. دسته‌ی دوم بازیگرانی را شامل می‌شوند که فناوری جدید را به دید یک فرصت جدید برای تنوع‌بخشی به سبد کاری خود می‌بینند و برای استفاده از مزایای آن به فعالیت در این زمینه می‌پردازند. در تعامل با این گروه از کارآفرین‌ها باید بر نو بودن فناوری، تنوع محصولات تولیدی با استفاده از این فناوری و رقابت‌پذیری محصولات تولیدی آن در بازار تأکید کرد.

می‌توان گفت که فعالیت‌های کارآفرینی شامل تلاش‌هایی است که به‌طور مستقیم به تجاری‌سازی محصولات و خدمات ارائه شده بر پایه‌ی دانش فنی موجود می‌پردازند. در حقیقت، این فعالیت است که یک نظام نوآوری را از یک نظام تحقیقات متمایز می‌سازد. لازم به ذکر است که انجام فعالیت‌های کارآفرینی می‌تواند منجر به شکل‌گیری دانش‌های جدید از فناوری موجود گردد. بنابراین، از یکسو توسعه دانش لازمه انجام فعالیت‌های کارآفرینانه است و از سوی دیگر، فعالیت‌های کارآفرینانه با افزایش دانش فنی در رابطه با فناوری همراه است.

در ادبیات، نمونه‌هایی از فعالیت‌های مربوط به این کارکرد برشمرده شده‌اند:

- سرمایه‌گذاری‌های خطرپذیر صورت پذیرفته (پروژه‌های انجام شده) در تجاری‌سازی فناوری
- ورود شرکت‌های نوآور در عرصه‌ی تجاری‌سازی فناوری

◎ تأسیس شرکت‌های نوپا

◎ ورود شرکت‌های موجود در حوزه‌های دیگر به حوزه فناوری

• ارائه‌ی محصولات و خدمات جدید در زمینه‌ی فناوری

• فعالیت‌های انجام شده با هدف نمایش و توجیه‌پذیر ساختن فناوری

◎ برگزاری نمایشگاه فناوری

◎ انجام پروژه‌های نمایشی

۲-۲-۳-۱- توسعه دانش

تمام فعالیت‌های این مرحله را می‌توان شامل فرآیند یادگیری فناوری و موضوعات مرتبط به آن دانست. در مبحث توسعه دانش بحث مهم خلق دانش می‌باشد که کارکردهای خلق دانش را می‌توان به دو دسته خلق دانش فنی و خلق دانش غیرفنی تقسیم کرد. در بخش خلق دانش فنی مسائل فنی و تخصصی فناوری بررسی و تعیین می‌گردد و در مبحث خلق دانش غیرفنی موضوعاتی چون مدیریت، بازار و مصرف‌کنندگان بررسی و تعیین می‌گردند.

مهم‌ترین موانع در برابر انجام فعالیت در این زمینه توسعه دانش را می‌توان به دو بخش ضعف‌های نهادی و ضعف‌های بازیگران دسته‌بندی کرد. منظور از ضعف‌های نهادی نبود برنامه‌ریزی صحیح برای انجام تحقیقات و جمع‌آوری اطلاعات در مورد فناوری بوده و منظور از ضعف‌های بازیگران نبود افراد متخصص، آگاه و توانا در موضوع می‌باشد.

از نتایج و کارکردهای عمده یادگیری و خلق دانش می‌توان به افزایش عمق و گستره دانش موجود در رابطه با فناوری اشاره کرد. باید توجه داشت که با افزایش عمق دانش از عدم قطعیت موجود در رابطه با فناوری کاسته می‌شود، درحالی‌که افزایش گستره دانش موجود به دلیل افزایش تنوع، عدم قطعیت موجود در سیستم را افزایش می‌دهد.

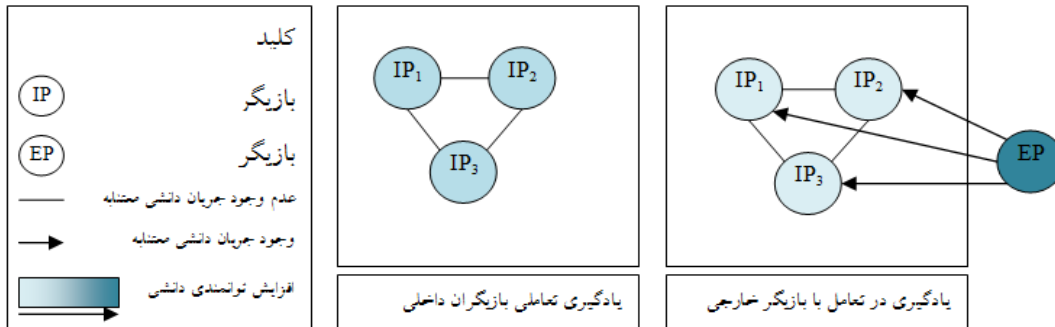
کسب شناخت و یادگیری بازیگران در صورت وقوع در حین تعامل احتمال دارد به دو صورت مختلف اتفاق بیفتد که این دو عبارت‌اند از:

۱- تعامل موجود بین بازیگران مختلف موجود در سیستم. در این حالت در مواردی که هیچ یک از آنان دانش مورد نظر را به اندازه کافی ندارد همگی آن‌ها برای رسیدن به یک دانش مشترک با یکدیگر تعامل دارند و بین آن‌ها جریان دانشی قابل توجهی وجود ندارد.

۲- تعامل بازیگران موجود در سیستم با بازیگران خارج از سیستم. در این حالت اطلاعات از خارج از سیستم به بازیگران داخلی انتقال داده شده و سبب افزایش جریان دانش انتقالی در بین بازیگران داخلی می‌شود.

با توجه به مسائل بیان شده به منظور اجرای مؤثرتر این کارکرد می‌توان با اجرای برنامه اطلاع‌رسانی شناخت و دانش مورد نیاز را به بازیگران موجود در سیستم انتقال داد و با این کار سبب افزایش سطح دانش انتقالی بین بازیگران مختلف شد. به عبارت دیگر با اجرای برنامه اطلاع‌رسانی با استفاده از حالت دوم بازیگران موجود در سیستم نسبت به فناوری جدید آگاه شده و سبب

افزایش دانش انتقالی بین بازیگران (انتقال به صورت اول) می‌شود. شکل (۱-۱) حالت های ممکن خلق دانش در حین یادگیری در حین تعادل را نشان می‌دهد.



شکل (۱-۱) - حالت‌های ممکن خلق دانش و یادگیری حین تعامل.

از طریق ارزیابی شاخص‌ها و رخدادهای زیر می‌توان میزان برآوردن این کارکرد را بررسی کرد:

- تعداد مقالات ISI منتشر شده در زمینه فناوری
- تعداد حق اختراعات ثبت شده به صورت بین‌المللی در زمینه فناوری
- تعداد و اندازه نهادهای تحقیقاتی (R&D) فعال در زمینه فناوری
- تعداد و اندازه مطالعات علمی و فنی صورت گرفته درباره فناوری
- تعداد تست‌های آزمایشگاهی انجام شده بر روی فناوری
- تعداد انجام آزمایش و پیاده‌سازی فناوری در ناحیه‌ای از محیط به جای محدوده گسترده‌تر (پایلوت)
- تعداد توسعه و ایجاد نمونه‌های آزمایشی و اولیه از فناوری (پروتوتایپ)

۳-۲-۳-۱- انتشار دانش

در مواردی این کارکرد و کارکرد قبل (توسعه و انتشار دانش) را در قالب یک کارکرد در نظر می‌گیرند و این دو بسیار به یکدیگر نزدیک می‌باشند، در واقع در توسعه دانش هدف کسب و یادگیری دانش بوده درحالی‌که در این کارکرد هدف از انجام

فعالیت‌های انجام شده، تسهیم و به اشتراک‌گذاری دانش و اطلاعات در میان بازیگران مختلف موجود در سیستم است. مهم‌ترین نقشی که کارکرد انتشار دانش بر عهده دارد، ایجاد یادگیری تعاملی است.

یکی از ویژگی‌های مهم نظام نوآوری فناورانه، وجود شبکه در ساختار آن است. مهم‌ترین نقشی که یک شبکه قادر به برآوردن آن است، فراهم‌آوری بستری برای ایجاد جریان دانش و اطلاعات در بین بازیگران موجود در سیستم است. دو نوع از شبکه‌ها را می‌توان متصور بود: شبکه‌های نرم و شبکه‌های سخت. در شبکه‌های نرم، لزوماً دانش موجود در منبع دانشی (بازیگر برخوردار از دانش) به بازیگر خواهان دانش به صورت کامل منتقل نمی‌شود. نمونه‌هایی از این نوع از شبکه عبارت‌اند از کنفرانس‌ها، همایش‌ها، کارگاه‌ها و پایگاه‌های اطلاعاتی مشترک بین بازیگران موجود در نظام. از این پس، این نوع از انتشار دانش، تسهیم دانش نامیده می‌شود. در شبکه‌های سخت، دانش موجود در منبع دانشی توسط بازیگر خواهان آن دریافت می‌شود. نمونه‌هایی از این نوع از شبکه‌ها عبارت‌اند از اتحادهای استراتژیک، هاب‌های فناوری و سرمایه‌گذاری‌های مشترک. این نوع از انتشار دانش، به اشتراک‌گذاری دانش نامیده می‌شود. نمونه‌ای از رخدادهای شاخص‌های نشانگر تحقق این کارکرد عبارت‌اند از:

- تعداد فعالیت‌های تحقیق و توسعه و نوآورانه مشترک صورت پذیرفته میان واحدهای مختلف (با هدف تسهیم دانش)
- میزان جابجایی نیروهای تحصیل کرده دانشگاهی با محوریت فناوری
- کنفرانس‌ها، کارگاه‌های آموزشی، پیمان‌ها و توافق‌نامه‌های بین بازیگران، سرمایه‌گذاری‌های مشترک صورت پذیرفته با موضوع فناوری
- تعداد و اندازه شبکه‌های متشکل از بازیگران موجود در نظام فناورانه

به‌منظور استفاده از برنامه اطلاع‌رسانی در این مورد اطلاعات باید به بازیگران کم‌اثرتر انتقال داده شود و معمولاً مخاطب برنامه‌های اطلاع‌رسانی در این موارد عموم مردم می‌باشند. در این مرحله دانش‌های مربوط به فناوری به مصرف‌کنندگان محصولات فناوری مدنظر انتقال داده می‌شود. این نوع یادگیری، بر پایه تجربه استفاده‌کنندگان از نظام نوآوری فناورانه قرار دارد، مانند تعاملی که بین مصرف‌کننده و تولیدکننده فناوری برقرار می‌شود.

۴-۲-۳-۱- جهت‌دهی به سیستم

کارکرد جهت‌دهی به سیستم متشکل از فعالیت‌هایی است که به گزینش و محدود کردن گزینه‌های موجود در رابطه با فناوری، کاربرد آن‌ها و بازارشان در سطوح مختلف می‌پردازد. این سطوح عبارت‌اند از سطح فراسیستم^۱ و سطوح کلان^۲ و خرد سیستم^۳. این فعالیت‌ها به‌منظور همگرا ساختن تلاش‌های انجام گرفته در توسعه فناوری انجام می‌شوند. می‌توان این فرایند گزینشی را دربرگیرنده شناسایی فرصت‌های موجود در نظام نوآوری فناورانه دانست. برای توضیح بیشتر می‌توان گفت که به علت وجود محدودیت در منابع در دسترس، از میان گزینه‌های مختلف موجود باید دست به انتخاب زد و بر آن تمرکز نمود. بدون انجام این مرحله، نیاز و انتظارات بازیگران از روند توسعه ناشناخته باقی مانده و منابع در دامنه وسیعی از گزینه‌های کاربردی و فناورانه پراکنده شده و به هدر می‌رود. در نتیجه، تعداد قابل توجهی از گزینه‌های توسعه با وجود صرف منابع برایشان، ناموفق باقی می‌مانند. برای جلوگیری از وقوع این رخداد، کارکرد جهت‌دهی به سیستم در روند توسعه فناورانه تعریف می‌گردد.

از این کارکرد به عنوان مدیریت سیستم نیز یاد می‌شود، فعالیت‌ها در این کارکرد در مسیر جهت‌دهی و یکپارچه‌سازی تمام فعالیت‌های انجام گرفته برای توسعه فناوری می‌باشد. این کارکرد در سطوح فراسیستم، کلان، و خرد به انجام می‌رسد. در این کارکرد به منظور جلوگیری از هدر رفت منابع (انرژی، هزینه و پتانسیل‌های موجود) به جهت‌دهی فعالیت‌ها پرداخته می‌شود. می‌توان فعالیت‌های انجام شده مربوط به این کارکرد را به سه دسته تقسیم کرد: تنظیمی^۴، شناختی^۵ و هنجاری^۶. در حقیقت، فعالیت‌های رخ داده در این کارکرد منجر به ایجاد، تغییر و یا از میان برداشتن نهادهای موجود در سیستم می‌شود. برای توضیح بیشتر می‌توان گفت که برخی از رخدادها می‌توانند انتظارات را نسبت به برخی گزینه‌های پیش‌رو افزایش دهند (شناختی). برای مثال، عملکرد خوب یک گزینه فناوری منجر به افزایش انتظارات از آن گزینه می‌گردد. با افزایش انتظارات نسبت به آن گزینه، اولویت آن گزینه در اذهان بالاتر می‌رود. این رخداد به معنای تغییر در شناخت‌های پیشین و ایجاد شناخت جدید نسبت به گزینه‌های موجود است. برخی دیگر از رخدادها می‌توانند منجر به تغییر در هنجارهای موجود شوند. برای مثال، وقوع یک رخداد طبیعی ممکن است منجر به افزایش ارزش انواع خاصی از فناوری‌های تولید انرژی (مانند انرژی‌های تجدیدپذیر) گردد. با افزایش ارزش این نوع از فناوری‌ها، پارادایم جدیدی در نظام موجود شکل می‌گیرد. در پارادایم جدید، هنجارهای جدیدی مطرح

۱- منظور از فراسیستم، سیستمی است که سیستم مورد مطالعه را در بر می‌گیرد. در ادبیات از این فراسیستم با نام Landscape یاد می‌شود.

۲- سطوح کلان سیستم مشتمل بر سطوحی است که نسبتاً در طول زمان پایدار هستند و با توسعه‌ی تکنولوژی تغییرات اندکی در آن‌ها حاصل می‌شود. این سطوح را Regime می‌نامند.

۳- این مجموعه از سطوح متأثر از تغییرات فراوانی هستند و به‌شدت متلاطم می‌باشند. در ادبیات این سطوح را Niche می‌نامند.

می‌شوند (گونه‌ی هنجاری جهت‌دهی به سیستم). ممکن است در نتیجه وقوع رخدادهای اثرگذار بر شناخت‌ها و هنجارهای سیستم، قوانین، مقررات، استانداردها، توافق‌نامه‌ها و به طور کلی، تصمیمات جدیدی (تنظیمی) اتخاذ گردند. اتخاذ این تصمیمات نیز می‌توانند منجر به هدایت سیستم به سوی گزینه‌های خاص شود. نمونه‌هایی از رخدادهای مربوط به این کارکرد در ادامه آورده شده‌اند:

- وضع چشم‌اندازهای جدید برای توسعه فناوری و یا موارد دیگر که بر فناوری اثرگذارند
- شفاف‌سازی تقاضای کاربران اصلی
- رشد فناوری در کشورهای دیگر
- شکل‌گیری انتظاراتی درباره‌ی آینده‌ی فناوری
- هدف‌گذاری‌های انجام شده در سیاست‌گذاری‌های فناوری
- قانون‌گذاری در رابطه با فناوری
- تدوین استانداردها

۵-۲-۳-۱- شکل‌گیری بازار

هدف از این کارکرد رقابت‌پذیر ساختن فناوری نوظهور نسبت به فناوری‌های موجود بازار می‌باشد. در واقع این کارکرد با انجام مجموعه‌ای از فعالیت‌ها، محیط کنترل شده‌ای برای رقابت فناوری نوظهور سایر فناوری‌ها پدید می‌آورد. برای اینکه یک فناوری نوظهور توانایی برای رشد، توسعه و نفوذ در بازار را داشته باشد باید قابلیت‌های خاصی را دارا باشد، تا به واسطه آن‌ها بتواند به سوی بلوغ حرکت نماید. این قابلیت‌ها به سه دسته قابلیت‌های فنی، قابلیت‌های اقتصادی و قابلیت‌های بازار تقسیم می‌شوند. در این مرحله نیز باید توجه داشت که با استفاده از برنامه اطلاع‌رسانی مناسب می‌توان هر یک از این قابلیت‌ها را برای فناوری مورد نظر (در صورت داشتن پتانسیل‌ها) ایجاد کرد.

(الف) قابلیت فنی

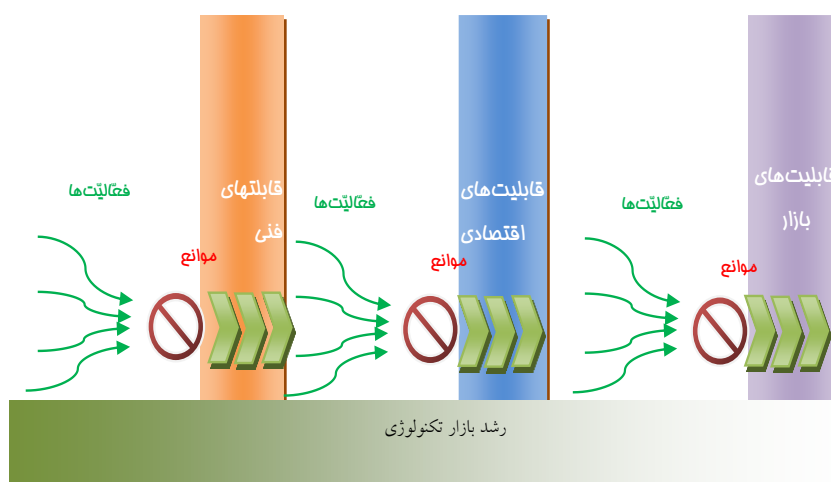
فناوری مورد بحث باید از نظر فنی و فناورانه قابل رقابت با سایر فناوری‌های موجود در بازار باشد. در صورت استفاده از برنامه اطلاع‌رسانی برای بزرگ کردن این قابلیت فناوری در دید مخاطبان باید بر ارائه اطلاعات فنی و تخصصی تأکید کرد.

(ب) قابلیت اقتصادی

فناوری نوظهور مدنظر باید از لحاظ اقتصادی توانایی و قابلیت رقابت با سایر فناوریهای موجود را داشته باشد و استفاده از این فناوری در مقابل سایر فناوریها به صرفه به نظر برسد. به طور قطع زمانی یک فناوری قادر به دستیابی به این قابلیت خواهد بود که از قابلیتهای فنی برخوردار شده باشد. به عبارت دیگر، دستیابی به قابلیتهای فنی، پیش نیاز و شرط لازم دستیابی به قابلیتهای اقتصادی است. در صورت استفاده از برنامه اطلاع رسانی برای ایجاد این قابلیت در یک فناوری باید اطلاعات اقتصادی و صرفه اقتصادی به کارگیری این تکنولوژی به مخاطبان انتقال داده شود.

(ج) قابلیت بازار

در صورتی که یک فناوری قابلیتهای فنی و اقتصادی را دارا باشد برای رشد به سمت بلوغ نیازمند داشتن قابلیت بازار و رقابت پذیری با سایر موارد موجود در بازار می باشد. در واقع این فناوری باید با تمایلات مصرف کنندگان سازگار بوده و قابلیت توسعه یافتن موفقیت آمیز در بازار را داشته باشد. در این مورد نیز در صورت استفاده از برنامه اطلاع رسانی، اطلاعات و محتوای انتقالی باید در رابطه با خصوصیات، ویژگیها و برتریهای فناوری و محصولات آن نسبت به سایر فناوریها باشد. شکل (۱-۲) مسیر توسعه بازار فناوری را نشان می دهد.



شکل (۱-۲) - نمایش مسیر توسعه بازار فناوری

کارکرد شکل دهی به بازار، شامل فعالیتهایی (مانند حمایت مالی از مصرف تکنولوژی نوظهور و یا سیاستهای مالیاتی برای تکنولوژیهای رقیب) است که منجر به ایجاد تقاضا برای فناوری در راستای حمایت از آن می گردد. تفاوت میان این کارکرد و

کارکرد جهت‌دهی به سیستم در آن است که در این کارکرد، گزینش نهایی توسط کاربران تکنولوژی انجام می‌شود؛ درحالی‌که در کارکرد جهت‌دهی به سیستم کاربران نقشی در فرایند گزینش ایفا نمی‌کنند. بنابراین می‌توان کارکرد شکل‌گیری بازار را حالت خاصی از کارکرد جهت‌دهی به سیستم دانست. با استفاده از شاخص‌ها و شناسایی فعالیت‌های مختلف، می‌توان میزان تحقق این کارکرد را سنجید. نمونه‌ای از این اقلام در ادامه آورده شده است:

- شناسایی مرحله بلوغ (دوره‌ی عمر) بازار
- شفاف‌سازی پتانسیل بازار
- تعداد و تنوع کاربران موجود برای فناوری
- تعداد و تنوع نهادهای تنظیم شده برای شکل‌دهی به بازار
- میزان عدم قطعیت موجود در برابر تولیدکنندگان و یا سرمایه‌گذاران
- هزینه‌های مصرف فناوری

۶-۲-۳-۱- مدیریت منابع

برای توسعه فناوری نیاز به در دسترس بودن منابع مختلف برای انجام فعالیت‌ها و پیشبرد اهداف می‌باشد. فعالیت‌هایی که در این کارکرد صورت می‌پذیرد، بیشتر از جنس سرمایه‌گذاری‌هایی است که در فرایند توسعه انجام می‌شوند. همچنین، گسترش زیرساخت‌های عمومی مورد نیاز پیشرفت فناوری، مانند سیستم‌های آموزشی و تسهیلات تحقیق و توسعه نیز در زمره این کارکرد قرار می‌گیرد. در صورت عدم وجود منابع مالی و ابزارهای مورد نیاز و نیز بازیگرانی با توانایی و قابلیت‌های متمایز، یک فناوری نوظهور به هیچ وجه مورد استقبال قرار نخواهد گرفت. بنابراین، این کارکرد دارای اهمیت فراوانی در روند توسعه می‌باشد. نگاشت کارکرد بسیج منابع در چهار بُعد مختلف، امکان‌پذیر است:

- منابع انسانی: تأمین و هماهنگ‌سازی نیروهای انسانی مورد نیاز برای توسعه‌ی فناوری
- منابع مالی: تأمین و هماهنگ‌سازی بودجه‌ها و اعتبارات مورد نیاز برای توسعه‌ی فناوری
- منابع مادی: تأمین و هماهنگ‌سازی مواد (و در برخی موارد قطعات) مورد نیاز برای توسعه‌ی فناوری
- منابع مکمل: تأمین و هماهنگ‌سازی زیرساخت‌ها، محصولات و یا خدمات مکمل مورد نیاز برای توسعه فناوری

تأمین این منابع می‌تواند توسط دولت، صنعت و یا هر بازیگری که در روند توسعه فناوری نقش اساسی دارد، انجام شود. در تأمین نیروهای مختلف اطلاع‌رسانی بسیار حائز اهمیت می‌باشد که در بخش بعد به طور کامل بررسی می‌شود. نمونه‌ای از رخدادهایی که می‌تواند منجر به تحقق این کارکرد شود، در ادامه آورده شده است:

- کمک‌های بلاعوض دولتی (یارانه)
- سرمایه‌گذاری‌های بخش دولتی و خصوصی در گسترش فناوری
- توسعه زیرساخت‌های مورد نیاز فناوری و محصولات و خدمات مکمل
- تأمین مواد اولیه مورد نیاز برای توسعه فناوری از خارج از کشور
- در دسترس بودن نیروی انسانی فنی در رابطه با فناوری مورد نظر

۷-۲-۳-۱- مشروعیت بخشی

هدف از این کارکرد ایجاد مقبولیت اجتماعی برای به کارگیری فناوری جدید، تغییر نهادهای موجود در جامعه و هم‌راستا شدن نهادها با نیازهای بازیگران موجود در نظام نوآوری فناوری می‌باشد. اهمیت این کارکرد بسیار زیاد می‌باشد زیرا با ظهور یک فناوری جدید اغلب با مخالفت بازیگرانی که دارای منافع در فناوری‌های کنونی هستند، همراه می‌شود و این مخالفت سبب جلوگیری و یا کاهش سرعت پیشرفت فناوری نوظهور می‌شود. بنابراین بازیگران یک نظام نوآوری فناوری باید با استفاده از اطمینان بخشی به جامعه، ذینفعان و مخالفان بر اینرسی حاصل از این مخالفت‌ها غلبه نمایند.

اهمیت مشروعیت بخشی زمانی بیشتر مشخص می‌گردد که توجه داشت که این کارکرد همچون یک کاتالیزور عمل می‌کند و برای انجام فعالیت در سایر کارکردها مانند مدیریت منابع و شکل‌دهی بازار ضروری است و تا این کارکرد فراهم نشود فعالیت در سایر کارکردها مشکل و یا غیرممکن می‌باشد.

با توجه به نوع و مشخصات فرآیند، نوع و میزان منابع مورد نیاز و محدوده‌ی اثرگذاری محدوده جغرافیایی که این مشروعیت بخشی در سطح آن باید اجرا شود متفاوت خواهد بود. این کارکرد می‌تواند در چهار حوزه صنعت، دانشگاه، دولت و سطح عمومی جامعه به ایجاد مشروعیت بپردازد. رایزنی‌هایی بین گروه ذینفع، اتحادیه‌ها، انجمن‌ها، سازمان‌های مردم‌نهاد و مانند این‌ها اجزایی هستند که در انجام فعالیت‌های این کارکرد دخیل هستند.

این کارکرد به خودی خود دارای زیرکارکردهای مختلفی می‌باشد که از جمله آن‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- ۱- ایجاد مقبولیت برای پذیرش فناوری در حوزه‌های مختلف (ظرفیت‌سازی برای بکارگیری فناوری نوظهور)،
- ۲- متقاعدسازی نظام‌های پشتیبان برای فعالیت در زمینه کارکردهای دیگر مانند تأمین منابع و مدیریت سیستم
- ۳- حذف/کاهش مخالفت‌های موجود در برابر توسعه فناوری
- ۴- و ترغیب بازیگران دارای قدرت اجرایی برای انجام فعالیت در راستای استفاده از فناوری نوظهور.

البته باید توجه داشت که مشروعیت‌بخشی دارای قدرت اجرایی برای تغییر قواعد موجود در نظام نوآوری فناورانه نیست، بلکه تنها به متقاعدسازی نهادهای پشتیبان پرداخته و از طریق کارکردهای دیگر (مانند مدیریت سیستم و تأمین منابع) در سیستم اثرگذار می‌گردد. به عبارت دیگر در تمام فعالیت‌های این کارکرد گروهی از بازیگران، سایر بازیگران را برای به کارگیری فناوری نوظهور ترغیب می‌کنند. مشروعیت‌بخشی در سه سطح محیط صنعت، محیط سیاست‌گذاری و سطح جامعه (مقبولیت عمومی) انجام می‌پذیرد. نمونه‌ای از رخدادها و شاخص‌های نمایانگر تحقق این کارکرد در ادامه آورده شده است:

- میزان همگرایی نهادهای موجود و نظام نوآوری فناورانه در حال توسعه
- میزان مشروعیت سرمایه‌گذاری در توسعه فناوری و محصولات مربوط به آن
- رایزنی‌های سیاسی بین گروه‌های درگیر برای حمایت از فناوری
- اعمال نفوذ گروه‌های پشتیبان فناوری در بخش‌های مختلف دولت و صنعت
- میزان حمایت از فناوری مورد نظر در رسانه‌ها

مجموعه کارکردهای ذکر شده به همراه شاخص‌هایی برای سنجش سطح برآورده شدن این کارکردها در جدول (۱-۲) ارائه

شده است. [۴]

جدول (۲-۱) - کارکردهای پیشنهادی و شاخص های آنها

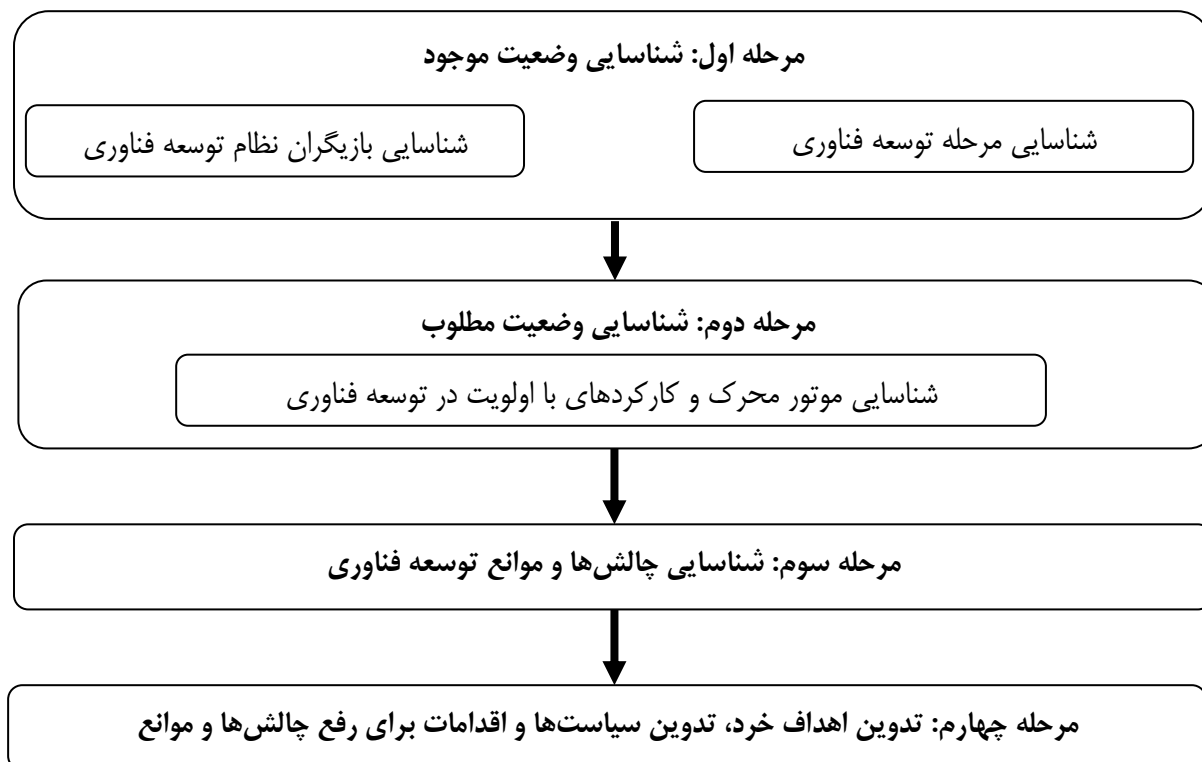
عامل	زیرعامل	شاخص های کیفی	شاخص های کمی
فعالیت های کارآفرینانه	ایجاد فرصت های جدید		۱. تعداد پروژه های انجام شده با هدف تجاری سازی ۲. تعداد شرکت های ثبت شده در زمینه فناوری ۳. ورود شرکت های موجود به عرصه فناوری ۴. حجم سرمایه گذاری های خطرپذیر انجام شده
	نمایش فرصت های جدید		۱. برگزاری نمایشگاه فناوری ۲. انجام پروژه های نمایشی
توسعه دانش	فنی		۱. تعداد مقالات ISI منتشر شده در زمینه فناوری ۲. تعداد حق اختراعات ثبت شده به صورت بین المللی در زمینه فناوری ۳. تعداد سازمان های تحقیقاتی (R&D) فعال در زمینه فناوری ۴. اندازه سازمان های تحقیقاتی (R&D) فعال در زمینه فناوری ۵. تعداد مطالعات علمی و فنی صورت گرفته از فناوری ۶. تعداد توسعه و ایجاد نمونه های آزمایشی و اولیه از فناوری (Prototype)
	غیرفنی		۱. تعداد گزارش های تولید شده در رابطه با مطالعه بازار ۲. تعداد مطالعات امکان سنجی انجام شده
انتشار دانش	فنی	میزان جابه جایی نیروهای تحصیل کرده دانشگاهی با محوریت فناوری	۱. تعداد فعالیت های تحقیق و توسعه و نوآورانه مشترک صورت پذیرفته میان واحدهای مختلف (با هدف تسهیم دانش) ۲. تعداد کنفرانس ها و کارگاه های برگزار شده در رابطه با فناوری ۳. تعداد شبکه های متشکل از بازیگران موجود در نظام فناورانه ۴. اندازه شبکه های متشکل از بازیگران موجود در نظام فناورانه
	غیرفنی		۱. تعداد گزارش های منتشر شده در رابطه با مطالعه بازار ۲. تعداد مطالعات امکان سنجی منتشر شده
جهت دهی	رسمی (وضع)		۱. قانون گذاری در رابطه با فناوری

عامل	زیرعامل	شاخص های کیفی	شاخص های کمی
سیستم	نهادها)		۲. استانداردهای تدوین شده
	غیررسمی (شکل گیری انتظارات)	<p>۱. وضع چشم اندازهای جدید برای توسعه فناوری و یا موارد دیگر که بر فناوری اثرگذارند</p> <p>۲. شکل گیری محرک هایی برای توسعه فناوری یا نوع خاصی از آن (مانند ارزان شدن قیمت منابع مصرفی فناوری)</p> <p>۳. شفاف سازی تقاضای کاربران اصلی</p> <p>۴. رشد فناوری در کشورهای دیگر</p> <p>۵. ایجاد تغییر در عوامل کلان اثرگذار بر سیستم (مانند تغییرات آب و هوایی)</p> <p>۶. شکل گیری انتظاراتی درباره آینده فناوری</p>	
شکل گیری بازار		<p>۱. شفاف سازی پتانسیل بازار</p> <p>۲. میزان عدم قطعیت موجود در برابر تولیدکنندگان و یا سرمایه گذاران</p> <p>۳. شناسایی مرحله بلوغ (دوره عمر) بازار</p>	<p>۱. تعداد و تنوع کاربران موجود برای فناوری</p> <p>۲. تعداد و تنوع نهادهای تنظیم شده برای شکل دهی به بازار</p>
	مالی		<p>۱. کمک های بلاعوض دولتی (یارانه)</p> <p>۲. سرمایه گذاری های بخش دولتی و خصوصی در گسترش فناوری</p>
بسیج منابع	انسانی	در دسترس بودن نیروی انسانی فنی در رابطه با فناوری مورد نظر	
	مواد	تأمین مواد اولیه مورد نیاز برای توسعه فناوری از خارج از کشور	
	دارایی های مکمل	توسعه زیرساخت های مورد نیاز فناوری، محصولات و خدمات مکمل	

عامل	زیرعامل	شاخص های کیفی	شاخص های کمی
مشروعیت بخشی		۱. میزان هم‌گرایی نهادهای موجود و نظام نوآوری فناورانه در حال توسعه ۲. میزان مشروعیت سرمایه‌گذاری در توسعه فناوری و محصولات مربوط به آن ۳. رایزنی‌های سیاسی بین گروه‌های درگیر برای حمایت از فناوری ۴. اعمال نفوذ گروه‌های پشتیبان فناوری در بخش‌های مختلف دولت و صنعت ۵. میزان حمایت از فناوری مورد نظر در رسانه‌ها	

۴-۱- فرآیند تدوین اهداف خرد، اقدامات و سیاست‌های توسعه فناوری

اهداف خرد بیانگر نقاطی از مسیر گذارند که نیازمند سیاست‌گذاری با رویکرد حکمرانی مشارکتی هستند. این اهداف هدایتگر مسیر سیاست‌گذاری بوده و از پراکنده شدن و غیر مرتبط بودن آن‌ها با مسایل و نیازهای موجود گذار جلوگیری می‌کند. اقدامات مجموعه‌ای از طرح‌ها و برنامه‌های اجرایی هستند که به تحقق راهبردها و دستیابی به اهداف کمک می‌کنند. این اقدامات راهکارهایی جهت رفع موانع توسعه یک فناوری هستند. سیاست‌ها نیز اصول و ملاحظات هستند که به منظور تحقق آرمان‌ها و دستیابی به هدف‌های موردنظر سیاست‌گذاران در شرایط عدم ضرورت بر دخالت مستقیم و نیاز به تنظیم روابط موجود تدوین می‌شوند. فرآیند تدوین اهداف، اقدامات و سیاست‌ها در شکل (۳-۱) نشان داده شده است.



شکل (۱-۳) - فرایند تدوین اهداف، سیاست‌ها و اقدامات توسعه فناوری نوظهور

همان طور که در شکل فوق نشان داده شده است در مرحله اول، باید وضعیت موجود توسعه فناوری مشخص شود، که شامل تعیین مرحله توسعه فناوری و شناسایی بازیگران نظام توسعه فناوری مدنظر می‌باشد. در مرحله دوم، با توجه به خروجی حاصل از مرحله اول، موتور محرک توسعه فناوری شناسایی شده و با توجه به آن، کارکردهای با اولویت برای تحقق وضعیت مطلوب توسعه فناوری مشخص می‌گردد. در مرحله سوم، موانع موجود مرتبط با هر یک از ابعاد ساختاری در کارکردهای با اولویت از طریق مصاحبه با متخصصان و خبرگان آشنا با حوزه مدنظر تعیین شده و چالش‌های شناسایی شده پالایش و جمع‌بندی می‌شود. در مرحله آخر، پس از تعیین اهداف خرد، سیاست‌های پیشنهادی برای رفع چالش‌ها و موانع توسعه فناوری‌های انرژی زمین‌گرمایی ارائه می‌شود. در نهایت اقدامات لازم برای تحقق سیاست‌های تعیین شده ارائه می‌گردند. در ادامه این مراحل توضیح داده شده است.

۱-۴-۱- شناسایی وضعیت موجود

در این مرحله باید وضعیت کنونی و مرحله توسعه فناوری مد نظر تعیین گردد که برای تعیین این موارد باید از جنبه‌های مختلف (کارکردی و ساختاری) به بررسی فناوری مدنظر پرداخته شود. این مرحله شامل دو بخش شناخت بازیگران نظام توسعه فناوری و تعیین مرحله توسعه فناوری می‌باشد.

۱-۴-۱-۱- شناسایی بازیگران نظام توسعه فناوری

همان‌طور که در بخش شناخت ساختاری نظام توسعه فناورانه اشاره شد، ساختار هر نظام نوآوری متشکل از بازیگران و ذینفعانی است که هر یک به طور مستقیم یا غیرمستقیم نقش‌هایی را ایفا می‌کنند. این بازیگران می‌توانند شامل بخش دولتی، شرکت‌های تولیدکننده، شرکت‌های مشاور، دانشگاه‌ها، مراکز پژوهشی، مؤسسات مالی، مؤسسات حقوقی و ... باشند. در این مرحله باید تمام بازیگران نظام توسعه فناوری در حوزه‌ها و کارکردهای مختلف نظام توسعه فناوری شامل تحقیق و توسعه، انتشار دانش، تأمین منابع انسانی، منابع مالی، مواد، قطعات و تجهیزات و سیاست‌گذاری و جهت‌دهی به فعالیت‌های توسعه فناوری تعیین گردد.

۱-۴-۱-۲- شناسایی مرحله توسعه فناوری

به منظور شناخت مرحله توسعه فناوری در ابتدا باید به یک شناخت نسبی از فناوری دست پیدا کرد تا با استفاده از این شناخت بتوان مرز نظام نوآوری فناوری را شناخت و با استفاده از شناخت مرزها مرحله توسعه فناوری را تعیین نمود. مرز سیستم توسعه فناوری را می‌توان از سه طریق مورد ارزیابی قرار داد که عبارت‌اند از فاصله‌ای- جغرافیایی، بخشی و کارکردی. بر اساس این موضوع به منظور شناسایی مرحله توسعه فناوری ابتدا باید مرز نظام نوآوری مورد مطالعه را از سه طریق فاصله‌ای- جغرافیایی، بخشی و کارکردی مشخص کرد. شناسایی و تعیین مرحله توسعه نظام نوآوری فناوری، از طریق بررسی همزمان مشخصه‌های ساختاری و نشانه‌های تحقق مراحل انجام می‌شود. با توجه به مشخصه‌های ساختاری به تفکیک کارکردها و نشانه‌های تحقق مراحل می‌توان مرحله توسعه نظام نوآوری را که در واقع همان وضع موجود حوزه فناورانه است، مشخص کرد. مراحل مختلف توسعه فناوری چهار مرحله پیش‌توسعه، توسعه، اوج‌گیری و سرعت‌گیری هستند و پس از آن فناوری به

مرحله تثبیت می‌رسد. نشانه‌های تحقق مراحل یا شاخص‌های تشخیص مرحله توسعه با پاسخ‌گویی به سؤالات زیر تعیین می‌گردد.

- ۱- آیا نمونه اولیه از فناوری (محصول یا فرایند) ساخته شده است؟
- ۲- بازیگران اصلی در این حوزه چه کسانی هستند؟ نقش دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی چیست؟ آیا شرکت‌های دانش‌بنیان به این حوزه وارد شده‌اند؟
- ۳- آیا دولت به این حوزه وارد شده است؟ نقش آن (سیاست‌گذاری، تنظیم‌گری و ...) چیست؟
- ۴- آیا محصول فناوری بدون حمایت‌های دولتی در بازار به صورت آزاد فروخته می‌شود؟
- ۵- و یا: آیا تولید انبوه محصول فناوری (محصول یا خدمت) توجیه اقتصادی دارد؟
- ۶- و یا: آیا تولید انبوه محصول فناوری (محصول یا خدمت) آغاز شده است؟
- ۷- آیا شبکه‌های علمی و فناوری شکل گرفته‌اند؟ وضعیت آن‌ها چگونه است؟
- ۸- وضعیت بازار چگونه است؟ در حال رشد یا به اشباع کامل رسیده است؟
- ۹- نرخ ورود تولیدکنندگان محصول فناوری چگونه است؟
- ۱۰- نرخ کاهش قیمت محصول فناوری چگونه است؟
- ۱۱- نرخ فروش محصول فناوری چگونه است؟
- ۱۲- آیا انجمن‌های مربوطه شکل گرفته‌اند؟

بررسی مشخصه‌های ساختاری

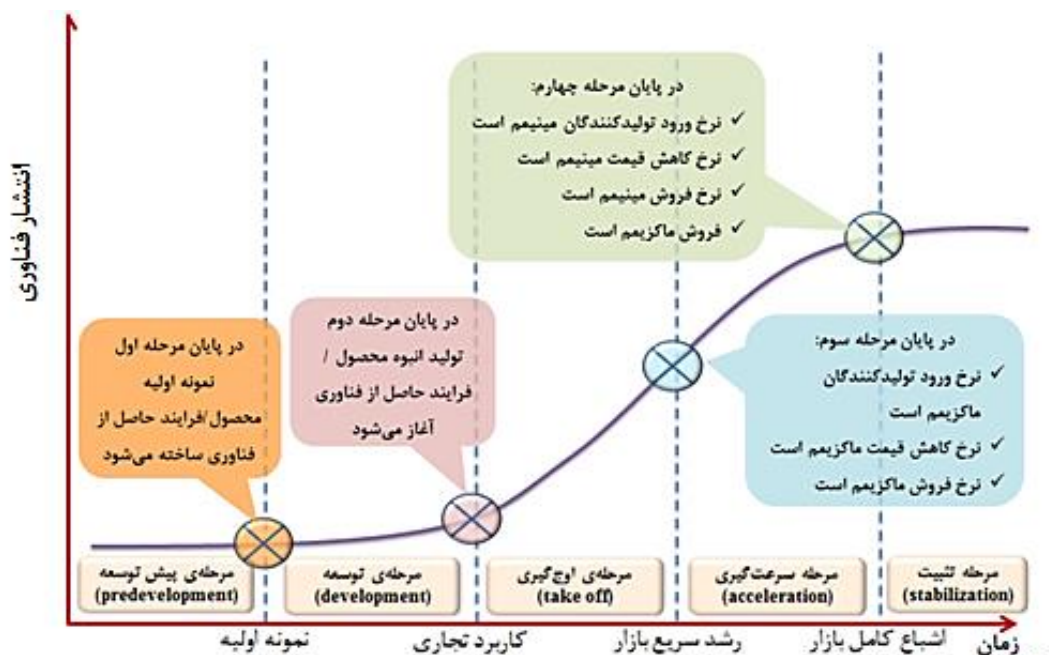
همان‌طور که بیان گردید، برای تعیین فاز توسعه نظام در وهله اول می‌بایست مشخصه‌های ساختاری نظام توسعه فناوری مورد بررسی قرار گیرد، که در جدول ذیل قابل مشاهده می‌باشند.

جدول (۳-۱) - مشخصه‌های ساختاری نظام توسعه فناوری

تبادل	سرعت گیری	اوج گیری	توسعه	پیش توسعه	بازگرا
تمام بازیگران در این حوزه فناوری به صورت فعال حضور دارند.	تعداد رقبا در حوزه توسعه فناوری به شدت افزایش می یابد.	انجمن ها و سندیکاها شکل گرفته اند.	بازیگران اصلی: شرکت های دانش بنیان علاوه بر دانشگاه ها و مراکز پژوهشی	بازیگران اصلی: دانشگاه ها و مراکز پژوهشی	بازگرا
شبکه های علمی قوی	شبکه های علمی قوی	شبکه های علمی در حال قوی شدن است	شبکه های ضعیف علمی شکل می گیرد	روابط فردی شکل گرفته است	بازگرا
شبکه های صنعتی قوی	شبکه های صنعتی در حال قوی شدن است	شبکه های ضعیف صنعتی کم کم شکل می گیرد	نهاد های سخت در حال شکل گیری است	نهاد های نرم شکل می گیرد	بازگرا
نهاد های سخت متنوعی وجود دارد	افزایش تنوع نهادها بسته به نیازها	نهاد های سخت شکل گرفته است	نهاد های سخت در حال شکل گیری است	نهاد سختی هنوز وجود ندارد	بازگرا

بررسی نشانه های تحقق مراحل توسعه نظام

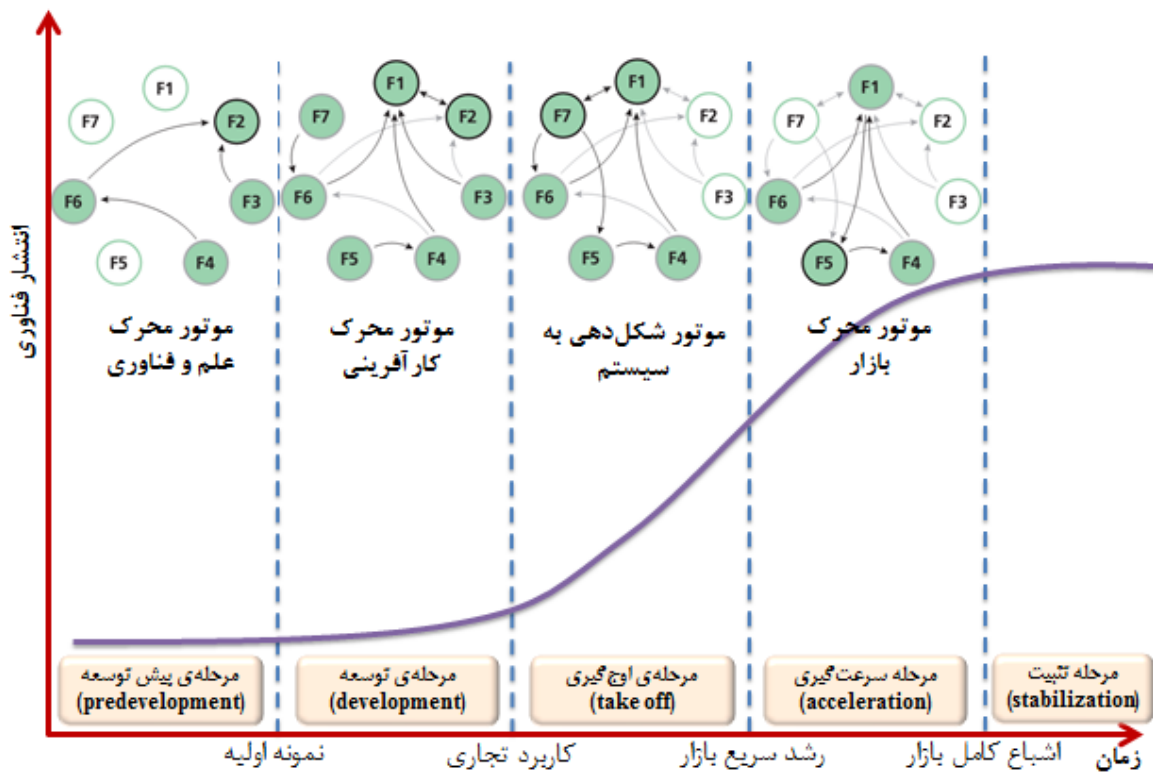
به منظور تعیین فاز توسعه نظام در دومین گام می بایست نشانه های تحقق مراحل توسعه نظام فناوری مورد بررسی قرار گیرد که در قالب نمودار ذیل قابل مشاهده می باشند.



شکل (۴-۱) - نشانه‌های تحقق مراحل برای تعیین مرحله توسعه

۱-۴-۲- شناسایی وضعیت مطلوب و تعیین کارکردهای کلیدی و فعال در توسعه فناوری

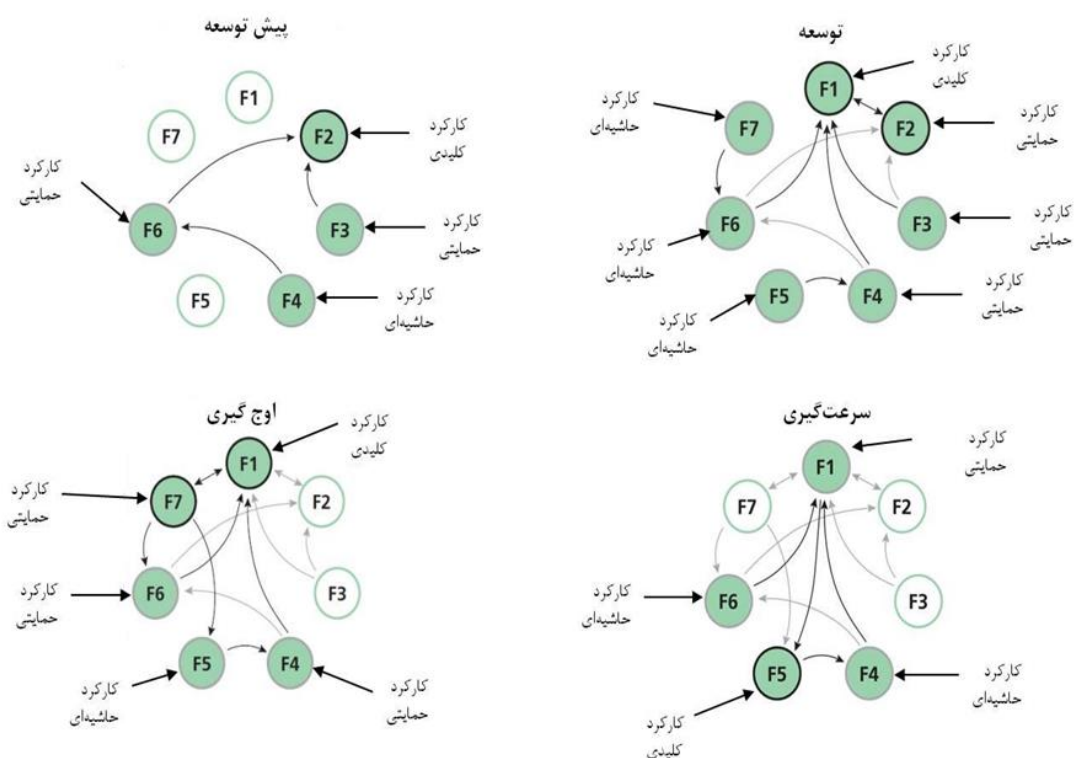
هکرت معتقد است که هر یک از مراحل چهارگانه فاز شکل‌گیری با یک موتور نوآوری در ارتباط است. در این متدولوژی، پس از تعیین فاز توسعه نظام نوآوری فناورانه، موتور فعال در نظام نوآوری فناورانه مشخص می‌شود. شکل (۵-۱) تطبیق مراحل مختلف توسعه نظام نوآوری فناورانه با موتورهای محرک نظام بر اساس مطالعات هکرت (۲۰۱۲) را نشان می‌دهد.



شکل (۵-۱) - مراحل توسعه‌ی نظام نوآورانه فناورانه و موتورهای فعال در هر مرحله

فرایند نوآوری یک فرایند تکاملی است و همیشه در حال تغییر و تحول است و نمی‌توان یک سیستم بهینه برای فرایند نوآوری تعریف کرد، پس هدف نظام را باید در طول این فرایند تعریف کرد. هدف یک نظام نوآوری انتقال نظام مورد نظر از یک مرحله توسعه به مرحله بعدی است. البته باید توجه داشت که لزوماً مرحله بعدی وضعیت بهینه نیست و فقط توسعه نظام نوآوری مدنظر است. کارکردهای هر موتور به سه دسته کارکرد کلیدی، حمایتی و حاشیه‌ای تقسیم می‌شود. تحقق کارکرد کلیدی به

منزله‌ی محقق شدن کل موتور و انتقال به موتور بعدی است. بنابراین اگر کارکرد کلیدی محقق شود، نظام نوآوری فناورانه از یک موتور به موتور بعدی منتقل می‌شود و در نتیجه نظام نوآوری فناورانه از یک مرحله به مرحله بعدی منتقل می‌شود. شکل (۱-۶) موتورها و کارکردهای کلیدی، حمایتی و حاشیه‌ای مرتبط با هر موتور را نشان می‌دهد.



شکل (۱-۶) - موتورها و کارکردهای کلیدی، حمایتی و حاشیه‌ای

(F1) فعالیت‌های کارآفرینی، (F2) توسعه دانش، (F3) انتشار دانش، (F4) جهت‌دهی به سیستم، (F5) شکل‌دهی به بازار،

(F6) تأمین منابع، (F7) مشروعیت‌بخشی).

۳-۴-۱ - شناسایی چالش‌ها و موانع موجود در توسعه فناوری

پس از تعیین موتور محرک فعال در نظام نوآوری، باید آن را بر اساس رویکرد تحلیل توأمان ساختاری- کارکردی ارزیابی کرد. مزیت این تحلیل نسبت به تحلیل کارکردی این است که با تحلیل ساختاری در کنار تحلیل کارکردی علت ایجاد مشکل در یک کارکرد مشخص می‌شود. در واقع با تحلیل کارکردی، مشکلات و موانع نظام نوآوری در کارکرد مربوطه مشخص شده،

ولی علت آن مشخص نمی‌شود؛ به این معنا که مشخص نمی‌شود کدام جزء ساختاری باعث ایجاد چنین مشکلی در کارکرد مربوط شده است. ولی با تحلیل توأمان ساختاری - کارکردی از یک سو علت این مشکلات مشخص شده و از سوی دیگر مشکلات سیستمی با توجه به تحلیل ساختاری به راحتی شناسایی می‌شوند. برقراری اتصال کارکردها به عناصر ساختار نظام نوآوری نه تنها به خاطر انجام فرآیندهای تحلیلی بلکه به دلایل عملیاتی و کاربردی لازم و ضروری است. کارکردها تنها از طریق تغییرات اجزای ساختاری خود تحت تأثیر سیاست‌های اتخاذ شده قرار می‌گیرند.

تفاوت مهم این مدل با رویکردهای مشابه در این مرحله این است که در این رویکرد برای ارزیابی نظام نوآوری لازم نیست همه کارکردهای نظام تحلیل شوند. بلکه با توجه به مرحله توسعه‌ای فناوری و کارکردهای مرتبط با آن، فقط کارکردهای مرتبط تحلیل می‌شوند. بنابراین با توجه به مرحله توسعه فناوری ابتدا کارکرد کلیدی موتور محرک شناسایی شده در مرحله قبل تحلیل می‌شود، اگر این کارکرد تحقق یافته بود به هدف تعیین شده موتور فعال در آن فاز توسعه رسیده و بدین ترتیب نظام نوآوری بدون مشکل به فاز بعدی توسعه منتقل می‌گردد؛ ولی اگر کارکرد مربوطه محقق نشده بود باید کارکردهای حمایتی کارکرد کلیدی که موجبات تولید و تحقق آن را فراهم می‌کنند، ارزیابی گردند. لذا پس از تعیین کارکردهای حمایتی، کارکردهای مذکور تحلیل می‌شوند و به همین ترتیب ادامه می‌یابد.

در تحلیل توأمان کارکردی - ساختاری هر یک از این کارکردها عوامل ساختاری ضعیف مرتبط با کارکرد شناسایی و از طریق به‌کارگیری ابزارها و توصیه‌های سیاستی عنصر ساختاری ضعیف تقویت شده و به این ترتیب مشکلات موجود بر سر راه توسعه نظام برداشته می‌شود.

به عبارت دیگر، وقتی یک حوزه فناوری در مرحله‌ای قرار دارد، موتور محرک نوآوری متناسب با آن مرحله برای آن حوزه فناوری فعال است. از طرفی بیان شد اگر کارکرد کلیدی موتور تحقق یابد، حوزه فناوری مورد مطالعه از این موتور به موتور بعدی منتقل می‌شود. پس در یک موتور باید مشکلات بر سر راه کارکرد کلیدی را شناسایی کرد. مشکلات کارکرد کلیدی به سه دسته مشکلات مربوط به عوامل ساختاری، مشکلات مربوط به کارکردهای حمایتی و مشکلات مربوط به عوامل محیطی تقسیم می‌شوند.

پس از تعیین کارکردهای مؤثر در توسعه فناوری چالش‌ها، مشکلات و موانع موجود پیش روی توسعه فناوری مدنظر از طریق مصاحبه و دریافت نظرات خبرگان حوزه مدنظر تعیین می‌گردد. کارکردهای مختلف مؤثر در هر مرحله توسعه فناوری بر اساس

جواب به یک سری از سؤالات عارضه‌یاب مورد ارزشیابی قرار می‌گیرند. در صورت قوی نبودن کارکرد کلیدی، کارکردهای حمایتی و حاشیه‌ای به همین صورت مورد بررسی قرار می‌گیرند. نمونه‌هایی از پرسش‌های قابل تصور برای تحلیل کارکردهای مختلف موجود در هر موتور توسعه فناوری به تفکیک هر مرحله در جداول (۱-۴) تا (۱-۷) ارائه شده است.

جدول (۱-۴) - سؤالات برای ارزشیابی کارکردهای موتور محرک علم و فناوری در مرحله اول.

سؤالات برای ارزشیابی کارکرد	مرحله‌ی اول: موتور محرک علم و فناوری	
۱- وضعیت دانش پایه موجود در نظام در ارتباط با کمیت و کیفیت آن چگونه است؟ ۲- دانش موجود در سیستم بنیادی است یا کاربردی (توانمندی فناورانه کشور در چه سطحی قرار دارد)؟ ۳- آیا تعداد پروژه‌های پژوهشی و اختراع و مقاله به مقدار کافی موجود است؟ ۴- آیا یک جایگاه بین‌المللی پیشرو، برنامه‌های راه‌اندازی و ارجاعات فراوان به مقاله در نظام وجود دارد؟ ۵- آیا توسعه دانش صورت گرفته در نظام تقاضا محور است؟ ۶- آیا فناوری با نیازهای نظام نوآوری هماهنگ و مرتبط است؟	کارکرد توسعه دانش	کارکردهای کلیدی
۱- آیا همکاری‌های فناورانه بین بازیگران فعال در این زمینه اعم از خرید فناوری، لیسانس، همکاری تحقیق و توسعه و غیره وجود دارد یا خیر؟ ۲- همایش، کنفرانس و یا مجله‌ای در مورد این فناوری وجود دارد یا خیر؟	انتشار دانش	کارکردهای حمایتی
۱- آیا منابع مالی کافی در جهت توسعه دانش وجود دارد (پژوهشی، کاربردی، پایلوت و ...)? ۲- آیا تربیت نیروی انسانی در حوزه‌ی آموزش و پژوهش مرتبط با فناوری به میزان کافی وجود دارد یا خیر؟ کیفیت منابع انسانی تربیت‌شده در چه سطحی است؟	بسیج منابع	کارکردهای حمایتی
۱- آیا یک هدف کاملاً مشخص و مشترک برای تأمین منابع مالی وجود دارد؟ ۲- آیا توسعه دانش در این حوزه‌ی فناورانه، جهت‌دهی شده است؟ ۳- آیا منابع مالی و انسانی در جهت این هدف مشخص هست یا خیر؟	جهت‌دهی به سیستم	کارکردهای حاشیه‌ای

جدول (۱-۵) - سؤالات برای ارزشیابی کارکردهای موتور محرک کارآفرینی در مرحله دوم

سؤالات برای ارزشیابی کارکرد	مرحله‌ی دوم: موتور محرک کارآفرینی	
آیا شرکت‌های دانش‌بنیان به منظور توجیه اقتصادی فناوری کافی هستند؟ آیا فعالیت‌های کارآفرینی دارای کیفیت خوبی هستند؟ نرخ ورود کارآفرینان در این حوزه را چگونه برآورد می‌کنید (آیا کارآفرینان جدید وارد سیستم می‌شوند)؟ سرمایه‌گذاری خطرپذیر که منجر به توجیه اقتصادی می‌شود، وجود دارد یا خیر؟	کارآفرینی	کارکردهای کلیدی

سوالات برای ارزشیابی کارکرد	مرحله دوم: موتور محرک کارآفرینی	
<p>وضعیت دانش پایه موجود در نظام در ارتباط با کمیت و کیفیت آن چگونه است؟ دانش موجود در سیستم بنیادی است یا کاربردی (توانمندی فناورانه کشور در چه سطحی قرار دارد)؟</p> <p>آیا تعداد پروژه‌های پژوهشی و اختراع و مقاله و اختراع به مقدار کافی موجود است؟ آیا یک جایگاه بین‌المللی پیشرو، برنامه‌های راه‌اندازی و ارجاعات فراوان به مقاله در نظام وجود دارد؟</p> <p>آیا توسعه دانش صورت گرفته در نظام تقاضا محور است؟</p> <p>آیا فناوری با نیازهای نظام نوآوری هماهنگ و مرتبط است؟</p>	توسعه دانش	
<p>آیا منابع مالی کافی برای توسعه فعالیت‌های کارآفرینی وجود دارد یا خیر؟</p> <p>میزان منابع دولتی چقدر است؟ کافی است یا خیر؟</p> <p>میزان سرمایه خطرپذیر چه قدر است؟ کافی است یا خیر؟</p> <p>سهولت دسترسی به این منابع را چگونه ارزیابی می‌کنید؟</p> <p>آیا تربیت نیروی انسانی در حوزه‌ی آموزش و پژوهش مرتبط با فناوری به میزان کافی وجود دارد یا خیر؟</p> <p>کیفیت منابع انسانی تربیت شده در چه سطحی است؟</p>	تامین و تسهیل منابع	کارکردهای حمایتی
<p>آیا همکاری‌های فناورانه بین بازیگران فعال در این زمینه اعم از خرید فناوری، لیسانس، همکاری تحقیق و توسعه و غیره وجود دارد یا خیر؟</p> <p>همایش، کنفرانس و مجله‌ای در مورد این فناوری وجود دارد یا خیر؟</p> <p>آیا نمایشگاه‌های تخصصی برای ارائه دستاوردهای کارآفرینی وجود دارد یا خیر؟</p>	انتشار دانش	
<p>آیا یک هدف کاملاً مشخص و مشترک برای نظام وجود دارد؟</p> <p>آیا فعالیت‌های کارآفرینی در این حوزه‌ی فناورانه جهت‌دهی شده است؟</p> <p>آیا منابع مالی و انسانی در جهت توسعه فعالیت‌های است یا خیر؟</p> <p>آیا سیاست‌های دولت در جهت حمایت از فعالیت‌های کارآفرینی است یا خیر؟</p>	جهت‌دهی سیستم	
<p>آیا سرمایه‌گذاری در تکنولوژی به عنوان یک تصمیم مشروع پذیرفته شده است؟ (مشروعیت بخشی اتفاق افتاده است یا خیر)؟</p> <p>آیا مقاومت زیادی در جهت تغییر وجود دارد؟ این مقاومت از کجا نشأت می‌گیرد؟</p> <p>آیا فعالیت‌های مشروعیت بخشی منجر به تخصیص منابع به فعالیت‌های کارآفرینی شده است یا خیر؟</p>	مشروعیت بخشی	کارکردهای حاشیه‌ای
<p>آیا بازار اولیه شکل گرفته است؟ اندازه‌ی آن چقدر است؟</p> <p>آیا این بازار باعث جهت‌دهی به سیستم برای توسعه‌ی فعالیت‌های کارآفرینی شده است یا خیر؟</p> <p>آیا جذابیت بازار باعث ورود کارآفرینان جدید شده است یا خیر؟</p>	شکل‌دهی بازار	

جدول (۱-۶) - سؤالات برای ارزشیابی کارکردهای موتور ساختاردهی به سیستم در مرحله سوم

سؤالات برای ارزشیابی کارکرد	مرحله ی سوم: موتور محرك ساختاردهی سیستم	
<p>آیا کارآفرینان کافی در سیستم وجود دارند؟ کیفیت فعالیت های کارآفرینی در سیستم چه قدر است؟ آیا نرخ ورود کارآفرینان به حداکثر خود رسیده است؟ وضعیت آنها چگونه است؟ آیا کارآفرینان از سیستم خارج می شوند؟</p>	کارآفرینی	کارکردهای کلیدی
<p>آیا استفاده از این فناوری از مشروعیت و مقبولیت قابل قبول برخوردار شده است؟ آیا فعالیت های مشروعیت بخشی منجر به تخصیص و تأمین منابع مالی مورد نیاز کارآفرینان شده است؟ آیا فعالیت های مشروعیت بخشی منجر به تصویب برنامه های حمایتی و بلندمدت و تصویب استراتژی های کلان از طرف دولت در جهت حمایت از فعالیت های کارآفرینی شده است؟ آیا فعالیت های مشروعیت بخشی منجر به رونق بازار شده است؟</p>	مشروعیت بخشی	کارکردهای حمایتی
<p>آیا استراتژی های کلان و سیاستها، برنامه ها و اقدامات دولت جهت حمایت و پشتیبانی بلندمدت از فعالیت های کارآفرینی تدوین شده است؟</p>	جهت دهی به سیستم	کارکردهای حمایتی
<p>آیا منابع مالی کافی برای توسعه فعالیت های کارآفرینی توسط دولت، سازمان های مالی خصوصی و اشخاص حقیقی تخصیص داده شده است؟ سهولت دسترسی به این منابع چگونه است؟ آیا نیروی انسانی متخصص برای توسعه فعالیت های کارآفرینی کافی است؟ کیفیت آنها چگونه است؟</p>	تأمین و تسهیل منابع	کارکردهای حمایتی
<p>آیا بازار انبوه در حال شکل گیری می باشد؟ اندازه بازار کدام است؟ (نیچ/توسعه یافته) کاربران چه کسانی هستند؟ (بالفعل و بالقوه) رهبر بازار چه کسی است؟ (دولت/ واحدهای خصوصی) آیا رهبری بازار از دولت به شرکت های خصوصی انتقال یافته است؟</p>	شکل دهی به بازار	کارکردهای حاشیهای

جدول (۷-۱) - سؤالات برای ارزشیابی کارکردهای موتور شکل‌دهی به بازار در مرحله چهارم

مرحله‌ی موتور محرک بازار		چهارم:	سؤالات برای ارزشیابی کارکرد
کارکردهای کلیدی	بازار	شکل‌دهی به بازار	آیا رهبری بازار کاملاً به بخش خصوصی انتقال یافته است؟ آیا بازار انبوه شکل گرفته است؟ اندازه بازار کدام است؟ (نیچ/توسعه-یافته) کاربران چه کسانی هستند؟ (بالفعل و بالقوه) آیا لازم است که یک بازار جدید ایجاد شود یا بازار موجود گسترش یابد؟
کارکردهای حمایتی	کارکرد	کارآفرینی	آیا کارآفرینان کافی در سیستم وجود دارند؟ کیفیت فعالیت‌های کارآفرینی در سیستم چه قدر است؟ نرخ ورود کارآفرینان چگونه است؟ آیا کارآفرینان از سیستم خارج می‌شوند؟
کارکردهای حاشیهای	جهت‌دهی به سیستم		آیا قوانین و مقررات (از جنس تنظیم‌گری) در جهت حمایت و پشتیبانی از فعالیت‌های کارآفرینی و جهت‌دهی به بازار تدوین شده است؟
	تامین و تسهیل منابع		آیا منابع مالی کافی برای توسعه فعالیت‌های کارآفرینی توسط دولت، سازمان‌های مالی خصوصی و اشخاص حقیقی تخصیص داده شده است؟ سهولت دسترسی به این منابع چگونه است؟ آیا نیروی انسانی متخصص برای توسعه فعالیت‌های کارآفرینی کافی است؟ کیفیت آن‌ها چگونه است؟

۴-۴-۱- پایش و جمع‌بندی نظرات خبرگان

در این مرحله بر اساس پاسخ‌های خبرگان مختلف فناوری مدنظر به سؤالات، کلیه موانع و چالش‌های مورد نظر خبرگان و متخصصان استخراج می‌شود. در ادامه با جمع‌بندی نظرات خبرگان حوزه مدنظر موانع و چالش‌های توسعه فناوری پس از پالایش و حذف موارد تکراری، تعیین می‌گردد.

۴-۴-۵- تعیین اهداف خرد

در این مرحله لازم است تا بر حسب فاز توسعه فناوری با رویکردی بالا-به-پایین (هدف‌محور) یا پایین-به-بالا (مسئله‌محور) به هدف‌گذاری پرداخته شود. داشتن این نگاه مستلزم پایش محیط، شناسایی مشکلات، کشف مزیت‌ها و محرک‌های موجود در توسعه فناوری است. رفع موانع و تقویت محرک‌ها را می‌توان به‌عنوان اهداف خرد توسعه فناوری قلمداد نمود. با توجه به اهداف

بالادستی و نیز در نظر گرفتن همراستایی اهداف خرد تعیین شده با آن‌ها، لازم است تا به همراستا نمودن و سازگار نمودن آن‌ها با هم نیز اقدام شود. به عبارت دیگر، اهداف خرد باید قادر باشند ملاحظات اهداف کلان تعیین شده را برآورده نمایند.

اهداف خرد بیانگر نقاطی از مسیر گذارند که دستیابی به آن‌ها نیازمند ارائه اقدام و سیاست‌گذاری با رویکرد جدید تحلیل و راهبری هستند. این اهداف، مقاصد میانی در محقق نمودن اهداف کلان بوده و از پراکنده شدن و غیر مرتبط بودن اقدامات و سیاست‌های خرد با سایر مسائل غیرضروری جلوگیری می‌کنند. به همین دلیل، تعیین اهداف از اهمیتی برابر با انتخاب مناسب سیاست‌ها و اقدامات برخوردار است.

از یک طرف و به منظور حفظ یکپارچگی، اهداف خرد باید همراستا با اهداف کلان تدوین شده در لایه ارکان جهت‌ساز باشند، و از طرف دیگر و به منظور طراحی سیاست‌های اثربخش، اهداف خرد باید قادر به هدف قراردادن نقاط قوت و ضعف فرآیند گذار باشند. بر این اساس نیاز است تا روش تعیین اهداف برحسب دو رویکرد بالا-به-پایین و پایین-به-بالا تعیین شوند. رویکرد بالا-به-پایین همراستایی اهداف خرد با ارکان جهت‌ساز تعیین شده در مرحله قبل را تضمین می‌کند و رویکرد و پایین-به-بالا به پوشش دادن نقاط قوت و ضعف مسیر توسعه و طراحی اهدافی همراستا با نیازهای موجود کمک می‌کند. این دو رویکرد مکمل یکدیگر بوده و به صورت توأمان در فرآیند هدف‌گذاری خرد به کار برده می‌شوند.

میزان وزن به‌کارگیری این دو رویکرد در فرآیند هدف‌گذاری بر حسب فاز توسعه فناوری مورد نظر متفاوت خواهد بود. در فناوری‌هایی که در مراحل ابتدایی توسعه خود قرار دارند (پیش‌توسعه)، اهداف با تمرکز بیشتر بر رویکرد بالا-به-پایین و برمبنای ترجمه اهداف بالادستی تعیین می‌شوند. در این حالت، سابقه محدودی از توسعه فناوری موجود بوده و اهداف به ایجاد ضرورت‌های توسعه تأکید دارد. رویکرد پایین-به-بالا در این گونه فناوری‌ها به شکل محدود و تنها برای اطمینان از پوشش نقاط قوت و ضعف وضعیت موجود مورد استفاده قرار می‌گیرند.

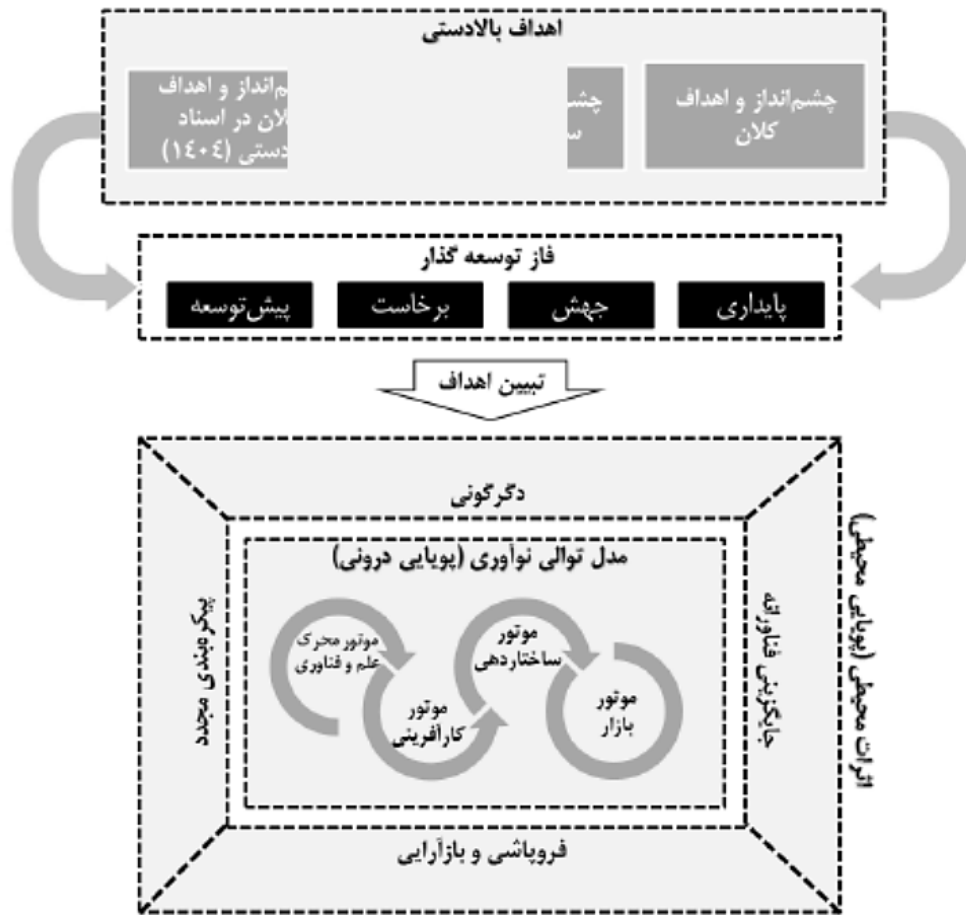
در طرف مقابل، در فناوری‌هایی که در مراحل انتهایی فاز توسعه خود قرار دارند (سرعت‌گیری و تثبیت (بلوغ))، اهداف با رویکرد پایین-به-بالا بر اساس شناسایی موانع و محرک‌ها مشخص می‌شوند. این موانع و محرک‌ها در حقیقت ضعف‌ها و تهدیدها، و نقاط قوت‌ها و فرصت‌ها در شرایط موجود هستند. در این‌گونه از فناوری‌ها، مجموعه‌ای از سوابق فعالیت‌های اجتماعی-فناورانه-اقتصادی شکل گرفته و تلاش در جهت بهبود این سوابق و ادامه مسیر کنونی به‌عنوان هدف سیاست‌گذاری قرار می‌-

گیرد. رویکرد بالا- به- پایین در این گونه فناوری ها تنها برای حصول اطمینان از همراستا بودن اهداف برآمده از سابقه توسعه فناوری مورد نظر با ارکان جهت ساز است.

اهداف، چه زمانی که ترجمه جهت گیری های بالادستی هستند و چه زمانی که رفع یا تقویت موانع و محرک های شناسایی شده هستند، بر اساس ایده تکامل فرآیند توسعه فناوری بر اساس موتورهای چهارگانه نوآوری (پویایی داخلی) و اثرگذاری عوامل خارجی (پویایی بیرونی) تعریف می شوند. در ادامه، به تفکیک به روش های هدف گذاری بالا- به- پایین و پایین- به- بالا اشاره می شود.

رویکرد بالا- به- پایین

در این رویکرد از هدف گذاری، لازم است تا با مبنا قراردادن ارکان جهت ساز و با در نظر گیری رویکرد جدید تحلیل و راهبری، اهداف خرد معین شوند. اساساً رویکردهای بالا- به- پایین بر اساس ملاک و معیارهایی شکل می گیرند که در سطوح بالاتر مانند اقتصاد و یا صنعت تعیین شده اند. یکی از پیش نیازهای استفاده از این رویکرد در هدف گذاری، وجود قانون ها، اسناد، برنامه ها و اهداف بالادستی است. در روش شناسی پیشنهادی تدوین اسناد ملی که موضوع این مطالعه است، این قالب های بالادستی در ارکان جهت ساز و به وسیله اهداف کلان، راهبردها و سیاست های کلان مشخص می شوند. شکل (۱-۷) رویکرد بالا به پایین در تدوین اهداف خرد را نشان می دهد.

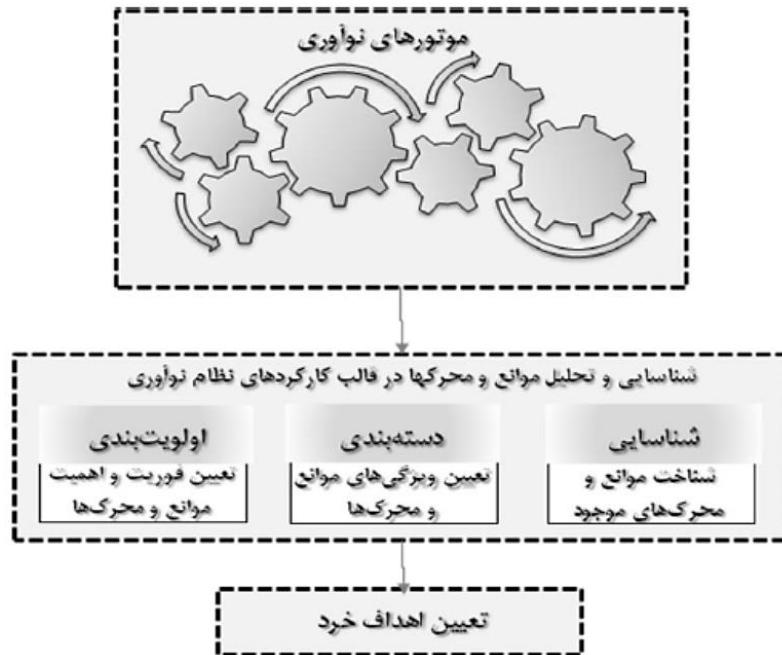


شکل (۷-۱) - روش بالا به پایین در تدوین اهداف خرد

رویکرد پایین - به - بالا

با توجه به پیچیده شدن فضای توسعه علم و فناوری و سرعت بالای تحولات، رویکردهای بالا-به-پایین با مشکلاتی از قبیل عدم نگاه جامع روبه‌رو هستند؛ به‌گونه‌ای که در بعضی موارد استفاده تنها از آن‌ها در هدف‌گذاری منجر به نادیده‌گرفتن بخشی از اهداف ضروری برای توسعه فناوری می‌شوند. به‌عنوان یک رویکرد تکمیل‌کننده، رویکرد پایین-به-بالا به استخراج نظرات خبرگان پیرامون وضعیت موجود توسعه فناوری و دسته‌بندی و اولویت‌بندی آن‌ها در قالب اهداف می‌پردازد. در شرایطی که تاکنون نهادها، نقش‌ها و رویه‌هایی برای توسعه فناوری ظاهر شده است، این رویکرد به شناسایی موانع و محرک‌هایی می‌پردازد که فرآیند توسعه را کند یا تند می‌کند. در این حالت، رفع مشکلات کنونی سیستم و بهره‌گیری از فرصت‌های ایجاد شده

در جهت شتاب بخشیدن به مسیر توسعه، می‌تواند معین‌کننده اهداف خرد در برنامه اقدامات و سیاستها باشد. شناسایی موانع و محرکها در قالب هدف‌گذاری با رویکرد پایین-به-بالا طی فرآیندی با مراحل زیر به انجام می‌رسد:



شکل (۱-۸) - هدف‌گذاری خرد با رویکرد پایین به بالا

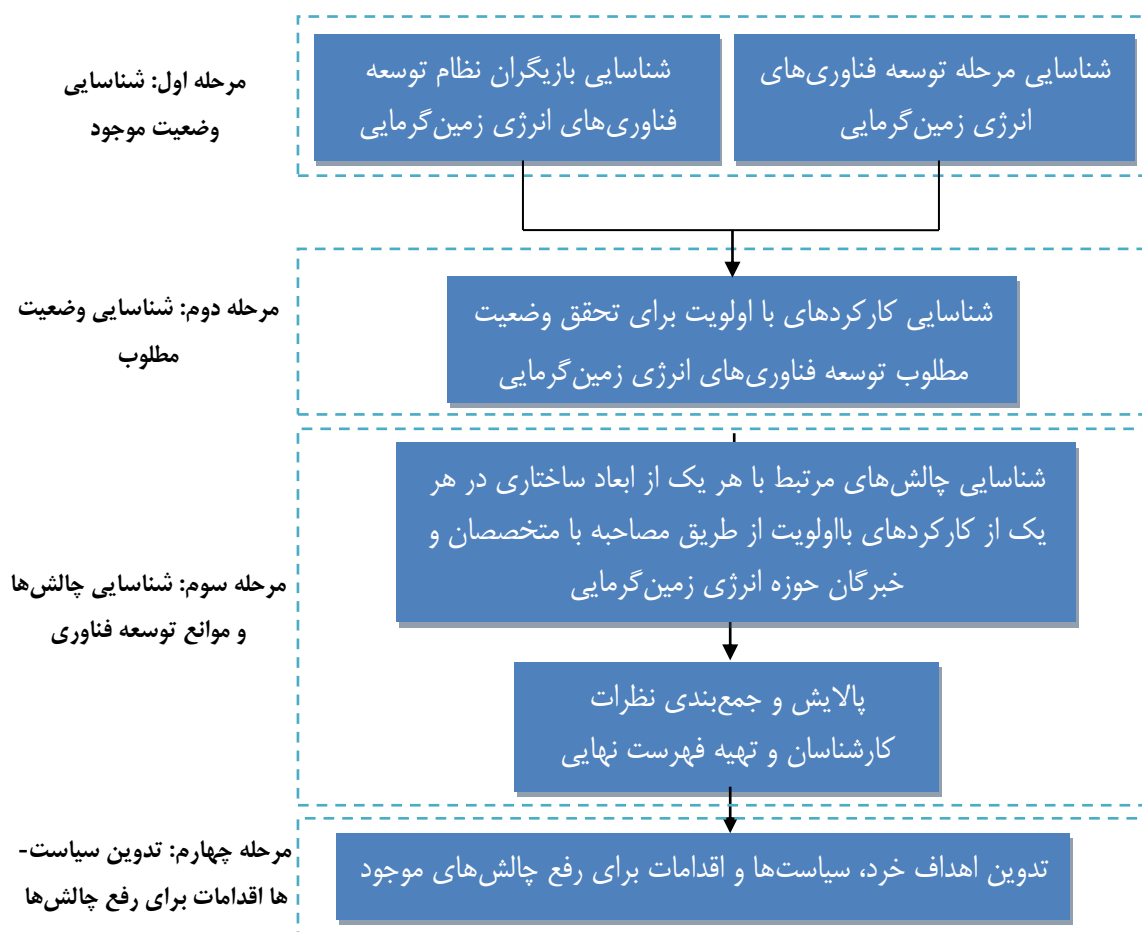
۶-۴-۱ - تدوین سیاستها و اقدامات

سیاستها و اقدامات مجموعه‌ای از طرحها و برنامه‌های اجرایی هستند که به تحقق راهبردها و دستیابی به اهداف کمک می‌کنند. سیاستها رویکردهایی جهت رفع موانع توسعه یک فناوری هستند و اقدامات طرحها و برنامه‌هایی جهت تحقق سیاستها می‌باشند از این رو می‌توان گفت که اقدامات راهکارهایی جهت رفع موانع توسعه یک فناوری هستند. همان طور که در شکل (۳-۱) نشان داده شده است سیاستها و اقدامات مورد نیاز بر اساس فهرست چالشها و موانع شناسایی شده در مرحله قبلی پیشنهاد می‌شود.

۲- برنامه اقدامات و سیاستهای توسعه فناوریهای انرژی زمین گرمایی

۲-۱- مقدمه

همان طور که در فصل قبل (شکل (۲-۱)) اشاره شد به منظور تدوین سیاستها و اقدامات در مرحله اول باید چالشها و موانع پیشروی توسعه فناوری را شناسایی نمود. چالشها و موانع پیش روی شناسایی شده، در واقع، مجموعه‌ای از مشکلات موجود در مسیر تحقق چشم‌انداز و اهداف کلان سند هستند و از آنجایی که سیاستها و اقدامات رویکردهایی در جهت رفع این چالشها و موانع می‌باشند، می‌توان نتیجه گرفت که سیاستها و اقدامات در جهت تحقق چشم‌انداز و اهداف کلان سند تدوین می‌شوند. همان طور که در بخش قبل اشاره شد مبنای تدوین اقدامات در این سند، نظام نوآوری فناورانه (TIS) بوده و فرایند تدوین آنها در شکل (۲-۱) نشان داده شده است.



شکل (۲-۱) - فرایند تدوین اقدامات توسعه فناوریهای انرژی زمین گرمایی

۲-۲- شناسایی وضعیت موجود توسعه فناوری های انرژی زمین گرمایی

همان طور که اشاره شد در مرحله اول فرایند تدوین اقدامات، وضعیت موجود توسعه فناوری های انرژی زمین گرمایی در صنعت شناسایی می شود. این کار بر مبنای شناسایی مرحله توسعه فناوری های انرژی زمین گرمایی و نیز بازیگران نظام توسعه این سیستمها در کشور انجام می شود که در ادامه توضیح داده می شود.

۱-۲-۲- بازیگران نظام توسعه فناوری های انرژی زمین گرمایی

همان طور که در بخش های قبلی اشاره شد نظام نوآوری فناوری متشکل از بازیگران و ذینفعانی است که هر یک به طور مستقیم یا غیرمستقیم نقش هایی را ایفا می کنند. این بازیگران می توانند شامل بخش دولتی، شرکت های تولیدکننده، شرکت های مشاور، دانشگاه ها، مراکز پژوهشی، مؤسسات مالی، مؤسسات حقوقی و ... باشند. لازم به ذکر است که شناسایی بازیگران مرتبط با حوزه فناوری های انرژی زمین گرمایی در قالب گزارشی مستقل در مرحله دوم پروژه حاضر انجام شده است و خلاصه ای از نتایج آن به صورت فهرستوار و دسته بندی شده در حوزه های تحقیق و توسعه، انتشار دانش، تأمین منابع انسانی، منابع مالی، مواد، قطعات و تجهیزات و سیاست گذاری و جهت دهی به فعالیت های توسعه فناوری های انرژی زمین گرمایی مشخص شده اند. ضمن این که فهرست شرکت های فعال در حوزه انرژی زمین گرمایی، در این مرحله از پروژه و از طریق جستجو در پایگاه های داده سانا و با جمع آوری اطلاعات میدانی و همچنین پرس و جو از کارشناسان خبره فعال در حوزه انرژی زمین گرمایی، به فهرست بازیگران مرحله دوم پروژه اضافه شده است.

۱-۱-۲-۲- بازیگران زمینه توسعه دانش

بازیگران موجود در زمینه توسعه دانش و فعالیت های تحقیق و توسعه در ارتباط با فناوری های انرژی زمین گرمایی به شرح ذیل هستند:

- پژوهشگاه ها: پژوهشگاه نیرو
- دانشگاه ها: دانشگاه تهران، دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشگاه شاهرود

۲-۱-۲-۲-بازیگران در زمینه انتشار دانش

بازیگران موجود در زمینه انتشار دانش در ارتباط با فناوری های انرژی زمین گرمایی به شرح ذیل هستند:

- برگزارکنندگان کنفرانس ها و همایش های علمی:

- شرکت مادر تخصصی توانیر (برگزاری کنفرانس بین المللی برق)
- پژوهشگاه نیرو (همکاری در برگزاری کنفرانس بین المللی برق)
- شورای جهانی انرژی و کمیته ملی انرژی (برگزاری همایش بین المللی انرژی)
- دانشگاه صنعتی شاهرود (کنفرانس ملی مهندسی اکتشاف منابع زیرزمینی)
- موسسه آموزش عالی انرژی (بالقوه- برگزاری اولین کنفرانس پیشرفت های نوین در حوزه انرژی، دی ماه ۹۴)
- شرکت هم اندیشان انرژی کیمیا و انجمن علمی مهندسی حرارتی و بروندی ایران (برگزاری کنفرانس بین المللی تهویه مطبوع و تأسیسات حرارتی و بروندی)
- سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور (برگزاری همایش علوم زمین)
- دانشگاه آزاد اسلامی (همایش ملی زمین شناسی و اکتشاف منابع)
- انجمن زمین شناسی ایران (برگزاری همایش انجمن های زمین شناسی ایران)

- نشریات علمی:

- پژوهشکده علوم پایه کاربردی جهاددانشگاهی دانشگاه شهید بهشتی (انتشار فصلنامه زمین شناسی ایران)

۳-۱-۲-۲-بازیگران در زمینه تأمین منابع

بازیگران موجود در زمینه تأمین منابع مورد نیاز فناوری های نوین حوزه انرژی زمین گرمایی اعم از منابع انسانی، مالی و مواد و

تجهیزات به شرح ذیل هستند:

- منابع مالی:

- صندوق مهر امام رضا (ع) (اعطای وام کم بهره به تحقیقات)، بانک ها و مؤسسات اعتباری، صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور، صندوق حمایت از طرح های نوآورانه در پژوهشگاه نیرو، دفتر انرژی زمین-

گرمایی سازمان انرژی های نو ایران (سانا) و ستاد توسعه فناوری انرژی های تجدید پذیر وابسته به معاونت علمی فناوری ریاست جمهوری.

- منابع انسانی:

○ دانشگاه تهران، دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشگاه شاهرود

○ پژوهشگاه نیرو

- منابع مواد و قطعات:

○ شرکت های مشاوره، سازنده و تأمین کننده فناوری های انرژی زمین گرمایی

جدول (۱-۲) - شرکت های پیمانکار و تأمین کننده فناوری های انرژی زمین گرمایی

نام شرکت	حوزه فعالیت	نوع فعالیت	شماره تماس	آدرس	نام فرد مسئول
شرکت برنولی	پمپ حرارتی	تولید کننده	۸۸۶۱۳۳۶۷	تهران - شیخ بهایی شمالی - میدان پیروزان - خیابان پیروزان غربی - پلاک ۲۱	محمد حسن امامیان آیدین کهرابی
شرکت آساد صنعت	پمپ حرارتی	پیمانکار	۸۸۶۹۶۹۴۹	تهران - بزرگراه مفتوح - خیابان فتح ۱۹ - پلاک ۲۳	بیژن محبی
شرکت مهندسی مشاور آتک	پمپ حرارتی کاربرد مستقیم	مشاور	۸۲۴۴۷۵۵۲	تهران - خیابان گاندی - خیابان هشتم - پلاک ۴ - ساختمان آتک	سعید شایانمهر
شرکت پتروتکسان	نیروگاه	پیمانکار	۸۸۰۶۵۵۰۲	تهران - خیابان ملاصدرا - خیابان شیراز شمالی - میدان پیروزان - نبش خیابان پیروزان - پلاک ۲	علیرضا تیموری

۴-۱-۲-۲- بازیگران در زمینه جهت‌دهی به سیستم

در زمینه جهت‌دهی به سیستم، در حال حاضر این بخش‌ها فعال هستند.

- وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
- وزارت نیرو (دفتر آموزش، تحقیقات و فناوری)
- معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری
- توانیر (دفتر پشتیبانی فنی تولید)
- پژوهشگاه نیرو
- شورای سیاست‌گذاری و نظارت راهبردی پژوهش و فناوری در صنعت برق کشور
- انجمن انرژی زمین گرمایی ایران (بالقوه- در شرف تأسیس توسط سازمان انرژی‌های نو ایران)
- دفتر انرژی زمین گرمایی سازمان انرژی‌های نو ایران (سانا).

بازیگران توسعه فناوری‌های انرژی زمین گرمایی در جدول زیر ارائه شده است:

جدول (۲-۲) - بازیگران و ذینفعان فعال در حوزه فناوری‌های انرژی زمین گرمایی

ردیف	نام مرکز	نوع خدمات
۱	دانشگاه تهران	تحقیقات، توسعه دانش و تأمین نیروی انسانی
۲	دانشگاه صنعتی اصفهان	تحقیقات، توسعه دانش و تأمین نیروی انسانی
۳	دانشگاه شاهرود	تحقیقات، توسعه و انتشار دانش و تأمین نیروی انسانی
۴	گروه انرژی‌های تجدیدپذیر پژوهشگاه نیرو	تحقیقات، توسعه و انتشار دانش، نظارت، جهت‌دهی به سیستم
۵	شورای جهانی انرژی و کمیته ملی انرژی	انتشار دانش
۶	موسسه آموزش عالی انرژی	انتشار دانش
۷	شرکت هم‌اندیشان انرژی کیمیا	انتشار دانش
۸	انجمن علمی مهندسی حرارتی و برودتی ایران	انتشار دانش
۹	سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور	انتشار دانش

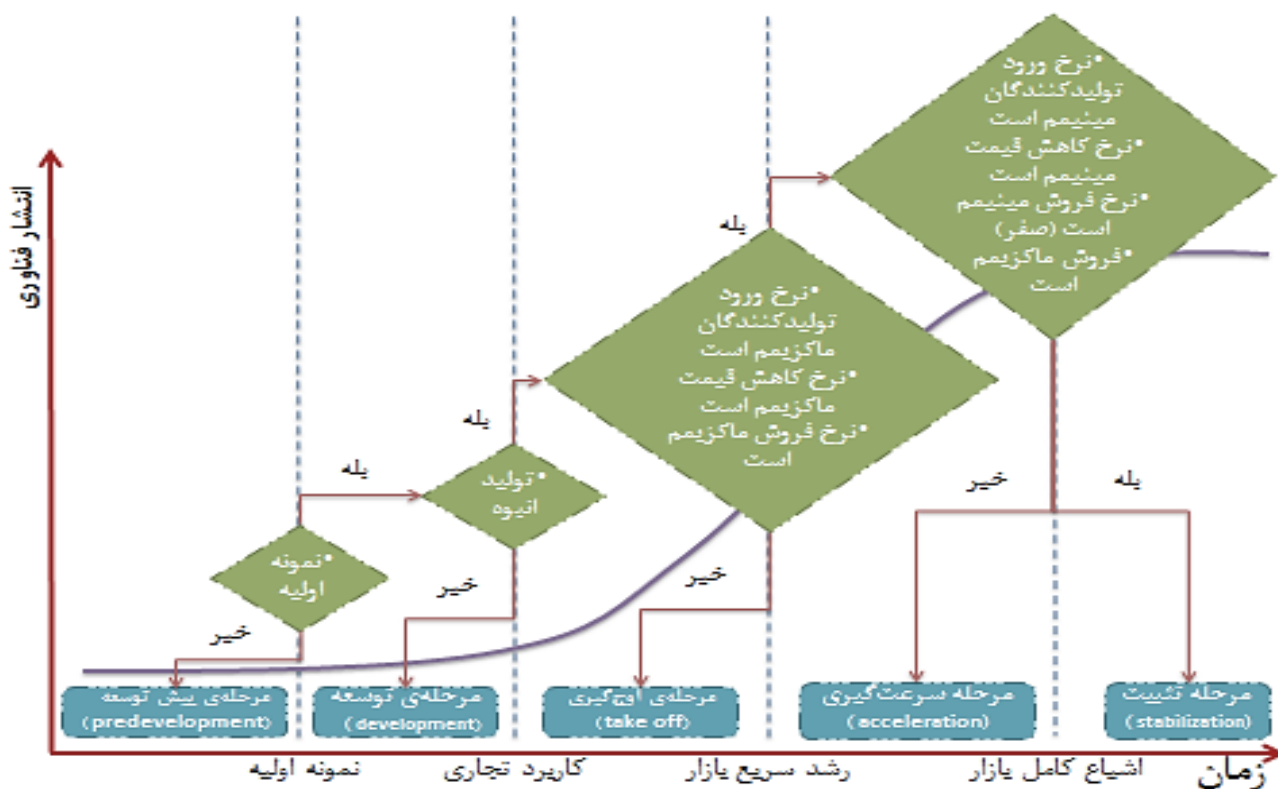
ردیف	نام مرکز	نوع خدمات
۱۰	دانشگاه آزاد اسلامی	انتشار دانش
۱۱	انجمن زمین شناسی ایران	انتشار دانش
۱۲	پژوهشکده علوم پایه کاربردی جهاددانشگاهی دانشگاه شهید بهشتی	انتشار دانش
۱۳	فصلنامه زمین شناسی ایران (دانشگاه شهید بهشتی)	انتشار دانش
۱۴	صندوق مهر امام رضا (ع) (اعطای وام کم بهره به تحقیقات)	تأمین منابع مالی
۱۵	بانک ها و مؤسسات اعتباری	تأمین منابع مالی
۱۶	صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور	تأمین منابع مالی
۱۷	صندوق حمایت از طرح های نوآورانه در پژوهشگاه نیرو	تأمین منابع مالی
۱۸	دفتر انرژی زمین گرمایی سازمان انرژی های نو ایران (سانا)	تامین منابع مالی و جهت دهی به سیستم
۱۹	ستاد توسعه فناوری انرژی های تجدیدپذیر وابسته به معاونت علمی فناوری ریاست جمهوری	تامین منابع مالی و جهت دهی به سیستم
۲۰	وزارت علوم، تحقیقات و فناوری	جهت دهی به سیستم
۲۱	وزارت نیرو (دفتر آموزش، تحقیقات و فناوری)	جهت دهی به سیستم
۲۲	شورای سیاست گذاری و نظارت راهبردی پژوهش و فناوری در صنعت برق کشور	جهت دهی به سیستم
۲۳	انجمن انرژی زمین گرمایی ایران (بالقوه- در شرف تأسیس توسط سازمان انرژی های نو ایران).	جهت دهی به سیستم
۲۴	شرکت برنولی	تامین مواد و قطعات
۲۵	شرکت آساد صنعت	تامین مواد و قطعات
۲۶	شرکت مهندسی مشاور آتک	تامین مواد و قطعات
۲۷	شرکت پتروتکسان	تامین مواد و قطعات

همان طور که در جدول فوق مشاهده می شود به طور کلی، اکثر بازیگران فعال در حوزه اکتشاف انرژی زمین گرمایی، دانشگاه ها، پژوهشگاه ها و انجمن های علمی هستند و اکثر فعالیت ها شامل انجام تحقیقات و مطالعات در این زمینه می باشد. یادآور می شود که اخیراً سازمان انرژی های نو ایران (سانا) فعالیت هایی را در خصوص تأسیس انجمن انرژی زمین گرمایی ایران آغاز نموده است. البته بر اساس آخرین اطلاعات موجود، انجمن یاد شده کماکان تشکیل نشده است ولی اقدامات و پیگیری ها در این خصوص ادامه دارد.

در حوزه های پمپ حرارتی، نیروگاه زمین گرمایی و کاربرد مستقیم، علاوه بر بازیگران فوق، شرکت های پیمانکار و تأمین کننده بسیار معدودی (در کل ۴ شرکت) فعال هستند که فهرست آن ها در جدول (۱-۲) ذکر شده است.

۲-۲-۲- شناسایی مرحله توسعه فناوری های انرژی زمین گرمایی

همان طور که در بخش های قبلی اشاره گردید در تعیین وضعیت موجود توسعه فناوری، علاوه بر تعیین بازیگران مختلف حوزه مدنظر باید مرحله توسعه فناوری های انرژی زمین گرمایی را تعیین نمود. با توجه به وضعیت شاخص های توسعه فناوری (شکل (۲-۲) و جدول (۳-۱)) مرحله توسعه فناوری برای هر یک از فناوری های اولویت دار مشخص گردید که در ادامه به تفکیک برای هر فناوری ذکر می گردد.



شکل (۲-۲) - نشانه های تحقق مراحل برای تعیین مرحله توسعه

۲-۲-۲-۱- مرحله توسعه فناوری های مرتبط با پمپ حرارتی زمین گرمایی

این فناوری ها هنوز به بازار راه نیافته اند و معمولاً بازیگران اصلی در راه توسعه این فناوری ها دانشگاه ها و پژوهشگاه ها بوده اند و هنوز آشنایی گسترده با مباحث مرتبط با پمپ حرارتی زمین گرمایی در بین افراد فعال در مراکز آموزشی و پژوهشی وجود ندارد.

در حال حاضر سه شرکت دانش بنیان (شرکت برنولی، شرکت آساد صنعت، و مهندسين مشاور آتك) فعاليت‌های محدودی در این زمینه دارند.

تاکنون چند پروژه در خصوص طراحی و اجرای پمپ‌های حرارتی به صورت آزمایشی و محدود توسط دولت اجرا شده‌اند که نتایج حاصل از آنها بعضاً در همایش‌های داخلی و کنفرانس‌های بین‌المللی ارائه شده‌اند. ضمناً در این زمینه، همایش‌های تخصصی در طول سال به طور منظم برگزار نشده و متخصصین مربوطه در این زمینه معمولاً به صورت فردی (غیر رسمی) با هم ارتباط دارند. در حال حاضر، به دلیل عدم وجود متخصصین متعدد در این حوزه، هیچ‌گونه تشکل یا انجمنی در خصوص پمپ‌های حرارتی زمین‌گرمایی وجود ندارد. همچنین، قوانین و استانداردهای خاص مرتبط با حوزه انرژی زمین‌گرمایی در داخل کشور وجود نداشته و نهادهای نرم نیز در این زمینه به‌درستی شکل نگرفته‌اند.

با توجه به موارد فوق فناوری‌های مرتبط با پمپ حرارتی در مرحله پیش‌توسعه قرار دارد.

پیش توسعه	توسعه	اوج‌گیری	سرعت‌گیری	تعادل
<ul style="list-style-type: none"> • بازیگران اصلی: دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی • تعداد محدود بازیگران • نقش تسهیل‌گری دولت کم‌کم شکل می‌گیرد. • روابط فردی شکل گرفته است • شبکه‌های مربوطه به قنای وجود ندارند • نهادهای نرم شکل می‌گیرد • نهاد سختی هنوز وجود ندارد 	<ul style="list-style-type: none"> • بازیگران اصلی: شرکت‌های دانش‌بنیان علاوه بر دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی • شرکت‌های سرمایه‌گذاری خطرپذیر در این حوزه ورود می‌کنند • نقش دولت در سیاست‌گذاری (حامله‌گری) پررنگ می‌شود • شبکه‌های ضعیف علمی شکل می‌گیرد • نهادهای سخت در حال شکل‌گیری است 	<ul style="list-style-type: none"> • انجمن‌ها و سندیکاها تکلیف گرفته‌اند • افزایش شرکت‌های دانش‌بنیان • نقش دولت در سیاست‌گذاری (قابله‌گری) پررنگ می‌شود • شبکه‌های علمی در حال قوی شدن است • شبکه‌های ضعیف صنعتی کم‌کم شکل می‌گیرد • نهادهای سخت شکل گرفته است 	<ul style="list-style-type: none"> • تعداد رقیبای در حوزه‌ی توسعه قنای به شدت افزایش می‌یابد • نقش پررنگ بانکها و موسسات مالی • نقش دولت در تنظیم‌گری پررنگ می‌شود • شبکه‌های علمی قوی • شبکه‌های صنعتی در حال قوی شدن است • افزایش تنوع نهادها بسته به نیازها 	<ul style="list-style-type: none"> • تمام بازیگران در این حوزه‌ی قنای ارائه به صورت فعال حضور دارند • شبکه‌های علمی قوی • شبکه‌های صنعتی قوی • نهادهای سخت متنوعی وجود دارد
بازیگران				
تعاملات				
نهادهای				

شکل (۲-۳) - شناسایی فاز توسعه فناوری‌های مرتبط با پمپ حرارتی زمین‌گرمایی

۲-۲-۲-۲- مرحله توسعه فناوری های مرتبط با اکتشاف منابع زمین گرمایی

تعداد افراد تحصیلکرده در حوزه اکتشاف منابع زمین گرمایی محدود بوده و معدود متخصصان این حوزه، تحصیلکردگان دانشگاه های برتر دنیا در حوزه زمین گرمایی هستند. در حال حاضر، آموزش دانشگاهی در زمینه اکتشاف در دانشگاه های کشور وجود ندارد. فعالیت هایی در مورد پتانسیل سنجی منابع زمین گرمایی در ایران توسط سانا انجام شده است که تا حدودی منجر به توسعه فناوری های این حوزه شده است.

با وجود اهمیت فناوری های مرتبط با اکتشاف زمین گرمایی در میان فناوری های این حوزه برای ایجاد مزیت رقابتی برای کشور، هنوز هیچ همایش ملی یا بین المللی در این زمینه در ایران برگزار نمی شود. همچنین، هیچ انجمن علمی و تخصصی در این حوزه وجود ندارد که بتواند شبکه ای از متخصصان در زمینه اکتشاف زمین گرمایی را شکل دهد و متخصصان این زمینه از طریق روابط فردی با هم در ارتباط هستند.

با توجه به موارد فوق فناوری های مرتبط با اکتشاف منابع زمین گرمایی در مرحله پیش توسعه قرار دارد.

پیش توسعه	توسعه	اوج گیری	سرعت گیری	تعادل
<ul style="list-style-type: none"> • بازیگران اصلی: دانشگاه ها و مراکز پژوهشی • تعداد محدود بازیگران • نقش تسهیل گری دولت کم کم شکل می گیرد. • روابط فردی شکل گرفته است • شبکه های مربوط به فناوری وجود ندارند • نهادهای نرم شکل می گیرد • نهاد سختی هنوز وجود ندارد 	<ul style="list-style-type: none"> • بازیگران اصلی: شرکت های دانش بنیان علاوه بر دانشگاه ها و مراکز پژوهشی • شرکت های سرمایه گذاری خطرپذیر در این حوزه ورود می کنند • نقش دولت در سیاست گذاری (حامی گری) پررنگ می شود • شبکه های ضعیف علمی شکل می گیرد • نهادهای سخت در حال تکامل گیری است 	<ul style="list-style-type: none"> • انجمن ها و سندیکاها شکل گرفته اند • افزایش شرکت های دانش بنیان • نقش دولت در سیاست گذاری (قایله گیری) پررنگ می شود • شبکه های علمی در حال قوی شدن است • شبکه های ضعیف صنعتی کم کم شکل می گیرد • نهادهای سخت شکل گرفته است 	<ul style="list-style-type: none"> • تعداد رقیبای در حوزهی توسعه فناوری به شدت افزایش می یابد • نقش پررنگ پانگها و موسسات مالی • نقش دولت در تنظیم گیری پررنگ می شود • شبکه های علمی قوی • شبکه های صنعتی در حال قوی شدن است • افزایش تنوع نهادها بسته به نیازها 	<ul style="list-style-type: none"> • تمام بازیگران در این حوزهی فناوریانه به صورت فعال حضور دارند • شبکه های علمی قوی • شبکه های صنعتی قوی • نهادهای سخت متنوعی وجود دارد
بازیگران				
تعمالات				
نهادهای				

شکل (۲-۴) - شناسایی فاز توسعه فناوری های مرتبط با اکتشاف منابع زمین گرمایی

۳-۲-۲- مرحله توسعه فناوری های نیروگاهی زمین گرمایی

به طور کلی، در ۱۵ سال اخیر تعداد مقالات منتشره در ایران محدود بوده است. همچنین فعالیت مراکز دانشگاهی و پژوهشی در این زمینه بسیار کم بوده است. در این زمینه نیز کنفرانس خاصی برگزار نشده است و معمولاً فعالان این حوزه به صورت فردی، یکدیگر را می شناسند. در حال حاضر، شناختی از بازیگران بالقوه کشور (از میان صنایع مرتبط) در این زمینه وجود ندارد و بنابراین شبکه ای، میان اندک بازیگران بالفعل و احتمالاً انبوه بازیگران بالقوه، شکل نگرفته است. اخیراً یک شرکت فعال در حوزه نیروگاه های حرارتی و طرح های نفت و گاز، به سفارش سانا، به حوزه نیروگاه زمین گرمایی راه پیدا کرده است و در حال حاضر، مراحل ساخت نخستین نیروگاه زمین گرمایی کشور را در منطقه مشکین شهر، به عهده دارد.

با توجه به موارد فوق فناوری های نیروگاهی زمین گرمایی در مرحله پیش توسعه قرار دارند.

پیش توسعه	توسعه	اوج گیری	سرعت گیری	تعادل
<ul style="list-style-type: none"> بازیگران اصلی: دانشگاه ها و مراکز پژوهشی تعداد محدود بازیگران نقش تسهیل گری دولت کم کم شکل می گیرد. 	<ul style="list-style-type: none"> بازیگران اصلی: شرکت های پیش بینان علاوه بر دانشگاه ها و مراکز پژوهشی شرکت های سرمایه گذاری خطرپذیر در این حوزه ورود می کنند نقش دولت در سیاست گذاری (حامیله گری) پررنگ می شود 	<ul style="list-style-type: none"> انجمن ها و سندیکاها شکل گرفته اند افزایش شرکت های دانش بنیان نقش دولت در سیاست گذاری (قابل گری) پررنگ می شود 	<ul style="list-style-type: none"> تعداد رقیبای در حوزه ی توسعه فناوری به شدت افزایش می یابد نقش پررنگ یانکها و موسسات مالی نقش دولت در تنظیم گری پررنگ می شود 	<ul style="list-style-type: none"> تمام بازیگران در این حوزه ی قناورانه به صورت فعال حضور دارند
<ul style="list-style-type: none"> روابط قدری شکل گرفته است شیکه های مربوط به فناوری وجود ندارند 	<ul style="list-style-type: none"> شیکه های ضعیف علمی شکل می گیرد 	<ul style="list-style-type: none"> شیکه های علمی در حال قوی شدن است شیکه های ضعیف صنعتی کم کم شکل می گیرد 	<ul style="list-style-type: none"> شیکه های علمی قوی شیکه های صنعتی در حال قوی شدن است 	<ul style="list-style-type: none"> شیکه های علمی قوی شیکه های صنعتی قوی
<ul style="list-style-type: none"> نهادهای نرم شکل می گیرد نهادهای سختی هنوز وجود ندارد 	<ul style="list-style-type: none"> نهادهای سخت در حال شکل گیری است 	<ul style="list-style-type: none"> نهادهای سخت شکل گرفته است 	<ul style="list-style-type: none"> افزایش تنوع نهادها یسته به نیازها 	<ul style="list-style-type: none"> نهادهای سخت متنوعی وجود دارد

شکل (۲-۵) - شناسایی فاز توسعه فناوری های نیروگاهی زمین گرمایی

۳-۲- شناسایی وضعیت مطلوب توسعه فناوری های انرژی زمین گرمایی

همان طور که در بخش های قبلی اشاره شد در مرحله پیش توسعه کارکردهای مؤثر عبارت اند از: توسعه دانش (کارکرد کلیدی)، انتشار دانش و بسیج منابع (کارکردهای حمایتی) و جهت دهی به سیستم (کارکرد حاشیه ای). به منظور توسعه فناوری و انتقال فناوری از مرحله پیش توسعه به توسعه باید چالش ها، مشکلات و موانع موجود در ابعاد ساختاری چهار کارکرد ذکر شده تعیین و مرتفع شوند.

۴-۲- شناسایی چالش ها و موانع توسعه فناوری های زمین گرمایی از طریق مصاحبه با خبرگان

در گام قبلی، کارکردهای توسعه دانش، انتشار دانش، تأمین منابع و جهت دهی به سیستم به عنوان کارکردهای با اولویت برای فناوری های قرار گرفته در فاز پیش توسعه (تمامی فناوری های مرتبط با انرژی زمین گرمایی) شناسایی شدند. در این گام با استفاده از یک تحلیل ساختاری-کارکردی، چالش ها و موانع پیش روی توسعه فناوری های انرژی زمین گرمایی شناسایی شده است. همان طور که پیش تر بیان شد این چالش ها از طریق مصاحبه با خبرگان و کارشناسان آشنا با این حوزه و همچنین استخراج نظرات خبرگان کمیته راهبری حاضر در جلسه مورخ ۱۳۹۴/۴/۸ به دست آمده است. اسامی این افراد در ادامه ارائه شده است:

جدول (۳-۲) - فهرست خبرگان و کارشناسان آشنا با چالش های حوزه انرژی زمین گرمایی

ردیف	نام	سمت
۱	سهیل پرخیال	رئیس دفتر انرژی زمین گرمایی ستاد توسعه انرژی های نو ایران (سانا)
۲	علی مرادزاده	عضو هیأت علمی دانشکده فنی دانشگاه تهران
۳	مهناز رضوانی	کارشناس شرکت مهتاب قدس
۴	محمدحسن امامیان	مدیرعامل شرکت برنولی
۵	آیدین کهرابی	کارشناس انرژی های نو در شرکت برنولی
۶	مهران کیانی راد	مدیر گروه زیست انرژی پژوهشکده بیوتکنولوژی سازمان پژوهش های علمی و صنعتی ایران
۷	سمیه داراب	کارشناس دفتر برنامه ریزی کلان برق و انرژی

همان گونه که در فصل قبل اشاره شد به منظور شناسایی و تعیین چالش ها و موانع پیشروی توسعه فناوری سؤالات مختلفی در رابطه با وجود، تعداد و کیفیت ابعاد ساختاری هر یک از چهار کارکرد مؤثر در مرحله پیش توسعه طرح شد و در جلسات مصاحبه این سؤالات از خبرگان و کارشناسان فوق الذکر پرسیده شد. همچنین چالش های کلی توسعه فناوری های زمین گرمایی برای تمامی کارکردها، که برای تمام فناوری های این حوزه در هر مرحله ای از توسعه صادق هستند، مورد بحث و بررسی قرار گرفت. در ادامه خلاصه ای از مصاحبه های صورت گرفته ارائه شده است.

۱-۴-۲- مهندس آیدین کهرابی

- مباحث دانشگاهی هیچ وقت به طور خاص در مورد طراحی سیستم نبوده و منابع خاص آن را نداریم و به طور تجربی و از طریق استفاده از تجارب دیگر افراد، جستجوی منابع عمومی و تلاش برای دستیابی به منابع خاص سعی در دستیابی به اطلاعات مورد استفاده می کنیم.
- امکانات کافی برای توسعه دانش دانشجویان وجود ندارد و دانشجویان حتی به کلیات دانش پمپ حرارتی اشراف ندارند چه برسد به جزئیات.
- پمپ حرارتی حرکت چند صنعت در کنار هم است در زمینه های ساخت دستگاه، طراحی و امور اجرایی. بسیاری از مواقع، به دلیل عدم وجود صنعت و دانش کافی در میان اهالی صنعت، مجبور به سعی و خطا برای رسیدن به نتیجه شده ایم. مخصوصاً در زمینه حفاری که بیشتر تجارب همکاران ما در حفاری صنعت آب بوده است، اطلاعات خاص و آشنایی با حفاری خاص زمین گرمایی وجود ندارد و آن ها تجربه لازم را برای برآوردن هدف ما و رسیدن به حداقل های ما را نداشته اند و ما سعی کرده ایم با رایزنی با این گروه همکاران به نتایجی نزدیک به نتیجه دلخواه خود برسیم.
- بیشتر تماس ها از طرف دانشجویان در مورد شبیه سازی است و فقط در مورد خروجی و بحث های مالی سؤال دارند و پروژه هایی که معرفی می شوند هم در زمینه مباحث اقتصادی و مدل سازی ساده است و نه اجرائیات، زیرا این زمینه در کشور ناشناخته تر است و آشنایی قبلی با آن وجود ندارد و بنابراین سیستم آن خیلی بیرون و در معرض دید و ملموس نیست، از طرفی مباحث مالی آن نیز مطرح است. همچنین اساتیدی که در این زمینه کار کرده باشند اندک هستند و

در صورت بیشتر بودن تعداد اساتید آشنا به موضوع، دانشجویان خوبی می‌توانند پرورش یابند مانند کاری که دکتر نوراللهی در دانشگاه تهران می‌کنند.

- سیستم‌هایی به‌طور پراکنده در دانشگاه‌ها و پژوهشگاه‌ها نصب شده‌اند ولی وضعیت مناسبی ندارند و رها شده‌اند مانند دستگاه آزمایشگاهی موجود در دانشگاه علم و صنعت یا سیستم کویل‌گذاری و لوله‌گذاری شده پژوهشکده ساختمان.
- سانا ۴ سیستم پایلوت نصب کرده است ولی اکنون پس از گذشت ده سال از نصب آن‌ها، وضعیت مناسبی ندارند. یک علت آن می‌تواند به‌دلیل طولانی بودن دوره بازگشت سرمایه باشد.
- شهرداری تهران شروع به نصب پروژه‌های پمپ حرارتی با کمک شرکت‌های پیمانکاری کرده است که سبب انگیزه-بخشی و سوق یافتن پیمانکاران به این سو و تشویق آن‌ها برای دستیابی به دانش لازم می‌شود ولی مشکل این پروژه‌های نمایشی، اتصال آن‌ها به هاب‌های اصلی و شرکت‌های دانش‌بنیان است.
- رشته‌های تخصصی لازم و پایان‌نامه‌های خوب در این زمینه وجود ندارد.
- سانا به‌عنوان مشاور، ضعف زیادی در دادن اطلاعات لازم به دانشجویان دارد که سبب روی آوردن دانشجویان به شرکت‌های خصوصی برای دستیابی به اطلاعات لازم می‌شود. شرکت‌های خصوصی نیز به‌دلیل صرف هزینه برای دستیابی به اطلاعات تمایل چندانی به اشتراک آن با دانشجویان ندارند. شاید خود سانا به‌دلیل کم بودن حجم پروژه‌ها (فقط چند پروژه اکتشافی و یک پروژه تأمین تجهیزات) در این زمینه، اطلاعات چندانی ندارد که بخواهد آن را در اختیار دانشجویان قرار دهد.
- به‌دلیل عدم فراهم شدن اطلاعات زمین‌شناسی لازم از طرف سازمان‌های عمومی مانند سانا، ما مجبوریم رأساً برای به دست آوردن اطلاعات ضریب حرارتی و ... آزمایش انجام دهیم و این سبب افزایش قابل توجه ریسک و هزینه می‌شود. یک کمک برای حل این معضل می‌تواند فراهم کردن اطلاعات اولیه یا تأمین هزینه برای دستیابی به آن باشد ولی اقدام اصلی باید در زمینه فراهم کردن اطلاعات ماکرو و شناسایی نقاط دارای پتانسیل و جذابیت بازار صورت گیرد. با فراهم شدن اطلاعات اولیه لازم، افراد دارای انگیزه (که قبلاً توسط اساتید دانشگاهی تربیت شده‌اند) می‌توانند شروع به کار کنند.

- بخشی از توسعه دانش به پیشرفت و همسو شدن دیگر صنایع مرتبط با صنعت زمین گرمایی وابسته است زیرا نیازمند ایجاد زنجیره‌ای از افراد و صنایع و آموزش آن‌ها و ایجاد تعامل بین آن‌ها برای پیشبرد کار هستیم.
- در زمینه ساخت لوله‌ها، به دلیل اینکه صنعت ساخت لوله برای صنعت گاز توسعه یافته است، هر سایز لوله با هر فشار عملکردی در داخل کشور قابل تولید است و استانداردهای خاص صنعت گاز برای ساخت آن‌ها رعایت می‌شود ولی آن استانداردها برای حوزه زمین گرمایی چندان موضوعیت ندارند. در زمینه گروت‌ریزی هم در صنعت پروژه‌های عمرانی، بر اساس نوع کار، فناوری ساخت داخل یا وارداتی داریم ولی گروت خاص زمین گرمایی موجود نیست زیرا تا به حال در داخل کشور استفاده‌ای نداشته است. مثلاً روان کننده یا ماده تأخیر خشک شدن و ... نداریم. بخشی از این فناوری‌ها را ما مهندسی معکوس کرده‌ایم و می‌توان در مورد آن کار کرد ولی الان آن فناوری‌ها را تولید نمی‌کنیم.
- ممکن است ما بتوانیم تجهیزات «الف» را مهندسی معکوس کنیم و آن را برای کارمان مورد استفاده قرار دهیم ولی این تجهیزات «ب» است که کارایی را بالا می‌برد و هزینه را کاهش می‌دهد و استفاده از پمپ حرارتی را توجیه پذیر می‌کند و بهتر است بتوان تجهیزات «ب» را در داخل تولید کرد.
- اول باید صنعت زمین گرمایی (بازار و منابع) خوب باشد تا توسعه دانش به تبع آن به صورت خودکار صورت گیرد اما در کنار بازار باید استاندارد جدیدی هم داشته باشیم که مشخص سازد در ساخت و نصب تجهیزات چه استانداردی تا چه زمانی برقرار است و پس از آن باید به چه سطحی ارتقا یابد. این سبب انگیزه بخشی برای توسعه دانش به سطوح بالاتر می‌شود. در واقع مجموعه‌ای از اقدامات «وجود الزام قانونی و استاندارد»، «کمک بالادست به تولیدکننده برای تغییر تکنولوژی (خالی کردن انبار گذشته، وجود بازار پرکشش، و نیروی انسانی خبره‌تر)»، «رقابتی شدن گزینه پمپ حرارتی برای انتخاب شدن توسط کارفرمایان مصرف کننده (وجود مشاوره که چنین گزینه‌ای را پیشنهاد دهد و توجیه پذیر بودن آن برای کارفرما)» سبب پیش‌روی توسعه دانش خواهد شد. در واقع، اگر بازار وجود داشته باشد ما در تأمین منابع (داخلی یا واردات از کانال‌های شناسایی شده خارجی) مشکلی نداریم.
- شرکت‌هایی که این سیستم‌ها را بشناسند نداشته‌ایم. همین‌طور منابع انسانی و زیرساخت‌های لازم برای آن وجود نداشته است. از طرفی، عدم وجود تجهیزات مخصوص و استفاده از دستگاه‌های حفاری آب یا قدیمی بودن دستگاه‌ها به دلیل تحریم، سبب افزایش هزینه‌ها، سرعت کمتر، مصرف سوخت و استهلاک بیشتر شده است. از طرفی باید توجه

داشت که استفاده از دستگاه برای یک پروژه یا ۱۰ پروژه هزینه‌های متفاوتی دارد، مخصوصاً در هزینه‌های حفاری و خود حفاری یک گلوگاه هزینه در این زمینه است که تقریباً ۵۰٪ هزینه کل کار را به خود اختصاص می‌دهد. اگر هزینه حفاری کاهش یابد، با ایجاد یک نیمه بازار هم می‌توان کار را خیلی اقتصادی‌تر انجام داد و کارفرماهای بیشتری را به سمت انتخاب پمپ حرارتی سوق داد.

- بخشی از هزینه بالای سیستم‌های پمپ حرارتی در ایران به دلیل سفارشی‌سازی بودن است و اگر نیمه بازاری ایجاد شود می‌توان با سری‌سازی هزینه‌ها را کم کرد. به نظر می‌رسد برای ایجاد بازار مناسب در این حوزه بسیار به سرمایه‌گذاری دولت نیاز باشد.

- در صورت وجود چندین شرکت فعال در حفاری و رقابتی شدن بازار، هزینه‌ها به‌طور چشمگیری کاهش خواهند یافت.

- بیشتر مراجعان و مشتریان ما شرکت‌های دولتی هستند، به دلایلی چون: مصرف بودجه مشخص شده در بخش انرژی و تبلیغات، الزام از طرف شرکت‌های بالاتر مثلاً برای اخذ گواهینامه خاص، و ایده‌های نادر مطرح شده برای استفاده از این سیستم‌ها که گاهی از طرف افراد آموزش دیده در خارج از کشور مطرح می‌شود. همین‌طور شرکت‌های مشاوره خصوصی از عمده مراجعان ما هستند.

- می‌توان در زمینه‌های زیر تمرکز ویژه‌ای به فناوری‌های مرتبط با پمپ حرارتی مبذول داشت:

- بررسی چگونگی افزایش ضریب انتقال حرارت لوله‌های پلی اتیلن
- بررسی چگونگی افزایش ضریب انتقال حرارت گروت‌ها
- بررسی در مورد گرمزایی سیمان و اثرات بلندمدت آن
- جهت‌گیری به سمت تولید اتصالات خاص لوله‌های پلی اتیلن که با وجود ساده بودن تکنولوژی تولید و توانمندی ایران در ساخت آن‌ها، فعلاً در کشور تولید نمی‌شود. شاید دلیل این امر، هزینه بالا برای تولید باشد.
- بهبود تجهیزات سیستم‌ها از نظر طراحی و ساخت، و همچنین بهینه‌سازی سیکل سیستم‌های زمین‌گرمایی برای افزایش ضریب عملکرد (COP) ایده‌آل سیستم. برای مثال، بررسی چگونگی هیبرید کردن سیستم‌ها.
- بررسی در مورد چگونگی بهبود دادن سیال کاری برای کاهش ویسکوزیته و گردش راحت‌تر سیال در سیستم برای انتقال بهتر حرارت و کاهش چشمگیر هزینه حفاری

- نصب چند سیستم نمونه و بررسی آن‌ها بر اساس کار تجربی برای بهبود SPF
- نیاز به استانداردهای جدید در زمینه تهویه مطبوع (برای مثال فعلاً هیچ استاندارد دی در مورد برچسب انرژی آن وجود ندارد) و نیاز به واحدهای آزمایشگاهی مرجع برای دادن گواهینامه در این زمینه در داخل کشور و همچنین در گمرکات برای تجهیزات وارداتی.

۲-۴-۲- مهندس مهناز رضوانی

- به دلیل نزدیکی زمین گرمایی با صنعت نفت، فرصت‌های زیادی در این حوزه وجود دارد اما دولتی بودن شرکت‌ها و عدم ورود بخش خصوصی به این بخش، سبب عدم پیشرفت آن شده است.
- ارزان بودن حامل‌های انرژی نیز یکی از موانع توسعه انرژی‌های نو در کشور است و آن قدر اثرگذار است که مزایای انرژی‌های نو را خنثی می‌کند
- موانع توسعه زمین گرمایی در ایران بیشتر مربوط به عوامل بیرونی مانند بازار و دولت است تا دانش و صنعت مورد نیاز.
- ۹۰ درصد هزینه‌ها در اکتشاف زمین گرمایی مربوط به حفاری است و تولید علم در این حوزه می‌تواند برای کشور حائز اهمیت و مفید باشد اما در سایر فناوری‌های پیشرفته زمین گرمایی نمی‌توانیم به کشورهای پیشرفته برسیم و آینده روشنی برای کسب جایگاه برتر فناوری در آن‌ها نداریم، به جز بعضی فناوری‌ها که استثنا هستند، از جمله: فناوری‌های مواد اسیدشو و ضد رسوب که تسلط بر آن‌ها می‌تواند باعث پیشگامی کشور شود.
- در ایران بیش از ۱۰ نفر تحصیل کرده در این زمینه نداریم که شماری از آن‌ها هم اکنون در خارج از کشور به سر می‌برند.
- آگاهی عمومی نسبت به این انرژی حتی در بین جامعه دانشگاهی وجود ندارد و خوب است که درسی به نام انرژی و محیط زیست به واحدهای درسی عمومی دانشگاه اضافه شود
- تلاش‌هایی قبلاً در کشور در زمینه ایجاد رشته خاص زمین گرمایی توسط دکتر نوراللهی در دانشگاه تهران انجام شده است ولی به جایی نرسیده است. دستیابی به دانش مورد نیاز در زمین گرمایی چندان به سازوکار دانشگاهی وابسته نیست و بیشتر در میدان عمل باید به آن دست پیدا کرد.

- صنایع مکمل تأمین کننده تجهیزات و... صنعت نفت می توانند تجهیزات و ... زمین گرمایی را هم تأمین کنند به-شرطی که بازار زمین گرمایی شکل بگیرد و شرکتها به سمت به روز کردن دانش و توان خود برای تجهیزات خاص این انرژی بروند.
- کمتر از ۵۰ درصد حفاری را در داخل کشور می توانیم تأمین کنیم.
- برای صادرات فناوری ها و دانش به نظر نمی رسد در بین کشورهای منطقه به بازار مناسبی دسترسی داشته باشیم و در آسیا و جهان نیز از بیشتر کشورهای دارای پتانسیل زمین گرمایی عقب تر هستیم و احتمالاً بازار آنها را هم در عمل نمی توانیم به دست آوریم.
- پروژه مشکین شهر باید سریع تر برای بهره برداری به بخش خصوصی واگذار شود وگرنه تا دو سال بعد، دیگر کارایی ندارد زیرا مدت زیادی است که خوابیده است.
- چندین بار تلاش هایی برای تأسیس انجمن زمین گرمایی در ایران انجام شده است ولی به نتیجه نرسیده است.
- در صورت وجود بازار خوب در کشور، چرخه تولید دانش و رونق صنعت به صورت خودکار به راه می افتد.
- زمینه های تعریف پروژه های تحقیقاتی:
 - پروژه تحقیقاتی ساخت حباب تراکم نمونه برداری خاص زمین گرمایی
 - فناوری های کنترل دما و فشار در حفاری های زمین گرمایی
 - مواد اسید شو
 - مواد ضد رسوب و inhibitor ها

۳-۴-۲- دکتر پرخيال

- گلوگاه کار زمین گرمایی در ایران تأمین منابعی است که برای بازار انگیزه ایجاد کند. از جمله، باید به مصرف کنندگان این انرژی یارانه پرداخت شود.

- فارغ التحصیلان رشته انرژی های نو آمادگی لازم را برای فعالیت در زمین گرمایی ندارند ولی وجود این رشته انگیزه- هایی را در بین دانشجویان ایجاد کرده است. جا دارد که رشته خاص زمین گرمایی که تلفیق چندین رشته است ایجاد شود یا با ایجاد مشوق هایی، پایان نامه و پروژه های رشته های دیگر به این سمت سوق داده شود.
- اکنون در زمین گرمایی از نظر دانشی، از دنیا عقب نیستیم و با پروژه های تعریف شده توسط سانا، فعالیت های دانشگاهی در این زمینه افزایش پیدا کرده است ولی اگر حمایت های مالی از پایان نامه ها صورت گیرد، پروژه ها و پایان نامه ها بهتر خواهد شد.
- در حال حاضر، هیچ صنعتی در این حوزه نداریم چون بازار آن نبوده است و الان هم مشخص نیست برای چند سال بعد چه برنامه ای داریم و چندمگاوات ظرفیت پیش بینی کرده ایم. به دلیل عدم اطلاع از برنامه های آینده، برنامه ریزی برای صنعت نیز ممکن نیست.
- بسیاری از صنایع مرتبط با زمین گرمایی تا حدی در کشور موجود است و توان بالقوه فعالیت در زمین گرمایی موجود است ولی مشخص نیست تا چه حد این توان به بالفعل تبدیل خواهد شد.
- گزینه مرجح این است که ابتدا طی قراردادهایی با شرکت های معتبر بین المللی به صورت JV پیش برویم و بعد با انتقال فناوری به سوی ایجاد یک برند جدید برویم.
- وزارت نیرو و سازمان های متولی انرژی های نو باید حمایت های کاری و پروژه ای در قبال فعالیت شرکت ها در زمین- گرمایی در نظر بگیرند.
- مطالعات پتانسیل سنجی کامل در بعضی مناطق خاص مانند مشکین شهر انجام شده است و در این منطقه بازار اولیه مناسبی (ظرفیت ۱۵۰ مگاوات) وجود دارد.
- می توان با یک پروژه ۵۰ مگاواتی یک شروع اولیه و ایجاد بازار مناسب داشت.
- سازماندهی فعالیت ها باید به گونه ای باشد که درآمد تولید برق زمین گرمایی صرف توسعه خود زمین گرمایی شود و درآمد داخلی داشته باشد. برای مثال از شروع تولید برق در نیروگاه درآمد فروش برق آن حداقل تا ۱۰ سال متعلق به خود نیروگاه باشد نه دولت.

- عدم تأمین منابع مالی به موقع و کافی و همچنین بروکرسی ها و نیاز به مجوزهای بعضاً غیرکارشناسی مخصوصاً از سازمان توانیر و عدم مشارکت بخش خصوصی، از دلایل اصلی ناکام ماندن پروژه مشکین شهر شده است. تحریمها نیز به اجرایی شدن پروژه ضربه زد.
- وجود قوانین دست و پاگیر

۴-۴-۲- نظرات خبرگان در جلسات کمیته راهبری

- عدم وجود مشوق های مالی جذاب برای انجام پروژه های پژوهشی و اجرایی در حوزه زمین گرمایی
- عدم وجود انجمن های علمی و تخصصی در این زمینه
- عدم آگاهی سازی علمی از طریق کنفرانس ها
- عدم وجود نرم افزارها، کتب و نشریات به زبان فارسی در مورد تمام فناوری های زمین گرمایی
- عدم آشنایی متخصصین و تکنسین های صنایع مرتبط با مباحث زمین گرمایی
- عدم وجود سیاست های تشویقی برای تولیدکنندگان تجهیزات، مصرف کنندگان خصوصی و دولتی انرژی زمین گرمایی
- عدم مصرف پمپ حرارتی زمین گرمایی در سازمان های بزرگ دولتی
- عدم وجود واحدهای خاص درسی مرتبط با انرژی زمین گرمایی در رشته های دانشگاهی مرتبط

۵-۲- شناسایی چالش ها و موانع توسعه فناوری های انرژی زمین گرمایی در سه دسته کلی اکتشاف،

پمپ حرارتی و نیروگاهی

همان طور که در نظرات بیان شده توسط متخصصان مشخص است، چالش های فراوانی در رابطه با توسعه فناوری های انرژی زمین گرمایی وجود دارد. با توجه به اینکه فناوری های مختلف انرژی زمین گرمایی همگی در مرحله پیش توسعه قرار دارند، چالش های این حوزه برای هر یک از سه دسته کلی اکتشاف، پمپ حرارتی، و نیروگاهی در چهار کارکرد توسعه و انتشار دانش، بسیج منابع و جهت دهی به سیستم مشخص شده اند که در ادامه در جداول مربوطه ذکر گردیده اند. با توجه به نکات بیان شده

توسط خبرگان، علاوه بر شناسایی چالش‌ها در این ۴ کارکرد اصلی مرحله پیش‌توسعه، چالش‌های مرتبط با کارکردهای کارآفرینی، شکل‌دهی به بازار، و مشروعیت بخشی نیز به تناسب مباحث مرتبط با هر دسته از فناوری‌ها، برای تکمیل موضوع ذکر گردیده‌اند.

۱-۵-۲- چالش‌های مرتبط با پمپ حرارتی زمین‌گرمایی

چالش‌های توسعه فناوری‌های مرتبط با پمپ حرارتی زمین‌گرمایی که در مرحله پیش‌توسعه قرار دارند، در جدول زیر مشخص گردیده‌اند.

جدول (۲-۴) - چالش‌های مرتبط با پمپ حرارتی زمین‌گرمایی

چالش	کارکرد
<p>کمبود تجربه کشور در این بخش و در نتیجه استفاده از تجارب مشابه افراد در صنایع دیگر (صنعت آب) و آزمون و خطای آن تجارب برای زمین‌گرمایی</p> <p>عدم وجود رشته خاص در این زمینه</p> <p>عدم آشنایی کافی مراکز پژوهشی و دانشگاهی با مباحث کلی زمین‌گرمایی</p> <p>کم بودن تعداد اساتید تحصیلکرده در این رشته</p> <p>پروژه‌های سطحی دانشجویی (اکثرا در مورد مدل‌سازی مالی) و عدم وجود پروژه‌های پژوهشی در مورد اجرائیات و کمبود پایان‌نامه‌های خوب دانشجویی</p> <p>نیاز به همسوسدن دانش موجود در صنایع مرتبط با صنعت زمین‌گرمایی و شکل‌گیری زنجیره دانش و صنعت بین آن‌ها</p> <p>عدم وجود انجمن‌های علمی</p> <p>عدم آگاهی‌سازی علمی از طریق کنفرانس‌ها</p> <p>عدم وجود نرم‌افزارها، کتب و نشریات به زبان فارسی</p>	توسعه و انتشار دانش
<p>کمبود اطلاعات لازم طراحی و بانک اطلاعاتی</p> <p>افزایش قابل توجه هزینه و ریسک پروژه‌ها به دلیل عدم وجود اطلاعات زمین‌شناسی لازم</p> <p>عدم وجود نیروی انسانی و زیرساخت‌های لازم پمپ‌های حرارتی زمین‌گرمایی</p> <p>عدم وجود تجهیزات مخصوص، استفاده از تجهیزات قدیمی مخصوص صنایع دیگر و مشکل در واردات تجهیزات به دلیل تحریم‌ها</p> <p>عدم وجود سیاست‌های تشویقی برای ۴ گروه: مصرف‌کننده خصوصی، تولیدکننده، سازمان‌های دولتی (وزارت نیرو و سایر سازمان‌ها)</p>	تأمین منابع

چالش	کارکرد
نیاز به وجود الزامهای قانونی و استانداردهای جدید در ساخت و نصب تجهیزات مرتبط با این بخش نیاز به کمک بالادست به تولیدکننده برای تغییر تکنولوژی (وجود بازار پرکشش، و نیروی انسانی خبره‌تر)	جهت‌دهی به سیستم
نیاز به فراهم کردن اطلاعات ماکرو (کلان) و شناسایی نقاط دارای پتانسیل و جذابیت بازار رقابتی شدن گزینه پمپ حرارتی برای انتخاب شدن توسط کارفرمایان مصرف‌کننده (عدم وجود مشاوره که چنین گزینه‌ای را پیشنهاد دهد و توجه‌پذیر بودن آن برای کارفرما مشخص نماید) کمبود شرکت‌های آشنا به سیستم‌های پمپ حرارتی زمین‌گرمایی تعداد کم پروژه‌های اجرایی در این حوزه و افزایش هزینه استفاده از تجهیزات و در نتیجه افزایش قیمت پروژه‌ها نیاز به سرمایه‌گذاری بیشتر دولت برای فاصله گرفتن از سفارشی‌سازی و ایجاد یک نیمه بازار و رقابت شرکت‌ها برای کاهش قیمت عدم وجود بازار کار برای متخصصین زمین‌گرمایی به دلیل عدم وجود بازار مناسب زمین-گرمایی و در نتیجه کمی علاقه بین دانشجویان نسبت به انتخاب گرایش/واحد دانشگاهی در این حوزه (از دیدگاه توسعه و انتشار دانش نیز چالش محسوب می‌شود) عدم مصرف پمپ حرارتی زمین‌گرمایی در شرکت‌های دولتی طولانی بودن دوره بازگشت سرمایه و شکست پروژه‌های آزمایشی	شکل‌دهی به بازار
مشکل در اتصال پروژه‌های نمایشی سازمان‌ها به هاب‌های اصلی و شرکت‌های دانش‌بنیان	کارآفرینی

۲-۵-۲- چالش‌های مرتبط با اکتشاف منابع زمین‌گرمایی

چالش‌های توسعه فناوری‌های مرتبط با اکتشاف منابع زمین‌گرمایی که در مرحله پیش‌توسعه قرار دارند، در جدول زیر مشخص گردیده‌اند. با توجه به اینکه نزدیکی‌هایی بین اکتشاف منابع زمین‌گرمایی و منابع نفت و گاز وجود دارد و با توجه به توانایی‌های کشور در حوزه حفاری نفت و گاز، به نظر می‌رسد کارکرد تأمین منابع (به خصوص از نظر منابع فنی و تجهیزات فناورانه) در اکتشاف زمین‌گرمایی وضعیتی مشابه با صنعت نفت و گاز دارد. از سوی دیگر، با توجه به نظرات خبرگان که قبلاً ذکر شد، مشخص می‌گردد که شکل دهی به بازار در زمینه اکتشاف منابع زمین‌گرمایی نقش حیاتی‌تری نسبت به تأمین منابع دارد. بنابراین چالش‌های کارکرد شکل‌دهی به بازار به جای چالش‌های کارکرد تأمین منابع، مورد توجه ویژه قرار گرفته‌اند.

جدول (۲-۵) - چالش های مرتبط با اکتشاف منابع زمین گرمایی

چالش	کارکرد
وابسته بودن توسعه دانش زمین گرمایی به دانش حاصل از فعالیت های صنعتی در این زمینه تعداد کم افراد و اساتید تحصیل کرده در این زمینه در ایران ضرورت ایجاد رشته خاص در این زمینه در دانشگاه های کشور کمبود تولید علم در حوزه حفاری چاه های زمین گرمایی و فناوری های مواد اسیدشو و ضد رسوب ها عدم وجود انجمن های علمی - تخصصی در این زمینه عدم وجود واحدهای خاص ضروری برای اکتشاف زمین گرمایی در هیچ یک از دوره های دانشگاهی و فنی - حرفه ای عدم وجود کتب، نشریات و نرم افزارهای خاص این حوزه عدم وجود همایش ها و کنفرانس های بین المللی خاص زمین گرمایی	توسعه و انتشار دانش
پیشرفت کم حوزه اکتشاف زمین گرمایی به دلیل دولتی بودن شرکت ها و عدم ورود بخش خصوصی به این حوزه ارزان بودن حامل های انرژی و غیر رقابتی شدن انرژی های نو	شکل دهی به بازار
نیاز به آگاهی بخشی عموم مردم نیاز به آگاهی بخشی دانشجویان با اضافه کردن واحدهای عمومی درسی در مورد انرژی و محیط زیست	مشروعیت بخشی

۳-۵-۲ - چالش های مرتبط با فناوری های نیروگاهی زمین گرمایی

چالش های توسعه فناوری های مرتبط با فناوری های نیروگاهی زمین گرمایی که در مرحله پیش توسعه قرار دارند، در جدول زیر مشخص گردیده اند.

جدول (۲-۶) - چالش های مرتبط با فناوری های نیروگاهی زمین گرمایی

چالش	کارکرد
نیاز به ایجاد رشته خاص یا فراهم کردن مشوق هایی برای سوق یافتن پروژه ها و پایان نامه های رشته های دیگر به این سو نیاز به حمایت های مالی از پیشنهادهای پایان نامه ای مرتبط	توسعه و انتشار دانش
شناخت ناکافی از توانایی تبدیل توان بالقوه صنایع مرتبط به توان بالفعل در تأمین تجهیزات خاص زمین گرمایی	تامین منابع

چالش	کارکرد
عدم تأمین مالی کافی و به موقع از جانب سازمان های بالادست نیاز به ایجاد یک درآمد داخلی برای توسعه نیروگاه های زمین گرمایی	
عدم وجود برنامه بلندمدت و در نتیجه عدم امکان برنامه ریزی برای صنعت نیاز به حمایت های کاری و پروژه های از جانب وزارت نیرو و سازمان مرتبط با انرژی های نو وجود بروکراسی زیاد و نیاز به کسب مجوزهای متعدد بعضاً غیر کارشناسانه وجود قوانین نامناسب مانع پیشرفت به موقع پروژه ها می شود	جهت دهی به سیستم
نیاز به تأمین منابعی که برای بازار انگیزه ایجاد کند مانند پرداخت یارانه به مصرف کنندگان انرژی های نو نیاز به ایجاد یک بازار اولیه مناسب (به عنوان مثال ۵۰ مگاواتی) در منطقه مشکین شهر و ادامه فعالیت برای ایجاد بازاری مناسب	شکل دهی به بازار
نیاز به قراردادهای سرمایه گذاری خطرپذیر مشترک با شرکت های معتبر و انتقال فناوری از آن ها برای ایجاد برند جدید در ایران	کارآفرینی

۲-۶- تعیین اهداف خرد توسعه فناوری های زمین گرمایی

با توجه به ادبیات ذکر شده در فصل اول در مورد تعیین اهداف خرد، در این مرحله بر حسب مرحله توسعه فناوری تعیین شده برای فناوری های زمین گرمایی، به هدف گذاری خرد برای آن ها می پردازیم. در تعیین اهداف خرد برای فناوری های زمین گرمایی هم رویکرد بالا- به- پایین و هم رویکرد پایین- به- بالا در نظر گرفته شده اند اما با توجه به قرار داشتن فناوری های زمین گرمایی در مرحله پیش توسعه، اهداف با تمرکز بیشتر بر رویکرد بالا- به- پایین و بر مبنای ترجمه اهداف بالادستی تعیین شده اند. این اهداف، به تفکیک برای هر یک از کارکردهای نظام توسعه نوآورانه فناورانه تعیین شده اند. در ادامه، اهداف خرد تعیین شده برای هر دسته از فناوری های قرار گرفته در مرحله پیش توسعه ذکر شده است.

۲-۶-۱- اهداف خرد فناوری های مرتبط با پمپ حرارتی زمین گرمایی

اهداف خرد توسعه برای فناوری های مرتبط با پمپ حرارتی زمین گرمایی، در جدول زیر مشخص گردیده اند. با توجه به قرار داشتن در فاز پیش توسعه، تعیین این دسته از اهداف، با تمرکز بر هم راستایی با ارکان جهت ساز فاز سوم صورت گرفته است.

جدول (۷-۲) - اهداف خرد فناوری های مرتبط با پمپ حرارتی زمین گرمایی

اهداف خرد	کارکردها
<p>بهبود انتقال دانش میان بازیگران بالفعل و بالقوه زمین گرمایی بالا بردن آگاهی افراد دانشگاهی و افراد فعال در صنایع مرتبط پیرامون فناوری پمپ حرارتی زمین گرمایی بهبود توزیع و بهنگام سازی دانش بهبود دسترسی به اطلاعات فناوری</p>	توسعه و انتشار دانش
<p>مالی: حمایت های مالی هدفمند از پژوهش های تجاری و غیرتجاری</p> <p>انسانی: آموزش، توسعه و ارتقای نیروی انسانی</p> <p>فنی: مدیریت منابع موردنیاز تولید فناوری</p>	تأمین منابع
برنامه ریزی راهبردی میان مدت در قالب قوانین تصویب شده	جهت دهی به سیستم
<p>ایجاد قابلیت های فنی در بازار از طریق: خریده های عمومی از تولیدکنندگان تدوین استانداردهای لازم</p> <p>ایجاد قابلیت های اقتصادی در بازار از طریق: ارائه تشویق های مالی</p> <p>ایجاد قابلیت های بازار در بازار از طریق: تنظیم بازار و تقاضای سیستم های پمپ حرارتی</p>	شکل دهی به بازار
شکل دهی شرکت های نوآور در عرصه تجاری سازی فناوری	کارآفرینی
ایجاد مقبولیت اجتماعی از طریق سازمان های مردم نهاد و رسانه های عمومی	مشروعیت بخشی

۲-۶-۲ - اهداف خرد فناوری های مرتبط با اکتشاف منابع زمین گرمایی

اهداف خرد توسعه برای فناوری های مرتبط با اکتشاف منابع زمین گرمایی، در جدول زیر مشخص گردیده اند. با توجه به قرار داشتن در فاز پیش توسعه، تعیین این دسته از اهداف، با تمرکز بر همراستایی با ارکان جهت ساز فاز سوم صورت گرفته است.

جدول (۸-۲) - اهداف خرد فناوری های مرتبط با اکتشاف منابع زمین گرمایی

اهداف خرد	کارکردها
توسعه دانش طراحی و ساخت فناوری های حفاری چاه های زمین گرمایی بهبود انتقال دانش میان بازیگران بالفعل و بالقوه زمین گرمایی بالا بردن آگاهی افراد دانشگاهی پیرامون اکتشاف منابع زمین گرمایی بهبود توزیع و بهنگام سازی دانش بهبود بسترسازی انتشار دانش و فناوری بهبود دسترسی به اطلاعات فناوری	توسعه و انتشار دانش
ایجاد قابلیت های فنی در بازار از طریق: خریدهای عمومی از تولیدکنندگان ایجاد قابلیت های اقتصادی در بازار از طریق: ارائه تسویق های مالی ارائه یارانه های کمکی	شکل دهی به بازار
ایجاد مقبولیت اجتماعی از طریق سازمان های مردم نهاد و رسانه های عمومی	مشروعیت بخشی

۳-۶-۲- اهداف خرد مرتبط با فناوری های نیروگاهی زمین گرمایی

اهداف خرد توسعه برای فناوری های نیروگاهی زمین گرمایی، در جدول زیر مشخص گردیده اند. با توجه به قرار داشتن در فاز پیش توسعه، تعیین این دسته از اهداف، با تمرکز بر همراستایی با ارکان جهت ساز فاز سوم صورت گرفته است.

جدول (۲-۹)- اهداف خرد فناوری های نیروگاهی زمین گرمایی

اهداف خرد	کارکردها
توسعه دانش طراحی نیروگاه های زمین گرمایی تلاش برای انتقال دانش و فناوری های نیروگاهی توسعه دانش غیرفنی بهبود انتقال دانش میان بازیگران	توسعه و انتشار دانش
مالی: حمایت های مالی هدفمند از پژوهش های تجاری و غیرتجاری تأمین مالی شرکت های فناور با سرمایه گذاری خطرپذیر و اعطای وام و تسهیلات بانکی برای انجام پروژه های پایلوت	تأمین منابع

اهداف خرد	کارکردها
انسانی: تسهیل تحرک نیروی انسانی فنی: تأمین زیرساخت‌های فنی لازم برای توسعه صنعت برق زمین گرمایی	
ایجاد ساختارهای ضروری مدیریت سیستم تعیین چشم‌انداز، چارچوب کلی و تصویب قوانین و مقررات به صورت یکپارچه برای تمامی ذینفعان صنعت برق زمین گرمایی برنامه‌ریزی راهبردی میان مدت در قالب قوانین تصویب شده	جهت‌دهی به سیستم
ایجاد قابلیت‌های فنی در بازار از طریق: حمایت و ثبت مالکیت فکری ایجاد قابلیت‌های اقتصادی در بازار از طریق: ارائه تشویق‌های مالیاتی	شکل‌دهی به بازار
شناساندن فرصت‌های موجود به کارآفرینان شکل‌دهی شرکت‌های نوآور در عرصه تجاری‌سازی فناوری	کارآفرینی

۷-۲- سیاست‌ها و اقدامات حوزه توسعه فناوری‌های زمین گرمایی

پس از شناسایی چالش‌های توسعه فناوری‌های انرژی زمین گرمایی در هر یک از کارکردهای نظام نوآوری فناورانه و تعیین اهداف خرد برای فناوری‌ها در قسمت قبل، در این مرحله باید سیاست‌های رفع این چالش‌ها تعیین شود و همچنین اقداماتی برای تحقق اهداف ذکر شده در نظر گرفته شود. تحقق آرمان‌ها و دستیابی به اهداف مورد نظر سیاستگذاران به استفاده از ابزارهای سیاستی مناسب نیازمند است. اقدامات، فعالیت‌های تدوین شده‌ای هستند که با در نظرگیری ملاحظات و نیز همراستا با ارکان جهت‌ساز اتخاذ شده، مسیرهای دستیابی به اهداف را مشخص می‌کنند. این اقدامات با بهره‌گیری از تحلیل ساختاری موانع و محرک‌های شناسایی شده در مسیر توسعه، استخراج می‌شوند.

سیاست‌ها و اقدامات مجموعه‌ای از طرح‌ها و برنامه‌های اجرایی هستند که به تحقق راهبردها و دستیابی به اهداف کمک می‌کنند. سیاست‌ها رویکردهایی جهت رفع موانع توسعه یک فناوری هستند و اقدامات طرح‌ها و برنامه‌هایی جهت تحقق سیاست‌ها می‌باشند، از این رو می‌توان گفت که اقدامات راهکارهایی جهت رفع موانع توسعه یک فناوری هستند. سیاست‌ها و

اقدامات مورد نیاز بر اساس فهرست چالش‌ها و موانع شناسایی شده در مرحله قبلی پیشنهاد می‌شود. در ادامه، به ترتیب، سیاست‌ها و اقدامات لازم برای رفع چالش‌های فناوری‌های زمین‌گرمایی در حوزه پمپ حرارتی، اکتشاف، و نیروگاهی نام برده می‌شوند. ارتباط این اقدامات با اهداف خرد تعیین شده در مرحله قبل، در جداول مربوط مشخص شده است. لازم به ذکر است که جداول (۲-۱۰) تا (۲-۱۲) در جلسه کمیته راهبری مورخ ۱۳۹۴/۴/۸ مورد بحث و بررسی قرار گرفته‌اند و نظرات خبرگان حاضر در جلسه در مورد آن‌ها اعمال گردیده است. خلاصه نظرات خبرگان در این مورد در صورتجلسات مربوطه که به پیوست این گزارش ارائه شده‌اند، ذکر شده است.

۱-۷-۲ - اقدامات و سیاست‌های لازم برای رفع چالش‌های توسعه فناوری‌های پمپ حرارتی زمین‌گرمایی

اقدامات و سیاست‌های مرتبط با رفع چالش‌های توسعه فناوری‌های مرتبط با پمپ حرارتی زمین‌گرمایی، در جدول زیر مشخص گردیده‌اند. لازم به ذکر است که تعیین اقدامات و سیاست‌ها برای چالش‌ها به گونه‌ای صورت می‌گیرد که ممکن است برای یک چالش چند اقدام و برای چند چالش یک اقدام تعیین شود. بنابراین گرچه چالش‌ها، اهداف، و اقدامات در قالب جدول زیر نشان داده شده‌اند، به یاد داشته باشید که تناظر یک به یک میان چالش‌ها و اقدامات زیر وجود ندارد.

جدول (۲-۱۰) - اقدامات و سیاست‌های پیشنهادی برای رفع چالش‌های توسعه فناوری‌های پمپ حرارتی زمین گرمایی

سیاست‌ها و اقدامات	اهداف خرد	چالش	کارکرد
<p>تدوین سازوکاری مناسب برای ایجاد تعامل با متخصصان با تجربه در صنایع دیگر و آموزش آن‌ها برای رسیدن به رویه‌های استاندارد متناسب با صنعت پمپ حرارتی زمین گرمایی</p> <p>نیازسنجی و در صورت لزوم ارائه پیشنهاد برای ایجاد دروس تخصصی زمین گرمایی در رشته‌های موجود و تلاش برای ارائه این دروس در دانشگاه‌های برتر کشور</p> <p>شناسایی اساتید توانمند رشته‌های مرتبط که موضوعات پایان‌نامه‌های آن‌ها می‌تواند در صنعت زمین گرمایی مورد استفاده قرار گیرد</p> <p>تدوین سازوکار مناسب برای افزایش همکاری‌های علمی و پژوهشی با اساتید ایرانی و خارجی دانشگاه‌های معتبر دنیا در حوزه زمین گرمایی</p> <p>تدوین فهرست اولویت‌های پژوهشی وزارت نیرو در حوزه پمپ حرارتی زمین گرمایی بر اساس نیازهای واقعی صنعت و کارآفرینان این حوزه و ابلاغ آن به دانشگاه‌ها و پژوهشگاه‌های فعال در این زمینه</p> <p>در نظر گرفتن مشوق‌های مالی برای انجام پروژه‌های پژوهشی و اجرایی و بهره‌گیری از حمایت‌های معاونت علمی ریاست جمهوری و سانا در این زمینه</p>	<p>بهبود انتقال دانش میان بازیگران بالفعل و بالقوه زمین گرمایی</p> <p>بالا بردن آگاهی افراد دانشگاهی و افراد فعال در صنایع مرتبط پیرامون فناوری پمپ حرارتی زمین گرمایی</p> <p>بهبود توزیع و بهنگام‌سازی دانش</p> <p>بهبود دسترسی به اطلاعات فناوری</p>	<p>کمبود تجربه کشور در این بخش و در نتیجه استفاده از تجارب مشابه افراد در صنایع دیگر (صنعت آب) و آزمون و خطای آن تجارب برای زمین گرمایی</p> <p>عدم وجود رشته خاص در این زمینه</p> <p>عدم آشنایی کافی مراکز پژوهشی و دانشگاهی با مباحث کلی زمین گرمایی</p> <p>کم بودن تعداد اساتید تحصیل کرده در این رشته</p> <p>پروژه‌های سطحی دانشجویی (اکثراً در مورد مدل-سازی مالی) و عدم وجود پروژه‌های پژوهشی در مورد اجرائیات و کمبود پایان‌نامه‌های خوب دانشجویی</p>	<p>توسعه و انتشار دانش</p>

سیاست ها و اقدامات	اهداف خرد	چالش	کارکرد
<p>ایجاد ساز و کار مناسب جهت تشویق صنایع مرتبط برای ایجاد واحد پژوهشی خاص پمپ حرارتی زمین گرمایی (ضمن توجه به سازوکار نوآوری باز در این حوزه برای پیشگیری از محرمانه شدن اطلاعات و نوآوری های به دست آمده)</p> <p>طرح مباحث مرتبط با زمین گرمایی در دوره های فنی و حرفه ای و گواهینامه های نظام مهندسی</p> <p>ارائه محتوای جدید در قالب دروس تخصصی و اختیاری بعضی رشته ها و پیشنهاد آن ها توسط سازمان نظام مهندسی</p> <p>برگزاری دوره های کوتاه مدت برای مهندسان تحصیل کرده در رشته های مرتبط</p> <p>آموزش کاربرد نرم افزارها در دانشگاه ها</p> <p>تعریف پروژه های لازم جهت شکل گیری بانک اطلاعاتی زمین گرمایی برای استفاده دانشجویان و متخصصین این زمینه</p> <p>تعریف و حمایت از طرح های علمی و صنعتی ساخت تجهیزات خاص پمپ حرارتی</p>		<p>نیاز به همسوسدن دانش موجود در صنایع مرتبط با صنعت زمین گرمایی و شکل گیری زنجیره دانش و صنعت بین آن ها</p> <p>عدم وجود انجمن های علمی</p> <p>عدم آگاهی سازی علمی از طریق کنفرانس ها</p> <p>عدم وجود نرم افزارها، کتب و نشریات به زبان فارسی</p>	
<p>اعطای گونت به شرکت های خصوصی فعال در حوزه زمین گرمایی و سایر صنایع مرتبط برای گردآوری اطلاعات زمین شناسی لازم</p> <p>حمایت از سرمایه گذاری ریسک پذیر شرکت های فعال در زمینه های</p>	<p>مالی:</p> <p>حمایت های مالی هدفمند از پژوهش های تجاری</p> <p>و غیرتجاری</p> <p>انسانی:</p>	<p>کمبود اطلاعات لازم طراحی و بانک اطلاعاتی</p> <p>افزایش قابل توجه هزینه و ریسک پروژه ها به دلیل عدم وجود اطلاعات زمین شناسی لازم</p> <p>عدم وجود نیروی انسانی و زیرساخت های لازم</p>	تامین منابع

سیاست ها و اقدامات	اهداف خرد	چالش	کارکرد
موردنیاز صنعت زمین گرمایی (از طریق اعطای گرنت، بیمه سرمایه- گذاری و ...) به منظور فراهم کردن اطلاعات و زیرساخت های لازم برگزار می شود. دوره های آموزشی بین المللی معرفی نیروی انسانی خبره در حوزه پمپ حرارتی به شرکت های علاقمند به فعالیت در این حوزه از جانب سازمان های دولتی مسئول ایجاد رشته خاص در دانشگاه جامع علمی- کاربردی برای پرورش تکنسین ها در حوزه های کاری خاص زمین گرمایی	آموزش، توسعه و ارتقای نیروی انسانی فنی: مدیریت منابع موردنیاز تولید فناوری	پمپ های حرارتی زمین گرمایی عدم وجود تجهیزات مخصوص، استفاده از تجهیزات قدیمی مخصوص صنایع دیگر و مشکل در واردات تجهیزات به دلیل تحریم ها	
اصلاح و تدوین دوره های استانداردهای فنی در زمینه ساخت و نصب تجهیزات مرتبط با این بخش و پیش بینی جریمه یا پاداش برای عدم رعایت یا عملکرد فراتر از استاندارد	برنامه ریزی راهبردی میان مدت در قالب قوانین تصویب شده	نیاز به وجود الزام های قانونی و استانداردهای جدید در ساخت و نصب تجهیزات مرتبط با این بخش نیاز به کمک بالادست به تولیدکننده برای تغییر فناوری (وجود بازار پرکشش، و نیروی انسانی خبره تر)	جهت دهی به سیستم
تدوین سازوکار مناسب برای استفاده انبوه سازان از گزینه پمپ حرارتی برای سرمایه گذاری و گرمایش طرح های جدید انبوه سازی دولتی در مناطق	ایجاد قابلیت های فنی در بازار از طریق: خریدهای عمومی از تولیدکنندگان تدوین استانداردهای لازم	نیاز به فراهم کردن اطلاعات ماکرو (کلان) و شناسایی نقاط دارای پتانسیل و جذابیت بازار رقابتی شدن گزینه پمپ حرارتی برای انتخاب شدن توسط کارفرمایان مصرف کننده (عدم وجود مشاوره)	شکل دهی به بازار

سیاست ها و اقدامات	اهداف خرد	چالش	کارکرد
<p>جغرافیایی که قبلاً توجه پذیری استفاده از این سیستمها ثابت شده است تأمین اعتبار در خصوص جایگزینی سایر گزینههای سرمایش و گرمایش در ساختمانهای بزرگ دولتی با گزینه پمپ حرارتی در مناطق جغرافیایی که قبلاً توجه پذیری استفاده از این سیستمها ثابت شده است اعطای تخفیفهای مالیاتی افزایشی و گمرکی برای شرکتهای فعال در حوزه تجهیزات سرمایشی- گرمایشی در صورت فعالیت در بازارهای معرفی شده پمپ حرارتی زمین گرمایی فراهم کردن اطلاعات و شفافیت لازم در مورد بازارهای جدید برای تولیدکنندگان به منظور ایجاد انگیزه فعالیت در آنها در حوزه پمپ حرارتی ایجاد سازوکار مناسب برای افزایش جذابیت پمپهای حرارتی زمین- گرمایی به منظور استفاده در ساختمانها (به عنوان مثال اعطای وامهای بلندمدت خرید تجهیزات پمپ حرارتی به خانوارهای استفاده کننده) ایجاد سازوکار مناسب جهت خریدهای دولتی از محصولات تولیدی شرکتهای دانش بنیان</p>	<p>ایجاد قابلیت های اقتصادی در بازار از طریق: ارائه تشویق های مالی</p> <p>ایجاد قابلیت های بازار در بازار از طریق: تنظیم بازار و تقاضای سیستم های پمپ حرارتی</p>	<p>که چنین گزینه ای را پیشنهاد دهد و توجه پذیر بودن آن برای کارفرما مشخص نماید)</p> <p>کمبود شرکتهای آشنا به سیستم های پمپ حرارتی زمین گرمایی</p> <p>تعداد کم پروژه های اجرایی در این حوزه و افزایش هزینه استفاده از تجهیزات و در نتیجه افزایش قیمت پروژه ها</p> <p>نیاز به سرمایه گذاری بیشتر دولت برای فاصله گرفتن از سفارشی سازی و ایجاد یک نیمه بازار و رقابت شرکتهای برای کاهش قیمت</p> <p>عدم وجود بازار کار برای متخصصین زمین گرمایی به دلیل عدم وجود بازار مناسب زمین گرمایی و در نتیجه کمی علاقه بین دانشجویان نسبت به انتخاب گرایش/واحد دانشگاهی در این حوزه</p>	

سیاست ها و اقدامات	اهداف خرد	چالش	کارکرد
حمایت‌های مالی دولت از مصرف‌کننده تجهیزات زمین گرمایی (حداقل در سال‌های اول استفاده) برای برداشته شدن فشار مالی از دوش بازار ایجاد الزام قانونی برای استفاده شرکت‌های دولتی از پمپ حرارتی و لحاظ کردن این شرط در اعطای مجوز ساخت		عدم وجود سیاست‌های تشویقی برای ۴ گروه: مصرف‌کننده خصوصی، تولیدکننده، سازمان‌های دولتی (وزارت نیرو و سایر سازمان‌ها) عدم مصرف پمپ حرارتی زمین گرمایی در شرکت‌های دولتی	
واگذاری پروژه‌های پایلوت پمپ حرارتی ناتمام به پارک‌ها و مراکز رشد دانشگاهی به منظور مطالعات فنی - اقتصادی بیشتر و همچنین ایجاد شرکت‌های دانش‌بنیان در این حوزه	شکل‌دهی شرکت‌های نوآور در عرصه تجاری سازی فناوری	طولانی بودن دوره بازگشت سرمایه و شکست پروژه‌های آزمایشی مشکل در اتصال پروژه‌های نمایشی سازمان‌ها به هاب‌های اصلی و شرکت‌های دانش‌بنیان	کارآفرینی
فرهنگ‌سازی و آگاهی‌بخشی به عموم مردم در مورد مزایای استفاده از پمپ حرارتی به خصوص در مناطق جغرافیایی توجیه‌پذیر	ایجاد مقبولیت اجتماعی از طریق سازمان‌های مردم‌نهاد و رسانه‌های عمومی	نیاز به آگاهی بخشی عموم مردم	مشروعیت بخشی

۲-۷-۲- اقدامات و سیاستهای لازم برای رفع چالشهای توسعه فناوریهای اکتشاف زمین گرمایی

اقدامات و سیاستهای مرتبط با رفع چالشهای توسعه فناوریهای مرتبط با اکتشاف منابع زمین گرمایی، در جدول زیر مشخص گردیدهاند. لازم به ذکر است که تعیین اقدامات و سیاستها برای چالشها به گونه ای صورت می گیرد که ممکن است برای یک چالش چند اقدام و برای چند چالش یک اقدام تعیین شود. بنابراین گرچه چالشها، اهداف، و اقدامات در قالب جدول زیر نشان داده شدهاند، به یاد داشته باشید که تناظر یک به یک میان چالشها، اهداف، و اقدامات زیر وجود ندارد.

جدول (۲-۱۱) - اقدامات و سیاست‌های پیشنهادی برای رفع چالش‌های فناوری‌های مرتبط با اکتشاف منابع زمین گرمایی.

سیاست‌ها و اقدامات	اهداف خرد	چالش	کارکرد
<p>انتخاب گروهی از متخصصین خبره در صنایع دیگر که نوع تخصص آن‌ها نزدیک به دانش و توانایی موردنیاز در صنعت زمین گرمایی است و سپس درگیر کردن آن‌ها در پروژه‌های اکتشافی در منطقه یا آسیا برای کسب دانش عملیاتی لازم</p> <p>تدوین سازوکار مناسب برای افزایش همکاری‌های علمی و پژوهشی با اساتید ایرانی و خارجی دانشگاه‌های معتبر دنیا در حوزه زمین گرمایی حمایت از بورس‌های آموزشی در حوزه انرژی زمین گرمایی ایجاد گرایش خاص اکتشاف زمین گرمایی حداقل در مقطع کارشناسی ارشد در دانشگاه‌های برتر کشور</p> <p>تدوین فهرست اولویت‌های پژوهشی وزارت نیرو در حوزه اکتشاف زمین گرمایی بر اساس نیازهای واقعی و ابلاغ آن به دانشگاه‌ها و پژوهشگاه‌های فعال در این زمینه (فنی)</p> <p>اجرای پروژه‌های بلندمدت در زمینه حفاری چاه‌های زمین گرمایی و فناوری‌های مواد اسیدشو و ضدرسوب‌ها جهت تبدیل این حوزه به یکی از مزیت‌های رقابتی کشور در زمین گرمایی</p> <p>حمایت از ایجاد مرکزی شبیه به ایسلند با هدف ایجاد محلی برای گسترش فناوری برای جهان سوم</p>	<p>توسعه دانش طراحی و ساخت فناوری‌های حفاری چاه‌های زمین گرمایی</p> <p>بهبود انتقال دانش میان بازیگران بالفعل و بالقوه زمین گرمایی</p> <p>بالا بردن آگاهی افراد دانشگاهی پیرامون اکتشاف منابع زمین گرمایی</p> <p>بهبود توزیع و بهنگام‌سازی دانش</p> <p>بهبود بسترسازی انتشار دانش و فناوری</p> <p>بهبود دسترسی به اطلاعات فناوری</p>	<p>وابسته بودن توسعه دانش زمین گرمایی به دانش حاصل از فعالیت‌های صنعتی در این زمینه</p> <p>تعداد کم افراد و اساتید تحصیلکرده در این زمینه در ایران</p> <p>عدم وجود رشته خاص در این زمینه در دانشگاه‌های کشور علیرغم ضرورت آن</p> <p>کمبود تولید علم در حوزه حفاری چاه‌های زمین گرمایی و فناوری‌های مواد اسیدشو و ضدرسوب‌ها</p> <p>عدم وجود انجمن‌های علمی - تخصصی در این زمینه</p>	توسعه و انتشار دانش

سیاست ها و اقدامات	اهداف خرد	چالش	کارکرد
<p>طرح مباحث مرتبط با اکتشاف زمین گرمایی در دوره های فنی و حرفه ای و گواهینامه های نظام مهندسی</p> <p>ارائه محتوای جدید در قالب دروس تخصصی و اختیاری بعضی رشته ها و پیشنهاد آن ها توسط سازمان نظام مهندسی</p> <p>برگزاری دوره های کوتاه مدت برای مهندسان تحصیل کرده در رشته های مرتبط</p> <p>آموزش کاربرد نرم افزارها در دانشگاه ها</p> <p>ترجمه و تدوین کتب آموزشی در زمینه اکتشاف منابع زمین گرمایی</p> <p>برگزاری دوره های آموزشی بین المللی در حوزه اکتشاف زمین گرمایی</p> <p>تهیه و انتشار نشریه تخصصی در حوزه انرژی زمین گرمایی با همکاری دانشگاه های کشور</p> <p>تعریف پروژه های لازم جهت شکل گیری بانک اطلاعاتی زمین گرمایی برای استفاده دانشجویان و متخصصین این زمینه</p>	<p>ایجاد قابلیت های فنی در بازار از طریق: خریدهای عمومی از تولیدکنندگان</p> <p>ایجاد قابلیت های اقتصادی در بازار از طریق: ارائه تشویق های مالی</p>	<p>عدم وجود واحدهای خاص ضروری برای اکتشاف زمین گرمایی در هیچ یک از دوره های دانشگاهی و فنی-حرفه ای</p> <p>عدم وجود کتب، نشریات و نرم افزارهای خاص این حوزه</p> <p>عدم وجود همایش ها و کنفرانس های ملی و بین المللی خاص اکتشاف زمین گرمایی در کشور</p> <p>نیاز به آگاهی بخشی دانشجویان با اضافه کردن واحدهای عمومی درسی در مورد انرژی و محیط زیست</p>	<p>شکل دهی به بازار</p>
<p>ارائه مشوق های مالیاتی به شرکت های خصوصی در زمینه توسعه بهره برداری زمین گرمایی</p> <p>تدوین سازوکار لازم برای حمایت از سرمایه گذاری خطرپذیر توسط بخش خصوصی در حوزه اکتشاف زمین گرمایی</p> <p>ایجاد یک بازار مطمئن از طریق خرید دولتی از محصولات با کیفیت</p>		<p>پیشرفت کم حوزه اکتشاف زمین گرمایی به دلیل دولتی بودن شرکت ها و عدم ورود بخش خصوصی به این حوزه</p>	

سیاست ها و اقدامات	اهداف خرد	چالش	کارکرد
<p>ساخت داخل</p> <p>تعیین مالیات اضافه تر برای انرژی های فسیلی در مناطقی که انرژی های نو در شبکه قرار می گیرند</p> <p>اعمال پاداش در تعرفه خرید برق زمین گرمایی برای احداث کنندگانی که از تجهیزات بومی استفاده می کنند از طریق وضع تعرفه های گمرکی هوشمندانه برای حمایت از محصولاتی که به صورت مناسب در داخل بومی سازی شده اند.</p> <p>بازنگری در تعرفه خرید برق زمین گرمایی</p>	<p>ارائه یارانه های کمکی</p>	<p>ارزان بودن حامل های انرژی و غیررقابتی شدن انرژی - های نو</p> <p>کمبود اطلاعات لازم طراحی و بانک اطلاعاتی</p>	
<p>فرهنگ سازی عمومی در خصوص پذیرش همگانی انرژی های نو به عنوان انرژی های پاک و جایگزین</p> <p>تشکیل سازمان های مردم نهاد فعال در حوزه انرژی زمین گرمایی در مناطق دارای پتانسیل زمین گرمایی به منظور آشنا کردن مردم این مناطق با مزایای اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی این انرژی</p>	<p>ایجاد مقبولیت اجتماعی از طریق سازمان های مردم نهاد و رسانه های عمومی</p>	<p>نیاز به آگاهی بخشی عموم مردم</p>	<p>مشروعیت بخشی</p>

۳-۷-۲- اقدامات و سیاستهای لازم برای رفع چالشهای توسعه فناوریهای نیروگاهی زمین گرمایی

اقدامات و سیاستهای مرتبط با رفع چالشهای توسعه فناوریهای نیروگاهی زمین گرمایی، در جدول زیر مشخص گردیده اند. لازم به ذکر است که تعیین اقدامات و سیاستها برای چالشها به گونه ای صورت می گیرد که ممکن است برای یک چالش چند اقدام و برای چند چالش یک اقدام تعیین شود. بنابراین گرچه چالشها، اهداف، و اقدامات در قالب جدول زیر نشان داده شده اند، به یاد داشته باشید که تناظر یک به یک میان چالشها، اهداف، و اقدامات زیر وجود ندارد.

جدول (۲-۱۲) - اقدامات و سیاست‌های پیشنهادی برای رفع چالش‌های توسعه فناوری‌های نیروگاهی زمین گرمایی.

سیاست ها و اقدامات	اهداف خرد	چالش	کارکرد
نیازسنجی و ارائه دروس تخصصی زمین گرمایی در رشته‌های موجود و تلاش برای ارائه این دروس در دانشگاه‌های برتر کشور تعریف و حمایت از پروژه‌های پژوهشی برای تسلط بر طراحی مفهومی تجهیزات و نیروگاه‌های زمین گرمایی حمایت از ارتباطات فناورانه میان مراکز علمی و صنعتی داخل با مراکز علمی و صنعتی بین‌المللی انجام مطالعات امکان‌سنجی توسعه فناوری‌های نیروگاهی تدوین فهرست اولویت‌های پژوهشی در حوزه فناوری‌های نیروگاهی	توسعه دانش طراحی نیروگاه‌های زمین گرمایی تلاش برای انتقال دانش و فناوری‌های نیروگاهی توسعه دانش غیرفنی بهبود انتقال دانش میان بازیگران	نیاز به ایجاد رشته خاص یا فراهم کردن مشوق‌هایی برای سوق یافتن پروژه‌ها و پایان‌نامه‌های رشته‌های دیگر به این سو نیاز به حمایت‌های مالی از پیشنهاد‌های پایان‌نامه‌ای مرتبط	توسعه و انتشار دانش
تشکیل بانک اطلاعاتی از تأمین‌کنندگان بالقوه تجهیزات زمین گرمایی پایش شرکت‌های دارای توان بالقوه در تأمین تجهیزات خاص زمین گرمایی و دعوت از آن‌ها برای شرکت در نمایشگاه‌های ملی/بین‌المللی صنعت زمین گرمایی و همچنین انعقاد قراردادهای خرید قطعات تولیدی برای پروژه‌های پایلوت رایزنی با بانک مرکزی جهت تسهیل ضمانت جهت سرمایه‌گذاری خارجی	مالی: حمایت‌های مالی هدفمند از پژوهش‌های تجاری و غیرتجاری تأمین مالی شرکت‌های فناور با سرمایه‌گذاری خطرپذیر و اعطای وام و تسهیلات بانکی برای انجام پروژه‌های پایلوت انسانی: تسهیل تحرک نیروی انسانی	شناخت ناکافی از توانایی تبدیل توان بالقوه صنایع مرتبط به توان بالفعل در تأمین تجهیزات خاص زمین گرمایی	تأمین منابع

سیاست ها و اقدامات	اهداف خرد	چالش	کارکرد
تسریع پروژه پایلوت ۵ مگاواتی مشکین شهر از طریق تأمین زیرساخت های فنی و شبکه ای لازم اختصاص بخشی از درآمد نیروگاه زمین گرمایی به تحقیق و توسعه	فنی: تأمین زیرساخت های فنی لازم برای توسعه صنعت برق زمین گرمایی	عدم تأمین مالی کافی و به موقع از جانب سازمان های بالادست نیاز به ایجاد یک درآمد داخلی برای توسعه نیروگاه های زمین گرمایی	
تاسیس دفتر مستقل هماهنگی های زمین گرمایی ارائه حمایت های اطلاعاتی و واسطه ای و کمک به شبکه سازی علمی و صنعتی توسط وزارت نیرو و سازمان های مرتبط با انرژی - های نو تسهیل در اعطای مجوزهای لازم به سرمایه گذاران جهت احداث نیروگاه های زمین گرمایی و معرفی آنان به وزارت نیرو جهت عقد قرارداد با تشکیل کمیته تسهیل اعطای مجوز	ایجاد ساختارهای ضروری مدیریت سیستم تعیین چشم انداز، چارچوب کلی و تصویب قوانین و مقررات به صورت یکپارچه برای تمامی ذینفعان صنعت برق زمین گرمایی برنامه ریزی راهبردی میان مدت در قالب قوانین تصویب شده	عدم وجود برنامه بلندمدت و در نتیجه عدم امکان برنامه ریزی برای صنعت نیاز به حمایت های کاری و پروژه ای از جانب وزارت نیرو و سازمان انرژی های نو وجود بروکراسی زیاد و نیاز به کسب مجوزهای متعدد بعضاً غیر کارشناسانه وجود قوانین نامناسب مانع پیشرفت به موقع پروژه ها می شود	جهت دهی به سیستم
تدوین نظام نامه مالکیت فکری و معنوی تسریع پروژه پایلوت ۵ مگاواتی مشکین شهر از طریق ارائه مشوق - های مالیاتی به پیمانکار رویه تعیین تعرفه خرید برق زمین گرمایی تدوین گردد و هر ساله با	ایجاد قابلیت های فنی در بازار از طریق: حمایت و ثبت مالکیت فکری ایجاد قابلیت های اقتصادی در بازار از طریق: ارائه تشویق های مالیاتی	نیاز به تأمین منابعی که برای بازار انگیزه ایجاد کند مانند پرداخت یارانه به مصرف کنندگان انرژی های نو نیاز به ایجاد یک بازار اولیه مناسب (به عنوان مثال ۵۰ مگاواتی) در منطقه مشکین شهر و ادامه فعالیت برای ایجاد بازاری مناسب	شکل دهی به بازار

سیاست ها و اقدامات	اهداف خرد	چالش	کارکرد
توجه به پارامترهای موثر مانند هزینه سرمایه گذاری، نرخ ارز و نرخ تورم بازنگری گردد.			
دعوت از شرکتهای بین المللی معتبر برای حضور در نمایشگاههای انرژی و پروژههای پایلوت جهت آشنایی با فرصت های کشور در حوزه زمین گرمایی انعقاد قراردادهای سرمایه گذاری خطرپذیر مشترک با شرکتهای معتبر و انتقال فناوری از آنها برای ایجاد برند جدید در ایران	شناساندن فرصت های موجود به کارآفرینان شکل دهی شرکتهای نوآور در عرصه تجاری سازی فناوری	نیاز به قراردادهای سرمایه گذاری خطرپذیر مشترک با شرکتهای معتبر و انتقال فناوری از آنها برای ایجاد برند جدید در ایران	کارآفرینی

۸-۲- دسته‌بندی اقدامات مورد نیاز برای توسعه فناوری‌های زمین گرمایی

همان‌طور که در فصل قبل اشاره شد، اقدامات مورد نیاز بر اساس سیاست‌ها و راهبردها شناسایی و پیشنهاد می‌شوند. این اقدامات به دو دسته اقدامات غیرفنی و اقدامات فنی تقسیم می‌شود. اقدامات فنی در حقیقت ناظر به جنبه‌های فنی تخصصی می‌باشند و در مقابل، اقدامات غیرفنی، سیاست‌های حمایتی و پشتیبان برای ایجاد بستر مناسب فناوری را در بر می‌گیرند. دو کارکرد توسعه دانش و انتشار دانش شامل اقدامات فنی و غیرفنی و سایر ۵ کارکرد نظام نوآورانه فناوری منعکس‌کننده اقدامات غیرفنی هستند. در ادامه، فهرست این اقدامات ارائه شده است.

۱-۸-۲- اقدامات غیرفنی مورد نیاز برای توسعه فناوری‌های زمین گرمایی

اقدامات غیرفنی آن دسته از اقداماتی هستند که به توسعه نظام نوآوری در حوزه فناوری‌های انرژی زمین گرمایی کمک می‌کنند. همان‌طور که در بخش‌های قبلی اشاره شد اقدامات غیرفنی در راستای اجرای سیاست‌ها تعیین و تدوین می‌گردند. از آنجایی که سیاست‌ها به منظور رفع چالش‌ها و موانع پیشروی توسعه فناوری و تحقق چشم‌انداز و اهداف کلان سند تدوین می‌گردد می‌توان نتیجه گرفت که در واقع اقدامات غیرفنی در راستای تحقق چشم‌انداز و پیشبرد اهداف کلان سند توسعه فناوری‌های انرژی زمین گرمایی تدوین می‌شوند.

۱-۸-۲-۱- اقدامات مربوط به توسعه و انتشار دانش

جدول (۲-۱۳) - اقدامات غیرفنی مربوط به توسعه و انتشار دانش

فناوری اولویت‌دار	اقدامات غیر فنی مورد نیاز
پمپ حرارتی	تدوین سازوکاری مناسب برای ایجاد تعامل با متخصصان با تجربه در صنایع دیگر و آموزش آن‌ها برای رسیدن به رویه‌های استاندارد متناسب با صنعت پمپ حرارتی زمین گرمایی نیازسنجی و در صورت لزوم ارائه پیشنهاد برای ایجاد دروس تخصصی زمین گرمایی در رشته‌های موجود و تلاش برای ارائه این دروس در دانشگاه‌های برتر کشور شناسایی اساتید توانمند رشته‌های مرتبط که موضوعات پایان‌نامه‌های آن‌ها می‌تواند در صنعت زمین گرمایی مورد استفاده قرار گیرد تدوین سازوکار مناسب برای افزایش همکاری‌های علمی و پژوهشی با اساتید ایرانی و خارجی

اقدامات غیر فنی مورد نیاز	فناوری اولویت‌دار
<p>دانشگاه‌های معتبر دنیا در حوزه زمین گرمایی در نظر گرفتن مشوق‌های مالی برای انجام پروژه‌های پژوهشی و اجرایی و بهره‌گیری از حمایت‌های معاونت علمی ریاست جمهوری و سانا در این زمینه ایجاد ساز و کار مناسب جهت تشویق صنایع مرتبط برای ایجاد واحد پژوهشی خاص پمپ حرارتی زمین گرمایی طرح مباحث مرتبط با زمین گرمایی در دوره‌های فنی و حرفه‌ای و گواهینامه‌های نظام مهندسی ارائه محتوای جدید در قالب دروس تخصصی و اختیاری بعضی رشته‌ها و پیشنهاد آن‌ها توسط سازمان نظام مهندسی برگزاری دوره‌های کوتاه‌مدت برای مهندسان تحصیل‌کرده در رشته‌های مرتبط آموزش کاربرد نرم‌افزارها در دانشگاه‌ها</p>	
<p>انتخاب گروهی از متخصصین خیره در صنایع دیگر که نوع تخصص آن‌ها نزدیک به دانش و توانایی مورد نیاز در صنعت زمین گرمایی است و سپس درگیر کردن آن‌ها در پروژه‌های اکتشافی همکاری مشترک یا کنسرسیوم در منطقه یا آسیا برای کسب دانش عملیاتی لازم تدوین سازوکار مناسب برای افزایش همکاری‌های علمی و پژوهشی با اساتید ایرانی و خارجی دانشگاه‌های معتبر دنیا در حوزه زمین گرمایی حمایت از بورس‌های آموزشی در حوزه انرژی زمین گرمایی ایجاد گرایش خاص اکتشاف زمین گرمایی حداقل در مقطع کارشناسی ارشد در دانشگاه‌های برتر کشور حمایت از ایجاد مرکزی شبیه به ایسلند با هدف ایجاد محلی برای گسترش فناوری برای جهان سوم طرح مباحث مرتبط با اکتشاف زمین گرمایی در دوره‌های فنی و حرفه‌ای و گواهینامه‌های نظام مهندسی ارائه محتوای جدید در قالب دروس تخصصی و اختیاری بعضی رشته‌ها و پیشنهاد آن‌ها توسط سازمان نظام مهندسی برگزاری دوره‌های کوتاه‌مدت برای مهندسان تحصیل‌کرده در رشته‌های مرتبط آموزش کاربرد نرم‌افزارها در دانشگاه‌ها ترجمه و تدوین کتب آموزشی در زمینه اکتشاف منابع زمین گرمایی برگزاری دوره‌های آموزشی بین‌المللی در حوزه اکتشاف زمین گرمایی تهیه و انتشار نشریه تخصصی در حوزه انرژی زمین گرمایی با همکاری دانشگاه‌های کشور</p>	اکتشاف
<p>نیازسنجی و ارائه دروس تخصصی زمین گرمایی در رشته‌های موجود و تلاش برای ارائه این دروس در دانشگاه‌های برتر کشور حمایت از ارتباطات فناورانه میان مراکز علمی و صنعتی داخل با مراکز علمی و صنعتی بین-</p>	نیروگاه

فناوری اولویت‌دار	اقدامات غیر فنی مورد نیاز
	المللی

۲-۱-۸-۲- اقدامات مربوط به تأمین منابع

جدول (۲-۱۴) - اقدامات غیر فنی مربوط به تأمین منابع

فناوری اولویت‌دار	اقدامات غیر فنی مورد نیاز
پمپ حرارتی	اعطای گرنت به شرکت‌های خصوصی فعال در حوزه زمین گرمایی و سایر صنایع مرتبط برای گردآوری اطلاعات زمین شناسی لازم حمایت از سرمایه‌گذاری ریسک‌پذیر شرکت‌های فعال در زمینه‌های مورد نیاز صنعت زمین گرمایی (از طریق اعطای گرنت، بیمه سرمایه‌گذاری و ...) به منظور فراهم کردن اطلاعات و زیرساخت‌های لازم برگزاری دوره‌های آموزشی بین‌المللی معرفی نیروی انسانی خبره در حوزه پمپ حرارتی به شرکت‌های علاقمند به فعالیت در این حوزه از جانب سازمان‌های دولتی مسئول ایجاد رشته خاص در دانشگاه جامع علمی- کاربردی برای پرورش تکنسین‌ها در حوزه‌های کاری خاص زمین گرمایی
نیروگاه	تشکیل بانک اطلاعاتی از تأمین‌کنندگان بالقوه تجهیزات زمین گرمایی پایش شرکت‌های دارای توان بالقوه در تأمین تجهیزات خاص زمین گرمایی و دعوت از آنها برای شرکت در نمایشگاه‌های ملی/بین‌المللی صنعت زمین گرمایی و همچنین انعقاد قراردادهای خرید قطعات تولیدی برای پروژه‌های پایلوت رایزنی با بانک مرکزی جهت تسهیل ضمانت جهت سرمایه‌گذاری خارجی اختصاص بخشی از درآمد نیروگاه زمین گرمایی به تحقیق و توسعه

۳-۱-۸-۲- اقدامات مربوط به جهت‌دهی به سیستم

جدول (۲-۱۵) - اقدامات غیر فنی مربوط به جهت‌دهی به سیستم

فناوری اولویت‌دار	اقدامات غیر فنی مورد نیاز
پمپ حرارتی	اصلاح و تدوین دوره‌ای استانداردهای فنی در زمینه ساخت و نصب تجهیزات مرتبط با این بخش و پیش‌بینی جریمه یا پاداش برای عدم رعایت یا عملکرد فراتر از استاندارد

فناوری اولویت‌دار	اقدامات غیر فنی مورد نیاز
نیروگاه	تاسیس دفتر مستقل هماهنگی‌های زمین گرمایی ارائه حمایت‌های اطلاعاتی و واسطه‌ای و کمک به شبکه‌سازی علمی و صنعتی توسط وزارت نیرو و سازمان‌های مرتبط با انرژی‌های نو تسهیل در اعطای مجوزهای لازم به سرمایه‌گذاران جهت احداث نیروگاه‌های زمین گرمایی و معرفی آنان به وزارت نیرو جهت عقد قرارداد با تشکیل کمیته تسهیل اعطای مجوز

۴-۱-۸-۲- اقدامات مربوط به شکل‌دهی بازار

جدول (۲-۱۶)- اقدامات غیر فنی مربوط به شکل‌دهی بازار

فناوری اولویت‌دار	اقدامات غیر فنی مورد نیاز
پمپ حرارتی	تدوین سازوکار مناسب برای استفاده انبوه‌سازان از گزینه پمپ حرارتی برای سرمایش و گرمایش طرح‌های جدید انبوه‌سازی دولتی در مناطق جغرافیایی که قبلاً توجه‌پذیری استفاده از این سیستم‌ها ثابت شده است تأمین اعتبار در خصوص جایگزینی سایر گزینه‌های سرمایش و گرمایش در ساختمان‌های بزرگ دولتی با گزینه پمپ حرارتی در مناطق جغرافیایی که قبلاً توجه‌پذیری استفاده از این سیستم‌ها ثابت شده است اعطای تخفیف‌های مالیاتی افزایشی و گمرکی برای شرکت‌های فعال در حوزه تجهیزات سرمایشی-گرمایشی در صورت فعالیت در بازارهای معرفی شده پمپ حرارتی زمین گرمایی فراهم کردن اطلاعات و شفافیت لازم در مورد بازارهای جدید برای تولیدکنندگان به‌منظور ایجاد انگیزه فعالیت در آن‌ها در حوزه پمپ حرارتی ایجاد سازوکار مناسب برای افزایش جذابیت پمپ‌های حرارتی زمین-گرمایی به‌منظور استفاده در ساختمان‌ها (به‌عنوان مثال اعطای وام‌های بلندمدت خرید تجهیزات پمپ حرارتی به خانوارهای استفاده‌کننده) ایجاد سازوکار مناسب جهت خریدهای دولتی از محصولات تولیدی شرکت‌های دانش‌بنیان حمایت‌های مالی دولت از مصرف‌کننده تجهیزات زمین گرمایی (حداقل در سال‌های اول استفاده) برای برداشته شدن فشار مالی از دوش بازار ایجاد الزام قانونی برای استفاده شرکت‌های دولتی از پمپ حرارتی و لحاظ کردن این شرط در اعطای مجوز ساخت
اکتشاف	ارائه مشوق‌های مالیاتی به شرکت‌های خصوصی در زمینه توسعه بهره‌برداری زمین گرمایی تدوین سازوکار لازم برای حمایت از سرمایه‌گذاری خطرپذیر توسط بخش خصوصی در حوزه اکتشاف زمین گرمایی

فناوری اولویت‌دار	اقدامات غیر فنی مورد نیاز
	ایجاد یک بازار مطمئن از طریق خرید دولتی از محصولات با کیفیت ساخت داخل تعیین مالیات اضافه‌تر برای انرژی‌های فسیلی در مناطقی که انرژی‌های نو در شبکه قرار می‌گیرند اعمال پاداش در تعرفه خرید برق زمین‌گرمایی برای احداث‌کنندگان که از تجهیزات بومی استفاده می‌کنند از طریق وضع تعرفه‌های گمرکی هوشمندانه برای حمایت از محصولات که به صورت مناسب در داخل بومی‌سازی شده‌اند. بازنگری در تعرفه خرید برق زمین‌گرمایی
نیروگاه	تدوین نظام‌نامه مالکیت فکری و معنوی تسریع پروژه پایلوت ۵ مگاواتی مشکین شهر از طریق ارائه مشوق‌های مالیاتی به پیمانکار رویه تعیین تعرفه خرید برق زمین‌گرمایی تدوین گردد و هر ساله با توجه به پارامترهای موثر مانند هزینه سرمایه‌گذاری، نرخ ارز و نرخ تورم بازنگری گردد.

۵-۱-۸-۲- اقدامات مربوط به کارآفرینی

جدول (۲-۱۷)- اقدامات غیر فنی مربوط به کارآفرینی

فناوری اولویت‌دار	اقدامات غیر فنی مورد نیاز
پمپ حرارتی	واگذاری پروژه‌های پایلوت پمپ حرارتی ناتمام به پارک‌ها و مراکز رشد دانشگاهی به‌منظور مطالعات فنی- اقتصادی بیشتر و همچنین ایجاد شرکت‌های دانش‌بنیان در این حوزه
نیروگاه	دعوت از شرکت‌های بین‌المللی معتبر برای حضور در نمایشگاه‌های انرژی و پروژه‌های پایلوت جهت آشنایی با فرصت‌های کشور در حوزه زمین‌گرمایی انعقاد قراردادهای سرمایه‌گذاری خطرپذیر مشترک با شرکت‌های معتبر و انتقال فناوری از آن‌ها برای ایجاد برند جدید در ایران

۶-۱-۸-۲- اقدامات مربوط به مشروعیت‌بخشی

جدول (۲-۱۸)- اقدامات غیر فنی مربوط به مشروعیت‌بخشی

فناوری اولویت‌دار	اقدامات غیر فنی مورد نیاز
پمپ حرارتی	فرهنگ‌سازی و آگاهی‌بخشی به عموم مردم در مورد مزایای استفاده از پمپ حرارتی به‌خصوص در مناطق جغرافیایی توجیه‌پذیر

فناوری اولویت‌دار	اقدامات غیرفنی مورد نیاز
اکتشاف	فرهنگ‌سازی عمومی در خصوص پذیرش همگانی انرژی‌های نو به‌عنوان انرژی‌های پاک و جایگزین تشکیل سازمان‌های مردم‌نهاد فعال در حوزه انرژی زمین‌گرمایی در مناطق دارای پتانسیل زمین‌گرمایی به‌منظور آشنا کردن مردم این مناطق با مزایای اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی این انرژی

۲-۸-۲- اقدامات فنی مورد نیاز برای توسعه فناوری‌های زمین‌گرمایی

آن دسته از اقدامات که در مرحله بعدی، در تدوین پروژه‌های فناورانه مبنا قرار می‌گیرند، اقدامات فنی هستند. در این سند، این اقدامات تنها در کارکرد توسعه و انتشار دانش تعریف می‌شوند.

جدول (۲-۱۹) - اقدامات فنی مورد نیاز برای توسعه فناوری‌های اولویت‌دار زمین‌گرمایی

فناوری اولویت‌دار	اقدامات فنی مورد نیاز
پمپ حرارتی	تعریف و حمایت از طرح‌های علمی و صنعتی ساخت تجهیزات خاص پمپ حرارتی تدوین فهرست اولویت‌های پژوهشی وزارت نیرو در حوزه پمپ حرارتی زمین‌گرمایی بر اساس نیازهای واقعی صنعت و کارآفرینان این حوزه و ابلاغ آن به دانشگاه‌ها و پژوهشگاه‌های فعال در این زمینه (فنی)
اکتشاف	اجرای پروژه‌های بلندمدت در زمینه حفاری چاه‌های زمین‌گرمایی و فناوری‌های مواد اسیدشو و ضدسوب‌ها جهت تبدیل این حوزه به یکی از مزیت‌های رقابتی کشور در زمین‌گرمایی تعریف و حمایت از طرح‌های علمی و صنعتی ساخت تجهیزات خاص اکتشاف زمین‌گرمایی تدوین فهرست اولویت‌های پژوهشی وزارت نیرو در حوزه اکتشاف زمین‌گرمایی بر اساس نیازهای واقعی صنعت و کارآفرینان این حوزه و ابلاغ آن به دانشگاه‌ها و پژوهشگاه‌های فعال در این زمینه (فنی)
نیروگاه	انجام مطالعات امکان‌سنجی توسعه فناوری‌های نیروگاهی تسریع پروژه پایلوت ۵ مگاواتی مشکین شهر از طریق تأمین زیرساخت‌های فنی و شبکه‌ای لازم تعریف و حمایت از پروژه‌های پژوهشی برای تسلط بر طراحی مفهومی تجهیزات و نیروگاه‌های زمین‌گرمایی تدوین فهرست اولویت‌های پژوهشی وزارت نیرو در حوزه نیروگاه زمین‌گرمایی بر اساس نیازهای

فناوری اولویت‌دار	اقدامات فنی مورد نیاز
	واقعی صنعت و کارآفرینان این حوزه و ابلاغ آن به دانشگاه‌ها و پژوهشگاه‌های فعال در این زمینه (فنی)
تمامی حوزه‌ها	تعریف پروژه‌های لازم جهت شکل‌گیری بانک اطلاعاتی زمین‌گرمایی برای استفاده دانشجویان و متخصصین این زمینه

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

هدف از انجام مرحله چهارم «تدوین سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری‌های انرژی زمین‌گرمایی» تدوین اقدامات مورد نیاز برای تحقق چشم‌انداز، اهداف و راهبردهای توسعه فناوری‌های انرژی زمین‌گرمایی بود. در ابتدای این گزارش مبانی نظری مربوط به تدوین اقدامات شامل کارکردها و ابعاد ساختاری نظام نوآوری فناورانه (TIS) به تفصیل مورد بحث قرار گرفت. سپس فرایند چهار مرحله‌ای تدوین اقدامات سند توسعه فناوری توضیح داده شد. پس از آن مراحل چهارگانه تدوین اقدامات برای حوزه انرژی زمین‌گرمایی انجام شد، به این صورت که در مرحله اول این فرایند وضعیت موجود توسعه فناوری با شناسایی مرحله توسعه فناوری‌های انرژی زمین‌گرمایی و بازیگران نظام توسعه این فناوری مشخص شدند. در مرحله دوم، با توجه به اینکه فناوری‌های اولویت‌دار زمین‌گرمایی در مراحل مختلفی از توسعه قرار داشتند، کارکردهای با اولویت برای تحقق وضعیت مطلوب توسعه هر یک از فناوری‌های این حوزه بر اساس مرحله توسعه آنها تعیین شدند. در مرحله سوم، چالش‌ها و موانع موجود در تحقق هر یک از چهار کارکرد اصلی از طریق مصاحبه با متخصصان و خبرگان آشنا با حوزه زمین‌گرمایی تعیین شدند. سپس با توجه به چالش‌های تعیین‌شده و راهبردهای تدوین‌شده حوزه انرژی زمین‌گرمایی اقدامات و سیاست‌های موردنیاز برای رفع چالش‌ها و موانع توسعه فناوری‌های این حوزه پیشنهاد شد. در نهایت، اقدامات تدوین‌شده در دو بخش اقدامات فنی و غیرفنی ارائه گردید.

مراجع

۱. «روش‌شناسی تدوین اسناد ملی فناوری‌های راهبردی»، مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور، ۱۳۹۱
۲. Klessman, C, 2009. The evaluation of flexibility mechanisms for achieving European renewable energy targets 2020-ex-ant evaluation of principle mechanisms. Energy Policy, ۳۷, pp. ۴۹۶۶-۴۹۷۶.
۳. Hiriart, Y., Martimortm, D., Pouyet, J., 2010. The public management of risk: Separating ex ant and ex post monitors. Journal of Public Economic. 94, pp. 1008-1۰۱۹.
۴. Haveman, Robert. 1987. Policy Evaluation Research after Twenty Years. Policy Studies Journal 16: 191-218.

فهرست مطالب

۱	۱- مقدمه
۲	۲- فرآیند تدوین پروژه های اجرایی
۳	۲-۱- شکستن اقدامات به پروژه های اجرایی
۳	۲-۲- مبنای شکستن اقدامات
۴	۲-۳- ابزارهای شکستن اقدامات
۶	۲-۴- بازنگری نهایی و انتخاب پروژه های اجرایی
۷	۳- تدوین فهرست پروژه های اجرایی
۷	۳-۱- پروژه های شناسایی شده
۷	۳-۱-۱- اقدام فنی مورد نیاز در حوزه اکتشاف منابع انرژی زمین گرمایی
۸	۳-۱-۲- خوشه پروژه های مرتبط با اکتشاف منابع انرژی زمین گرمایی
۱۲	۳-۱-۳- اقدام فنی مورد نیاز در حوزه پمپ های حرارتی زمین گرمایی
۱۲	۳-۱-۴- خوشه پروژه های مرتبط با پمپ های حرارتی زمین گرمایی
۱۶	۳-۱-۵- اقدام فنی مورد نیاز در حوزه تعمیر و نگهداری چاه های زمین گرمایی
۱۷	۳-۱-۶- خوشه پروژه های مرتبط با تعمیر و نگهداری چاه های زمین گرمایی
۱۹	۳-۱-۷- اقدام فنی مورد نیاز در حوزه نیروگاه های زمین گرمایی
۲۰	۳-۱-۸- خوشه پروژه های مرتبط با نیروگاه های زمین گرمایی
۲۳	۳-۱-۹- اقدام فنی مورد نیاز در حوزه منابع زمین گرمایی پیشرفته (EGS)
۲۴	۳-۱-۱۰- خوشه پروژه های مرتبط با منابع انرژی زمین گرمایی پیشرفته (EGS)
۲۶	۴- تخصیص منابع
۴۶	۵- تقسیم کار ملی (نگاشت نهادی مطلوب)
۴۶	۵-۱- نگاشت نهادی

۴۸	۵-۲- انواع نقش ها در نگاشت نهادی
۵۱	۵-۳- شناسایی سازمان ها و نهادهای مرتبط با توسعه فناوری های مربوط به انرژی زمین گرمایی
۵۱	۵-۴- تخصیص متولیان اقدامات
۵۵	۶- ترسیم ره نگاشت
۵۵	۶-۱- ره نگاشت و چالش های پیش روی آن
۶۰	منابع

فهرست اشکال

- | | |
|----|--|
| ۲ | شکل (۱-۱) - فرآیند تدوین پروژه های اجرایی |
| ۵۷ | شکل (۱-۶) - نقشه راه فناوری های مرتبط با اکتشاف منابع انرژی زمین گرمایی |
| ۵۸ | شکل (۲-۶) - نقشه راه فناوری های مرتبط پمپ های حرارتی زمین گرمایی |
| ۵۸ | شکل (۳-۶) - نقشه راه فناوری های مرتبط با تعمیر و نگهداری چاه های زمین گرمایی |
| ۵۹ | شکل (۴-۶) - نقشه راه فناوری های مرتبط با نیروگاه های زمین گرمایی |
| ۵۹ | شکل (۵-۶) - نقشه راه فناوری های مرتبط با منابع انرژی زمین گرمایی پیشرفته (EGS) |

فهرست جداول

- ۳۸ جدول (۴-۱) - انجام اقدامات غیر فنی مربوط به توسعه و انتشار دانش جهت توسعه فناوری های مرتبط با انرژی زمین گرمایی در ایران
- ۴۰ جدول (۴-۲) - انجام اقدامات غیر فنی مربوط به تأمین منابع جهت توسعه فناوری های مرتبط با انرژی زمین گرمایی در ایران
- ۴۱ جدول (۴-۳) - انجام اقدامات غیر فنی مربوط به جهت دهی سیستم جهت توسعه فناوری های مرتبط با انرژی زمین گرمایی در ایران
- ۴۲ جدول (۴-۴) - انجام اقدامات غیر فنی مربوط به کارآفرینی جهت توسعه فناوری های مرتبط با انرژی زمین گرمایی در ایران
- ۴۳ جدول (۴-۵) - انجام اقدامات غیر فنی مربوط به مشروعیت بخشی جهت توسعه فناوری های مرتبط با انرژی زمین گرمایی در ایران
- ۴۴ جدول (۴-۶) - انجام اقدامات غیر فنی مربوط به شکل دهی بازار توسعه فناوری های مرتبط با انرژی زمین گرمایی در ایران
- ۵۲ جدول (۵-۱) - مجریان فعال در حوزه انرژی زمین گرمایی
- ۵۳ جدول (۲-۵) - مجریان پروژه های تعریف شده در حوزه انرژی زمین گرمایی

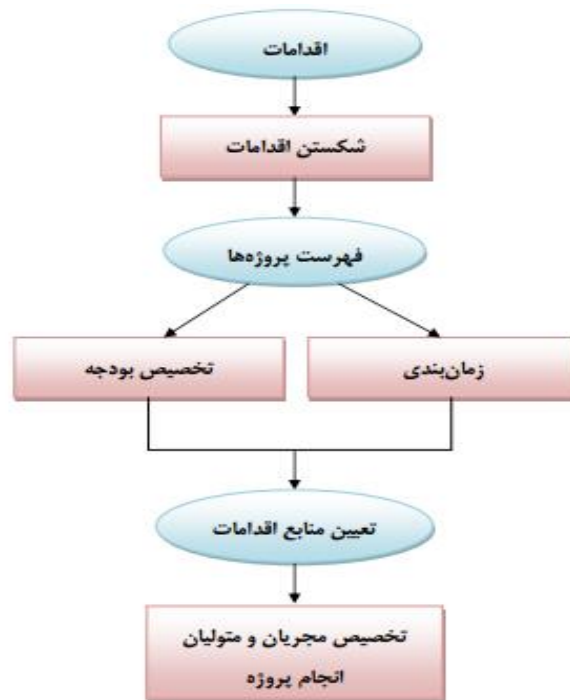
مقدمه

در این بخش از سند با عنوان " تدوین نقشه راه و برنامه عملیاتی توسعه فناوری های مرتبط با انرژی زمین گرمایی در ایران - "، به ارائه مدلی از گام های لازم جهت تکمیل فرایند برنامه عملیاتی و همچنین ابزارهای هرگام می پردازیم که در نهایت منجر به دستیابی به برنامه عملیاتی و ره نگاشت در راستای چشم انداز سند خواهد شد. در مراحل سوم و چهارم این پروژه، چشم انداز، اهداف و راهبردهای توسعه فناوری های زمین گرمایی تدوین شد.

در ابتدا نحوه تقسیم اقدامات تدوین شده در مرحله چهارم به پروژه های اجرایی توضیح داده می شود و سپس فهرست پروژه های تعیین شده ارائه می گردد. در گام بعدی زمان و بودجه لازم برای تکمیل پروژه ها مشخص می شود. در ادامه متولیان و مجریان انجام پروژه ها بر اساس نگاشت نهادی مشخص شده تعیین می گردد. در نهایت، نقشه راه مربوط به توسعه فناوری های زمین گرمایی بر اساس اقدامات تعیین شده ترسیم می شود.

۲- فرآیند تدوین پروژه‌های اجرایی

در این بخش فرآیند تدوین پروژه‌های اجرایی سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری‌های انرژی زمین‌گرمایی توضیح داده می‌شود و در نهایت فهرست پروژه‌ها ارائه می‌شود. در واقع در این بخش باید مشخص گردد که چه پروژه یا مجموعه پروژه‌هایی باید در سالین مختلف اجرا گردد تا در صورت اجرای این پروژه‌ها بتوان اطمینان حاصل کرد که اقدامات، راهبردها، اهداف و در نهایت چشم‌انداز محقق شده است. فرآیند تدوین برنامه عملیاتی در شکل (۱-۱) نشان داده شده است [۱]. مطابق این شکل، ابتدا اقدامات شناسایی شده در فاز چهارم بر اساس معیارهایی شکسته می‌شوند و فهرست پروژه‌ها استخراج می‌شود. سپس زمان و بودجه مورد نیاز برای انجام هر یک از پروژه‌ها مشخص می‌شود و از این طریق منابع لازم برای تحقق اقدامات تعیین می‌گردد. در نهایت با شناسایی نهادهای مرتبط با توسعه فناوری‌های زمین‌گرمایی، متولی و مجری انجام پروژه‌ها شناسایی می‌شود.



شکل (۱-۱)- فرآیند تدوین پروژه‌های اجرایی

۲-۱- شکستن اقدامات به پروژه‌های اجرایی

مجموعه پروژه‌های اجرایی که از شکستن اقدامات به دست می‌آیند، می‌بایست به نحوی جامع باشند که انجام صحیح آن‌ها منجر به تحقق اقدام مورد نظر شود و از همین رو در تعریف پروژه‌ها می‌باید جنبه‌های مختلف اقدام مورد توجه قرار گیرد. نکته حائز اهمیت دیگر میزان شکسته شدن اقدامات می‌باشد. همان‌گونه که یک اقدام می‌تواند به مجموعه‌ای از پروژه‌ها شکسته شود، هر پروژه نیز قابل شکسته شدن به مجموعه‌ای از فعالیت‌ها می‌باشد و این روند را در مورد فعالیت‌ها نیز می‌توان ادامه داد.

ساختار کلی شکستن اقدامات، مشابه پروژه‌های اجرایی WBS می‌باشد که در بحث مدیریت پروژه تاکنون تحقیقات فراوانی در مورد آن صورت پذیرفته است، [۲]. نکته دیگر حصول اطمینان از جامعیت پروژه‌های اجرایی در راستای تحقق اقدامات می‌باشد. تاکنون الگوریتمی که تضمین نماید مجموعه پروژه‌های اجرایی منتخب، برای تحقق اقدام کفایت می‌نماید، ارائه نشده است. تنها با بهره‌گیری از قضاوت خبرگان، استفاده از تجارب پیشین و در صورت امکان به‌کارگیری ابزارهایی چون شبیه‌سازی، می‌توان امیدوار بود مجموعه پروژه‌های اجرایی شرایط کافی برای حصول اقدامات را فراهم سازند.

۲-۲- مبنای شکستن اقدامات

یکی از مسائل کلیدی دیگر در فرآیند شکستن اقدامات به پروژه‌های اجرایی، تعیین مبنایی است که بر اساس آن اقدامات شکسته شوند. به عنوان نمونه اقدامی مثالی با عنوان تأسیس آزادراه را در نظر بگیرید. این اقدام می‌تواند بر دو مبنای جغرافیایی (راهسازی کوهستانی، بیابانی و جنگلی) و عملکردی (زیرسازی راه، روسازی و اسفالت، حفاظت حاشیه راه و ...) به پروژه‌های اجرایی زیر مجموعه خود شکسته شود. اینکه کدام مبنای برای شکستن اقدامات مورد توجه قرارگیرد بر اساس عوامل مختلفی تعیین می‌شود که در ادامه به مهم‌ترین آن‌ها اشاره می‌شود.

الف) ساختار و فرهنگ حاکم: اگر در ساختار موجود در کشور تقسیم‌بندی ویژه و یا هنجارهای پذیرفته شده‌ی اثرگذاری وجود داشته باشد، می‌تواند مبنای شکستن پروژه‌های اجرایی را جهت‌دهی نماید. به عنوان نمونه در مورد مثال فوق اگر سیستم راهسازی کشور بر اساس مناطق جغرافیایی در بخش‌های راهسازی کوهستانی، بیابانی و جنگلی شکل گرفته باشد، به طوری که هر بخش توانایی‌ها و قابلیت‌های کلیدی لازم در حوزه فعالیت خود را به دست آورده باشد، تقسیم‌بندی مذکور را می‌توان مبنای شکستن اقدامات قرار داد.

ب) نیازمندی های فعلی: نیازمندی هایی که بر مبنای آن شکسته شدن اقدامات صورت می پذیرد، در طول زمان قابل تغییر است. در مورد مثال اخیر ممکن است در فاز طراحی آزادراهها، نیازهای طراحی موجب شکستن پروژه های اجرایی بر مبنای جغرافیایی شود ولیکن در زمان اجرا، نیازها تغییر کرده و مبنای عملکردی مورد استفاده قرار گیرد.

ج) منافع اقتصادی: میزان کسب درآمد از پروژه های اجرایی می تواند مبنایی برای شکستن اقدامات باشد. به عنوان مثال درآمدزا یا هزینه بر بودن پروژه های اجرایی از این جهت می تواند مبنای قرار گیرد که ابتدا پروژه های اجرایی درآمدزا انجام شوند و از درآمد حاصل برای انجام پروژه های اجرایی هزینه بر استفاده شود.

د) نظرات ذینفعان: از آنجایی که هدف از تحقق اقدامات در واقع برآوردن نیاز ذینفعان و کسب منافع توسط این گروه می باشد، ضروری است نظرات ذینفعان در بخش های مختلف فرآیند پیاده سازی از جمله چگونگی شکستن اقدامات مورد توجه قرار گیرد.

در صورتی که تصمیم گرفته شود که تعدادی از پروژه های اجرایی نیز به زیر فعالیت هایشان شکسته شود، می توان در شکستن دوم از مبنای دیگری استفاده کرد. به طور مثال در مرحله اول بر مبنای جغرافیایی و در مرحله دوم بر مبنای عملکردی عمل نمود.

۲-۳- ابزارهای شکستن اقدامات

تاکنون مفاهیم و موضوعات کلیدی شکستن اقدامات مورد بحث و بررسی قرار گرفت. در این بخش چند ابزار برای انجام این مهم معرفی می گردد، [۳].

الف) تجزیه و تحلیل فرآیند استاندارد

در ادبیات برخی از اقدامات، فرآیندی تجربه شده ای وجود دارد که به طور عام توسط نخبگان علمی آن حوزه مورد پذیرش قرار گرفته است. چنین فرآیندهایی فرآیندهای استاندارد نامیده می شوند. در صورتی که در مورد اقدامات خاصی فرآیند استاندارد وجود داشته باشد، پروژه های اجرایی ارائه شده در آن به عنوان مجموعه پروژه های اجرایی استاندارد پذیرفته می شوند.

ب) بهینه کاوی

در صورتی که در راستای تحقق یک اقدام، فرآیند استاندارد وجود نداشته باشد و یا به علت عدم دسترسی قابل استفاده نباشد، از ابزار بهینه کاوی استفاده می‌شود. بهینه کاوی به معنی بررسی تجربه‌های انجام شده و یادگیری می‌باشد. اگرچه در این حالت به علت عدم وجود الگویی استاندارد، انتظار می‌رود تجربه‌های پیشین در ابعاد مختلفی با یکدیگر تفاوت داشته باشند که از علل اصلی آن خواستگاه منطقه‌ای و ویژگی‌های خاصی است که فرآیند در قالب آن طراحی و اجرا شده است. یکی از مسائل کلیدی به کارگیری این ابزار چگونگی در کنار هم قرار دادن نتایج تجربه‌های مختلف برای دستیابی به الگویی مطلوب می‌باشد. اگر نتوان از این روش به مجموعه‌ای از پروژه‌های اجرایی قابل قبول دست یافت، از پروژه‌های اجرایی غیر نهایی به دست آمده می‌توان در ابزار علی- معلولی استفاده نمود.

ج) تحلیل علی معلولی

هدف این ابزار استفاده از نظرات خبرگان برای شکستن اقدامات به مجموعه پروژه‌های اجرایی می‌باشد. از همین رو ضروری است استفاده از این ابزار با حضور خبرگانی مسلط بر ابعاد مختلف اقدام مربوطه صورت گیرد. در ادامه چگونگی استفاده از این ابزار در جلسه‌ای با حضور خبرگان توضیح داده می‌شود.

گام ۱: در ابتدای جلسه توضیحات مربوط به معرفی اقدام ارائه می‌گردد تا کلیه افراد حاضر به نگرش یکسانی از اقدام مورد نظر دست یابند.

گام ۲: در یک طوفان فکری پروژه‌های اجرایی که از نظر خبرگان برای انجام اقدام مزبور ضروری به نظر می‌رسد مطرح شده و در معرض دید همگان قرار می‌گیرد.

حاضرین جلسه می‌باید این نکته را مد نظر قرار دهند که در مرحله اول صرفاً اقدامات به پروژه‌های اجرایی اساسی تشکیل دهنده‌اش شکسته می‌شوند. از همین رو بهتر است از بیان مواردی که خود زیرفعالیت پروژه‌های اجرایی اساسی به شمار می‌روند و یا قابل بیان شدن به شکل پروژه‌های اجرایی کلان‌تری هستند اجتناب ورزند. در صورتی که تصمیم گرفته شود برخی پروژه‌های اجرایی به زیر فعالیتهای خود شکسته شوند، در مرحله دیگری فرایند جاری در مورد آن پروژه‌های اجرایی تکرار می‌شود. به عبارتی در هر مرحله از به کارگیری این ابزار، شکستن تنها در یک سطح انجام می‌پذیرد.

پس از انجام این گام فهرست اولیه‌ای از پروژه‌های اجرایی پیشنهادی به دست می‌آید. در تکمیل این فهرست می‌توان از اطلاعات به دست آمده از دو ابزار دیگر به‌ویژه بهینه‌کاوی استفاده نمود. در این سند پروژه‌های اجرایی در جهت توسعه فناوری‌های زمین‌گرمایی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۲-۴- بازنگری نهایی و انتخاب پروژه‌های اجرایی

قبل از نهایی شدن پروژه‌های اجرایی، به منظور ارزیابی جوانب مختلف پروژه‌های اجرایی ارائه شده و قضاوت در مورد موجه بودن یا عدم موجه بودن آن‌ها، هر پروژه اجرایی می‌باید بر اساس معیارهای مختلفی از جمله معیارهای فنی، مالی و اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی مورد ممیزی قرار گیرد. بر این اساس، پروژه‌های اجرایی به دست آمده در مرحله قبل مورد بازبینی قرار گرفته و پروژه‌هایی که از نظر معیارهای مختلف ناموجه باشند، کنار گذاشته می‌شوند. در واقع پروژه‌های اجرایی نهایی می‌بایست به نحو مطلوبی موجبات دستیابی به مقاصد سایر سطوح راهبردی را فراهم سازند. از همین رو ضروری به نظر می‌رسد با نگاهی اجمالی به گام‌های طی شده نواقص احتمالی مورد بازبینی قرار گیرد.

۳- تدوین فهرست پروژه‌های اجرایی

با توجه به موارد مطرح شده در ابتدای این گزارش در ارتباط با ضرورت و نحوه شکستن اقدامات به پروژه‌های اجرایی، در این بخش، پروژه‌هایی شناسایی می‌شوند که اجرایی شدن آن‌ها منجر به تحقق اقدامات می‌گردد. با توجه به ابزارهای گوناگونی که جهت شکستن اقدامات در بخش قبل معرفی شده با بررسی‌های صورت گرفته این نتیجه حاصل شد که ابزار تحلیل علی معلولی بهترین ابزار برای شکستن اقدامات در این طرح می‌باشد.

مجموعه پروژه‌های اجرایی که از شکستن اقدامات به دست می‌آید، می‌بایست به نحوی جامع باشد که انجام صحیح آن‌ها منجر به تحقق اقدام مورد نظر شود در این بخش تلاش شده است با استفاده از نظرات خبرگان و کارشناسان، جامعیت پروژه‌های اجرایی شناسایی شده برای هر اقدام حفظ شود. مورد دیگری که در رابطه با شکستن اقدامات می‌بایست مورد توجه قرار گیرد، سطح شکسته شدن اقدامات می‌باشد. در این طرح اقدامات تا سطحی شکسته شده‌اند که بتوان برای پروژه‌های اجرایی حاصل از شکستن آن‌ها زمان و بودجه تخصیص داده و همچنین مجری جهت اجرای آن‌ها مشخص نمود. در ادامه پروژه‌های شناسایی شده ارائه شده است.

۳-۱- پروژه‌های شناسایی شده

پروژه‌های شناسایی شده در حوزه انرژی زمین گرمایی به صورت چهار خوشه پروژه اکتشاف منابع انرژی زمین گرمایی، پمپ حرارتی زمین گرمایی، تعمیر و نگهداری چاه‌ها، نیروگاه‌های زمین گرمایی و منابع زمین گرمایی پیشرفته (EGS) تقسیم بندی و معرفی می‌گردند.

۳-۱-۱- اقدامات فنی مورد نیاز در حوزه اکتشاف منابع انرژی زمین گرمایی

اقدامات فنی مورد نیاز برای توسعه فناوری های اولویت دار در حوزه اکتشاف منابع انرژی زمین گرمایی به شرح زیر می‌باشند.

- اجرای پروژه‌های بلندمدت در زمینه حفاری چاه‌های زمین گرمایی و فناوری‌های مواد اسیدشو و ضدسوب‌ها جهت تبدیل این حوزه به یکی از مزیت‌های رقابتی کشور در زمین گرمایی
- تعریف و حمایت از طرح‌های علمی و صنعتی ساخت تجهیزات خاص اکتشاف زمین گرمایی
- تدوین فهرست اولویت‌های پژوهشی وزارت نیرو در حوزه اکتشاف زمین گرمایی بر اساس نیازهای واقعی صنعت و کارآفرینان این حوزه و ابلاغ آن به دانشگاه‌ها و پژوهشگاه‌های فعال در این زمینه (فنی)

۳-۱-۲- خوشه پروژه های مرتبط با اکتشاف منابع انرژی زمین گرمایی

- پتانسیل سنجی سراسری منابع زمین گرمایی هیدروترمال در کشور

علیرغم اجرای پروژه های پتانسیل سنجی در بخش های مختلف کشور و همچنین اجرای عملیات احداث نخستین نیروگاه زمین گرمایی در کشور، کماکان پتانسیل منابع انرژی زمین گرمایی هیدروترمال در ایران به طور دقیق، مشخص نبوده و لذا فقدان اطلاعات فوق الذکر، مانعی جهت توسعه همه جانبه کاربرد انرژی زمین گرمایی در کشور خواهد شد. از این رو، قبل از اجرای هر پروژه فناورانه در حوزه انرژی زمین گرمایی، اجرای پروژه یاد شده پیشنهاد می‌گردد. زیرا با مشخص شده نتایج آن، می‌توان برای هر یک از استان های کشور به طور مجزا و اختصاصی، برنامه راهبردی توسعه بهره برداری از منابع زمین گرمایی هیدروترمال را تهیه و اجرا نمود.

- تدوین دانش فنی مطالعات ژئوفیزیکی اندازه گیری حرارت در سطح زمین و ساخت تجهیزات مربوطه

یکی از روش های ژئوفیزیکی موثر جهت شناسایی منابع انرژی زمین گرمایی، روش های حرارت سنجی می باشد. مطالعات حرارت سنجی هم در اعماق نسبتاً زیاد انجام می شود و هم در سطح زمین صورت می پذیرد. روش حرارت سنجی در سطح زمین، یکی از متداول ترین روش های حرارت سنجی است که با هزینه نسبتاً کمی اجرا می شود. برای اندازه گیری حرارت در

سطح زمین، از دستگاه خاصی برای اندازه گیری حرارت زمین استفاده می شود که هدف اصلی این پروژه، ساخت دستگاهی است که در این روش بکار می رود. معمولاً، این دستگاه، یک دماسنج مخصوص می باشد که قادر است هم زمین را تا عمق حدود ۰/۵ متری سوراخ نموده و هم اینکه درجه حرارت آنرا اندازه گیری نماید.

• تدوین دانش فنی مواد و روش های آنالیز شیمیایی آبها و گازها و تولید مواد مربوطه

یکی از روش های اکتشافی برای شناسایی منابع انرژی زمین گرمایی، مطالعات ژئوشیمیایی می باشد که نقش بسزایی در شناخت مشخصات مخازن زمین گرمایی دارد. برای این منظور، معمولاً از آبها و گازهای خروجی از چشمه های آبگرم و چاه های زمین گرمایی، نمونه برداری گردیده و سپس نمونه ها در آزمایشگاه های تخصصی مربوطه، آنالیز می شوند. بدیهی است که فرآیند آنالیز آبها و گازها به کمک روش های استاندارد و مواد به خصوصی انجام می شود. هدف اصلی از اجرای این پروژه، بررسی و شناسایی دقیق روش ها و تولید مواد یاد شده می باشد.

• تهیه و تدوین برنامه استراتژیک و راهبردی برای اجرای یک پروژه زمین گرمایی هیدروترمال تا حصول نتیجه

بدیهی است که به منظور بهره برداری از انرژی زمین گرمایی در یک منطقه خاص، مجموعه ای از فعالیت ها و اقدامات می بایست توسط گروه هایی از متخصصین، تکنسین ها و کارگران مختلف در آن منطقه صورت پذیرد. بدون شک، کلیه فعالیت های یاد شده می بایست در قالب یک برنامه مدون و از پیش تعیین شده اجرا گردد. یادآور می گردد که این فعالیت ها غالباً پی در پی می باشند. بدین معنا که با استفاده از نتایج بدست آمده از مرحله قبلی می توان با اطمینان بیشتری گام بعدی را جهت توسعه کاربرد انرژی زمین گرمایی در منطقه مورد نظر برداشت.

هدف از پیشنهاد این پروژه، مستندسازی و تدوین فعالیت ها و اقداماتی است که جهت بهره برداری از انرژی زمین گرمایی می بایست در یک منطقه خاص صورت پذیرد.

• بومی سازی نرم افزارهای مرتبط جهت تجزیه و تحلیل داده های ژئوفیزیک سطحی به منظور اکتشاف منابع

زمین گرمایی

یکی از روش های مؤثر اکتشافی که نقش به سزایی در شناسایی محدوده و خصوصیات مخازن زمین گرمایی دارد، مطالعات ژئوفیزیکی می باشد. این دسته از مطالعات اکتشافی، بسیار گسترده بوده و شامل روش های حرارتی، الکتریکی، الکترومغناطیسی، لرزه ای و غیره می باشد. پس از طراحی و اجرای یک برنامه اکتشافی ژئوفیزیکی، حجم بسیار زیادی از داده های ژئوفیزیکی بدست می آید که محققین با پردازش و آنالیز آنها، به خصوصیات مخزن زمین گرمایی نهفته در اعماق زمین پی می برند. عملیات پردازش و آنالیز داده های ژئوفیزیکی، کاملاً به وسیله نرم افزارهای تخصصی صورت می پذیرد. نرم

افزارهای تخصصی ژئوفیزیکی تماماً توسط شرکت های بین المللی تهیه شده و ممکن است با وضعیت زمین شناسی منابع زمین گرمایی ایران سازگار نباشند. بنابراین، به منظور بهینه سازی عملیات پردازش و تفسیر داده های ژئوفیزیکی منابع زمین گرمایی کشور، پروژه فوق الذکر، تعریف و پیشنهاد گردید.

• تدوین دانش فنی طراحی مفهومی و ساخت تجهیزات مطالعات MT

یکی از روش های اکتشافی مؤثر در شناسایی منابع انرژی زمین گرمایی، مطالعات ژئوفیزیکی می باشد. مطالعات ژئوفیزیکی شامل روش های متنوعی است که یکی از آنها روش های الکترو مغناطیسی می باشد. مطالعات مگنتوتلوریک یکی از روش های ژئوفیزیکی الکترومغناطیسی است که کاربرد گسترده و مؤثری در اکتشاف منابع انرژی زمین گرمایی دارد. بدیهی است که اجرای مطالعات مگنتوتلوریک وابسته به تجهیزات و دستگاه های به خصوصی می باشد. هدف از این پروژه، مطالعه و بررسی همه جانبه این روش اکتشافی و نهایتاً طراحی و ساخت تجهیزات مربوطه آن می باشد.

• طراحی مفهومی و ساخت تجهیزات مطالعات TEM

یکی از روش های اکتشافی مؤثر در شناسایی منابع انرژی زمین گرمایی، مطالعات ژئوفیزیکی می باشد. مطالعات ژئوفیزیکی شامل روش های متنوعی است که یکی از آنها روش های الکترو مغناطیسی می باشد. مطالعات TEM یکی از روش های ژئوفیزیکی الکترومغناطیسی است که کاربرد گسترده و مؤثری در اکتشاف منابع انرژی زمین گرمایی دارد. بدیهی است که اجرای مطالعات TEM وابسته به تجهیزات و دستگاه های به خصوصی می باشد. هدف از این پروژه، مطالعه و بررسی همه جانبه این روش اکتشافی و نهایتاً طراحی و ساخت تجهیزات مربوطه آن می باشد.

• تدوین دانش فنی طراحی مفهومی و ساخت سیستم برداشت تصاویر مادون قرمز حرارتی

یکی از روش های اکتشافی مؤثر در شناسایی منابع انرژی زمین گرمایی، مطالعات ژئوفیزیکی می باشد. مطالعات ژئوفیزیکی شامل روش های متنوعی است که یکی از آنها روش های حرارتی می باشد. مطالعات حرارت سنجی هوابرد، یکی از روش های ژئوفیزیکی حرارتی است که کاربرد گسترده و مؤثری در اکتشاف منابع انرژی زمین گرمایی به ویژه در مراحل اکتشاف مقدماتی دارد. بدیهی است که اجرای مطالعات حرارت سنجی هوابرد نیازمند تجهیزات و دستگاه های مخصوصی می باشد که هدف از اجرای پروژه یاد شده، مطالعه و بررسی همه جانبه این روش اکتشافی و نهایتاً طراحی و ساخت تجهیزات مربوط به سیستم برداشت تصاویر مادون قرمز حرارتی می باشد.

• تدوین دانش فنی تجهیزات حرارت سنجی در گمانه های کم عمق و ساخت آنها

یکی از روش های اکتشافی مؤثر در شناسایی منابع انرژی زمین گرمایی، مطالعات ژئوفیزیکی می باشد. مطالعات ژئوفیزیکی شامل روش های متنوعی است که یکی از آنها روش های حرارتی می باشد. مطالعات حرارت سنجی در گمانه های کم عمق، یکی از روش های ژئوفیزیکی حرارتی است که کاربرد گسترده و مؤثری در اکتشاف منابع انرژی زمین گرمایی به ویژه در مراحل اکتشاف تکمیلی دارد. بدیهی است که اجرای مطالعات حرارت سنجی در گمانه های کم عمق نیازمند تجهیزات و دستگاه های مخصوصی می باشد که هدف از اجرای پروژه یاد شده، مطالعه و بررسی همه جانبه این روش اکتشافی و نهایتاً طراحی و ساخت تجهیزات مربوط به اندازه گیری حرارت در گمانه ها می باشد.

• تدوین دانش فنی تجهیزات آنالیز ایزوتوپی آبها و گازها و ساخت آنها

یکی از روش های اکتشافی برای شناسایی منابع انرژی زمین گرمایی، مطالعات ژئوشیمیایی می باشد که نقش بسزایی در شناخت مشخصات مخازن زمین گرمایی دارد. برای این منظور، معمولاً از آبها و گازهای خروجی از چشمه های آبگرم و چاه های زمین گرمایی، نمونه برداری ایزوتوپی گردیده و سپس نمونه ها در آزمایشگاه های تخصصی مربوطه، آنالیز می شوند. بدیهی است که فرآیند آنالیز ایزوتوپی آبها و گازها به کمک روش های استاندارد و تجهیزات و دستگاه های مخصوص انجام می شود. هدف اصلی از اجرای این پروژه، بررسی و شناسایی دقیق تجهیزات آنالیز ایزوتوپی آبها و گازها و ساخت آنها می باشد.

• تدوین دانش فنی تجهیزات مورد نیاز آزمایشگاه بررسی خواص سیالات و مخزن زمین گرمایی و ساخت آنها

برای فهم و پیش بینی رفتار حجمی مخازن زمین گرمایی به صورت تابعی از فشار، داشتن اطلاعات کافی از خواص فیزیکی سیالات مخزنی ضروری است. این خواص معمولاً از نتایج آزمایش های نمونه های حقیقی سیالات مخزن تعیین می شوند. اگر این خواص اندازه گیری شده به صورت نتایج آزمایشگاهی موجود نباشند، مهندسان مخزن می توانند با استفاده از برخی روابط تجربی آنها را تعیین کنند. لذا ارزیابی تغییرات درجه حرارت و فشار، تجزیه و تحلیل آزمایشات PVT، بررسی و تخمین خواص سیالات نسبت به فشار و درجه حرارت از اهم کارهای این بخش می باشد. هدف اصلی از اجرای این پروژه، بررسی و تحقیق در خصوص تجهیزات مورد نیاز آزمایشگاه بررسی خواص سیالات و مخزن زمین گرمایی و ساخت آنها می باشد.

۳-۱-۳- اقدامات فنی مورد نیاز در حوزه پمپ های حرارتی زمین گرمایی

اقدامات فنی مورد نیاز برای توسعه فناوری های اولویت دار در حوزه پمپ های حرارتی زمین گرمایی به شرح زیر می باشند.

- تعریف و حمایت از طرح های علمی و صنعتی ساخت تجهیزات خاص پمپ حرارتی

- تدوین فهرست اولویت‌های پژوهشی وزارت نیرو در حوزه پمپ حرارتی زمین گرمایی بر اساس نیازهای واقعی صنعت و کارآفرینان این حوزه و ابلاغ آن به دانشگاه‌ها و پژوهشگاه‌های فعال در این زمینه (فنی)

۳-۱-۴- خوشه پروژه های مرتبط با پمپ های حرارتی انرژی زمین گرمایی

- تدوین دانش فنی طراحی کویل زمینی سیستم‌های پمپ حرارتی زمین گرمایی (GHP)

سیستم‌های پمپ حرارتی زمین گرمایی جزو منابع زمین گرمایی کم عمق تقسیم بندی شده و از انواع سیستم‌های تهویه مطبوعی هستند که از ثابت بودن درجه حرارت در اعماق کم زمین بهره می‌برند. بنابراین، این سیستم‌ها را می‌توان در هر نقطه‌ای از کره زمین اجرا نمود. سیستم پمپ حرارتی زمین گرمایی از دو قسمت کویل زمینی و دستگاه پمپ حرارتی زمین گرمایی تشکیل شده است که تبادل حرارتی بین دستگاه و زمین از طریق کویل زمینی انجام می‌شود. انواع کویل زمینی سیستم پمپ حرارتی زمین گرمایی شامل سیکل بسته عمودی، سیکل بسته افقی، سیکل باز و سیکل دریاچه ای می‌باشند. هدف اصلی از این پروژه، استخراج جزئیات طراحی کویل زمینی سیستم های GHP، مستندسازی اطلاعات و طبقه بندی آنها می‌باشد و در نهایت، خروجی پروژه، آگاهی و اشراف کامل به کلیه مراحل طراحی کویل های زمینی این سیستم‌ها خواهد بود.

- تدوین دانش فنی و ساخت تجهیزات حفاری سیستم‌های پمپ حرارتی زمین گرمایی (GHP)

سیستم‌های پمپ حرارتی زمین گرمایی جزو منابع زمین گرمایی کم عمق تقسیم بندی شده و از انواع سیستم‌های تهویه مطبوعی هستند که از ثابت بودن درجه حرارت در اعماق کم زمین بهره می‌برند. بنابراین، این سیستم‌ها را می‌توان در هر نقطه‌ای از کره زمین اجرا نمود. سیستم های پمپ های حرارتی زمین گرمایی به دو بخش باز و بسته تقسیم می‌شوند. یکی از اجزای مهم سیستم‌های پمپ حرارتی بسته، کویل زمینی آنها می‌باشد. کویل‌های زمینی به دو صورت عمودی و افقی، طراحی و اجرا می‌باشند. به منظور نصب و راه اندازی کویل زمینی به دستگاه‌های حفاری خاصی نیاز است. هدف اصلی این پروژه، تدوین دانش فنی، طراحی و ساخت تجهیزات یاد شده می‌باشد. دست‌آورد نهایی این پروژه، اشراف کامل نسبت به همه جوانب و جزئیات طراحی و ساخت تجهیزات حفاری سیستم‌های پمپ حرارتی زمین گرمایی می‌باشد.

- تدوین دانش فنی سیستم‌های کنترلی و محافظتی پمپ‌های حرارتی زمین گرمایی (GHP)

سیستم‌های پمپ حرارتی زمین گرمایی جزو منابع زمین گرمایی کم عمق تقسیم بندی شده و در واقع، سیستم‌های تهویه مطبوعی هستند که از ثابت بودن درجه حرارت در اعماق کم زمین بهره می‌برند. بنابراین، این سیستم‌ها را می‌توان در هر نقطه‌ای از کره زمین اجرا نمود. اجزای سیستم‌های پمپ حرارتی شامل اتصالات، لوله ها، فن ها، پمپ ها و ... کویل زمینی می‌باشند.

باشند. ارتباط سیستم‌های روی زمین با کویل زمینی توسط همین لوله و اتصالات صورت می‌گیرد. بهبود عملکرد این سیستم‌ها، نیازمند تجهیزات کنترلی و محافظتی خاصی می‌باشد. هدف اصلی این پروژه، آگاهی یافتن از سیستم‌های کنترلی و محافظتی پمپ‌های حرارتی زمین گرمایی است.

• تدوین دانش فنی سیال کاری کویل زمینی سیستم‌های بسته پمپ‌های حرارتی زمین گرمایی (GHP)

سیستم‌های پمپ حرارتی زمین گرمایی جزو منابع زمین گرمایی کم عمق تقسیم بندی شده و در واقع، سیستم‌های تهویه مطبوعی هستند که از ثابت بودن درجه حرارت در اعماق کم زمین بهره می‌برند. بنابراین، این سیستم‌ها را می‌توان در هر نقطه‌ای از کره زمین اجرا نمود. سیستم پمپ حرارتی زمین گرمایی از دو قسمت کویل زمینی و دستگاه پمپ حرارتی زمین-گرمایی تشکیل شده است که تبادل حرارتی بین دستگاه و زمین از طریق کویل زمینی انجام می‌شود. انواع کویل زمینی سیستم پمپ حرارتی زمین گرمایی شامل سیکل بسته عمودی، سیکل بسته افقی، سیکل باز و سیکل دریاچه ای می‌باشند. در سیستم‌های موجود، از آب به عنوان سیال انتقال دهنده حرارت بین کویل زمینی و پمپ حرارتی استفاده می‌شود. این در حالی است که به نظر برخی از متخصصین، احتمالاً می‌توان به کمک سیال‌های دیگر، بازده سیستم‌های پمپ حرارتی را به میزان قابل توجهی افزایش داد. هدف اصلی از اجرای این پروژه، بررسی و تحقیق و شناسایی سیال کاری جدید برای سیستم‌های پمپ حرارتی می‌باشد.

• تدوین دانش فنی و ساخت تجهیزات پمپ‌های حرارتی زمین گرمایی (GHP) توسعه یافته

سیستم پمپ حرارتی زمین گرمایی جزء منابع زمین گرمایی کم عمق تقسیم بندی شده و از انواع سیستم‌های تهویه مطبوعی هستند که از ثابت بودن درجه حرارت در اعماق کم زمین بهره می‌برند. بنابراین، این سیستم‌ها را می‌توان در هر نقطه‌ای از کره زمین اجرا نمود. سیستم پمپ حرارتی زمین گرمایی از دو قسمت کویل زمینی و دستگاه پمپ حرارتی زمین گرمایی تشکیل شده است که تبادل حرارتی بین دستگاه و زمین از طریق کویل زمینی انجام می‌شود. انواع کویل زمینی سیستم پمپ حرارتی زمین-گرمایی شامل سیکل بسته عمودی، سیکل بسته افقی، سیکل باز و سیکل دریاچه ای می‌باشند. سیستم‌های موجود از لحاظ راندمان به عدد مشخصی دست یافته اند. بدیهی است که با انجام مطالعات و تحقیقات بیشتر در خصوص اجزای مختلف سیستم‌های پمپ حرارتی می‌توان از یک سو بازدهی آنها را افزایش داده و از سوی دیگر مصرف برق آنها را کاهش داد. هدف از اجرای این پروژه، شناسایی روش‌ها، مواد و تجهیزات پیشرفته ای است که منجر به تأمین اهداف یاد شده می‌گردد.

• تدوین دانش فنی مبدل‌های حرارتی پمپ‌های حرارتی زمین گرمایی (GHP)

سیستم پمپ حرارتی زمین گرمایی جزء منابع زمین گرمایی کم عمق تقسیم بندی شده و از انواع سیستم‌های تهویه مطبوعی هستند که از ثابت بودن درجه حرارت در اعماق کم زمین بهره می‌برند. بنابراین، این سیستم‌ها را می‌توان در هر نقطه‌ای از کره زمین اجرا نمود. یکی از اجزاء بسیار مهم پمپ‌های حرارتی، مبدل‌ها باشند. مبدل‌ها نقش مهمی در انتقال حرارت از سیال کوپل زمینی به سیال سیستم تهویه مطبوع سطحی دارد. اختلاف درجه دمایی سیال‌های یاد شده، تأثیر زیادی بر کارایی مبدل‌های حرارتی دارد. استفاده از مبدل‌های بزرگتر باعث افزایش میزان انتقال حرارت می‌شود، اما به طبع آن، هزینه ساخت مبدل نیز افزایش می‌یابد. بنابراین، اندازه مبدل‌ها به گونه‌ای انتخاب می‌شود که هزینه‌های ساخت آنها از ارقام متعارف فراتر نرود. هدف از این پروژه، بررسی و تحقیق در خصوص مبدل‌های حرارتی متداول در سیستم‌های پمپ حرارتی زمین گرمایی به منظور طراحی و ساخت احتمالی آنها در آینده می‌باشد.

• تدوین آیین نامه استانداردهای مرتبط با آزمایش پمپ‌های حرارتی زمین گرمایی (GHP) بسته

سیستم پمپ حرارتی زمین گرمایی جزء منابع زمین گرمایی کم عمق تقسیم بندی شده و از انواع سیستم‌های تهویه مطبوعی هستند که از ثابت بودن درجه حرارت در اعماق کم زمین بهره می‌برند. بنابراین، این سیستم‌ها را می‌توان در هر نقطه‌ای از کره زمین اجرا نمود. در حال حاضر در کشور، آیین نامه و استاندارد خاصی جهت تعیین رتبه سیستم‌های پمپ حرارتی زمین-گرمایی بسته و نیز آزمایش دستگاه‌های مربوطه وجود ندارد. هدف از طرح این پروژه، بررسی و تهیه استانداردهای لازم به منظور آزمایش دستگاه‌های پمپ حرارتی بسته و تعیین میزان مصرف انرژی این دستگاه‌ها می‌باشد.

• تدوین دانش فنی و تولید گروت و بررسی و تحقیق در خصوص عملیات گروت‌ریزی سیستم‌های پمپ حرارتی

زمین گرمایی (GHP)

سیستم‌های پمپ حرارتی زمین گرمایی جزء منابع زمین گرمایی کم عمق تقسیم بندی شده و در واقع، سیستم‌های تهویه مطبوعی هستند که از ثابت بودن درجه حرارت در اعماق کم زمین بهره می‌برند. بنابراین، این سیستم‌ها را می‌توان در هر نقطه‌ای از کره زمین اجرا نمود. یکی از اجزای مهم سیستم‌های پمپ حرارتی زمین گرمایی، کوپل زمینی می‌باشد که معمولاً به دو صورت افقی و عمودی، طراحی و اجرا می‌گردد. در کوپل‌های زمینی عمودی، بر حسب ظرفیت گرمایش-سرمایش مورد نیاز، تعدادی چاه در محل نصب سیستم پمپ حرارتی حفر می‌گردد. پس از استقرار لوله‌ها در چاه‌ها و در حین پرکردن آنها، از ماده‌ای به نام گروت به عنوان رابط بین لوله و زمین، جهت انتقال حرارت مؤثرتر از لوله به زمین و بالعکس، استفاده

می‌شود. از جمله پارامترهای مهم در حین تهیه گروت، برآورد ضریب انتقال حرارت زمین و لوله می باشد. ضرایب فوق الذکر، نقش مهمی در تعیین طول لوله و همچنین جنس گروت مورد نیاز سیستم‌های پمپ حرارتی دارند. بنابراین، تهیه و بهره برداری از گروت مناسب، موجب افزایش راندمان سیستم‌های پمپ حرارتی زمین گرمایی و همچنین افزایش ضریب انتقال حرارت، در کویل زمینی آنها می‌گردد.

- تهیه بسته آموزشی جهت آموزش طراحان و مهندسیین مشاور در حوزه پمپ های حرارتی (شامل آموزش طراحی و کاربرد سیستم های GHP در ساختمان‌ها، ممیزی انرژی، محاسبات اقتصادی مربوطه و کاربرد نرم افزارهای طراحی)

همانند سازمان نظام مهندسی ساختمان که به منظور تعیین و ارتقا سطح علمی مهندسیین، اقدام به برگزاری دوره های آموزشی مناسب در حوزه فعالیت های ساختمانی و تعیین رتبه علمی اعضای خود می‌نماید، می توان سازمان مشابهی را در حوزه پمپ های حرارتی زمین گرمایی، ایجاد نمود. بدیهی است که سازمان مورد نظر، متولی برگزاری دوره های آموزشی مرتبط با سیستم های پمپ حرارتی زمین گرمایی خواهد بود.

هدف از ارائه پروژه فوق الذکر، گردآوری مطالب، تهیه مواد آموزشی و نهایتاً طراحی و تدوین دوره‌های آموزشی مورد نیاز برای طراحان و مهندسیین مشاور آتی فعال در حوزه سیستم های پمپ حرارتی زمین گرمایی در کشور می‌باشد.

- تدوین دانش فنی و ساخت کمپرسور سیستم های پمپ حرارتی زمین گرمایی (GHP)

سیستم پمپ حرارتی زمین گرمایی جزء منابع زمین گرمایی کم عمق تقسیم بندی شده و از انواع سیستم‌های تهویه مطبوعی هستند که از ثابت بودن درجه حرارت در اعماق کم زمین بهره می‌برند. بنابراین، این سیستم‌ها را می‌توان در هر نقطه‌ای از کره زمین اجرا نمود. یکی از مهم‌ترین تجهیزات سیکل پمپ حرارتی، کمپرسور می‌باشد. کمپرسور، پرتحرک‌ترین قسمت این سیکل است. به طور کلی کمپرسورها باید اختلاف فشار نسبتاً زیادی با نرخ جریان متوسط را تأمین کنند، که برای این منظور، کمپرسورهای رفت و برگشتی جابجائی مثبت، دارای بیشترین کاربرد هستند. از جمله عوامل مهم در انتخاب کمپرسورها، قابلیت بالا و قیمت پایین می باشند. هدف اصلی از پیشنهاد و ارائه پروژه فوق الذکر، بررسی و مطالعه همه جانبه در خصوص کمپرسورهای مورد استفاده در سیستم های پمپ حرارتی زمین گرمایی و ساخت حداقل یک نمونه از آنها می باشد.

۳-۱-۵- اقدام فنی مورد نیاز در حوزه تعمیر و نگهداری چاه های زمین گرمایی

اقدامات فنی مورد نیاز برای توسعه فناوری های اولویت دار در حوزه تعمیر و نگهداری چاه های زمین گرمایی می تواند شامل تعریف پروژه های لازم جهت شکل گیری بانک اطلاعاتی زمین گرمایی برای استفاده دانشجویان و متخصصین در این زمینه باشد.

۳-۱-۶- خوشه پروژه های مرتبط با تعمیر و نگهداری چاه های زمین گرمایی

• تدوین دانش فنی شیرآلات سرچاهی زمین گرمایی و طراحی مفهومی و ساخت یک نمونه از آنها

شیرآلات سرچاهی، مجموعه ای از تجهیزات و ادوات هستند که وظیفه اصلی آنها مدیریت و کنترل جریان بخار یا آب داغ خروجی از چاه ها می باشد. علاوه بر این، از این تجهیزات به منظور نمونه برداری از سیال زمین گرمایی نیز استفاده می شود. بخش اعظم فناوری های به کار رفته در شیرآلات سرچاهی زمین گرمایی، از صنعت نفت اقتباس شده است. مهم ترین تفاوت شیر آلات زمین گرمایی با صنعت نفت، درجه حرارت سیال عبور کننده از شیرآلات می باشد. بنابراین، شیرآلات مورد استفاده در چاه های زمین گرمایی می بایست مقاومت حرارتی بالایی داشته و نسبت به سیال های زمین گرمایی خورنده، مقاوم باشد. هدف اصلی از پیشنهاد و ارائه پروژه فوق الذکر، بررسی و تدوین دانش فنی شیرآلات سرچاهی زمین گرمایی و ساخت یک نمونه از آنها می باشد.

• طراحی و ساخت سیستم بازدارنده رسوب گذاری در چاه های زمین گرمایی

تعمیر و نگهداری چاه های زمین گرمایی نقش بسیار مهمی در بهره برداری بهینه از منابع انرژی زمین گرمایی دارد. صنعت انرژی زمین گرمایی در دهه های اخیر رشد شگرفی داشته است. لذا جهت بهره برداری اصولی از مخزن زمین گرمایی، استفاده از روش های صحیح تعمیر و نگهداری جهت افزایش عمر آن ضروری می باشد. استفاده از چاه های زمین گرمایی به منظور تولید انرژی و در واقع با هدف دستیابی به یک منبع انرژی پایدار و قابل اعتماد، در صورتی بهینه می باشد که روش های بهره برداری و پیش بینی مناسبی در پیش گرفته شده باشد. یکی از مشکلاتی که در حین بهره برداری از چاه های زمین گرمایی به وجود می آید، رسوب گذاری (پوسته گذاری) مواد مختلف در جداره لوله ها می باشد. کلسیت جزو متداول ترین موادی است که معمولاً در چاه های زمین گرمایی رسوب می نماید. رسوب کلسیت در سیستم چاه های زمین گرمایی باعث افت جریان سیال می شود که اگر این روال بدون در نظر گرفتن تمهیدات پیشگیرانه ادامه یابد منجر به توقف کامل سیال زمین گرمایی می شود. هدف اصلی از پیشنهاد و ارائه این پروژه، بررسی و مطالعه همه جانبه در خصوص سیستم بازدارنده رسوب در چاه های زمین گرمایی و ساخت یک نمونه از آن می باشد.

• تدوین دانش فنی تعمیر و نگهداری از شیرآلات سرچاهی زمین گرمایی

شیرآلات سرچاهی، مجموعه ای از تجهیزات و ادوات هستند که وظیفه اصلی آنها مدیریت و کنترل جریان بخار یا آب داغ خروجی از چاهها می باشد. علاوه بر این، از این تجهیزات به منظور نمونه برداری از سیال زمین گرمایی نیز استفاده می شود. بخش اعظم فناوری های به کار رفته در شیرآلات سرچاهی زمین گرمایی، از صنعت نفت اقتباس شده است. مهم ترین تفاوت شیر آلات زمین گرمایی با صنعت نفت، درجه حرارت سیال عبور کننده از شیرآلات می باشد. بنابراین، شیرآلات مورد استفاده در چاه های زمین گرمایی می بایست مقاومت حرارتی بالایی داشته و نسبت به سیال های زمین گرمایی خورنده، مقاوم باشد. بدیهی است که عملکرد بهینه شیرآلات سرچاهی زمانی محقق می گردد که در حین استفاده، عملیات تعمیر و نگهداری آنها نیز با دقت و در موعد مقرر صورت پذیرد. هدف اصلی از پیشنهاد و ارائه پروژه فوق الذکر، بررسی و تدوین دانش فنی عملیات تعمیر و نگهداری شیرآلات سرچاهی زمین گرمایی می باشد.

• تدوین دانش فنی و طراحی و ساخت تجهیزات بازبینی درون چاه های زمین گرمایی

پس از حفر چاه های زمین گرمایی و پیش از آغاز تولید بخار یا آب داغ از آنها، با استفاده از تجهیزات و دستگاه های به خصوص شرایط اولیه چاه حفر شده، مشخص می گردد. از سوی دیگر پس از بهره برداری از چاه های زمین گرمایی، ممکن است شرایط چاه تغییر نموده و میزان تولید سیال آن کاهش یابد. در این حالت، به منظور بررسی دقیق مشکلات به وجود آمده در چاه، از تجهیزات بازبینی درون چاهی استفاده می گردد. تجهیزات مذکور با استفاده از سنسورهای مختلف، شرایط درون چاه را به دقت بررسی می نمایند. بدیهی است که پس از مشخص شدن مشکلات به وجود آمده در چاه می توان نسبت به رفع آنها و بازگشت چاه به شرایط عادی خود اقدام نمود. هدف اصلی از پیشنهاد و ارائه پروژه فوق الذکر، مطالعه و تحقیق در خصوص تجهیزات بازبینی درون چاه و ساخت یک نمونه از آنها می باشد.

• تدوین دانش فنی طراحی و تولید مواد و ساخت تجهیزات لازم جهت جلوگیری از خوردگی لوله ها در چاه های زمین-

گرمایی

تعمیر و نگهداری چاه های زمین گرمایی نقش بسیار مهمی در بهره برداری بهینه از منابع انرژی زمین گرمایی دارد. صنعت انرژی زمین گرمایی در دهه های اخیر رشد شگرفی داشته است. لذا جهت بهره برداری اصولی از مخزن زمین گرمایی، استفاده از روش های صحیح تعمیر و نگهداری جهت افزایش عمر آن ضروری می باشد. استفاده از چاه های زمین گرمایی به منظور تولید انرژی و در واقع با هدف دستیابی به یک منبع انرژی پایدار و قابل اعتماد، در صورتی بهینه می باشد که روش های بهره برداری و پیش

بینی مناسبی در پیش گرفته شده باشد. یکی از مشکلاتی که در حین بهره برداری از چاههای زمین گرمایی به وجود می آید، خوردگی در جداره لوله‌ها می‌باشد. وجود گاز H_2S در چاه های زمین گرمایی موجب بروز خوردگی شدید در شیرآلات و تجهیزات درون چاه می‌گردد. هدف اصلی از پیشنهاد و ارائه این پروژه، بررسی و تحقیق در خصوص مواد و تجهیزات جلوگیری از خوردگی لوله‌ها در چاه‌های زمین گرمایی و ساخت آنها می‌باشد.

• تدوین دانش فنی و ساخت تجهیزات انتقال بهینه سیال زمین گرمایی (مانند لوله‌های آلینیوس)

پس از حفر چاه های زمین گرمایی، یکی از اقداماتی که جهت بهره برداری از سیال زمین گرمایی به عمل می آید طراحی و اجرای سیستم انتقال سیال از چاه ها به نیروگاه زمین گرمایی و یا طرح های کاربرد مستقیم می باشد. تجربه نشان داده است که دو مشکل پوسته گذاری و خوردگی، فرآیند انتقال سیال زمین گرمایی را مختل نموده و موجب کاهش بازدهی نیروگاه های زمین گرمایی و یا طرح های کاربرد مستقیم می گردد. محققین و متخصصین فعال در این حوزه، تجهیزات و لوله هایی (مانند لوله های آلینیوس) را تولید کرده اند که علاوه بر تحمل فشار و حرارت های بالا، در برابر خوردگی و پوسته گذاری نیز مقاوم می باشند. از آنجایی که فناوری ساخت لوله ها و تجهیزات فوق الذکر در کشور موجود نمی باشد، لذا هدف از پیشنهاد و ارائه این پروژه، دستیابی به دانش فنی و ساخت تجهیزات مورد اشاره می باشد.

۳-۱-۷- اقدام فنی مورد نیاز در حوزه نیروگاه های زمین گرمایی

اقدامات فنی مورد نیاز برای توسعه فناوری های اولویت دار در حوزه نیروگاه های زمین گرمایی به شرح زیر می باشند.

- انجام مطالعات امکان سنجی توسعه فناوری های نیروگاهی
- تسریع پروژه پایلوت ۵ مگاواتی مشکین شهر از طریق تأمین زیرساخت های فنی و شبکه ای لازم
- تعریف و حمایت از پروژه های پژوهشی برای تسلط بر طراحی مفهومی تجهیزات و نیروگاه های زمین گرمایی
- تدوین فهرست اولویت های پژوهشی وزارت نیرو در حوزه نیروگاه زمین گرمایی بر اساس نیازهای واقعی صنعت و کارآفرینان این حوزه و ابلاغ آن به دانشگاه ها و پژوهشگاه های فعال در این زمینه (فنی)

۳-۱-۸- خوشه پروژه های مرتبط با نیروگاه های زمین گرمایی

• شناسایی گلوگاه های فناورانه نیروگاه های تبخیرآنی

نخستین نیروگاه زمین گرمایی کشور در منطقه مشکین شهر استان اردبیل در دست ساخت می باشد. بدیهی است که این پروژه در نوع خود در کشور منحصر به فرد بوده و شرکت های مهندسی مشاور و پیمانکاران فعال در حوزه های نیروگاهی،

تاکنون تجربه طراحی و احداث نیروگاه های زمین گرمایی را نداشته اند. بنابراین، بدون شک متخصصین و پیمانکاران درگیر در پروژه فوق الذکر، در حین اجرای پروژه با مشکلات و کمبودهایی مواجه خواهند شد. هدف نهایی از ارائه این پروژه، شناسایی و مستندسازی مشکلات به وجود آمده در حین احداث نیروگاه و راهکارهای رفع آنها می باشد. با استفاده از نتایج اجرای این پروژه، می توان نیروگاه های تبخیر آبی آینده را با دقت و سرعت بیشتر و هزینه کمتر احداث نمود.

• تدوین دانش فنی طراحی نیروگاه های تبخیر آبی

پس از شناسایی پتانسیل انرژی زمین گرمایی در بخش هایی از کشور، مشخص گردید که در بین مناطق امیدبخش شناسایی شده، برخی از آنها توانایی تولید برق با استفاده از سیکل تبخیر آبی را دارند. از آنجایی که نخستین گام جهت احداث نیروگاه- های زمین گرمایی تبخیر آبی، دستیابی به دانش طراحی این قبیل نیروگاه ها می باشد، لذا پروژه فوق الذکر جهت اجرا پیشنهاد می گردد. بدیهی است که با اجرای این پروژه، حجم انبوهی از دانش فنی در حوزه طراحی انواع نیروگاه های تبخیر آبی تولید شده و مستندسازی خواهد شد.

• تدوین دانش فنی عملیات نصب و راه اندازی نیروگاه های تبخیر آبی

از آنجایی که در حال حاضر، نیروگاه زمین گرمایی مشکین شهر در استان اردبیل در دست احداث می باشد، لذا به طور قطع، حجم زیادی از اطلاعات و تجربه در خصوص عملیات نصب و راه اندازی نیروگاه زمین گرمایی مشکین شهر در اختیار پیمانکاران و مشاورین درگیر در پروژه خواهد بود. بدیهی است که چنانچه تجربیات بدست آمده از اجرای این پروژه، گردآوری، تدوین و مستند سازی نگردد، بسیاری از تجربیات و اطلاعات بدست آمده در حوزه نصب و راه اندازی نیروگاه های زمین گرمایی تبخیر آبی، به سایر متخصصین و کارشناسان فعال در حوزه ساخت نیروگاه های مذکور انتقال داده نخواهد شد. بنابراین، هدف از ارائه این پروژه، به طور اعم تدوین دانش فنی عملیات نصب و راه اندازی نیروگاه های تبخیر آبی می باشد.

• طراحی، نصب و راه اندازی دومین نیروگاه زمین گرمایی تبخیر آبی کشور

با احداث نخستین نیروگاه زمین گرمایی تبخیر آبی کشور در منطقه مشکین شهر، متخصصین، مشاورین و پیمانکاران درگیر در احداث نیروگاه فوق الذکر، دانش فنی و تجربیات ارزشمند زیادی در حوزه ساخت این دسته از نیروگاه ها به دست خواهند آورد. بنابراین، طراحی و ساخت دومین نیروگاه زمین گرمایی کشور (از نوع تبخیر آبی) با دقت و سهولت بیشتر و به احتمال زیاد با هزینه کمتر انجام خواهد شد. هدف از ارائه این پروژه، استفاده بهینه از تجربیات بدست آمده از ساخت نخستین نیروگاه زمین گرمایی تبخیر آبی کشور در احداث دومین نیروگاه از این دسته در کشور خواهد بود.

• طراحی و ساخت یک نیروگاه پایلوت زمین گرمایی دومداره

نتایج حاصل از پروژه های پتانسیل سنجی منابع انرژی زمین گرمایی در کشور، نشان می دهد که بخش عمده منابع زمین گرمایی ایران از نوع حرارت پائین تا متوسط می باشد. اگرچه این دسته از منابع زمین گرمایی، عمدتاً برای استفاده در طرح های کاربرد مستقیم، مناسب می باشند، با این وجود به کمک نیروگاه های زمین گرمایی دومداره می توان از سیال منابع زمین گرمایی فوق الذکر، برق نیز تولید نمود. نیروگاه های دومداره خاص منابع حرارت پائین بوده و بهره برداری از آنها در اکثر کشورهای دارای پتانسیل انرژی زمین گرمایی، در حال گسترش می باشد. از آنجایی که تاکنون در کشور این دسته از نیروگاه های زمین گرمایی، طراحی و احداث نشده است لذا پروژه فوق الذکر پیشنهاد می گردد.

• مستندسازی نتایج به دست آمده از پروژه ساخت نیروگاه زمین گرمایی دومداره

به طور قطع، در حین احداث نخستین نیروگاه زمین گرمایی دومداره کشور، حجم زیادی از اطلاعات و تجربه در خصوص عملیات نصب و راه اندازی نیروگاه های مذکور در اختیار پیمانکاران و مشاورین درگیر در پروژه قرار خواهد گرفت. بدیهی است که چنانچه تجربیات بدست آمده از احداث نخستین نیروگاه زمین گرمایی دومداره، گردآوری، تدوین و مستند سازی نگردد، بسیاری از تجربیات و اطلاعات بدست آمده در حوزه نصب و راه اندازی نیروگاه های زمین گرمایی دومداره، به سایر متخصصین و کارشناسان فعال در حوزه ساخت نیروگاه های مذکور انتقال داده نخواهد شد. بنابراین، هدف از ارائه این پروژه، به طور اعم مستندسازی نتایج به دست آمده از پروژه ساخت نیروگاه دومداره، خواهد بود.

• شناسایی گلوگاه های فناورانه بهره برداری از نیروگاه های زمین گرمایی دومداره

نتایج حاصل از پروژه های پتانسیل سنجی منابع انرژی زمین گرمایی در کشور، نشان می دهد که بخش عمده منابع زمین گرمایی ایران از نوع حرارت پائین تا متوسط می باشد. اگرچه این دسته از منابع زمین گرمایی، عمدتاً برای استفاده در طرح های کاربرد مستقیم، مناسب می باشند، با این وجود به کمک نیروگاه های زمین گرمایی دومداره می توان از سیال منابع زمین گرمایی فوق الذکر، برق نیز تولید نمود. نیروگاه های دومداره خاص منابع حرارت پائین بوده و بهره برداری از آنها در اکثر کشورهای دارای پتانسیل انرژی زمین گرمایی، در حال گسترش می باشد. بنابراین، بدون شک متخصصین و پیمانکاران درگیر در پروژه فوق الذکر، در حین اجرای پروژه با مشکلات و کمبودهایی مواجه خواهند شد.

هدف نهایی از ارائه این پروژه، شناسایی و مستندسازی مشکلات به وجود آمده در حین احداث نیروگاه فوق الذکر و راهکارهای رفع آنها می باشد. با استفاده از نتایج اجرای این پروژه، می توان نیروگاه های دومداره آینده را با دقت و سرعت بیشتر و احتمالاً هزینه کمتر احداث نمود.

• طراحی و ساخت دومین نیروگاه زمین گرمایی دومداره در کشور

نتایج حاصل از پروژه های پتانسیل سنجی منابع انرژی زمین گرمایی در کشور، نشان می دهد که بخش عمده منابع زمین-گرمایی ایران از نوع حرارت پائین تا متوسط می باشد. اگرچه این دسته از منابع زمین گرمایی، عمدتاً برای استفاده در طرح های کاربرد مستقیم، مناسب می باشند، با این وجود به کمک نیروگاه های زمین گرمایی دومداره می توان از سیال منابع زمین گرمایی فوق الذکر، برق نیز تولید نمود. نیروگاه های دومداره خاص منابع حرارت پائین بوده و بهره برداری از آنها در اکثر کشورهای دارای پتانسیل انرژی زمین گرمایی، در حال گسترش می باشد.

با احداث نخستین نیروگاه زمین گرمایی دومداره در کشور، متخصصین، مشاورین و پیمانکاران درگیر در احداث نیروگاه فوق الذکر، دانش فنی و تجربیات ارزشمند زیادی در حوزه ساخت این دسته از نیروگاه ها به دست خواهند آورد. بنابراین، طراحی و ساخت دومین نیروگاه زمین گرمایی کشور (از نوع دومداره) با دقت و سهولت بیشتر و به احتمال زیاد با هزینه کمتر انجام خواهد شد. هدف از ارائه این پروژه، استفاده بهینه از تجربیات بدست آمده از ساخت نخستین نیروگاه زمین گرمایی دومداره کشور در احداث دومین نیروگاه دومداره کشور خواهد بود.

• طراحی و ساخت تجهیزات نیروگاه های زمین گرمایی دومداره و آزمایشگاه های مربوطه

نتایج حاصل از پروژه های پتانسیل سنجی منابع انرژی زمین گرمایی در کشور، نشان می دهد که بخش عمده منابع زمین-گرمایی ایران از نوع حرارت پائین تا متوسط می باشد. اگرچه این دسته از منابع زمین گرمایی، عمدتاً برای استفاده در طرح های کاربرد مستقیم، مناسب می باشند، با این وجود به کمک نیروگاه های زمین گرمایی دومداره می توان از سیال منابع زمین گرمایی فوق الذکر، برق نیز تولید نمود. نیروگاه های دومداره خاص منابع حرارت پائین بوده و بهره برداری از آنها در اکثر کشورهای دارای پتانسیل انرژی زمین گرمایی، در حال گسترش می باشد.

پس از احداث نخستین نیروگاه زمین گرمایی دومداره در کشور، دانش، اطلاعات و تجربه بسیار زیادی در حوزه ساخت این دسته از نیروگاه های زمین گرمایی، در اختیار مشاورین، پیمانکاران و سایر دست اندرکاران نیروگاه های دومداره قرار خواهد گرفت. به طور قطع، طی مراحل ساخت نخستین نیروگاه دومداره کشور، گلوگاه ها و مشکلات ساخت نیروگاه مذکور، مشخص گردیده و توسط گروهی از کارشناسان مستند سازی می گردد. بنابراین، پس از انجام اقدامات و فعالیت های فوق الذکر، شرکت های داخلی توانمندی طراحی و ساخت تجهیزات نیروگاه های دومداره و همچنین تجهیزات آزمایشگاهی مورد نیاز برای این دسته از نیروگاه را بدست خواهند آورد که این موضوع، هدف اصلی از ارائه پروژه طراحی و ساخت تجهیزات نیروگاه های دومداره و آزمایشگاه های مربوطه، می باشد.

۳-۱-۹- اقدام فنی مورد نیاز در حوزه منابع زمین گرمایی پیشرفته (EGS)

اقدامات فنی مورد نیاز برای توسعه فناوری های اولویت دار در حوزه منابع زمین گرمایی پیشرفته می تواند شامل تعریف پروژه های لازم جهت شکل گیری بانک اطلاعاتی زمین گرمایی برای استفاده دانشجویان و متخصصین در این زمینه باشد.

۳-۱-۱۰- خوشه پروژه های مرتبط با منابع زمین گرمایی پیشرفته (EGS)

• تدوین دانش فنی مطالعات اکتشافی منابع زمین گرمایی پیشرفته (EGS)

منابع زمین گرمایی پیشرفته (Enhanced/Engineered Geothermal Systems: EGS) به آن دسته از سیستم های زمین گرمایی اطلاق می شود که در آن منابع هیدروترمال به طور مصنوعی تشکیل شده و از انرژی آن جهت تولید برق استفاده می شود. در این سیستم ها مخازن هیدروترمال مصنوعی در اعماق پوسته و در جایی که سنگ های داغ به دلیل عدم وجود سیال و یا نفوذپذیری مناسب، تا پیش از این غیرقابل استفاده بوده اند، تشکیل گردیده و از انرژی آنها بهره برداری می شود. به دلیل نیاز این پروژه ها به هزینه زیاد و همچنین فناوری ها و تجهیزات پیشرفته، اکثر پروژه های EGS در دنیا در مرحله تحقیقاتی بوده و یا حتی اگر با هدف تجاری نیز در حال اجرا هستند، در مراحل اولیه خود می باشند. با توجه به توضیحات فوق، مشخص می گردد که مراحل اکتشاف منابع EGS با منابع زمین گرمایی هیدروترمال تفاوت هایی دارد بنابراین، به منظور بررسی و تحقیق در خصوص مطالعات اکتشافی منابع زمین گرمایی پیشرفته، پروژه یاد شده پیشنهاد گردید.

• پتانسیل سنجی سراسری منابع زمین گرمایی پیشرفته در کشور

منابع زمین گرمایی پیشرفته (Enhanced/Engineered Geothermal Systems: EGS) به آن دسته از سیستم های زمین گرمایی اطلاق می شود که در آن منابع هیدروترمال به طور مصنوعی تشکیل شده و از انرژی آن جهت تولید برق استفاده می شود. در این سیستم ها مخازن هیدروترمال مصنوعی در اعماق پوسته و در جایی که سنگ های داغ به دلیل عدم وجود سیال و یا نفوذپذیری مناسب، تا پیش از این غیرقابل استفاده بوده اند، تشکیل گردیده و از انرژی آنها بهره برداری می شود. به دلیل نیاز این پروژه ها به هزینه زیاد و همچنین فناوری ها و تجهیزات پیشرفته، اکثر پروژه های EGS در دنیا در مرحله تحقیقاتی بوده و یا حتی اگر با هدف تجاری نیز در حال اجرا هستند، در مراحل اولیه خود می باشند. از آنجایی که تاکنون مطالعه سیستماتیک و مدونی در خصوص شناسایی منابع زمین گرمایی پیشرفته در کشور صورت نگرفته است، لذا پروژه فوق الذکر پیشنهاد و ارائه گردید.

• اجرای یک پروژه پایلوت نیروگاه زمین گرمایی پیشرفته (EGS) در مناسب ترین منطقه امیدبخش کشور

منابع زمین گرمایی پیشرفته (Enhanced/Engineered Geothermal Systems: EGS) به آن دسته از سیستم های زمین-گرمایی اطلاق می شود که در آن منابع هیدروترمال به طور مصنوعی تشکیل شده و از انرژی آن جهت تولید برق استفاده می-شود. در این سیستم ها مخازن هیدروترمال مصنوعی در اعماق پوسته و در جایی که سنگ های داغ به دلیل عدم وجود سیال و یا نفوذپذیری مناسب، تا پیش از این غیرقابل استفاده بوده اند، تشکیل گردیده و از انرژی آنها بهره برداری می شود. به دلیل نیاز این پروژه ها به هزینه زیاد و همچنین فناوری ها و تجهیزات پیشرفته، اکثر پروژه های EGS در دنیا در مرحله تحقیقاتی بوده و یا حتی اگر با هدف تجاری نیز در حال اجرا هستند، در مراحل اولیه خود می باشند. پس از تدوین دانش فنی مطالعات اکتشافی منابع EGS و همچنین اجرای پروژه پتانسیل سنجی سراسری منابع آن در کشور، مناسب ترین منطقه اکتشافی در کشور به منظور تولید برق از منابع زمین گرمایی پیشرفته، مشخص خواهد گردید. بدیهی است که جهت پیاده سازی دانش بدست آمده در حوزه اکتشاف و تولید برق از منابع زمین گرمایی پیشرفته در کشور می بایست یک پروژه عملیاتی و اجرایی در این خصوص انجام شود. هدف اصلی از این پروژه، کسب دانش و تجربه در خصوص تولید برق از منابع زمین گرمایی پیشرفته در کشور می باشد.

• تدوین دانش فنی عملیات تعمیر و نگهداری چاه های منابع زمین گرمایی پیشرفته (EGS)

منابع زمین گرمایی پیشرفته (Enhanced/Engineered Geothermal Systems: EGS) به آن دسته از سیستم های زمین-گرمایی اطلاق می شود که در آن منابع هیدروترمال به طور مصنوعی تشکیل شده و از انرژی آن جهت تولید برق استفاده می-شود. در این سیستم ها مخازن هیدروترمال مصنوعی در اعماق پوسته و در جایی که سنگ های داغ به دلیل عدم وجود سیال و یا نفوذپذیری مناسب، تا پیش از این غیرقابل استفاده بوده اند، تشکیل گردیده و از انرژی آنها بهره برداری می شود. به دلیل نیاز این پروژه ها به هزینه زیاد و همچنین فناوری ها و تجهیزات پیشرفته، اکثر پروژه های EGS در دنیا در مرحله تحقیقاتی بوده و یا حتی اگر با هدف تجاری نیز در حال اجرا هستند، در مراحل اولیه خود می باشند. بدون شک، پیش از احداث نخستین نیروگاه زمین گرمایی EGS در کشور، تعدادی چاه به منظور تزریق آب و همچنین استحصال سیال دو فازی، در منطقه اکتشافی حفر خواهد شد. به منظور تداوم انتقال بهینه سیال زمین گرمایی از مخزن به سطح زمین، می بایست اقدامات و فعالیت هایی در خصوص تعمیر و نگهداری چاه های یاد شده به عمل آید. بنابراین، جهت آگاهی یافتن از اقدامات و فعالیت های فوق الذکر پروژه "تدوین دانش فنی عملیات تعمیر و نگهداری چاه های منابع EGS" پیشنهاد و ارائه گردید.

• تدوین دانش فنی استحصال منابع زمین گرمایی سنگ داغ خشک (Hot Dry Rock)

منابع زمین گرمایی سنگ داغ خشک (Hot Dry Rock) به آن دسته از سیستم های زمین گرمایی اطلاق می شود که در آن منابع هیدروترمال به طور مصنوعی تشکیل شده و از انرژی آن جهت تولید برق استفاده می شود. در این سیستم ها مخازن هیدروترمال مصنوعی در اعماق پوسته و در جایی که سنگ های داغ به دلیل عدم وجود سیال و یا نفوذپذیری مناسب، تا پیش از این غیرقابل استفاده بوده اند، تشکیل گردیده و از انرژی آنها بهره برداری می شود. به دلیل نیاز این پروژه ها به هزینه زیاد و همچنین فناوری ها و تجهیزات پیشرفته، اکثر پروژه های HDR در دنیا در مرحله تحقیقاتی بوده و یا حتی اگر با هدف تجاری نیز در حال اجرا هستند، در مراحل اولیه خود می باشند. مهم ترین تفاوت منابع HDR با منابع EGS، در میزان درز و شکاف های طبیعی موجود در سنگ ها می باشند. بدین ترتیب که در منابع HDR، سنگ های داغی که در اعماق زمین قرار دارند فاقد هرگونه درز و شکاف و شکستگی می باشند ولی منابع EGS به طور طبیعی دارای شکستگی و درز و شکاف می باشند.

۴- تخصیص منابع

تخصیص منابع در سطوح مختلف راهبردی از جمله اقدامات، پروژه های اجرایی، فعالیت ها و سایر سطوح بالاتر قابل تعریف می باشد. همان طور که در بخش قبل عنوان شد یکی از معیارهای مورد توجه در تعیین تعداد سطوحی که اقدامات شکسته می شوند، رسیدن به سطحی است که در آن بتوان منابع لازم را برآورد نمود. این برآورد بر اساس تجربه های پیشین و نظر خبرگان صورت می پذیرد.

۴-۲- اقدامات غیرفنی مورد نیاز برای توسعه فناوری های زمین گرمایی

اقدامات غیرفنی آن دسته از اقداماتی هستند که به توسعه نظام نوآوری در حوزه فناوری های انرژی زمین گرمایی کمک می کنند. همان طور که در بخش های قبلی اشاره شد اقدامات غیرفنی در راستای اجرای سیاست ها تعیین و تدوین می گردند. از آنجایی که سیاست ها به منظور رفع چالش ها و موانع پیشروی توسعه فناوری و تحقق چشم انداز و اهداف کلان سند تدوین می گردد می توان نتیجه گرفت که در واقع اقدامات غیرفنی در راستای تحقق چشم انداز و پیشبرد اهداف کلان سند توسعه فناوری های انرژی زمین گرمایی تدوین می شوند.

جدول (۴-۱) - انجام اقدامات غیر فنی مربوط به توسعه و انتشار دانش جهت توسعه فناوری های مرتبط با انرژی زمین گرمایی در ایران

نام حوزه مربوطه	شرح اقدامات غیر فنی
پمپ حرارتی	<p>تدوین سازوکاری مناسب برای ایجاد تعامل با متخصصان با تجربه در صنایع دیگر و آموزش آن ها برای رسیدن به رویه های استاندارد متناسب با صنعت پمپ حرارتی زمین گرمایی</p> <p>نیازسنجی و در صورت لزوم ارائه پیشنهاد برای ایجاد دروس تخصصی زمین گرمایی در رشته های موجود و تلاش برای ارائه این دروس در دانشگاه های برتر کشور</p> <p>شناسایی اساتید توانمند رشته های مرتبط که موضوعات پایان نامه های آن ها می تواند در صنعت زمین گرمایی مورد استفاده قرار گیرد</p> <p>تدوین سازوکار مناسب برای افزایش همکاری های علمی و پژوهشی با اساتید ایرانی و خارجی دانشگاه های معتبر دنیا در حوزه زمین گرمایی</p> <p>در نظر گرفتن مشوق های مالی برای انجام پروژه های پژوهشی و اجرایی و بهره گیری از حمایت های معاونت علمی ریاست جمهوری و سانا در این زمینه</p> <p>ایجاد ساز و کار مناسب جهت تشویق صنایع مرتبط برای ایجاد واحد پژوهشی خاص پمپ حرارتی زمین گرمایی</p> <p>طرح مباحث مرتبط با زمین گرمایی در دوره های فنی و حرفه ای و گواهینامه های نظام مهندسی</p> <p>ارائه محتوای جدید در قالب دروس تخصصی و اختیاری بعضی رشته ها و پیشنهاد آن ها توسط سازمان نظام مهندسی</p> <p>برگزاری دوره های کوتاه مدت برای مهندسان تحصیل کرده در رشته های مرتبط</p> <p>آموزش کاربرد نرم افزارها در دانشگاه ها</p>
اکتشاف	<p>انتخاب گروهی از متخصصین خیره در صنایع دیگر که نوع تخصص آن ها نزدیک به دانش و توانایی مورد نیاز در صنعت زمین گرمایی است و سپس درگیر کردن آن ها در پروژه های اکتشافی همکاری مشترک یا کنسرسیوم در منطقه یا آسیا برای کسب دانش عملیاتی لازم</p> <p>تدوین سازوکار مناسب برای افزایش همکاری های علمی و پژوهشی با اساتید ایرانی و خارجی دانشگاه های معتبر دنیا در حوزه زمین گرمایی</p> <p>حمایت از بورس های آموزشی در حوزه انرژی زمین گرمایی</p> <p>ایجاد گرایش خاص اکتشاف زمین گرمایی حداقل در مقطع کارشناسی ارشد در دانشگاه های برتر کشور</p> <p>حمایت از ایجاد مرکزی شبیه به ایسلند با هدف ایجاد محلی برای گسترش فناوری برای جهان سوم</p> <p>طرح مباحث مرتبط با اکتشاف زمین گرمایی در دوره های فنی و حرفه ای و گواهینامه های نظام مهندسی</p> <p>ارائه محتوای جدید در قالب دروس تخصصی و اختیاری بعضی رشته ها و پیشنهاد آن ها توسط سازمان نظام مهندسی</p> <p>برگزاری دوره های کوتاه مدت برای مهندسان تحصیل کرده در رشته های مرتبط</p> <p>آموزش کاربرد نرم افزارها در دانشگاه ها</p> <p>ترجمه و تدوین کتب آموزشی در زمینه اکتشاف منابع زمین گرمایی</p> <p>برگزاری دوره های آموزشی بین المللی در حوزه اکتشاف زمین گرمایی</p> <p>تهیه و انتشار نشریه تخصصی در حوزه انرژی زمین گرمایی با همکاری دانشگاه های کشور</p>
نیروگاه	<p>نیازسنجی و ارائه دروس تخصصی زمین گرمایی در رشته های موجود و تلاش برای ارائه این دروس در دانشگاه های برتر کشور</p> <p>حمایت از ارتباطات فناورانه میان مراکز علمی و صنعتی داخل با مراکز علمی و صنعتی بین المللی</p>

جدول (۲-۴) - انجام اقدامات غیر فنی مربوط به تأمین منابع جهت توسعه فناوری های مرتبط با انرژی زمین گرمایی در ایران

نام حوزه مربوطه	شرح اقدامات غیر فنی
پمپ حرارتی	اعطای گرنت به شرکت های خصوصی فعال در حوزه زمین گرمایی و سایر صنایع مرتبط برای گردآوری اطلاعات زمین شناسی لازم حمایت از سرمایه گذاری ریسک پذیر شرکت های فعال در زمینه های مورد نیاز صنعت زمین گرمایی (از طریق اعطای گرنت، بیمه سرمایه گذاری و ...) به منظور فراهم کردن اطلاعات و زیرساخت های لازم برگزاری دوره های آموزشی بین المللی معرفی نیروی انسانی خیره در حوزه پمپ حرارتی به شرکت های علاقمند به فعالیت در این حوزه از جانب سازمان های دولتی مسئول ایجاد رشته خاص در دانشگاه جامع علمی - کاربردی برای پرورش تکنسین ها در حوزه های کاری خاص زمین گرمایی
نیروگاه	تشکیل بانک اطلاعاتی از تأمین کنندگان بالقوه تجهیزات زمین گرمایی پایش شرکت های دارای توان بالقوه در تأمین تجهیزات خاص زمین گرمایی و دعوت از آنها برای شرکت در نمایشگاه های ملی / بین المللی صنعت زمین گرمایی و همچنین انعقاد قراردادهای خرید قطعات تولیدی برای پروژه های پایلوت رایزنی با بانک مرکزی جهت تسهیل ضمانت جهت سرمایه گذاری خارجی اختصاص بخشی از درآمد نیروگاه زمین گرمایی به تحقیق و توسعه

جدول (۳-۴) - انجام اقدامات غیر فنی مربوط به جهت دهی سیستم جهت توسعه فناوری های مرتبط با انرژی زمین گرمایی در ایران

نام حوزه مربوطه	شرح اقدامات غیر فنی
پمپ حرارتی	اصلاح و تدوین دوره ای استانداردهای فنی در زمینه ساخت و نصب تجهیزات مرتبط با این بخش و پیش بینی جریمه یا پاداش برای عدم رعایت یا عملکرد فراتر از استاندارد
نیروگاه	تاسیس دفتر مستقل هماهنگی های زمین گرمایی ارائه حمایت های اطلاعاتی و واسطه ای و کمک به شبکه سازی علمی و صنعتی توسط وزارت نیرو و سازمان های مرتبط با انرژی های نو تسهیل در اعطای مجوزهای لازم به سرمایه گذاران جهت احداث نیروگاه های زمین گرمایی و معرفی آنان به وزارت نیرو جهت عقد قرارداد با تشکیل کمیته تسهیل اعطای مجوز

جدول (۴-۴) - انجام اقدامات غیر فنی مربوط به کارآفرینی جهت توسعه فناوری های مرتبط با انرژی زمین گرمایی در ایران

نام حوزه مربوطه	شرح اقدامات غیر فنی
پمپ حرارتی	واگذاری پروژههای پایلوت پمپ حرارتی ناتمام به پارک ها و مراکز رشد دانشگاهی به منظور مطالعات فنی - اقتصادی بیشتر و همچنین ایجاد شرکتهای دانش بنیان در این حوزه
نیروگاه	دعوت از شرکتهای بین المللی معتبر برای حضور در نمایشگاههای انرژی و پروژههای پایلوت جهت آشنایی با فرصت های کشور در حوزه زمین گرمایی انعقاد قراردادهای سرمایه گذاری خطرپذیر مشترک با شرکتهای معتبر و انتقال فناوری از آنها برای ایجاد برند جدید در ایران

جدول (۴-۵) - انجام اقدامات غیر فنی مربوط به مشروعیت بخشی جهت توسعه فناوری های مرتبط با انرژی زمین گرمایی در ایران

نام حوزه مربوطه	شرح اقدامات غیر فنی
پمپ حرارتی	فرهنگ سازی و آگاهی بخشی به عموم مردم در مورد مزایای استفاده از پمپ حرارتی به خصوص در مناطق جغرافیایی توجیه پذیر
اکتشاف	فرهنگ سازی عمومی در خصوص پذیرش همگانی انرژی های نو به عنوان انرژی های پاک و جایگزین تشکیل سازمان های مردم نهاد فعال در حوزه انرژی زمین گرمایی در مناطق دارای پتانسیل زمین گرمایی به منظور آشنا کردن مردم این مناطق با مزایای اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی این انرژی

جدول (۴-۶) - انجام اقدامات غیر فنی مربوط به شکل دهی بازار جهت توسعه فناوری های مرتبط با انرژی زمین گرمایی در ایران

نام حوزه مربوطه	شرح اقدامات غیر فنی
پمپ حرارتی	<p>تدوین سازوکار مناسب برای استفاده انبوه‌سازان از گزینه پمپ حرارتی برای سرمایش و گرمایش طرح-های جدید انبوه‌سازی دولتی در مناطق جغرافیایی که قبلاً توجیه‌پذیری استفاده از این سیستم‌ها ثابت شده است</p> <p>تأمین اعتبار در خصوص جایگزینی سایر گزینه‌های سرمایش و گرمایش در ساختمان‌های بزرگ دولتی با گزینه پمپ حرارتی در مناطق جغرافیایی که قبلاً توجیه‌پذیری استفاده از این سیستم‌ها ثابت شده است</p> <p>اعطای تخفیف‌های مالیاتی افزایشی و گمرکی برای شرکت‌های فعال در حوزه تجهیزات سرمایشی-گرمایشی در صورت فعالیت در بازارهای معرفی شده پمپ حرارتی زمین گرمایی</p> <p>فراهم کردن اطلاعات و شفافیت لازم در مورد بازارهای جدید برای تولیدکنندگان به منظور ایجاد انگیزه فعالیت در آن‌ها در حوزه پمپ حرارتی</p> <p>ایجاد سازوکار مناسب برای افزایش جذابیت پمپ‌های حرارتی زمین-گرمایی به منظور استفاده در ساختمان‌ها (به‌عنوان مثال اعطای وام‌های بلندمدت خرید تجهیزات پمپ حرارتی به خانوارهای استفاده‌کننده)</p> <p>ایجاد سازوکار مناسب جهت خریدهای دولتی از محصولات تولیدی شرکت‌های دانش‌بنیان</p> <p>حمایت‌های مالی دولت از مصرف‌کننده تجهیزات زمین گرمایی (حداقل در سال‌های اول استفاده) برای برداشته شدن فشار مالی از دوش بازار</p> <p>ایجاد الزام قانونی برای استفاده شرکت‌های دولتی از پمپ حرارتی و لحاظ کردن این شرط در اعطای مجوز ساخت</p>
اکتشاف	<p>ارائه مشوق‌های مالیاتی به شرکت‌های خصوصی در زمینه توسعه بهره‌برداری زمین گرمایی</p> <p>تدوین سازوکار لازم برای حمایت از سرمایه‌گذاری خطرپذیر توسط بخش خصوصی در حوزه اکتشاف زمین گرمایی</p> <p>ایجاد یک بازار مطمئن از طریق خرید دولتی از محصولات با کیفیت ساخت داخل</p> <p>تعیین مالیات اضافه‌تر برای انرژی‌های فسیلی در مناطقی که انرژی‌های نو در شبکه قرار می‌گیرند</p> <p>اعمال پاداش در تعرفه خرید برق زمین گرمایی برای احداث‌کنندگانی که از تجهیزات بومی استفاده می‌کنند از طریق وضع تعرفه‌های گمرکی هوشمندانه برای حمایت از محصولاتی که به صورت مناسب در داخل بومی‌سازی شده‌اند.</p> <p>بازنگری در تعرفه خرید برق زمین گرمایی</p>
نیروگاه	<p>تدوین نظام‌نامه مالکیت فکری و معنوی</p> <p>تسریع پروژه پایلوت ۵ مگاواتی مشکین شهر از طریق ارائه مشوق‌های مالیاتی به پیمانکار</p> <p>رویه تعیین تعرفه خرید برق زمین گرمایی تدوین گردد و هر ساله با توجه به پارامترهای موثر مانند هزینه سرمایه‌گذاری، نرخ ارز و نرخ تورم بازنگری گردد.</p>

۵- تقسیم کار ملی (نگاشت نهادی مطلوب)

پس از تعیین پروژه‌های اجرایی و محاسبه زمان لازم برای اجرایی شدن هر پروژه، در این بخش با یک نگاشت نهادی مطلوب، مجریان پروژه‌های اجرایی برای توسعه فناوری های زمین گرمایی شناسایی خواهند شد.

جهت شناسایی مجریان انجام هر پروژه، ابتدا می‌بایست کلیه بازیگران فعال در توسعه فناوری‌های زمین گرمایی شناسایی شوند. لذا برای این کار می‌بایست نگاشت نهادی محیط داخلی و بیرونی ترسیم شده و با تحلیل وضع موجود، وضع مطلوب نهادی ترسیم گردد. در ادامه ابتدا توضیح مختصری در رابطه با نگاشت نهادی و کارکردهای آن آورده شده، سپس به ترسیم نگاشت نهادی فناوری‌های زمین گرمایی پرداخته شده است. در انتها نیز متولیان پروژه‌های اجرایی با توجه به نگاشت نهادی مطلوب مشخص شده است.

۵-۱- نگاشت نهادی

تعدد سازمان‌ها و نهادهای خصوصی و دولتی که هر یک به نوعی در توسعه فناوری‌های زمین گرمایی نقش آفرینی می‌کنند، از یک سو و تنوع نقش‌هایی که باید در توسعه این سیستم‌ها ایفا شود، از سوی دیگر، نیاز به بررسی و تحلیل دقیق توسعه این سیستم‌ها را از منظر نهادی (ساختاری) نمایان تر می‌کند. برای تحلیل وضعیت ساختاری می‌توان از روش‌های مختلفی نظیر نگاشت نهادی استفاده کرد. به کمک نگاشت نهادی به خوبی می‌توان وضعیت بازیگران مختلف موجود در این صنعت و وضعیت ایفای نقش آن‌ها را بررسی و تحلیل نمود. نگاشت نهادی، ماتریسی است که در یک بعد، سازمان‌ها و نهادهای درگیر در این حوزه و در بعد دیگر انواع نقش‌هایی که این سازمان‌ها به عهده می‌گیرند را نمایش می‌دهد. در واقع تکمیل نگاشت نهادی بدین معناست که هر یک از این سازمان‌ها و نهادها چگونه در این حوزه نقش آفرینی می‌کنند. بنابراین با تحلیل نگاشت نهادی موارد زیر را می‌توان دریافت:

آیا نقشی وجود دارد که متولی نداشته باشد؟

در یک نقش مشخص چه سازمان‌ها یا نهادهایی فعالیت دارد؟ تعدد سازمان‌ها و نهادها چگونه است؟ در صورت کثرت

نهادها آیا نیازی به مدیریت یکپارچه نهادهای فعال وجود دارد؟

میزان درگیر بودن نهادهای مرتبط و غیر مرتبط در نقش چگونه است؟ آیا نقشی وجود دارد که هیچ نهادمرتبطی در آن

فعالیت ندارد؟

آیا در نقش مورد نظر، نیاز به وجود نهادی متمرکز احساس می‌شود؟

آیا نهادهای غیردولتی در نقش مورد نظر می‌توانند جایگزین نهادهای دولتی شوند؟

نگاشت نهادی یکی از ابزارهای مطالعه سیستم نوآوری می‌باشد. نظام ملی نوآوری مجموعه‌ای است از مؤسسات مجزا که به‌طور مشترک یا انفرادی به توسعه و انتشار فناوری‌های جدید کمک می‌کنند. این مؤسسات چهارچوبی فراهم می‌کنند که دولت‌ها بتوانند در آن چهارچوب، سیاست‌هایی جهت تأثیرگذاری بر فرآیند نوآوری را شکل داده و اجرا کنند.

در یک سطح عمومی کارکرد اصلی یا کلی نظام‌های نوآوری، تعقیب و انجام فرایندهای نوآوری یا به عبارت دیگر "خلق، اشاعه و بهره‌برداری" از نوآوری‌هاست. بنابراین کارکرد اصلی هر نظام نوآوری تولید، اشاعه و به‌کارگیری دانش و نوآوری می‌باشد. از نظر ادکویست، عواملی که بر خلق، اشاعه و بهره‌برداری از نوآوری‌ها تأثیرگذار باشند، فعالیت محسوب می‌شوند. به عنوان مثال تحقیق و توسعه (به عنوان ابزاری برای تولید دانش) یکی از فعالیت‌های نظام نوآوری است. تأمین منابع مالی به‌منظور تجاری‌سازی دانش نیز یک فعالیت می‌باشد.

نگاشت نهادی چارچوبی است که با نمایی ساده و جامع وضعیت موجود سیستم نوآوری را نشان می‌دهد و با بررسی آن می‌توان نقایص موجود در اجزا و روابط میان اجزای سیستم را شناسایی و تحلیل نمود. در این روش سعی می‌شود تا میزان و کیفیت روابط موجود میان نهادها در سیستم نوآوری ترسیم شده و همچنین چگونگی مشارکت میان بخش خصوصی و دولتی تبیین شود. با استفاده از این روش تحلیلی، نقش نسبی هر کدام از بازیگران فعال در نظام ملی نوآوری همچون دولت، دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی و همچنین بنگاه‌های خصوصی در فرایند نوآوری به دست می‌آید.

۵-۲- انواع نقش‌ها در نگاشت نهادی

کارکردهای اصلی یک نظام ملی نوآوری به چهار دسته اصلی سیاست‌گذاری، تنظیم‌گری، تسهیل‌گری و ارائه خدمات تقسیم می‌شود، [۴]. در فرآیند توسعه صنعتی، یکی از پرسش‌های اساسی این است که کدام مجموعه از تصمیمات سیاست‌گذاری و نهادسازی و نیز اقدامات اجرایی در سطح کلان ملی و در سطح صنعت، به عنوان زمینه‌ساز موفقیت توسعه صنعتی باید مورد توجه قرار گیرد؟ نکته مهم در پاسخ به این سوال آن است که این مجموعه اقدامات، به خودی خود شکل نمی‌گیرد، بلکه نیازمند نقش موثر دولت است. بنابراین تبیین جایگاه و حوزه وظایف دولت در فرآیند توسعه صنعتی به صورت یکی از مباحث جدال‌انگیز ادبیات جدید توسعه درآمده است. در ادامه به تبیین هر یک از نقش‌های چهارگانه پرداخته می‌شود.

الف) سیاست‌گذاری

یک سیاست‌گذار نهادی است که برنامه‌های پیگیری شده توسط دولت، کسب و کارها و غیره را تعیین می‌کند. سیاست‌گذاری به صورت فرآیندی تعریف شده است که به واسطه آن دولت به منظور ارائه پیامد (تغییرات مطلوب در دنیای واقعی)، چشم‌انداز سیاسی خود را به برنامه و عمل تبدیل می‌کند. لذا سیاست‌گذاری، کارکرد اصلی هر دولت می‌باشد. در واقع، سیاست می‌تواند شکل‌های مختلفی مانند سیاست‌های غیر مداخله‌ای، تنظیم، تشویق تغییرات داوطلبانه (مانند کمک‌های مالی) و ارائه خدمات عمومی به خود بگیرد.

ب) تنظیم‌گری

تنظیم، مجموعه گوناگونی از ابزارهاست که به واسطه آن دولت نیازمندی‌های شرکت‌ها و مردم را تنظیم می‌کند. کارکردهای تنظیم‌کننده بنا به دلایل گوناگونی به وجود آمده‌اند از جمله:

- تعیین حقوق و مسئولیت‌های هر یک از موجودیت‌های جامعه به منظور تحقق اهداف توسعه پایدار

- تنظیم استانداردهای صنعتی

- تعیین و جمع‌آوری مالیات‌ها و دیگر درآمدها

در مجموع سه عامل اصلی بر شکل، کارکرد و دامنه سیاست‌های تنظیم‌گری تأثیر دارند:

- اهداف و منابع تنظیم‌گری

- ساختار نهادی محیط تنظیم‌گری

- شرایط مختلف صنعت در محیط تنظیم‌گری

اهداف مختلف تنظیم‌گری آثار مستقیم مختلفی بر نوع تنظیم‌گری مورد استفاده به جای می‌گذارند. اگر اهداف خاص در تنظیم‌گری مد نظر باشد، شکل، کارکرد و دامنه سیاست‌های تنظیم‌گری نیز تحت تأثیر آن قرار می‌گیرند. منابع محدود نیز می‌تواند بر ماهیت و طبیعت تنظیم‌گری اثرگذار باشد، این مسئله می‌تواند به واکنشی شدن سیاست‌های تنظیم‌گری بیانجامد.

ساختار نهادی و تشکیلاتی کشورها نیز بر قابلیت‌ها و توانایی‌های سازمان‌های تنظیم‌گر مؤثر است. در صورتی که محدودیت‌های اعمال شده از سوی حکومت بر نهاد تنظیم‌گر زیاد شود، توانایی‌های این نهاد برای اعمال جرائم و پاداش‌ها نیز کاهش می‌یابد. در شرایطی که فناوری‌های موجود در بازار، رقابت را میان عرضه‌کنندگان افزایش دهد، توانایی‌های تنظیم‌گران نیز تحت تاثیر قرار می‌گیرد. در این حالت‌ها تقاضاکنندگان در بازار نیز از قدرت خرید بالایی برخوردار هستند و عملاً سیاست‌های دستور و کنترل، نمی‌تواند کارایی لازم را داشته باشد.

ج) تسهیل‌گری

سازمان‌های محلی یا بین‌المللی هستند که معمولاً توسط دولت سرمایه‌گذاری می‌شوند و هدف آن توسعه و بهبود بازار خدمات می‌باشد. یک تسهیل‌کننده، تأمین‌کنندگان خدمات را از طریق ایجاد محصولات خدماتی جدید، ارتقاء تجارب مفید و ایجاد ظرفیت حمایت می‌کند. به علاوه، تسهیل‌کننده می‌تواند بر طرف تقاضا، از طریق آموزش صنایع کوچک درباره مزایای خدمات یا فراهم کردن محرک‌هایی برای امتحان آن‌ها نیز متمرکز شود. کارکردهای دیگر یک تسهیل‌کننده شامل ارزیابی خارجی تأثیر تأمین‌کنندگان خدمات، تضمین خدمات و حمایت برای محیط سیاسی بهتر می‌باشد. عمل تسهیل، کارکردی است که به طور معمول توسط سازمان‌های توسعه‌گرا انجام شده و می‌تواند شامل سازمان‌های غیردولتی، انجمن‌های صنعتی و کارفرمایان و عامل‌های دولتی باشد. در مجموع نقش تسهیلگری دارای زیرنقش‌های زیر می‌باشد:

- تسهیل‌گری در بعد فناوری
- تسهیل‌گری منابع دانشی
- تسهیل‌گری منابع مالی
- تسهیل‌گری ظرفیت سازی و ترویج
- تسهیل‌گری توسعه ارتباطات

د) ارائه‌دهنده کالا و خدمات

ارائه‌کننده خدمات آموزشی و پژوهشی: تأمین‌کننده خدمات آموزشی و پژوهشی شامل دانشگاه‌ها، پژوهشگاه‌ها و مؤسساتی هستند که در زمینه آموزش و پژوهش در حوزه توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا فعالیت می‌کنند.

ارائه‌کننده خدمات صنعتی؛ شرکت‌هایی را شامل می‌شوند که در زمینه تولید یا تأمین تجهیزات مورد نیاز سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا فعالیت می‌کنند. این شرکت‌ها ممکن است سازنده تمام قطعات نبوده و ترکیبی از عملیات طراحی، ساخت و مونتاژ ادوات را انجام دهند و یا ارائه‌کننده محصولات بوده و همچنین روی فراهم کردن محرک‌هایی برای امتحان آن‌ها نیز متمرکز شوند. کارکردهای دیگر یک تسهیل‌کننده شامل ارزیابی خارجی تأثیر تأمین‌کنندگان خدمات، تضمین خدمات و حمایت برای محیط سیاسی بهتر می‌باشد.

۵-۳- شناسایی سازمان‌ها و نهادهای مرتبط با توسعه فناوری‌های مربوط به انرژی زمین گرمایی

نهادهای اصلی مرتبط با فناوری زمین گرمایی از طریق جستجو و بررسی اسناد، مدارک و گزارش‌های داخلی شناسایی شدند و سپس با مطالعه ساختار سازمانی هر یک از سازمان‌ها و مطالعه شرح وظایف و اهداف در نظر گرفته شده برای سازمان‌ها و نهادهای تابعه و وابسته هر یک از آن‌ها نهادهای مختلف فعال در زمینه کارکردهای نظام نوآوری مورد شناسایی قرار گرفتند. بر اساس مطالعات صورت گرفته، کنشگران شناسایی شده در توسعه فناوری‌های زمین گرمایی شامل موارد مطرح شده در جدول (۵-۱) می‌باشند.

همان‌طور که در بخش‌های قبلی اشاره شد نظام نوآوری فناوری متشکل از بازیگران و ذینفعانی است که هر یک به طور مستقیم یا غیرمستقیم نقش‌هایی را ایفا می‌کنند. این بازیگران می‌توانند شامل بخش دولتی، شرکت‌های تولیدکننده، شرکت‌های مشاور، دانشگاه‌ها، مراکز پژوهشی، مؤسسات مالی، مؤسسات حقوقی و ... باشند. در این گام، بازیگران نظام توسعه فناوری‌های زمین گرمایی در حوزه‌های تحقیق و توسعه، انتشار دانش، تأمین منابع انسانی، منابع مالی، مواد، قطعات و تجهیزات و سیاست‌گذاری و جهت‌دهی به فعالیت‌های توسعه فناوری‌های زمین گرمایی مشخص شده‌اند.

۵-۴- تخصیص متولیان اقدامات

با توجه به نگاه نهادی ترسیم شده، می‌توان مجریان هر یک از پروژه‌ها را شناسایی کرد. در این راستا و به منظور شناخت مجریان بالقوه، با در نظر گرفتن میزان همسویی پروژه با مأموریت مجری، توان علمی و فنی، توان انسانی و مدیریتی و ... مجریان فعال هر پروژه مشخص خواهد شد. در ادامه با توجه به موارد اشاره شده متولیان شناسایی شده در حوزه انرژی زمین گرمایی در جدول (۵-۱) و همچنین مجریان فعال برای پروژه‌های تعریف شده در جدول (۵-۲) ارائه شده است.

جدول (۱-۵) - مجریان فعال در حوزه زمین گرمایی

ردیف	نام مرکز	نوع خدمات
۱	دانشگاه تهران	تحقیقات، توسعه دانش و تأمین نیروی انسانی
۲	دانشگاه صنعتی اصفهان	تحقیقات، توسعه دانش و تأمین نیروی انسانی
۳	دانشگاه شاهرود	تحقیقات، توسعه و انتشار دانش و تأمین نیروی انسانی
۴	گروه انرژی های تجدیدپذیر پژوهشگاه نیرو	تحقیقات، توسعه و انتشار دانش، نظارت، جهت دهی به سیستم
۵	شورای جهانی انرژی و کمیته ملی انرژی	انتشار دانش
۶	موسسه آموزش عالی انرژی	انتشار دانش
۷	شرکت هم اندیشان انرژی کیمیا	انتشار دانش
۸	انجمن علمی مهندسی حرارتی و برودتی ایران	انتشار دانش
۹	سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور	انتشار دانش
۱۰	دانشگاه آزاد اسلامی	انتشار دانش
۱۱	انجمن زمین شناسی ایران	انتشار دانش
۱۲	پژوهشکده علوم پایه کاربردی جهاددانشگاهی دانشگاه شهید بهشتی	انتشار دانش
۱۳	فصلنامه زمین شناسی ایران (دانشگاه شهید بهشتی)	انتشار دانش
۱۴	دفتر انرژی زمین گرمایی سازمان انرژی های نو ایران (سانا)	تامین منابع مالی و جهت دهی به سیستم
۱۵	ستاد توسعه فناوری انرژی های تجدیدپذیر وابسته به معاونت علمی فناوری ریاست جمهوری	تامین منابع مالی و جهت دهی به سیستم
۱۶	وزارت علوم، تحقیقات و فناوری	جهت دهی به سیستم
۱۷	وزارت نیرو (دفتر آموزش، تحقیقات و فناوری)	جهت دهی به سیستم
۱۸	شورای سیاست گذاری و نظارت راهبردی پژوهش و فناوری در صنعت برق کشور	جهت دهی به سیستم
۱۹	انجمن انرژی زمین گرمایی ایران (بالقوه) - در شرف تأسیس توسط سازمان انرژی های نو ایران.	جهت دهی به سیستم
۲۰	شرکت برنولی	تامین مواد و قطعات
۲۱	شرکت آساد صنعت	تامین مواد و قطعات
۲۲	شرکت مهندسی مشاور آتک	تامین مواد و قطعات
۲۳	شرکت پتروتکسان	تامین مواد و قطعات

جدول (۲-۵) - مجریان پروژه های تعریف شده در حوزه انرژی زمین گرمایی

مجرى	عنوان خوشه پروژه	مرتبط حوزه	ردیف
سازمان انرژی های نو ایران - ستاد توسعه فناوری انرژی های تجدیدپذیر - موسسات پژوهشی - دانشگاهها - شرکت های دانش بنیان	پتانسیل سنجی منابع زمین گرمایی هیدروترمال در کشور	اکتشاف	۱
شرکت های دانش بنیان	تدوین دانش فنی طراحی مفهومی و ساخت تجهیزات مطالعات MT		
شرکت های دانش بنیان	تدوین دانش فنی طراحی مفهومی و ساخت تجهیزات مطالعات TEM		
شرکت های دانش بنیان	تدوین دانش فنی تجهیزات مطالعات حرارت سنجی در گمانه های کم عمق و ساخت آنها		
شرکت های دانش بنیان	تدوین دانش فنی تجهیزات آنالیز ایزوتوپی آنها و ساخت آنها		
شرکت های دانش بنیان	تدوین دانش فنی تجهیزات مورد نیاز آزمایشگاه بررسی خواص سیالات و مخزن زمین گرمایی و ساخت آنها		
شرکت های دانش بنیان	طراحی مفهومی و ساخت سیستم برداشت تصاویر مادون قرمز حرارتی		
شرکت های دانش بنیان	تدوین دانش فنی مطالعات ژئوفیزیکی اندازه گیری حرارت در سطح زمین و ساخت تجهیزات مربوطه		
مؤسسات پژوهشی - شرکت های دانش بنیان	تدوین دانش فنی مواد و روش های آنالیز شیمیایی آنها و تولید مواد مربوطه		
مؤسسات پژوهشی - دانشگاهها	تهیه و تدوین برنامه استراتژیک و راهبردی برای اجرای یک پروژه زمین گرمایی هیدروترمال تا حصول نتیجه		
مؤسسات پژوهشی - دانشگاهها - شرکت های دانش بنیان	بومی سازی نرم افزارهای مرتبط جهت تجزیه و تحلیل داده های ژئوفیزیک سطحی	تعمیر و نگهداری چاهها	۲
شرکت های دانش بنیان	طراحی و ساخت سیستم بازدارنده رسوب گذاری در چاه های زمین گرمایی		
شرکت های دانش بنیان	تدوین دانش فنی شیرآلات سرچاهی زمین گرمایی و طراحی مفهومی و ساخت یک نمونه از آنها		
مؤسسات پژوهشی - دانشگاهها - شرکت های دانش بنیان	تدوین دانش فنی تعمیر و نگهداری از شیرآلات سرچاهی زمین گرمایی		
شرکت های دانش بنیان	تدوین دانش فنی و طراحی و ساخت تجهیزات بازبینی درون چاههای زمین گرمایی		
شرکت های دانش بنیان	تدوین دانش فنی و تولید مواد و طراحی و ساخت تجهیزات لازم جهت جلوگیری از خوردگی لوله ها در چاههای زمین گرمایی		
شرکت های دانش بنیان	تدوین دانش فنی و ساخت تجهیزات انتقال بهینه سیال زمین گرمایی (مانند لوله های آلومینیوم)	(EGS)	۳
مؤسسات پژوهشی - دانشگاهها - شرکت های دانش بنیان	تدوین دانش فنی مطالعات اکتشافی منابع زمین گرمایی پیشرفته		
سازمان انرژی های نو ایران - ستاد توسعه فناوری انرژی های تجدیدپذیر - موسسات پژوهشی - دانشگاهها - شرکت های دانش بنیان	پتانسیل سنجی سراسری منابع زمین گرمایی پیشرفته در کشور		
سازمان انرژی های نو ایران - ستاد توسعه فناوری انرژی های تجدیدپذیر - موسسات پژوهشی - دانشگاهها - شرکت های دانش بنیان	اجرای یک پروژه پایلوت نیروگاه های زمین گرمایی پیشرفته در مناسب ترین منطقه امید بخش		
مؤسسات پژوهشی - دانشگاهها - شرکت های دانش بنیان	تدوین دانش فنی عملیات تعمیر و نگهداری چاههای منابع زمین گرمایی پیشرفته		

مجرى	عنوان خوشه پروژه	حوزه مرتبط	ردیف		
بنیان					
مؤسسات پژوهشى - دانشگاهها- شرکت های دانش بنیان	تدوین دانش فنی استحصال انرژی از منابع زمین گرمایی سنگ داغ خشک	نیروگاه های زمین گرمایی	۴		
مؤسسات پژوهشى - دانشگاهها- شرکت های دانش بنیان	شناسایی گلوگاه های فناوریانه نیروگاه های زمین گرمایی تبخیر آبی				
مؤسسات پژوهشى - دانشگاهها- شرکت های دانش بنیان	تدوین دانش فنی طراحی نیروگاه زمین گرمایی تبخیر آبی				
مؤسسات پژوهشى - دانشگاهها- شرکت های دانش بنیان	تدوین دانش فنی عملیات نصب و راه اندازی نیروگاه های زمین گرمایی تبخیر آبی				
سازمان انرژی های نو ایران، شرکت های مهندسی مشاور و پیمانکاران ذیصلاح	طراحی، نصب و راه اندازی دومین نیروگاه زمین گرمایی تبخیر آبی کشور				
سازمان انرژی های نو ایران، شرکت های مهندسی مشاور و پیمانکاران ذیصلاح	طراحی و ساخت یک نیروگاه پاپلوت زمین گرمایی دومداره				
مؤسسات پژوهشى - دانشگاهها- شرکت های دانش بنیان	مستند سازی نتایج بدست آمده از پروژه ساخت نیروگاه زمین گرمایی دومداره				
مؤسسات پژوهشى - دانشگاهها- شرکت های دانش بنیان	شناسایی گلوگاه های فناوریانه بهره برداری از نیروگاه های زمین گرمایی دومداره				
شرکت های دانش بنیان	طراحی و ساخت تجهیزات نیروگاه های زمین گرمایی دومداره و آزمایشگاه های مربوطه				
سازمان انرژی های نو ایران، شرکت های مهندسی مشاور و پیمانکاران ذیصلاح	طراحی و ساخت دومین نیروگاه زمین گرمایی دومداره در کشور				
مؤسسات پژوهشى - شرکت های دانش بنیان	تدوین دانش فنی طراحی کویل زمینی سیستم های پمپ حرارتی زمین گرمایی			پمپ های حرارتی زمین گرمایی	۵
شرکت های دانش بنیان	تدوین دانش فنی و ساخت تجهیزات حفاری سیستم های پمپ حرارتی زمین گرمایی				
مؤسسات پژوهشى - دانشگاهها- شرکت های دانش بنیان	تدوین دانش فنی و تولید گروت و بررسی و تحقیق در خصوص عملیات گروت ریزی سیستم های پمپ حرارتی زمین گرمایی				
مؤسسات پژوهشى - دانشگاهها- شرکت های دانش بنیان	تدوین دانش فنی سیستم های کنترلی و محافظتی پمپ های حرارتی زمین گرمایی				
مؤسسات پژوهشى - دانشگاهها- شرکت های دانش بنیان	تدوین دانش فنی و تولید سیال کاری کویل زمینی سیستم های بسته پمپ حرارتی زمین گرمایی				
شرکت های دانش بنیان	تدوین دانش فنی و ساخت تجهیزات پمپ های حرارتی زمین گرمایی توسعه یافته				
مؤسسات پژوهشى - دانشگاهها- شرکت های دانش بنیان	تدوین دانش فنی و ساخت مبدل حرارتی سیستم های پمپ حرارتی زمین گرمایی				
شرکت های دانش بنیان	تدوین دانش فنی و ساخت کمپرسور سیستم های پمپ حرارتی زمین گرمایی				
مؤسسات پژوهشى - دانشگاهها- شرکت های دانش بنیان	تدوین آئین نامه استانداردهای مرتبط با آزمایش سیستم های پمپ حرارتی زمین گرمایی بسته و تجهیزات آزمایشگاه های مربوطه				
مؤسسات پژوهشى - دانشگاهها- شرکت های دانش بنیان	تهیه بسته آموزشی جهت آموزش طراحان و مهندسین مشاور در حوزه پمپ های حرارتی زمین گرمایی				

۶- ترسیم رهنگاشت

آخرین گام در فرآیند برنامه‌ریزی عملیاتی تدوین رهنگاشت است. رهنگاشت نمایانگر ارکان اساسی فرآیند پیاده‌سازی استراتژی و خروجی فرآیند برنامه‌ریزی عملیاتی می‌باشد. نمایش کلیه سطوح راهبردی از چشم‌انداز تا فعالیت‌ها، تقدم و تأخر حاکم در سطوح مختلف به‌ویژه در سطح اقدامات، زمان‌بندی تحقق هر سطح به همراه منابع اختصاص یافته و در نهایت معرفی متولیان هر یک از سطوح اجزای تشکیل‌دهنده، مراحل ترسیم رهنگاشت می‌باشند.

۶-۱- رهنگاشت و چالش‌های پیش روی آن

همان‌گونه که در ابتدا عنوان شد تجربه انجام پروژه‌های تدوین برنامه استراتژیک در سازمان‌ها نشان می‌دهد که بسیاری از این استراتژی‌ها یا هیچگاه پیاده نشده‌اند و یا در مسیر پیاده‌سازی با موانع زیادی روبرو شده‌اند. در بررسی علل این موضوع دو دلیل عمده قابل تأمل است. اول اینکه سازمان‌ها معمولاً با قابلیت‌های مدیریتی اداره می‌شوند. حال آنکه پیاده‌سازی استراتژی در کنار توانمندی‌های مدیریتی نیازمند برنامه می‌باشد. دلیل دوم این امر، وجود شکافی است که بین لایه استراتژیک و لایه عملیاتی سازمان‌ها وجود دارد. آن چنانکه در بسیاری از موارد، در حالی که استراتژی‌های ارزشمندی بر روی کاغذ آمده‌اند، تصمیمات و برنامه‌های اجرایی بدون توجه به استراتژی‌ها و سیاست‌ها به اجرا گذاشته می‌شود. هرچند این دو عامل تا اندازه زیادی با هم مرتبط است ولی فقدان یک سازوکار مناسب برای تبدیل استراتژی به برنامه و اهداف عملیاتی و روزمره نیز یک علت اصلی در ایجاد این شرایط به شمار می‌آید. بنابراین مرحله پایانی (و یا یکی از مراحل پایانی) در فرآیند برنامه‌ریزی استراتژیک، تدوین برنامه عملیاتی است که یکی از مهم‌ترین دستاوردها در این مرحله، تهیه نقشه راه می‌باشد که نمایانگر ارکان اساسی فرآیند پیاده‌سازی استراتژی و خروجی اصلی فرآیند برنامه‌ریزی است. هر چند باید تأکید کرد که هیچ‌گاه رهنگاشت نمی‌تواند جای راهبر را بگیرد و کلید به کارگیری این الگو در پیاده‌سازی استراتژی قابلیت‌های هنرمندانه راهبری است. آنچنانکه استفاده از فن‌ها و متدولوژی‌های تدوین و پیاده‌سازی استراتژی در فقدان قابلیت‌های راهبری نمی‌تواند به تحول سازمانی منجر شود. نظر به اهمیت تهیه رهنگاشت در فرآیند برنامه‌ریزی عملیاتی، در ادامه به ارائه تعاریف دقیق‌تری از رهنگاشت پرداخته و مؤلفه‌ها و شاخص‌های مورد توجه در تهیه رهنگاشت را بیان می‌کنیم.

تعاریف: در تلاش برای توصیف هر چه دقیق‌تر و کاربردی‌تر مفهوم رهنگاشت، تعاریف متعددی ارائه شده است. در تعریفی نسبتاً تفصیلی، رهنگاشت ابزار مناسبی جهت ایجاد ارتباط بین فعالیت‌های استراتژیک و طرح‌های کسب و کار سازمان محسوب می‌شود. همچنین تعاریف ذیل در تفسیر مفهوم رهنگاشت ارائه شده است:

الف) ره نگاشت ابزاری است برای ارتباط بین چشم انداز، ارزش ها و اهداف با اقدامات استراتژیکی که برای تحقق اهداف مورد نیاز است.

ب) ره نگاشت جدولی زمانی است که بخش های مختلف یک برنامه کاری را تعریف نموده و در عین حال سررسیدهای موجود در مسیر را نیز شامل می شود.

ج) ره نگاشت برنامه ای است برای شناسایی مسیر آینده که آنچه باید در آینده توسعه یابد را در بستر زمان نشان می دهد.

د) ره نگاشت آنچه را که باید در بین زمان های سررسید از زمان حال تا زمان تحقق هدف انجام شود نشان می دهد.

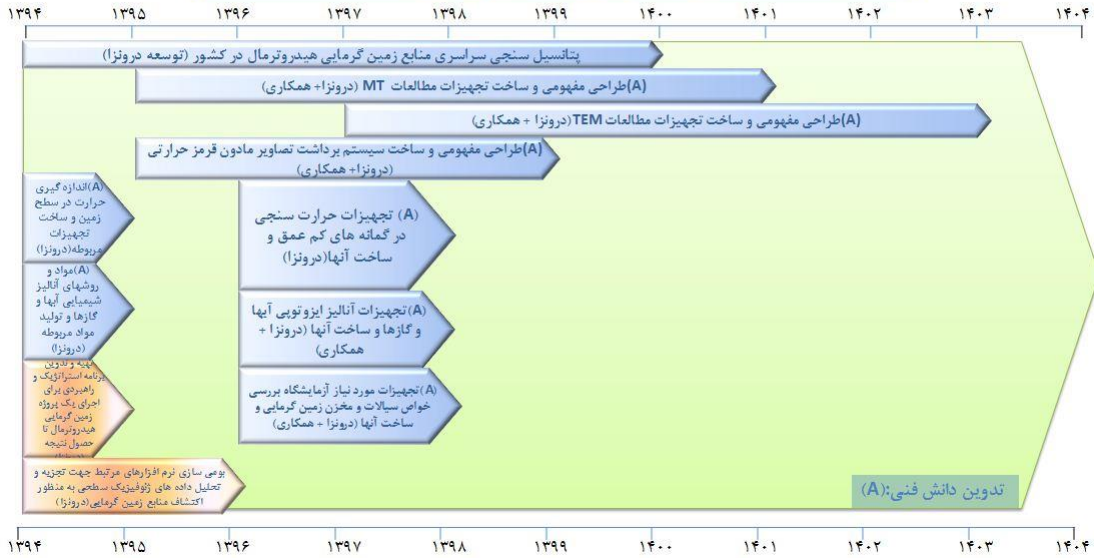
ه) ره نگاشت مجموعه ای است که شامل اهداف کمی و کیفی، استراتژی ها و تاکتیک ها (اقدامات، فعالیت ها و شاخص ها) بوده و بازه های زمانی و مجریان در نظر گرفته شده برای انجام این اقدامات را نشان می دهد. لذا برای رسیدن به هدف، ره نگاشت باید سطح مطلوب و مناسبی از جزئیات را در بر گرفته تا در مجموع ابزار توانمندی را برای هدایت فعالیت ها در طول زمان در اختیار مدیران سازمان قرار دهد.

اگر چه برخی تعاریف کارکردهایی همچون توجیه اقتصادی اقدامات و معرفی پیچیدگی های موجود بین زیرسیستم های زیرساخت ها را نیز از مؤلفه های یک ره نگاشت می دانند، اما برخی تعاریف سعی در هر چه واقعی تر کردن انتظارات کاربران از کارکردهای ره نگاشت دارند و بیان می کنند همان طور که ره نگاشت نباید درصدد تشریح استراتژی ها برآید، نباید به صورت جزئی به تشریح زیر ساخت های فنی لازم در پیاده سازی یک فناوری اشاره کنند [۵].

در یک جمع بندی، می توان این گونه بیان نمود که ره نگاشت، نمایش کلانی از روش پیمودن مسیر تحقق اهداف را در زمان مشخص بیان می کند. اگر چه استفاده از مشخصه هایی همچون شاخص تحقق اقدام، مجری و نقاط خاص موجود در مسیر، به توصیف هر چه روشن تر این مسیر کمک می کند. لذا به نظر می رسد در نخستین گام، ترسیم گام های اصلی در مسیر پیاده سازی استراتژی لازم و ضروری است.

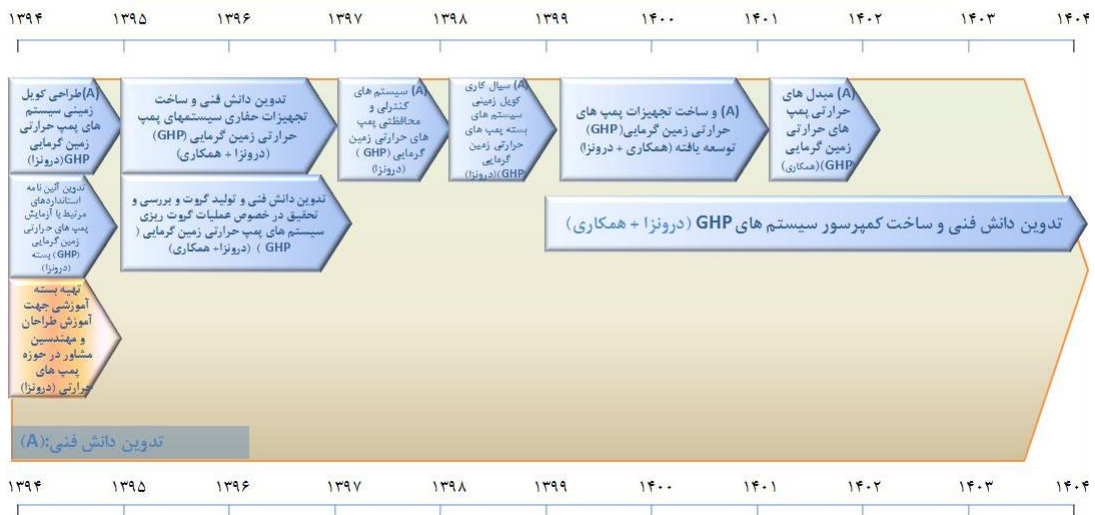
با توجه به موارد ذکر شده در بخش های قبل، ره نگاشت های توسعه فناوری های زمین گرمایی در افق زمانی ۱۰ ساله ترسیم شده است. در اشکال (۶-۱) الی (۶-۵)، نقشه راه توسعه فناوری های مرتبط با حوزه های مختلف انرژی زمین گرمایی ارائه شده است.

نقشه راه توسعه فناوری های مرتبط با اکتشاف منابع هیدروترمال
بر اساس نظر متخصصین مربوطه



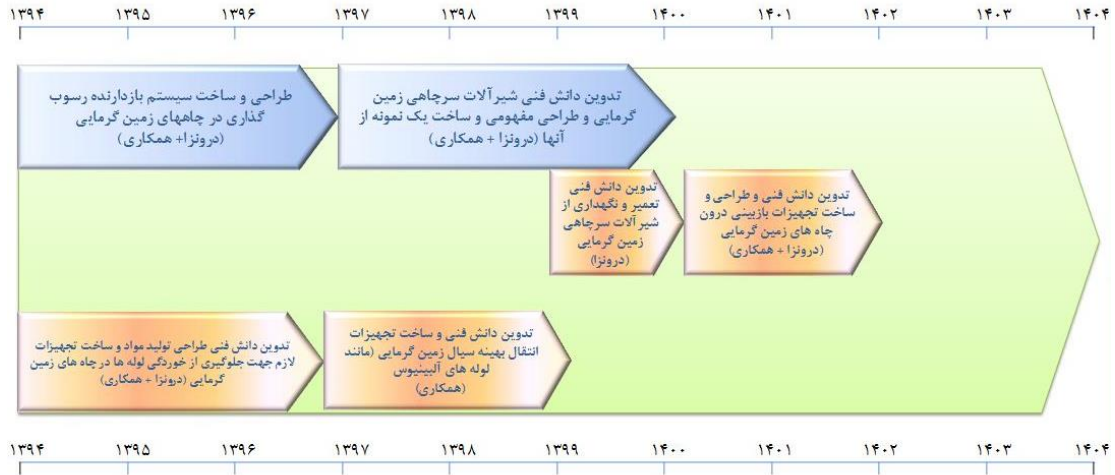
شکل (۱-۶) - نقشه راه فناوری های مرتبط با اکتشاف منابع انرژی زمین گرمایی

نقشه راه سیستم پمپ های حرارتی زمین گرمایی بر اساس نظر متخصصین مربوطه



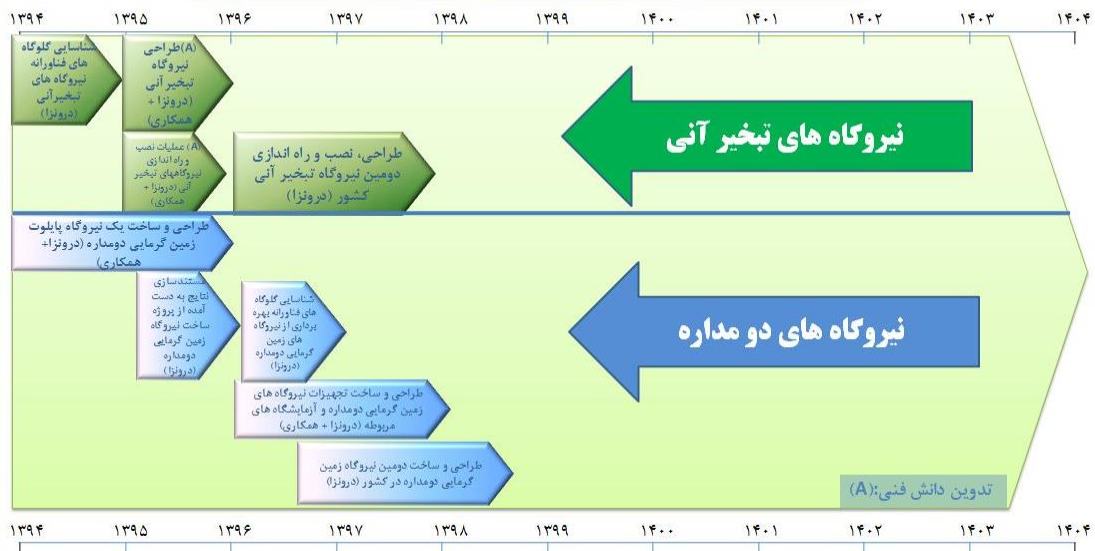
شکل (۲-۶) - نقشه راه فناوری های مرتبط با پمپ های حرارتی زمین گرمایی

نقشه راه توسعه فناوری های مرتبط با تعمیر و نگهداری چاه های منابع زمین گرمایی
هیدروترمال بر اساس نظر متخصصین مربوطه

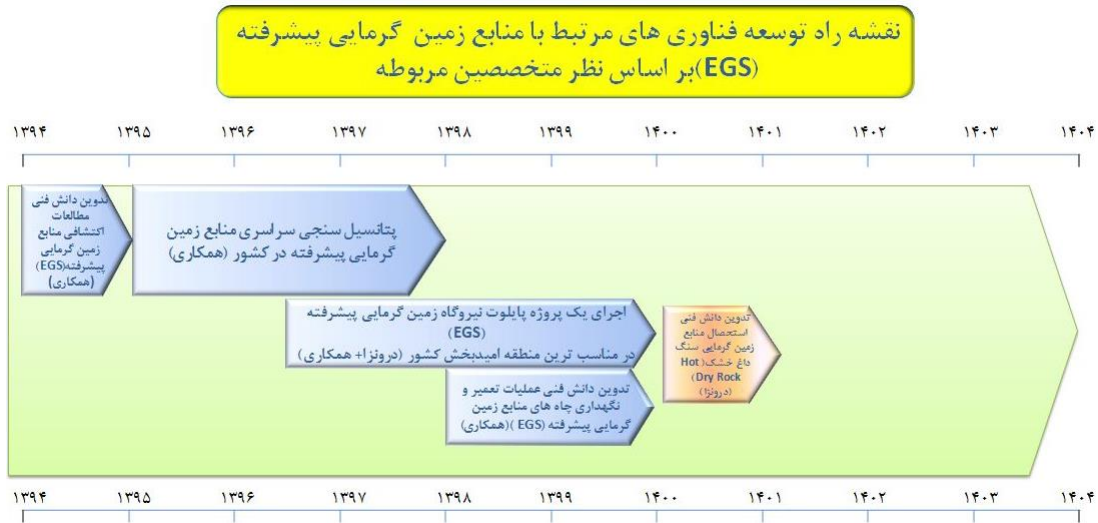


شکل (۳-۶) - نقشه راه فناوری های مرتبط با تعمیر و نگهداری چاه های منابع انرژی زمین گرمایی

نقشه راه توسعه فناوری های مرتبط با نیروگاه های زمین گرمایی
بر اساس نظر متخصصین مربوطه



شکل (۴-۶) - نقشه راه فناوری های مرتبط با نیروگاه های زمین گرمایی



شکل (۵-۶) - نقشه راه فناوری های مرتبط با منابع زمین گرمایی پیشرفته (EGS)

منابع

- ۱- باقریان، محمد؛ مفاهیم و چارچوب مدیریت راهبردی با نگرش های بومی. تهران، مرکز آموزش مدیریت دولتی، ۱۳۷۹.
- ۲- پیرس و رابینسون؛ برنامه ریزی و مدیریت راهبردی. ترجمه دکتر سهراب خلیلی شورینی، ۱۳۸۳.
- ۳- قاضی نوری، سپهر؛ سیاست گذاری و برنامه ریزی علم و فناوری (مطالعه موردی نانوفناوری در ایران). کمیته مطالعات سیاست نانوفناوری، دفتر همکاری های فناوری ریاست جمهوری، تهران، ۱۳۸۱.
- ۵- Faulhaber G.R., 2000. Emerging technologies and public policy: in Wharton on managing emerging technologies, ed. G.S. Day, P.J.H. Schoemaker and R.E. Gunther, John Wiley & Sons, Inc., New York.

فهرست مطالب

۱	۱- مقدمه
۳	۲- تعریف ارزیابی سیاست و تحلیل تأثیرات
۶	۳- همراستایی ارزیابی و اهداف و برنامه اقدامات و سیاستها
۹	۴- قالب های ارزیابی سیاست و تحلیل تأثیرات
۱۲	۵- گام های عمومی ارزیابی سیاست
۱۳	۶- انواع روش های ارزیابی
۱۳	۶-۱- پیمایش نوآوری
۱۷	۶-۲- مدل های اقتصادسنجی: مدل سازی اقتصاد کلان و شبیه سازی
۱۸	۶-۲-۱- شرایط استفاده از مدل های اقتصادسنجی کلان
۱۹	۶-۲-۲- مراحل استفاده از مدل های اقتصادسنجی کلان
۲۱	۶-۳- مدل های اقتصادسنجی: مدل های اقتصادسنجی خرد
۲۲	۶-۳-۱- شرایط استفاده از روش اقتصادسنجی خرد
۲۳	۶-۳-۲- مراحل پیاده سازی مدل اقتصادسنجی خرد
۲۴	۶-۳-۳- دامنه کاربرد و محدودیت ها
۲۴	۶-۴- مدل های اقتصادسنجی: اندازه گیری و بهره وری
۲۵	۶-۴-۱- روش انجام
۲۶	۶-۴-۲- دامنه کاربرد و محدودیت ها
۲۶	۶-۵- ارزیابی توسط خبرگان
۲۷	۶-۵-۱- شرایط استفاده از نظرات خبرگان
۲۷	۶-۵-۲- مراحل انجام روش
۲۸	۶-۵-۳- داده های مورد نیاز

۲۸	۴-۵-۶- دامنه کاربرد و محدودیت ها
۲۹	۶-۶- مطالعه میدانی و مطالعه موردی
۲۹	۷- جمع بندی و ارائه پیشنهاد برای ارزیابی
۳۰	۷-۱- تدوین شاخص های ارزیابی کارایی و اثربخشی
۳۰	۷-۲- تدوین مکانیزم ارزیابی
۳۲	۷-۳- تدوین ساختار نظارت و به روز رسانی
۳۳	۸- فرآیند ارزیابی فناوری های زمین گرمایی
۳۳	۸-۱- تدوین شاخص های عملکردی و اثربخشی
۴۱	۸-۲- تدوین ساختار نظارت و به روز رسانی مکانیزم ارزیابی
۴۱	۸-۳- مکانیزم عملکرد
۴۳	۹- منابع

فهرست اشکال

۶	شکل (۱-۳) - منطق ارزیابی اهداف و سیاست ها
۷	شکل (۳-۲) - مدل منطقی ارزیابی
۱۱	شکل (۱-۴) - قالب های تحلیل تأثیرات سیاست

فهرست جداول

- جدول (۷-۱) - ویژگی های روش های ارزیابی ۳۱
- جدول (۸-۱) - شاخص های پروژه های شناسایی شده در حوزه انرژی زمین گرمایی ۳۴
- جدول (۸-۲) - شاخص های چشم انداز، اهداف کلان و اقدامات در حوزه انرژی زمین گرمایی ۴۰

۱- مقدمه

معمولاً هیچ تضمینی وجود ندارد که سیاست‌ها و برنامه‌های اتخاذ شده بتوانند به توسعه موفق فناوری منجر شوند. بنابراین، گاهی پس از آنکه اقدام یا سیاستی اجرا شد، ذی‌نفعان، سیاست‌گذاران و یا تحلیل‌گران تصمیم می‌گیرند که میزان یا چگونگی تحقق اهداف مورد نظر را ارزیابی کنند. به عبارت دیگر، آن‌ها می‌خواهند بدانند که اهداف، سیاست یا برنامه مورد نظر تا چه حد محقق شده‌اند. دلیل این امر آن است که رویدادهای پیش‌بینی نشده، پیامدهای غیرمنتظره و روابط علی درک نشده، می‌توانند باعث فاصله افتادن میان نتایج یک سیاست یا برنامه با آنچه از آن انتظار می‌رفته شود.

به دلیل عدم قطعیت‌هایی که معمولاً در تحلیل توسعه فناوری وجود دارد، لازم است که سیاست‌ها و برنامه‌ها قبل و بعد از اجرا مورد ارزیابی قرار گیرند. به بیان دیگر، هم به "پیش‌ارزیابی" و هم به "پس‌ارزیابی" نیاز است. "پیش‌ارزیابی" اقدامی آینده‌نگر و اغلب تجویزی است. پیش‌ارزیابی به این مسئله می‌پردازد که چگونه باید از قدرت ذینفعان برای حل مسئله یا پرداختن به موضوع مورد نظر استفاده کرد. بنابراین، پیش‌ارزیابی فرآیندی است که مناسب است تا در حین تدوین سیاست‌ها و برای انتخاب میان گزینه‌های مختلف سیاستی مورد استفاده قرار بگیرد. آنچه که در این قسمت از سند مورد توجه است، داشتن نگاه پس-ارزیابی به منظور تدوین شاخص‌های کارایی و اثربخشی، تدوین مکانیزم ارزیابی و ساختار نظارت و بروزرسانی است. در برخی از موارد نیز این بخش خود "پس‌ارزیابی" است. به این معنی که با داشتن نگاه به گذشته، اثرات سیاست‌ها و برنامه‌های اتخاذ شده، تحلیل و میزان محقق شدن اهداف تعیین شده اندازه‌گیری شود.

"تحلیل تأثیرات"^۱ (که در جایگاه پس‌ارزیابی قرار می‌گیرد) حوزه‌ای از مطالعات سیاستی است که به بررسی تأثیرات و پیامدهای واقعی یک سیاست می‌پردازد. تحلیل تأثیرات یا همان پس‌ارزیابی سیاست‌ها و برنامه‌ها را می‌توان به صورت زیر تعریف کرد: "تعیین میزان تأثیرات یک مجموعه هدایت‌شده از فعالیت‌های بشری بر وضعیت اهداف یا پدیده‌های مورد نظر و تعیین علت کم یا زیاد بودن این تأثیرات" (Mohr, 1995). در نگاهی تخصصی‌تر، پس‌ارزیابی، ارزیابی اثربخشی کلی یک برنامه ملی در راستای اهداف و یا ارزیابی اثربخشی نسبی دو یا چند برنامه است. پس‌ارزیابی سیاست، یک تحقیق عملیاتی، نظام‌مند و هدفمند بر روی تأثیرات یک سیاست، اقدام، برنامه یا پیامدهای آن بر حسب اهدافی در جهت رسیدن به آن است.

^۱ Ex-ante evaluation

^۲ Ex-post evaluation

^۳ Impact analysis

در همین راستا، به منظور اینکه در یک سند راهبرد ملی توسعه فناوری های راهبردی، بتوان به درستی شاخص های عملکردی و اثربخشی، مکانیزم ارزیابی و ساختار نظارت و به روزرسانی را تدوین نمود، لازم است تا روش پس ارزیابی را پیش بینی نمود و بر اساس آن موارد فوق تدوین گردند. لذا در ادامه، ابتدا مفهوم تحلیل تأثیرات و ارزیابی سیاست ها تشریح می گردد و روش های انجام آن ها به صورت مختصر توضیح داده می گردد و سپس در انتها با ارائه یک جمع بندی، روش شناسی پیشنهادی برای بخش پایش و ارزیابی ارائه می شود.

۲- تعریف ارزیابی سیاست و تحلیل تأثیرات

تحلیل تأثیرات بخشی از حوزه بزرگتری از مطالعات سیاسی یعنی "ارزیابی سیاست"^۱ است. ارزیابی سیاست نیز همچون بسیاری از مفاهیم مربوط به مطالعات سیاستی دارای تعاریف مختلف است:

- "تلاش برای درک تأثیر رفتار انسان و به ویژه ارزش یابی تأثیرات یک برنامه خاص بر جنبه هایی از رفتار که به عنوان اهداف این مداخله منظور شده است" (Haveman, 1987).
- "ارزیابی اثربخشی یک برنامه ملی در تحقق اهداف خود یا ارزیابی اثربخشی نسبی دو یا چند برنامه در تحقق اهداف مشترک خود" (Wholey et al., 1970).
- "ارزیابی نظام مند عملیات و / یا نتایج یک برنامه یا سیاست در مقایسه با مجموعه ای از استانداردهای صریح یا ضمنی به عنوان راهی برای کمک به بهبود آن برنامه یا سیاست" (Weiss, 1998).

آنچه در همه تعاریف ارزیابی سیاست مشترک است و آنچه ارزیابی سیاست را از سایر مطالعات سیاستی متفاوت می سازد، تمرکز آن بر پیامدهای واقعی ناشی از اجرای سیاست یا برنامه و یا قضاوت در مورد این پیامدها بر مبنای نوعی ملاک (هنجاری) است (Lester & Stewart, 2000). ارزیابی سیاست، یک فعالیت هنجاری است که در آن آنچه هست با آنچه باید باشد مقایسه می شود. بنابراین، ارزیابی سیاست به معنای تعیین ارزش یک سیاست یا برنامه بر مبنای تعدادی معیار است؛ و تلاشی

^۱ Program evaluation

سیستماتیک برای تعیین "خوبی" یا "ارزشمندی" آن هاست. البته باید توجه داشت که ارزیابان سیاست‌ها و اهداف از تمامی روش‌های علوم اجتماعی (و به‌ویژه روش‌های کمی) استفاده می‌کنند. با این حال، ارزیابی سیاست فاقد ساختاریافتگی است.

تقاضا برای ارزیابی سیاست، امری فراگیر است که هم در بخش عمومی و هم در بخش خصوصی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این ارزیابی می‌تواند به شکل‌های مختلفی از مطالعات آکادمیک و گزارش‌های مشاوران مدیریت گرفته تا بازنگری‌های رسمی توسط نهادهای دولتی و مدیران برنامه‌ها انجام شود. بر این اساس، منطقی است که حوزه ارزیابی سیاست بیشتر به‌عنوان یک حوزه کاربردی تلقی شود تا یک حوزه آکادمیک. بسیاری از مؤلفان به این موضوع اشاره کرده‌اند. مثلاً ویس (۱۹۹۸) به این نکته پرداخته است که جهت‌گیری ارزیابی سیاست بیشتر به سمت بهبود و اصلاح سیاست است تا تولید دانش عمومی و اگر دانشی هم به این ترتیب تولید شود غالباً خاص برنامه و سیاست مورد نظر است و معمولاً قابل تعمیم به سیاست‌ها و برنامه‌های مختلف نیست.

هرچند ارزیابی سیاست دارای چند مفهوم محوری است، ولی از سوی دیگر موضوعی متغیر و فاقد مرزهای روشن است که می‌توان برای افراد مختلف معانی متفاوتی داشته باشد. تحت عنوان ارزیابی سیاست چندین رویکرد مفهومی مجزا وجود دارد که از "تحلیل تأثیر" فراتر می‌روند. متأسفانه هیچ تعریفی از قلمرو و زیرشاخه‌های ارزیابی سیاست که مقبولیت عمومی داشته باشد وجود ندارد. البته برخی محققان همچون اسمیت و لیکاری^۲ (۲۰۰۷) تلاش کرده‌اند تا دسته‌بندی‌هایی ارائه کرده و به این موضوع نظم دهند. تحلیل تأثیرات همیشه حول سه محور انجام می‌شود:

مسئله (یا مشکل)، فعالیت و نتیجه مورد نظر. مسئله عبارت است از نتیجه یا شرایطی که رضایت‌بخش نباشد و انتظار رود که بدون دخالت از طریق یک برنامه یا سیاست عمومی کماکان نامناسب باقی بماند. فعالیت عبارت است از رویدادی که توسط انسان هدایت می‌شود و سیاست را تشکیل می‌دهد؛ یعنی اقداماتی که زیر نظر دولت برای برخورد با یک مسئله انجام می‌شوند. نتیجه مورد نظر عبارت است از متغیری که برای ارزیابی تأثیر (پیامد) یک سیاست عملاً سنجیده می‌شود (Mohr, 1995).

بنابراین، تحلیل تأثیرات با پاسخ نظام‌مند به این سوال که "چه کاری انجام شده است؟" سروکار دارد و این کار را با شناسایی و سنجش نتیجه مورد نظر و آزمون عملی رابطه آن با سیاست یا برنامه مورد نظر انجام می‌دهد. این موضوع از نظر تئوری ساده

^۱ Weiss

^۲ Smith & Licari

به نظر می‌رسد، ولی در عمل می‌تواند دشوار باشد. مثلاً تحلیل تأثیرات به شدت به نحوه انتخاب "متغیر وابسته" بستگی دارد که همان نتیجه مورد انتظار است. نتیجه مورد انتظار باید دو کارکرد کلیدی داشته باشد. اول اینکه باید جنبه‌ای از مسئله را عملیاتی سازد و دوم اینکه باید متغیری باشد که بتوان بین آن و برنامه/سیاست رابطه علی برقرار کرد.

یکی از مسائلی که سیاست‌گذاری عمومی به طور عام و تحلیل تأثیرات به طور خاص با آن روبه‌روست، موضوع هنجارها و ملاحظات هنجاری است. در بسیاری از موارد، اهداف سیاست‌های اتخاذ شده چندان روشن نیستند و در نتیجه، ذی‌نفعان مختلف اهداف مختلفی را به یک سیاست واحد نسبت می‌دهند. حتی ممکن است باورهای متفاوتی نسبت به روابط علی بین "وسیله" و "هدف" وجود داشته باشد و این باورهای متفاوت، معانی سیاسی متفاوتی داشته باشند. از سوی دیگر، قضاوت در مورد اینکه سیاستی موفق بوده یا شکست خورده مستلزم این است که ابتدا مشخص شود کدام اهداف سیاست و چگونه باید مورد سنجش قرار گیرند. در بسیاری از موارد، همین انتخاب به تنهایی می‌تواند نتیجه ارزیابی را تغییر دهد. مثلاً اگر در زمینه سیاست‌های آموزشی بخواهیم عملکرد آموزشی را مورد سنجش قرار دهیم و مشخص کنیم که آیا یک سیاست خاص به اهداف خود رسیده است یا خیر، استفاده از روش‌هایی مثل تست‌های استاندارد، نرخ فارغ‌التحصیلان و امثال این‌ها می‌توانند نتایج کاملاً متناقضی را نشان دهند (Smith & Granberg, 2003).

۳- همراستایی ارزیابی با اهداف و برنامه اقدامات و سیاست‌ها

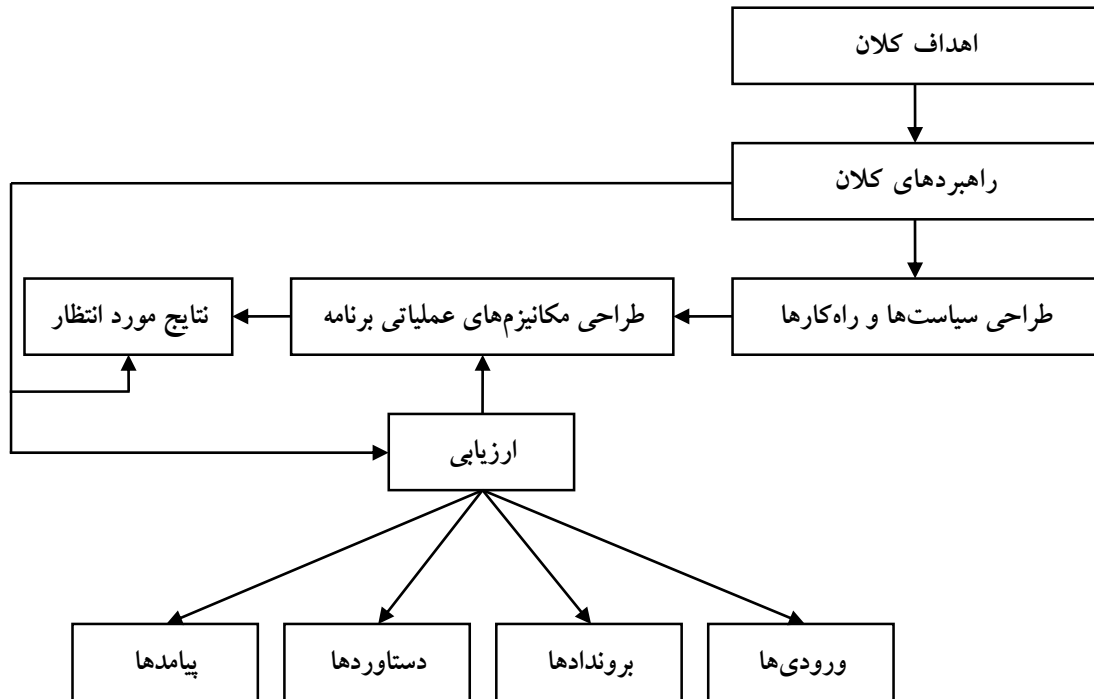
ارزیابی هنگامی اثربخش خواهد بود که هم‌راستا و منطبق با مأموریت و اهداف برنامه انجام پذیرد. همانطور که در شکل زیر دیده می‌شود، ابتدا می‌بایست اهداف کلانی را که برنامه به دنبال آن‌هاست، استخراج نمود. سپس باید مشخص شود برنامه از چه راهبردی برای تحقق این اهداف استفاده می‌کند. در طراحی مکانیزم‌های عملیاتی یک برنامه سیاستی، مشخص می‌شود چه ورودی‌هایی به چه برون‌دادها، دستاوردها^۱ و پیامدهایی^۲ تبدیل می‌شوند. بنابراین تمرکز اصلی ارزیابی بر همین مؤلفه‌ها می‌باشد. بازخوردهای ارزیابی هم می‌تواند به بهبود مکانیزم‌های عملیاتی منجر شود و هم اصلاح راهبردهای برنامه را به دنبال داشته باشد.

^۱ Operationalize

^۲ Outputs

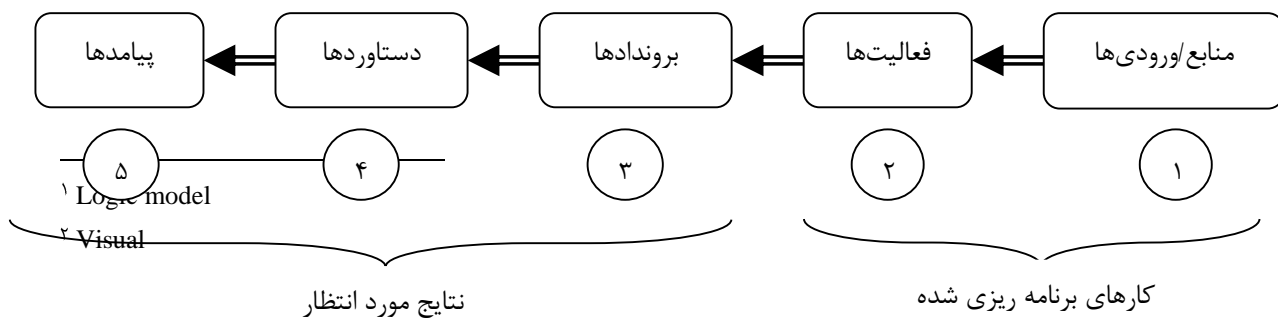
^۳ Results

^۴ Outcomes



شکل (۱-۳) - منطق ارزیابی اهداف و سیاستها

یکی از مفاهیمی که در ادبیات سیاست گذاری برای رعایت ارتباط ورودیها، برون دادها، دستاوردها و پیامدها به دفعات مورد استفاده قرار می گیرد "مدل منطقی" است. مدل منطقی نه تنها در طراحی سیاست مورد استفاده قرار می گیرد، بلکه می توان از آن برای ارزیابی سیاست نیز استفاده نمود. علی رغم کاربردهای گسترده، این مدل بر منطقی روشن و ساده استوار است. بطور کلی، مدل منطقی روشی نظام مند و تصویری^۱ است که برای ارائه و انتقال درک از ارتباط میان منابعی که در برنامه مورد استفاده قرار گرفته، فعالیت هایی که برنامه ریزی شده و تغییرات و نتایجی که رسیدن به آنها دنبال می شود، به کار می رود.



شکل (۲-۳) - مدل منطقی ارزیابی

اغلب مدل های منطقی، تصویری است از نحوه کار برنامه. این مدل از کلمات و تصاویر برای تشریح توالی فعالیت ها و ارتباط آنها با نتایج مورد انتظار برنامه استفاده می کند. مؤلفه های اصلی یک مدل منطقی را می توان در دو گروه اصلی "کارهای برنامه ریزی شده" و "نتایج مورد انتظار" و در پنج گام متوالی شرح داد:

کارهای برنامه ریزی شده: به تشریح منابعی که گمان می رود برای اجرای برنامه نیاز هستند و فعالیت هایی که قصد انجام آنها وجود دارد، می پردازد.

- منابع: عبارتند از منابع انسانی، مالی، سازمانی و ارتباطی که برای انجام برنامه مورد نیاز می باشند. در برخی منابع از آنها به عنوان "ورودی" نیز نام برده شده است.
- فعالیت های برنامه: عبارتند از فرآیندها، ابزارها، رخدادهای فناوری و اقداماتی که بصورت آگاهانه و در راستای نیل به نتایج و یا تغییرات مورد انتظار صورت می پذیرند.

نتایج مورد انتظار: عبارتند از کلیه نتایج مطلوب برنامه شامل برون دادها، دستاوردها و پیامدها.

- برون دادها: محصولات مستقیم فعالیت های برنامه اند و ممکن است شامل انواع، سطوح و اهدافی از خدمات باشند که توسط برنامه ارائه می شود.
- دستاوردها: عبارت است از تغییرات در رفتار، دانش، مهارت، وضعیت و سطح کارکرد افرادی که در برنامه مشارکت دارند. دستاوردها می توانند به دو گروه کوتاه مدت و بلندمدت تقسیم شوند. دستاوردهای کوتاه مدت در بازه ۱ تا ۳ سال

محقق می‌شوند؛ حال آنکه دستاوردهای بلندمدت ۴ تا ۶ سال زمان نیاز دارند. "پیامدهای" دستاوردهای کوتاه مدت در بازه ۷ تا ۱۰ سال خود را نشان می‌دهند.

- پیامدها: عبارتند از خواسته‌های اساسی و یا تغییرات ناخواسته‌ای که در سازمان، جامعه یا سیستم بر اثر اجرای برنامه در مدت ۷ تا ۱۰ سال اتفاق می‌افتد (Kellogg, 2004).

۴- قالب‌های ارزیابی سیاست و تحلیل تأثیرات

ارزیابی نظام‌مند سیاست‌ها و تحلیل تأثیرات آن‌ها مشتمل بر مقایسه است، مقایسه‌ای به‌منظور یافتن تغییرات به وجود آمده در اثر برنامه‌های سیاستی. این مقایسه در حالت ایده‌آل باید به اندازه‌گیری تفاوت بین اتفاقات به‌وقوع پیوسته، با اتفاقاتی بپردازد که در صورت اجرا نشدن برنامه‌ها پدید می‌آید. اندازه‌گیری اتفاقات به‌وقوع پیوسته در شرایط بعد از اعمال برنامه‌ها دشوار نیست. مشکل اصلی در برآورد وضعیت در صورت به‌اجرا درنیامدن برنامه‌ها و مقایسه دو وضعیت باهم است. این تفاوت باید ناظر بر اعمال برنامه‌ها باشد و نه سایر تغییراتی که به‌طور هم‌زمان در جامعه به‌وقوع پیوسته است. با توجه به اهمیت این موضوع، چهار قالب کلی برای ارزیابی سیاست و تحلیل تأثیرات در نظر می‌گیرند:

مقایسه وضعیت قبل و بعد از برنامه: یکی از رایج‌ترین قالب‌های تحلیل سیاست‌ها و برنامه‌ها، استفاده از نوع مقایسه قبل با بعد است. در این قالب، وضعیت در دو نقطه یکی قبل از اجرای برنامه‌ها و دیگری بعد از اجرای آن‌ها مورد مقایسه باهم قرار می‌گیرند. گروه‌های هدف در تحلیل تأثیرات مقایسه‌ای قبل و بعد جایگاه محوری دارند. در این حالت، اگرچه فرآیند دستیابی به تأثیر سیاست‌ها کوتاه و آسان است، اما نمی‌توان به‌راحتی و با اطمینان مشخص نمود که تا چه حد نتایج حاصل از اعمال برنامه‌ها و سیاست‌ها ناشی شده‌اند و تا چه اندازه اثر سایر تغییرات محیطی هم‌زمان در جامعه بوده‌اند.

مقایسه روند گذشته و وضعیت بعد برنامه: برآورد بهتری از آنچه در اثر اجرای یک برنامه به‌وقوع پیوسته را می‌توان با مقایسه روند وضعیت گذشته در زمان حاضر (پس از اجرای برنامه‌های سیاستی) بدست آورد. سپس با مقایسه این حالت تصویر شده از گذشته با شرایط پدید آمده پس از اجرای واقعی برنامه‌ها می‌توان به تحلیل تأثیرات سیاست‌ها رسید. در این روش لازم

^۱ Before-after comparison

^۲ Project trend line versus postprogram comparisons

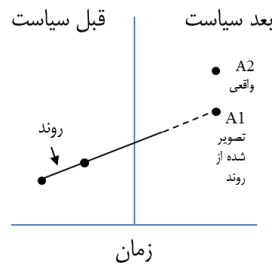
است تا برای ترسیم روند وضعیت از گذشته تا به زمان اجرای سیاست‌ها، اطلاعات راجع به گروه‌های هدف در بازه‌های زمانی مختلف گردآوری شود. این قالب از حالت مقایسه قبل و بعد بهتر بوده و نتایج دقیق‌تری را فراهم می‌آورد، اما نیازمند تلاش بیشتر در فرآیند ارزیابی است.

مقایسه وضعیت در دو حالت بود یا نبود برنامه! روش رایج دیگر برای ارزیابی، مقایسه میان وضعیت بخش‌هایی است که تحت تأثیر سیاست موردنظر قرار گرفته‌اند با سایر بخش‌ها (شهرها، کشورها) است. در این حالت، مقایسه تنها در زمان بعد از اجرای برنامه‌های سیاستی انجام می‌شود، اما میان دو بخش مختلف (تحت تأثیر سیاست و فارغ از آن). همچنین به‌منظور افزودن بر دقت این قالب از تحلیل تأثیرات می‌توان وضعیت گذشته (قبل اجرای برنامه) را در هر دو بخش مشاهده نمود و تفاوت آن‌ها را درک کرد. سپس با اجرای برنامه و مقایسه دوباره میان وضعیت دو بخش، می‌توان به‌روشنی دریافت که چه حدی از تفاوت میان وضعیت دو بخش به‌دلیل اعمال برنامه سیاستی بوده و چه حدی مرتبط با تفاوت در ویژگی‌های اقتصادی-اجتماعی بخش‌های مورد مطالعه بوده است.

مقایسه وضعیت گروه‌های کنترل و آزمایشی قبل و بعد از اجرای برنامه: این قالب از تحلیل تأثیرات به‌عنوان یک روش مرسوم مشتمل بر انتخاب دو گروه تحت کنترل و آزمایشی است که از همه لحاظ به‌هم شبیه هستند، اما در یکی از آن‌ها (گروه آزمایشی) برنامه سیاستی اجرا شده ولی در دیگری خیر. در این حالت، مقایسه وضعیت دو گروه بعد از اجرای سیاست در یکی از آن‌ها می‌تواند به‌طور دقیق بیان‌کننده تأثیرات سیاست‌ها باشد. این قالب، دقیق‌ترین نتایج ارزیابی سیاست‌ها را در میان سایر روش‌ها به‌همراه می‌آورد. در شکل (۴-۱) قالب‌های تحلیل تأثیرات سیاست، نشان داده شده است.

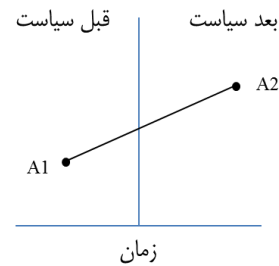
^۱ Comparisons between jurisdictions with and without programs

قالب ۲ - تصویر گذشته و بعد از اجرا



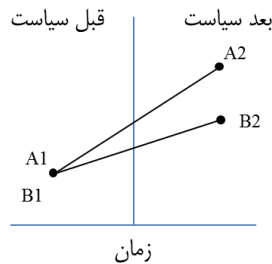
تاثیر سیاست $A1-A2$

قالب ۱ - قبل و بعد



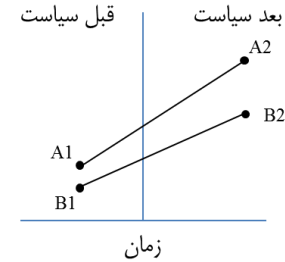
تاثیر سیاست $A1-A2$

قالب ۴ - گروه کنترل شده و آزمایشی



تاثیر سیاست، B فارغ از سیاست
 A و B هر دو مشابه
تاثیر سیاست $A2-B2$

قالب ۳ - با و بدون اجرای سیاست



تاثیر سیاست، B فارغ از سیاست
تاثیر سیاست $(A2-A1)-(B2-B1)$

شکل (۴-۱) - قالب های تحلیل تأثیرات سیاست (Dye, 1992)

۵- گام های عمومی ارزیابی سیاست

فارغ از نوع و روش ارزیابی و درجه پیچیدگی آن، به صورت کلی مراحل انجام یک ارزیابی را می توان به صورت زیر برشمرد:

- تعیین اهداف و مخاطبان (ذی نفعان ارزیابی)
- طراحی سؤالات و فرضیات ارزیابی
- مشخص کردن منابع در دسترس، زمان لازم و سطح مناسب تلاشی که می بایست صورت پذیرد
- انتخاب روش (های) ارزیابی و تجزیه و تحلیل

- انتخاب و یا طراحی مدل مناسب ارزیابی و رویکرد جمع‌آوری اطلاعات
- جمع‌آوری و ترکیب اطلاعات
- تجزیه و تحلیل و تفسیر اطلاعات
- تدوین گزارش ارزیابی
- ارائه و انتشار نتایج

در میان این گام‌ها، انتخاب روش ارزیابی و تحلیل به‌عنوان محور اصلی در ارزیابی و پایش سیاست‌ها و برنامه‌ها قرار می‌گیرد. روش‌های متنوعی برای ارزیابی وجود دارد که در عین داشتن مشابهت‌هایی، هر کدام مزایا و معایب مخصوص به خود را دارا می‌باشند. هر کدام از این روش‌ها برای اهداف خاصی طراحی شده‌اند. به‌عنوان مثال برخی از آن‌ها برای ارزیابی در مراحل اولیه یک برنامه مناسب‌اند و برخی دیگر برای ارزیابی در مراحل انتهایی برنامه به‌کار می‌آیند. بنابراین حتی ممکن است برای یک برنامه با گذشت زمان، از روش‌های متعدد ارزیابی استفاده شود.

از منظر زمانی، روش‌های ارزیابی به دو دسته کلی ارزیابی پیش از پیاده‌سازی و ارزیابی در حین و پس از پیاده‌سازی تقسیم می‌شوند. همچنین از منظر روش تحقیق، روش‌های ارزیابی را می‌توان به سه دسته روش‌های کمی، آماری، روش‌های مدل‌سازی و روش‌های کیفی تقسیم‌بندی کرد. در روش‌های کمی و آماری مانند پیمایش، با انجام تحلیل‌های آماری بر روی داده‌ها و اطلاعات جمع‌آوری شده، ارزیابی سیاست‌ها انجام می‌پذیرد. در روش‌های مدل‌سازی مانند روش‌های اقتصادسنجی، با استفاده از توابع و مدل‌های ریاضی/اقتصادی، به ارزیابی تأثیرات سیاست‌ها پرداخته می‌شود. در روش‌های کیفی، مانند موردکاوی نیز مشاهدات و داده‌های کیفی مبنای قضاوت ما در مورد اثرات سیاست‌ها می‌باشد، (Polk & Rojo, ۲۰۰۲).

۶- انواع روش‌های ارزیابی

مجموعه‌ای از روش‌های ارزیابی که می‌توانند برای تحلیل تأثیرات سیاست‌ها و برنامه‌ها در اسناد ملی فناوری مورد استفاده قرار بگیرند به قرار زیر هستند:

۱-۶- پیمایش نوآوری^۱

در طی سه دهه گذشته تلاش های زیادی جهت سنجش و ارزیابی نوآوری صورت گرفته است. سازمان توسعه همکاری های اقتصادی (OECD) با انتشار دستورالعمل های متعددی در خصوص ارزیابی های مرتبط با نوآوری و فناوری که اصطلاحاً به دستورالعمل های فراسکاتی^۲ معروفند (دستورالعمل فراسکاتی، دستورالعمل پنتت، دستورالعمل اسلو و غیره) تلاش کرده است تا در زمینه ارزیابی، استانداردهای بین المللی را ایجاد کند.

تشریح روش های ارزیابی و تفسیر داده ها در این دستورالعمل ها، در کنار وجود بانک های اطلاعات و داده های متنوع^۳ باعث شد در دهه ۹۰ کشورهای اروپایی برای ارزیابی سیاست ها، از پیمایشی استفاده کنند که به پیمایش نوآوری معروف شد.

روش پیمایش نوآوری در ابتدا، به عنوان ابزاری جهت جمع آوری و تفسیر داده ها و نه ارزیابی مورد استفاده قرار می گرفت. اما اخیراً محققان زیادی پیمایش نوآوری را به عنوان روشی برای پرداختن به تأثیرات و پیامدهای سیاست های تحقیق و توسعه دولتی مورد توجه قرار داده اند. به نظر می رسد در آینده با توجه به افزایش داده های جمع آوری شده پیرامون موضوعات مرتبط با نوآوری، افزایش استفاده از روش پیمایش برای ارزیابی سیاست های نوآوری دولتی به وقوع پیوندد (Licht and Sirilli, 2002).

اولین پیمایش نوآوری در اروپا، در سال ۱۹۹۲ و بر اساس دستورالعمل اسلو صورت گرفت. این پیمایش ها مجدداً در سطح اتحادیه اروپا در سال های ۱۹۹۶ و ۲۰۰۰ برگزار شد. تجربه این سه پیمایش، ضمن آنکه امکان پذیری پیمایش نوآوری را ثابت کرد، نشان داد اینگونه پیمایش ها می تواند نتایج قابل توجهی برای سیاست گذاران داشته باشد.

در پیمایش نوآوری، نوآوری عبارت است از محصول یا فرایند نو و یک بنگاه در صورتی نوآور معرفی می شود که در یک دوره زمانی سه ماهه موفق به طراحی حداقل یک محصول یا فرایند نو و یا بهبود در فرایندها و محصول های موجود شده باشد. معیار "نو" بودن، جدید بودن در بنگاه است که لزوماً به معنای جدید بودن در بازار نمی باشد. اطلاعات پیمایش از طریق توزیع پرسشنامه در نمونه هایی از جامعه آماری جمع آوری می شود، هرچند در برخی موارد تمام بنگاه های بزرگ تحت پوشش پیمایش قرار می گیرند. مهم ترین موضوعاتی که در یک پیمایش نوآوری مورد بررسی قرار می گیرند عبارتند از:

^۱ Innovation survey

^۲ FRASCATY – Family manuals

^۳ از دهه ۷۰، گروه های پژوهشی شروع به جمع آوری داده هایی در مورد وضعیت نوآوری در بنگاه ها نمودند که وجود این اطلاعات و داده ها یکی از عوامل طراحی دستورالعمل اسلو بوده است.

- عوامل مؤثر بر نوآوری فناورانه
 - اهداف نوآوری در بنگاه‌ها
 - منابع اطلاعاتی بنگاه‌ها
 - موانع نوآوری در بنگاه‌ها
- فعالیت‌ها و هزینه‌های نوآوری در بنگاه‌ها
 - فعالیت‌های تحقیق و توسعه
 - همکاری‌های فناورانه
 - خرید و تجهیز ماشین‌آلات
 - محافظت از دانش و فناوری
- ویژگی‌های بنگاه‌های نوآور
 - اندازه بنگاه‌های نوآوری
 - بخش اقتصادی که بنگاه‌های نوآور در آن فعالیت می‌کنند
 - مالکیت بنگاه‌های نوآوری
 - ارتباط با سایر بنگاه‌ها مؤسسات دولتی
 - سرمایه‌گذاری در دارایی‌های نامشهود
- پیامدهای نوآوری
 - فروش ناشی از محصولات نو
 - فروش ناشی از محصولاتی که نه تنها برای بنگاه بلکه در سطح بازار نیز جدید می‌باشند
 - تأثیر نوآوری بر صادرات و رقابت‌پذیری بنگاه‌ها در سطح بین‌المللی
 - تأثیر نوآوری بر اشتغال
 - تأثیر نوآوری بر ساختار مهارتی نیروی کار

اما پیمایش نوآوری چگونه می‌تواند برای ارزیابی برنامه‌ها و سیاست‌های نوآوری مورد استفاده قرار گیرد؟ هر ارزیابی سیاست نیازمند وجود اطلاعات کافی و دقیق در مورد موضوع سیاست مورد تحلیل است. پیمایش نوآوری بخشی از اطلاعاتی که برای ارزیابی برنامه‌ها و سیاست‌های نوآوری دولت‌ها لازم است را فراهم می‌آورد. این اطلاعات می‌تواند تصویر واضحی از وضعیت نوآوری در بنگاه‌ها و میان آن‌ها را به نمایش بگذارد.

در پیمایش نوآوری در خصوص مشارکت بنگاه‌ها در برنامه‌های نوآوری دولتی سؤالاتی طراحی شده است. در سومین پیمایش نوآوری اتحادیه اروپا، این سؤالات در سه سطح سیاست‌های اتحادیه اروپا، سیاست‌های دولتی و سیاست‌های منطقه‌ای و محلی طراحی شده بود. در برخی پیمایش‌های نوآوری مانند پیمایش نوآوری ایتالیا، سؤالات بیشتر و دقیق‌تری در خصوص سیاست‌های نوآوری دولت طراحی شده است.

با تحلیل نتایج پیمایش نوآوری می‌توان به ارزیابی برخی سیاست‌های نوآوری دولت پرداخت. به‌عنوان مثال می‌توان فهمید چه کسانی از یارانه‌های تحقیق و توسعه دولت سود برده‌اند؟ بنگاه‌های کوچک و متوسط در مقایسه با بنگاه‌های بزرگ چه سهمی از کمک‌های دولت را دریافت کرده‌اند؟ چه بخش‌های اقتصادی از تسهیلات دولتی منتفع شده‌اند؟

مقایسه پاسخ سؤالاتی از این دست، با اهدافی که برای سیاست نوآوری در نظر گرفته شده است، ارزیابی مناسبی از سیاست ارائه می‌دهد. بایستی توجه داشت هرچند پیمایش برای ارزیابی سیاست نوآوری بیشتر مورد استفاده قرار گرفته است، اما این ابزار می‌تواند برای ارزیابی سایر سیاست‌ها و حتی سیاست‌های عمومی نیز بکار رود. در واقع پیمایش ابزاری تحلیلی است که از طریق توزیع پرسشنامه و با جمع‌آوری اطلاعات از سایر منابع در یک جامعه یا نمونه آماری و با استفاده از تحلیل‌های آماری به ارزیابی یک سیاست می‌پردازد. مراحل انجام یک پیمایش عبارتند از:

۱. طراحی مدل مفهومی پیمایش (ارتباط و تأثیر متغیرها)؛
۲. تعریف متغیرهای مدل مفهومی؛
۳. شناسایی منابع اطلاعاتی که متغیرها از طریق آن‌ها اندازه‌گیری می‌شوند؛
۴. شناسایی جامعه و یا نمونه آماری؛
۵. طراحی و توزیع پرسشنامه؛
۶. جمع‌آوری پرسشنامه و اطلاعات از سایر منابع؛

۷. تجزیه و تحلیل آماری اطلاعات جمع‌آوری شده؛ و

۸. تفسیر نتایج و ارائه اقدام یا پیشنهاد.

پیمایش مانند هر ابزار دیگری مزایا و معایب متعددی دارد. مهم‌ترین مزایای این روش عبارتند از:

- با توجه به سهولت جمع‌آوری اطلاعات گسترده در روش پیمایش، می‌توان گستره وسیع‌تری از موضوعات را تحت پوشش ارزیابی قرار داد و از نقطه‌نظرات افراد و شرکت‌های بیشتری بهره جست.
- در پیمایش می‌توان نشانگرها و متغیرهای زیادی را جمع به ورودی‌ها، نتایج و پیامدهای یک برنامه را اندازه‌گیری و تحلیل کرد.
- در پیمایش می‌توان علاوه بر استفاده از اطلاعات پرسشنامه‌ها، از اطلاعات سایر بانک‌های داده‌ها و منابع در ارزیابی بهره جست.

TM پیمایش قابلیت ترکیب با سایر روش‌ها از جمله روش‌های ریاضی و اقتصادی را دارا می‌باشد.

- اگر پیمایش با رویکردهای قضاوت خبرگان مانند پنل همراه شود، می‌تواند تحلیل‌های پویاتری از ارزیابی ارائه نماید.

معایب عمده روش پیمایش نیز عبارتند از:

- دقت اطلاعاتی که از پرسشنامه و بر اساس قضاوت ذهنی افراد جمع‌آوری می‌گردد، همواره محل تردید است.
- ارزیابی دقیق و درست ورودی‌ها، پیامدها و نتایج بر اساس سنجش متغیرها همواره ممکن نیست. بسیاری از پیامدها و نتایج قابل تبدیل و اندازه‌گیری از طریق متغیرها نیستند.
- در بسیاری مواقع، مدت‌زمانی لازم است تا سیاست و یا برنامه، تأثیر و پیامدهای خود را آشکار کند. غالباً در روش پیمایش مدت‌زمان تأثیرات برنامه در نظر گرفته نمی‌شود.

به هر حال پیمایش بهترین روش ارزیابی سیاست نیست، اما در برخی موارد، مخصوصاً در مواردی که نیاز به ارزیابی سیاست‌های کلان و در سطح وسیعی می‌باشد، این روش می‌تواند روش مناسبی به‌شمار آید.

۲-۶- مدل های اقتصادسنجی: مدل سازی اقتصاد کلان و شبیه سازی^۱

مدل های اقتصادسنجی تلاش می کنند به ارزیابی پیامدها و آثار اقتصادی سیاستها و برنامهها بپردازند. در این نوع مدلها، سیاست گذاران نتایج مورد انتظار گزینهها و انتخابهای سیاستی را تحلیل و مقایسه می کنند. اینگونه مدل سازی و شبیه سازی بر اساس سناریوها با توجه به ماهیت پدیدههای اقتصادی که غالباً پیچیده، غیرخطی و همراه با بازخوردهای متعدد است، بسیار مناسب می باشد.

با توجه به اینکه رفاه اجتماعی، غایت غالب سیاستها و برنامههای دولت می باشد و وضعیت اقتصادی مهم ترین عامل مؤثر بر رفاه اجتماعی به شمار می رود، ارزیابی آثار اقتصادی برنامههای سیاستی از مهم ترین دغدغههای سیاست گذاران و برنامه ریزان می باشد.

معمولاً تأثیر اسناد ملی فناوری های راهبردی بر متغیرهای اقتصادی مستقیم و ساده نیست، بلکه این تأثیر از طریق سایر متغیرهای واسطه و میانجی و به واسطه روابط علت و معلولی متعدد اعمال می شود. به عنوان مثال نمی توان به آسانی و بر اساس تجزیه و تحلیل های حاصل از پیمایش در خصوص تأثیر یک سند ملی بر متغیرهای اقتصادی نظیر اشتغال، رشد اقتصادی و یا بهره وری قضاوت کرد (Capron & Cincera, 2000).

یک مدل اقتصادسنجی کلان مجموعه ای از معادلات ساختاری است که بر اساس مبانی اقتصادی و برای تشریح اقتصاد و یا برخی از اجزای آن تدوین شده است. در این مدلها دو دسته معادله وجود دارد: رفتاری^۲ و فردی^۳. همچنین در این مدلها، دو نوع متغیر وجود دارد: متغیرهای درونزا که به ساختار اقتصادی (داخلی) می پردازند و متغیرهای برونزا که ارتباطات و تأثیرات بین المللی را بررسی می کنند.

^۱ Econometric models: Macroeconomic modeling and simulation

^۲ Behavioral

^۳ Identities

۱-۲-۶- شرایط استفاده از مدل های اقتصادسنجی کلان

باید توجه داشت که استفاده از این مدل ها برای ارزیابی برنامه های بزرگ مقیاسی مناسب است که تأثیرات اقتصادی و اجتماعی کلان و در سطح بین المللی دارند. بنابراین استفاده از آن برای برنامه های کوچک با سطح تأثیر محدود توصیه نمی گردد.

استفاده از این روش نیازمند برخی الزامات است که مهم ترین آن ها عبارتند از:

- در دسترس بودن حجم زیادی از اطلاعات اقتصادی-اجتماعی
- درجه بالایی از خبرگی و تخصص
- زمان و هزینه کافی

علاوه بر این الزامات، روش فوق برای مواقعی که برنامه اقدامات و سیاست ها پیامدهای اقتصادی مشهود دارد مناسب است.

۲-۲-۶- مراحل استفاده از مدل های اقتصادسنجی کلان

استفاده از این روش ها مستلزم پیمودن ۹ گام زیر است:

۱. تعریف اهداف مدل و امکان پذیری سنجش آن: ابتدا باید مشخص شود آیا سیاستی که قرار است ارزیابی شود، می تواند بر متغیرهای کلان اقتصادی تأثیر بگذارد یا نه؟ به عبارتی آیا پیامدهای اقتصادی قابل ملاحظه ای از سیاست متصور است یا نه؟ اگر پاسخ به سوال فوق مثبت است، این تأثیر چه میزان پیش بینی می شود و آیا این تأثیر کل اقتصاد را متأثر می سازد و تنها بر بخش و یا بخش هایی مؤثر است؟ برای اندازه گیری و ارزیابی این تأثیر چه متغیرهایی را می بایست اندازه گیری کرد و آیا اندازه گیری این متغیرها، پاسخ هایی را که تحلیل گر به دنبال آن هاست، ارائه می دهند یا نه؟

۲. بررسی در دسترس بودن داده ها: در این مرحله می بایست مشخص کرد چه داده هایی برای ارزیابی مورد نیاز است و آیا تمام داده های مورد نیاز در دسترس می باشد یا نه؟ همچنین در این مرحله می بایست نحوه مواجهه با داده های ناقص و یا مخدوش را روشن نمود.

۳. طراحی مدل مفهومی: در این گام متغیرهای اساسی مدل، روابط علی و معلولی این متغیرها، ابعاد و اجزای اصلی مدل مفهومی، مبانی زیربنایی و مطالعات تجربی صورت گرفته در این زمینه مشخص می شود. همچنین باید مشخص کرد آیا مدل مفهومی طراحی شده متناسب با واقعیت وضعیت موجود می باشد و یا نیاز به اصلاحات و تغییرات دارد؟

۴. جمع آوری و تحلیل و تبدیل داده ها: هرچند روش های اقتصادسنجی نیاز به حجم عظیمی از داده ها دارند، اما داده های خام موجود در بانک های داده، به ندرت در این معادلات قابل استفاده اند. بنابراین معمولاً به یک فرایند تبدیل بر روی داده های خام نیاز است تا این داده ها قابلیت استفاده در مدل را داشته باشند.

۵. طراحی معادلات اقتصادسنجی مدل: در این مرحله معادلات اقتصادسنجی مدل تخمین زده می شوند. به عبارتی در این مرحله مدل نظری به مدل اقتصادسنجی تبدیل می شود. برای این کار ابتدا سری داده های معینی انتخاب می شوند که فرض می شود مقادیر متغیرهای موجود در مدل را نمایندگی می کنند. سپس فرض می گردد که متغیرهای نظری بر متغیرهایی که داده های انتخاب شده را ایجاد کرده اند، منطبق هستند، در نتیجه متغیرهای داده های واقعی در مدل جایگزین متغیرهای نظری می شوند. سپس یک جمله خطای تصادفی به معادله اضافه می شود و با تعریف فروضی بر روی جمله خطا، مدل آزمون می گردد.

۶. تست و کالیبره کردن مدل: حتی اگر با تخمین دقیقی، معادلات اقتصادسنجی طراحی شده باشند. ممکن است در عمل این معادلات به علت تأثیر متغیرهای بیرونی، نادیده گرفتن برخی پدیده ها و یا متغیرها و یا کیفیت نامناسب برخی داده ها، عملکرد ضعیفی از خود به نمایش بگذارند. در این مرحله، معادلات اقتصادسنجی مجدداً با داده های واقعی تنظیم می شوند و در صورت لزوم تغییراتی در معادلات و یا داده های مورد استفاده صورت می پذیرد. پس از این مرحله معادلات می توانند برای شبیه سازی و اندازه گیری شرایط مختلف مورد استفاده قرار گیرند.

۷. شبیه سازی وضعیت پایه و تحلیل حساسیت: برای ارزیابی تأثیر سیاست ها بر عملکرد و وضعیت اقتصادی، بهتر است مشخص شود این عملکرد و وضعیت در صورت عدم وجود این سیاست ها چه حالتی پیدا می کرد. با این اقدام، می توان وضعیت پایه را با فرض نبود این سیاست ها مدل سازی و طراحی کرد. فعالیت دیگری که در این مرحله انجام می شود، تحلیل حساسیت است. با

^۱ Econometric estimations of equations of the model

^۲ Sensitivity analysis

تحلیل حساسیت می‌توان متوجه شد که نتایج مدل تا چه حد به تغییرات ارزش متغیرهای مدل حساس‌اند. یعنی در چه بازه‌ای ارزش هر کدام از متغیرهای مدل را می‌توان تغییر داد، بدون آنکه در نتایج مدل تغییری ایجاد شود.

۸. شبیه‌سازی وضعیت در صورت اجرای سیاست‌ها: در این حالت مقادیری که برای متغیرهای برون‌زا، ابزارهای سیاستی و سایر متغیرها به‌دست آمده است وارد عمل می‌شود و تأثیرات آن‌ها بر مدل و نتایج مدل اندازه‌گیری می‌گردد.

۹. تفسیر نتایج: با مقایسه نتایج مراحل ۷ (شبیه‌سازی وضعیت پایه) و ۸ (شبیه‌سازی وضعیت در صورت اجرای سیاست‌ها) می‌توان به ارزیابی مفیدی از سیاست‌ها پرداخت.

باید توجه داشت با این روش می‌توان ارزیابی‌های پیش از پیاده‌سازی و پس از پیاده‌سازی را انجام داد. در موفق‌ترین تحلیل‌های اقتصادسنجی صورت‌گرفته تاکنون، حجم وسیعی از داده‌های اقتصادی مربوط به یک بازه زمانی قابل توجه (در حدود ۲۰ سال و یا حتی بیشتر از آن) جمع‌آوری و مورد استفاده قرار گرفته است. در این تحلیل‌ها داده‌هایی مربوط به متغیرهای اقتصادی اجتماعی نظیر تولید ناخالص ملی، تولید ناخالص ملی بر سرمایه، رشد بهره‌وری تولید، اشتغال، نرخ واقعی دستمزدها، قیمت‌ها، نرخ بهره، نرخ برابری ارزها و داده‌هایی مرتبط با توسعه فناوری‌های راهبردی باشند هزینه‌های تحقیق و توسعه بخش دولتی و بخش خصوصی، انباشت سرمایه انسانی، سرریز دانش و اطلاعاتی در خصوص ابزارهای سیاستی و برنامه‌های توسعه فناوری مثل معافیت‌های مالیاتی فعالیت‌های تحقیق و توسعه و یارانه‌های این فعالیت جمع‌آوری شده است.

به‌هر حال در این روش مهم‌ترین ورودی، داده‌های معتبر و دقیق در یک بازه زمانی مشخص می‌باشد و بدون در اختیار داشتن این داده‌ها، روش اقتصادسنجی کارایی لازم را نخواهد داشت.

۳-۶- مدل‌های اقتصادسنجی: مدل‌های اقتصادسنجی خرد^۲

اقتصاد خرد به بررسی عملکرد و وضعیت واحدهای اقتصادی در یک کشور می‌پردازد. واحدها می‌توانند شرکت‌ها (به‌عنوان مثال وقتی قصد بررسی وضعیت انتقال فناوری وجود دارد) و یا حتی افراد (به‌عنوان نمونه وقتی قصد مطالعه وضعیت اشتغال وجود

^۱ Human capital stock

^۲ Arvanitis and Keilbach, 2002

دارد) باشند. از لحاظ مبانی نظری، روش اقتصادسنجی خرد مشابه اقتصادسنجی کلان می‌باشد. تفاوت عمده این دو روش سطح تجزیه و تحلیل و نوع متغیرها و داده‌های مورد استفاده آن‌هاست.

از نظر روش‌شناسی، مدل‌های اقتصادسنجی خرد به دو دسته عمده تقسیم می‌شوند:

- مدل‌هایی که از داده‌های مربوط به وضعیت گذشته بنگاه‌هایی که سیاست‌های مذکور در مورد آن‌ها اعمال شده است و یا از مشوق‌ها و مزایای در نظر گرفته شده استفاده کرده‌اند بهره می‌برند و آن را با وضعیت کنونی آن‌ها مقایسه می‌کنند.

- مدل‌هایی که از داده‌های مربوط به وضعیت همزمان بنگاه‌هایی که سیاست مذکور در مورد آن‌ها اعمال شده است و یا از مشوق‌های در نظر گرفته شده استفاده کرده‌اند و بنگاه‌هایی که این سیاست‌ها در مورد آن‌ها اعمال نشده است و یا از این مشوق‌ها استفاده نکرده‌اند بهره‌برداری می‌کنند و ارزیابی‌ها را بر اساس مقایسه وضعیت این دو گروه از بنگاه‌ها انجام می‌دهد.

اگر از داده‌های گذشته بنگاه‌هایی که اهداف سیاست‌ها بوده‌اند استفاده گردد، باید متوجه متغیرهایی بود که خارج از سیاست‌ها، منجر به تغییر وضعیت این بنگاه‌ها از گذشته تاکنون شده‌اند. اگر از این نکته غفلت گردد، علت اصلی تغییر داده‌های گذشته تا حال، سیاست‌های طراحی شده تفسیر می‌شود، حال آنکه ممکن است در واقعیت، علل و دلایل دیگری سبب این تحولات شده باشند که آن‌ها لحاظ نشده‌اند.

همچنین اگر داده‌های مربوط به دو دسته از بنگاه‌های مشمول سیاست و بنگاه‌هایی که در دامنه تأثیر این سیاست قرار نداشته‌اند استفاده گردد، باید متوجه عوامل و دلایلی بود که خارج از سیاست‌های تدوین شده منجر به تغییر داده‌های این دو گروه بنگاه‌ها می‌شوند. اگر این نکته مورد توجه قرار نگیرد، تفاوت در داده‌های این دو گروه را ناشی از سیاست‌های طراحی شده می‌دانیم. در صورتی که ممکن است این تفاوت‌ها ناشی از سایر عوامل و دلایلی باشند که ارتباطی به این سیاست‌ها نداشته‌اند (مانند ساختار صنعت و بازار).

۱-۳-۶- شرایط استفاده از روش اقتصادسنجی خرد

روش اقتصادسنجی خرد مواقعی برای استفاده مناسب است که شرایط زیر مهیا باشد:

- دلایل کافی برای تأثیر سیاست‌ها در سطح بنگاه‌ها و سازمان‌ها وجود داشته باشد
 - اهداف سیاستی به صورت مستقیم و یا از طریق برخی شاخص‌ها قابل اندازه‌گیری باشند
 - ارتباط میان تأثیر و پیامدهای سیاستی در سطح بنگاه‌ها و سازمان‌ها با ابزارهای طراحی شده با تئوری‌های اقتصادی موجود توجیه‌پذیر باشد
 - داده‌های متغیرهای اندازه‌گیری برای تعداد زیادی از بنگاه‌ها موجود باشد
- TM داده‌های کافی از وضعیت بنگاه‌ها قبل از پیاده‌سازی سیاست و یا وضعیت موجود بنگاه‌هایی که مشمول سیاست نمی‌باشند وجود داشته باشد.

۲-۳-۶- مراحل پیاده‌سازی مدل اقتصادسنجی خرد

مراحل پیاده‌سازی مدل‌های اقتصادسنجی خرد تا حد زیادی شبیه مراحل اجرای مدل‌های اقتصادسنجی کلان می‌باشد که در بخش قبل توضیح داده شده است. این مراحل به ترتیب عبارتند از:

- تعریف متغیرهای هدف: تعیین متغیرهایی که اهداف سیاست‌های طراحی شده بوده‌اند. این اهداف می‌توانند شامل هدف‌های اولیه، ثانویه و نهایی باشند. با مشخص شدن این متغیرها در واقع مدل مفهومی ارزیابی ما مشخص می‌شود.
 - طراحی مدل اقتصادسنجی: مدل اقتصادسنجی بر اساس مدل مفهومی مشخص شده و بر مبنای تئوری‌های اقتصادی و با در نظر گرفتن ملاحظات در خصوص امکان جمع‌آوری داده‌ها طراحی می‌شود.
 - انتخاب روش اقتصادسنجی مناسب: بر اساس مدل اقتصادسنجی و داده‌های جمع‌آوری شده، روش مناسب اقتصادسنجی انتخاب می‌شود.
- (اجرای مدل اقتصادسنجی: در این مرحله بر اساس داده‌های جمع‌آوری شده، مدل اقتصادسنجی اجرا می‌شود و برآوردهایی از متغیرهای مدل ارائه می‌شود.

- تفسیر نتایج: مرحله آخر نیز تفسیر نتایج اقتصادسنجی خرد است.

۳-۳-۶- دامنه کاربرد و محدودیت‌ها

یکی از مهم‌ترین مزایای روش اقتصادسنجی خرد این است که تحلیل ارزیابی بر اساس رابطه علت معلولی میان متغیرهایی صورت می‌گیرد و این رابطه علت معلولی خود ریشه در تئوری‌های اقتصادی دارد. بنابراین از لحاظ نظری، روش کاملاً معتبری است.

همچنین این روش برای ارزیابی تأثیر یک سیاست، بر مجموعه بنگاه‌ها و یا سازمان‌هایی که تحت تأثیر مستقیم این سیاست قرار داشته‌اند (مثلاً بنگاه‌هایی که از مشوق‌های پیش‌بینی شده استفاده کرده‌اند) بسیار مناسب است. اما هنگامی که منظور ارزیابی، تأثیر غیرمستقیم این سیاست بر سایر بنگاه‌هایی باشد که مشمول این سیاست نبوده‌اند (به‌عنوان مثال اثرات سرریز دانش، یا ارزیابی تأثیر سیاست بر یک بخش) این روش به‌تنهایی کافی نیست. در این مواقع می‌توان از ترکیب این روش با سایر روش‌ها مانند اقتصادسنجی کلان استفاده کرد.

مهم‌ترین ضعف مدل‌های اقتصادسنجی وابستگی شدید آن‌ها به حجم انبوهی از داده‌ها در یک بازه زمانی طولانی می‌باشد. از سوی دیگر، حجم زیاد اطلاعات، هزینه و زمان این پروژه‌ها را افزایش می‌دهد. همانگونه که نیاز به تخصص بالا از نقطه‌ضعف‌های دیگر این نوع ارزیابی است. اختیار و اقتدار لازم برای دسترسی به این حجم از اطلاعات و الزام بنگاه‌ها به ارائه سایر اطلاعات مورد نیاز را نیز باید به فهرست فوق اضافه کرد.

همانطور که مشاهده می‌شود، اغلب نقطه ضعف‌های این روش به نحوه اجرا و مشکلات جمع‌آوری و دسترسی داده‌ها اشاره دارد. در حالیکه این روش از لحاظ تئوریک روش بسیار معتبری به‌شمار می‌رود.

۴-۶- مدل‌های اقتصادسنجی: اندازه‌گیری بهره‌وری

معمولاً بهره‌وری و افزایش بهره‌وری به‌عنوان یکی از اهداف مهم اغلب سیاست‌ها در نظر گرفته می‌شود. سطح تجزیه و تحلیل در ارزیابی بهره‌وری می‌تواند بهره‌وری نیروی کار، بهره‌وری یک واحد اقتصادی (سطح خرد)، بهره‌وری یک بخش صنعتی (سطح میانی) و یا بهره‌وری در یک منطقه یا کشور (سطح کلان) باشد.

مطالعات صورت گرفته نشان می دهد بهره‌وری می تواند یکی از مهم ترین دلایل اختلاف درآمد سرانه کشورهای مختلف باشد. بر همین اساس افزایش بهره‌وری به عنوان هدف نهایی اغلب اسناد ملی فناوری های راهبردی در نظر گرفته شده است. اسناد ملی فناوری های راهبردی ممکن است افزایش بهره‌وری در سطح خرد، میانی و کلان را هدف گرفته باشند. روش اندازه گیری بهره‌وری میزان موفقیت این سیاست ها در افزایش بهره‌وری را بررسی می کند. مهم ترین چالش این روش، تعدد عوامل مؤثر بر بهره‌وری است. به عبارت دیگر، شناسایی متغیرهای کنترلی مهم ترین مساله مدل اقتصادسنجی اندازه گیری بهره‌وری است. با توجه به اینکه شناسایی و اندازه گیری متغیرهای کنترل در سطح میانی و کلان با دشواری های فراوانی روبه‌رو است، این روش در سطح خرد امکان پذیری بالاتری دارد.

با این روش پروژه های زیادی در سطح خرد انجام شده است که در مهم ترین آن ها، تأثیر سیاست های آزادسازی بر افزایش بهره‌وری در سطح واحدهای تولیدی اندازه گیری شده است. برخی پروژه ها نیز با این روش سرریزهای فناوری میان بنگاه ها را اندازه گیری کرده اند.

۱-۴-۶- روش انجام

- شناسایی واحدهای نمونه: برای انجام ارزیابی بهره‌وری نیاز به دو گروه نمونه از بنگاه ها است. گروه اول بنگاه هایی هستند که به نظر می رسد سیاست های طراحی شده تأثیر مستقیمی بر بهره‌وری آن ها داشته است و گروه دوم بنگاه هایی اند که سیاست های مورد ارزیابی، افزایش بهره‌وری آن ها را مد نظر نداشته اند.
 - طراحی مدل اقتصادسنجی: مدل اقتصادسنجی سنجش بهره‌وری بر اساس تابع تولید طراحی می شود. تابع تولید، تابعی است که ارتباط میان ورودی ها و برون دادهای یک فعالیت اقتصادی را مشخص می کند.
 - جستجو و جمع آوری اطلاعات مناسب: در این مرحله می بایست، اطلاعات لازم از ورودی ها و برون دادهای متناسب با مدل اقتصادسنجی جمع آوری شوند.
- ✎ اجرای مدل اقتصادسنجی: در این مرحله بر اساس داده های جمع آوری شده، مدل اقتصادسنجی اجرا می گردد.

- تفسیر نتایج: بر اساس اطلاعات حاصل از اجرای مدل اقتصادسنجی، تأثیر سیاست‌ها بر افزایش بهره‌وری مورد تحلیل و ارزیابی قرار می‌گیرد.

۲-۴-۶- دامنه کاربرد و محدودیت‌ها

یکی از بزرگ‌ترین محدودیت‌های این روش نحوه سنجش خروجی‌هاست. اندازه‌گیری "ارزش افزوده" کار دشواری است که محاسبه آن همواره با ابهاماتی همراه است. چالش دیگر این روش، تعدد عوامل مؤثر بر بهره‌وری است. پارامترهای متعددی بر بهره‌وری یک واحد تولید مؤثرند که تفکیک میزان تأثیر هر یک از آن‌ها و ارزیابی تأثیر سیاست‌ها به‌عنوان یکی از این عوامل از مسائل اصلی این روش است.

۵-۶- ارزیابی توسط خبرگان^۱

استفاده از پنل خبرگان^۲ و ارزیابی توسط اعضای جامعه علمی^۳ از مهم‌ترین روش‌های تصمیم‌گیری است که در سال‌های اخیر برای ارزیابی سیاست نیز مورد استفاده قرار گرفته است. ارزیابی توسط خبرگان غالباً بر اساس قضاوت جمعی از متخصصان و صاحب‌نظران صورت می‌گیرد. مبنای قضاوت، اطلاعات و برداشت‌های تجربی و شخصی و/یا تحلیل و تفسیر شواهد و اطلاعاتی است که ممکن است حاصل ارزیابی از طریق سایر روش‌ها بوده باشند. ارزیابی از طریق خبرگان هم برای ارزیابی سیاست‌ها پس از اجرا و هم برای ارزیابی سیاست‌ها پیش از اجرا مورد استفاده قرار می‌گیرد.

استفاده از روش "ارزیابی توسط اعضای جامعه علمی" برای ارزیابی پروژه‌ها قبل از اجرا به‌منظور تخصیص منابع مالی و حمایت‌ها بسیار معمول است. پنل‌های خبرگان نیز برای ارزیابی سیاست‌ها پس از اجرا بسیار مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش‌ها در مواقعی که اطلاعات و شواهد کافی وجود ندارد و ارزیابی پیامدهای اقتصادی اجتماعی برنامه‌ها و پروژه‌ها از سایر روش‌ها قابل اندازه‌گیری نیست، تصویری کلی از کیفیت و تأثیر این سیاست‌ها ارائه می‌دهد. روش پنل به‌خصوص هنگامی که ارزیابان علاقه‌مند به بررسی جنبه‌های جدیدی از تأثیرات سیاستی هستند بسیار مؤثر است. تنوع تخصصی و ذهنیتی گروه خبرگان، منبع بزرگی از ایده‌های نویی است که می‌تواند بر کیفیت ارزیابی مؤثر واقع شود.

^۱ Expert panels and peer review

^۲ Expert panels

^۳ Peer review

گروه خبرگان می‌توانند علاوه بر اظهار نظر مراجع به نتایج و پیامدهای یک سیاست، در مورد روند کلی ارزیابی و مدیریت ارزیابی نیز پیشنهادهاتی ارائه کنند که در ارزیابی‌های آینده از آن‌ها استفاده شود. این موضوع مزیتی است که در سایر روش‌ها کمتر به چشم می‌خورد.

۱-۵-۶- شرایط استفاده از نظرات خبرگان

استفاده از نظرات خبرگان از منصف‌ترین روش‌های ارزیابی سیاست است. اما برای استفاده از آن می‌بایست شرایطی مهیا باشد که مهم‌ترین آن‌ها عبارتند از:

- اعضای جامعه علمی با دانش کافی و خبرگان مرتبط با حوزه ارزیابی در دسترس بوده و برای مشارکت در فرایند ارزیابی تمایل داشته باشند.
- توقعات و سؤالات از گروه خبرگان باید در حد دانش و آگاهی آن‌ها باشد. پیش‌فرض روش‌های استفاده از نظرات خبرگان، بهره‌برداری از دانش تخصصی و انباشتی حاصل از تجربه و دانش این افراد است.

۲-۵-۶- مراحل انجام روش

- مشخص شدن موضوعات مورد بحث: در روش‌های استفاده از نظرات خبرگان، قبل از هر چیزی می‌بایست موضوعاتی که خبرگان قرار است راجع به آن‌ها نظر دهند، مشخص شود. معمولاً این موضوعات توسط کارفرما (نهاد ارزیابی‌کننده) تعیین می‌شود.
- انتخاب رییس پنل یا گروه خبرگان: با توجه به موضوعات مورد بحث، فردی با دانش و تجربه بالای تخصصی و مدیریتی به‌عنوان رییس پنل انتخاب می‌گردد.
- انتخاب اعضای پنل یا گروه خبره: با هماهنگی و مشارکت کارفرما و رییس پنل، اعضای خبرگان انتخاب می‌گردند.
- برنامه‌ریزی پنل: زمانبندی و نحوه اجرای فرایند ارزیابی توسط اعضا و با مشارکت کارفرما مشخص می‌شود.

- شناسایی و پشتیبانی نیازهای اطلاعاتی پنل: در این مرحله کلیه شواهد، داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز برای قضاوت و تصمیم‌گیری گروه خبرگان شناسایی، تهیه و در اختیار آن‌ها قرار داده می‌شود.
- اجرای ارزیابی: اعضای پنل با مدیریت رییس پنل در خصوص موضوعات مورد بحث مطابق برنامه‌ریزی انجام شده به جمع‌بندی می‌رسند.

۳-۵-۶- داده‌های مورد نیاز

هرچند در این روش، برخلاف روش‌های کمی که بیشتر توضیح داده شد، عملیات خاصی بر روی داده‌ها صورت نمی‌پذیرد. اما داده‌ها به‌عنوان یکی از ورودی‌های اصلی قضاوت خبرگان اهمیت زیادی دارند. داده‌ها می‌بایست دقیق و کافی بوده و ساختار آن‌ها به‌گونه‌ای باشد که خبرگان بدون نیاز به انجام عملیات پردازش بتوانند آن را تفسیر و تحلیل کنند.

۴-۵-۶- دامنه کاربرد و محدودیت‌ها

روش‌های استفاده از نظرات خبرگان روش‌های منعطف و اثربخشی هستند که هم برای ارزیابی‌های پس از پیاده‌سازی و هم برای ارزیابی‌های پیش از پیاده‌سازی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

به نسبت سایر روش‌ها، این روش کم‌هزینه است. هرچند برگزاری پنل در مقایسه با ارزیابی توسط اعضای جامعه علمی هزینه‌های پشتیبانی بیشتری را می‌طلبد. در موضوعاتی که به حوزه‌های خاص و محدودی از علم و تخصص مربوط می‌شوند، بهتر است از روش ارزیابی توسط اعضای جامعه علمی استفاده گردد و در حوزه‌های کلان‌تر از پنل. استفاده از ارزیابی توسط اعضای جامعه علمی برای ارزیابی و انتخاب پروژه‌های تحقیق و توسعه و حمایت از آن‌ها بسیار معمول است.

استفاده از پنل خبرگان برای ارزیابی سیاست در موضوعات مناقشه برآیند که نیاز به اجماع و توافق گروه‌های متعدد دارد، توصیه می‌شود.

۶-۶- مطالعه میدانی^۱ و مطالعه موردی^۲

در مطالعه میدانی به جای مطالعه موضوع تحت شرایط کنترل شده، به مشاهده مستقیم در شرایط واقعی پرداخته می شود. مطالعه میدانی نیازمند استفاده از طیف وسیعی از روش ها و تکنیک های مختلف است.

مطالعه موردی یکی از روش های مطالعه میدانی است که در ارزیابی سیاست مورد استفاده قرار می گیرد. در مطالعه موردی، ارزیاب به تعامل اجتماعی مستقیم با موضوع ارزیابی می پردازد. ارزیابی با این روش مستلزم استفاده از روش ها و داده های کمی و کیفی از قبیل پیمایش، تحلیل محتوا، تحلیل آماری داده های ثانویه و نهایتاً مشاهده مستقیم است. ارزیابی نهایی نوعی از استنتاج تفسیری است که بر اساس این منابع اطلاعاتی و روش های تحلیلی متعدد استخراج می شود.

مطالعه میدانی و مطالعه موردی از روش های تحقیق کیفی در علوم اجتماعی می باشند که در سال های اخیر مورد توجه بسیاری از محققان قرار گرفته است.

برای ارزیابی سیاست به روش مطالعه میدانی با مطالعه موردی، لازم است ارزیاب با بررسی و مشاهده دقیق شامل گفتگو و مصاحبه با ذی نفعان مختلف سیاست، بررسی اسناد و مدارک، تحلیل داده های کمی از پیامدها و اثرات سیاست ها و سایر روش ها به مطالعه سیاست و نتایج آن بپردازد.

۷- جمع بندی و ارائه روش پیشنهادی برای ارزیابی

همان طور که پیش تر توضیح داده شد، ارزیابی سیاست ها و اهداف بیش از آنکه از ماهیتی نظری برخوردار باشد، متعلق به حوزه اجرا و عملیاتی است. اجرایی بودن این حوزه، ضرورت نوآوری در روش پیشنهادی برای بخش پایش و ارزیابی اسناد ملی فناوری را کمرنگ می نماید. بنابراین، آنچه در این قسمت لازم است تا به عنوان روش پیشنهادی بر آن تأکید گردد، ارائه یک جمع بندی از روش ها و قالب های موجود ارزیابی و واگذاری تصمیم برای انتخاب روش مناسب به سیاست گذار و اجراکنندگان سند است.

^۱ Field study

^۲ Case study

تاکنون با مرور ادبیات صورت پذیرفته؛ تعریف، جایگاه، قالب‌های عمومی و گام‌های ارزیابی و تحلیل تأثیرات مورد بررسی قرار گرفته اند. بر اساس این بررسی، پایش و ارزیابی سیاست‌ها و اهداف عبارت است از مطالعه تأثیر مجموعه‌ی هدایت‌شده‌ای از راهبردها، سیاست‌ها، اقدامات و برنامه‌ها بر وضعیت اهداف کلان و خرد و تعیین چرایی موفق بودن یا ناکام بودن دستیابی به این اهداف. بر اساس این تعریف، یکی از مهمترین نکاتی که باید در ارزیابی سیاست‌ها مورد توجه قرار بگیرد همراستایی این ارزیابی با جهت‌گیری‌های بالادستی است.

چارچوب کلی گام‌هایی که باید در مؤلفه برنامه ارزیابی و به‌روزرسانی اسناد ملی توسعه فناوری‌های راهبردی طی شود شامل ۳ مرحله اساسی است که در ادامه تشریح می‌گردد:

۱-۷- تدوین شاخص‌های ارزیابی کارایی و اثربخشی

در این گام، می‌بایست انواع شاخص‌های اندازه‌گیری کننده اهداف خرد و کلان هر یک از فناوری‌ها احصاء شوند. در این گام، هم، شاخص‌های مربوط به راستی‌آزمایی ارکان جهت‌ساز همانند اهداف کلان و هم شاخص‌های مرتبط با برنامه اقدامات و سیاست‌ها مانند اهداف خرد، احصاء و بررسی خواهند شد. نکته مهم و قابل تأمل این است که این شاخص‌ها می‌بایست هم خروجی‌ها و هم پیامدها را ارزیابی کنند. به عبارت دیگر هم شاخص‌های مرتبط با اثربخشی می‌بایست تدوین و ارزیابی گردند و هم شاخص‌های مرتبط با کارایی.

۲-۷- تدوین مکانیزم ارزیابی

روش‌های مختلفی در مرور ادبیات برای ارزیابی و تحلیل تأثیرات نام برده شد که هر کدام آن‌ها ویژگی‌ها و نقاط قوت و ضعف مربوط به خود را داشتند. سیاست‌گذار یا ارزیابی‌کننده یک سند ملی توسعه فناوری لازم است تا با توجه به شرایط خاص مرتبط با موضوع خود، از روش (های) متناسب ارزیابی (پیمایش نوآوری، مدل‌های اقتصادسنجی (کلان، خرد، بهره‌وری)، ارزیابی توسط خبرگان، مطالعات موردی و تحلیل شبکه) بهره گیرد.

به منظور فراهم‌آوری بستر تصمیم‌سازی برای سیاست‌گذاران، می‌توان جدولی مقایسه‌ای از روش‌های مختلف ارزیابی ارائه نمود. Error! Reference source not found. (۷-۱) با ارائه خلاصه‌ای از ویژگی‌های هر روش از ابعاد مبنای روش، نقاط ضعف و قوت، جنس داده‌های موردنیاز و شرایط استفاده، سیاست‌گذاران را در انتخاب متناسب‌ترین روش با موضوع سند راهبردی کمک می‌کند.

جدول (۷-۱) - ویژگی‌های روش‌های ارزیابی

روش	مبنای نظری	ضعف	قوت	نوع داده-ها	شرایط استفاده
پیمایش نوآوری	جمع‌آوری و تحلیل گستره‌ی وسیعی از داده‌ها مبتنی بر نظرات خبرگان	وجود خطر جانبدارانه بودن نظرات افراد متخصص - عدم در نظرگیری فاصله زمانی تأثیر سیاست‌ها در ارزیابی	برخورداری از نظرات افراد متخصص و در محوریت قرار دادن موضوع نوآوری	کمی-کیفی	ارزیابی سیاست‌های کلان که اثرگذاری بر شاخص‌های ملی نوآوری دارند
اقتصادسنجی-کلان	معادلات ساختاری بر اساس مبانی اقتصاد و برای توضیح روابط علی معلولی میان اجزا	دشواری در جمع‌آوری حجم زیادی از اطلاعات اقتصادی-اجتماعی معتبر و دقیق در یک بازه زمانی مشخص-زمان و هزینه بالا	دقت بالا و ارائه تحلیل‌ها و نتایج مبتنی بر منطق ریاضی	کمی	ارزیابی تأثیر سیاست‌های کلان بر فاکتورهای رفاه اقتصادی کشور
اقتصادسنجی-خرد	بررسی عملکرد و وضعیت واحدهای اقتصادی بر مبنای معادلات ساختاری	عدم توانایی در در نظرگیری در تأثیرات غیرمستقیم سیاست‌ها مانند اثرات سرریز دانش - وابستگی شدید آن‌ها به حجم انبوهی از داده‌ها در یک بازه زمانی طولانی -	دقت بالا و ارائه تحلیل‌ها و نتایج مبتنی بر منطق ریاضی	کمی	ارزیابی تأثیر سیاست‌ها بر مجموعه بنگاه‌ها و یا سازمان (سطح خرد)
اقتصادسنجی-بهره‌وری	بررسی بهره‌وری واحدهای اقتصادی بر مبنای روش‌های اقتصادسنجی	دشواری در حوزه سنجش خروجی (ارزش افزوده) - تعدد عوامل مؤثر بر بهره‌وری	دقت بالا و ارائه تحلیل‌ها و نتایج مبتنی بر منطق ریاضی	کمی	بررسی تأثیر سیاست‌ها در سطح خرد
ارزیابی توسط خبرگان	جمع‌بندی نظرات متخصصین	دقت کمتر در مقایسه با سایر روش‌ها	کم‌هزینه بودن	کیفی	شرایطی که اطلاعات و داده‌های کافی برای تحلیل‌های کمی وجود ندارد - در شرایط و سیاست‌هایی که اختلاف نظر بر سر آن‌ها زیاد است
مطالعات موردی	پیمایش، تحلیل محتوا، تحلیل آماری و مشاهده مستقیم شرایط واقعی و نتیجه‌گیری بر اساس آن	پرهزینه بودن و زمان	برخورداری از طیف گسترده‌ای از ورودی‌های داده مشتمل بر مشاهده مستقیم	کمی-کیفی	در شرایطی که ارزیاب به تعامل اجتماعی مستقیم با موضوع ارزیابی

بر مبنای این جدول، سیاست‌گذار می‌تواند نیازهای مسئله خود را با ویژگی‌های بیان شده برای هر روش تطبیق داده و مکانیزم و یا روش مناسب ارزیابی را برگزیند. با توجه به اینکه روش ارزیابی توسط خبرگان نسبت به سایر روش‌ها در دسترس

تر و کم هزینه تر بوده و در این حوزه شرایط به گونه ایست که امکان دستیابی به اطلاعات کمی مورد نیاز وجود ندارد، لذا در این سند از این روش برای ارزیابی اهداف کلان و خرد با توجه به شاخص های تعیین شده استفاده می شود.

۳-۷- تدوین ساختار نظارت و به روزرسانی

پس از تدوین شاخص های ارزیابی و تدوین مکانیزم ارزیابی، می بایست ساختار نظارت و به روزرسانی سند تعیین گردد. عموماً هر سند ملی توسعه فناوری می بایست هر چند سال یکبار، مورد بازنگری قرار گرفته و بررسی مجدد شود. این موضوع به دلیل این است که هم خود فناوری در حال تغییر و تحول است، هم شرایط محیطی آن فناوری اعم از محیط اقتصادی، سیاسی، اجتماعی و فرهنگی آن فناوری در حال تغییر است و هم توانمندی شرکت ها و بنگاه های داخلی تغییر نموده و متناسب با این تغییرات هم ارکان جهت ساز، هم برنامه اقدامات و سیاست ها و برنامه عملیاتی می بایست بازنگری، اصلاح و تکمیل گردد.

با توجه به موارد فوق، می بایست ساختاری متشکل از تمامی ذی نفعان زمین گرمایی اعم از سازمان ها و ارگان های دولتی، دانشگاهیان و پژوهشگران و متخصصین، و همچنین صاحبان صنایع و بنگاه های خصوصی تأثیرگذار وظیفه ارزیابی و به روزرسانی را بر عهده داشته باشد. این نظارت و به روزرسانی هم می تواند موردی و مقطعی بنا به ضرورت بوده و اهداف تعیین شده برای هریک از فناوری ها را بازنگری کند و هم می تواند به طور منظم هر ۳ یا ۵ سال یکبار به منظور بازنگری و اصلاح این اهداف رخ دهد. با توجه به اینکه اهداف تعیین شده در نقشه راه هر یک از فناوری ها از نظر زمانی با یکدیگر تفاوت دارند، در نتیجه در این سند بازنگری به صورت موردی برای هریک از این فناوری ها انجام خواهد شد.

۸- فرایند ارزیابی فناوری های زمین گرمایی

مکانیزمی که در این سند برای ارزیابی تحقق اهداف کلان و خرد در نظر گرفته شده است شامل مراحل اصلی زیر میباشد:

- تدوین شاخص های عملکردی و اثربخشی
- شناسایی منابع اطلاعاتی برای اندازه گیری شاخص ها
- جمع آوری اطلاعات و مقایسه با معیارهای کمی تعیین شده
- تفسیر نتایج و ارائه پیشنهاد

مرحله اول از مکانیزم ارزیابی سند که شامل تدوین شاخص‌های عملکردی و اثربخشی می‌باشد قبل از اجرایی شدن سند صورت می‌پذیرد. در این مرحله برای اهداف کلان و خرد هر یک از فناوری‌ها تعدادی شاخص تعریف شده است. پس از آغاز اجرایی شدن سند و تشکیل ستاد راهبری سند، منابع اطلاعاتی که می‌توان میزان شاخص‌ها را با کمک آنها تعیین کرد، شناسایی شده و طی دوره‌های زمانی مشخص مقادیر شاخص‌ها اندازه‌گیری شده و نتایج حاصل از آن مورد ارزیابی قرار گرفته و در صورت لزوم بازنگری‌های لازم صورت می‌پذیرد. در ادامه شاخص‌های مورد نیاز جهت توسعه فناوری‌های زمین‌گرمایی و نحوه دستیابی به آنها مورد بررسی قرار گرفته است.

۸-۱- تدوین شاخص‌های عملکردی و اثربخشی

شاخص، استاندارد است که دستیابی به آن نشان‌دهنده نیل به مقصد می‌باشد. جزئیات شاخص‌ها تعیین کننده طرز اندازه‌گیری دامنه دستیابی به اهداف عینی در زمان‌های مختلف می‌باشد. اندازه‌گیری‌ها می‌توانند کمی، کیفی و یا رفتاری باشند. شاخص‌ها همان ابزار نظارت بر پیشرفت سطوح راهبردی هستند که ناظر بر طبق آنها میزان تحقق آن سطح را اندازه‌گیری می‌نماید. از همین رو شاخص‌ها می‌باید ابعاد مختلف سطوح راهبردی را مورد توجه قرار دهند به شکلی که پیشرفت امور بر اساس شاخص‌ها تضمین کننده تحقق کامل اقدامات گردد.

با توجه به موارد مطرح شده، در این بخش شاخص‌ها در دو سطح کلان و خرد طراحی شده‌اند. با پیمایش شاخص‌های کلان می‌توان تحقق اهداف کلان را بررسی کرده و با تعریف شاخص‌های خرد می‌توان میزان تحقق اهداف خرد را ارزیابی نمود. در ادامه شاخص‌های پروژه‌های شناسایی شده در حوزه‌های مرتبط با فناوری‌های انرژی زمین‌گرمایی (ارائه شده در پیوست یک گزارش) در جدول (۸-۱) و نیز شاخص‌های چشم‌انداز، اهداف کلان و اقدامات در حوزه انرژی زمین‌گرمایی در جدول (۸-۲) آورده شده‌اند.

جدول (۱-۸) - شاخص های پروژه های شناسایی شده در حوزه های مرتبط با فناوری های انرژی زمین گرمایی

ردیف	نام حوزه مرتبط	عنوان خوشه پروژه	شاخص ها	معیار
		پتانسیل سنجی منابع زمین گرمایی هیدروترمال در کشور	تعداد استانها اطلاعات مندرج در اطلس ها	تهیه اطلس پتانسیل انرژی زمین گرمایی برای حداقل ۲۸ استان کشور برآورد انرژی حرارتی منابع انرژی زمین گرمایی در حداقل ۲۸ استان کشور
		تدوین دانش فنی طراحی مفهومی و ساخت تجهیزات مطالعات MT	تعداد دستگاه تعداد آزمایشات کنترل کیفی	ساخت حداقل ۲ مجموعه تجهیزات MT... آزمایش تجهیزات ساخته شده در حداقل سه منطقه زمین گرمایی متفاوت
		تدوین دانش فنی طراحی مفهومی و ساخت تجهیزات مطالعات TEM	تعداد دستگاه تعداد آزمایشات کنترل کیفی	ساخت حداقل ۲ مجموعه تجهیزات MT... آزمایش تجهیزات ساخته شده در حداقل سه منطقه زمین گرمایی متفاوت
		تدوین دانش فنی تجهیزات مطالعات حرارت سنجی در گمانه های کم عمق و ساخت آنها	تعداد دستگاه تعداد آزمایشات کنترل کیفی	ساخت حداقل ۳ مجموعه تجهیزات مطالعات حرارت سنجی در دهانه های کم عمق و ساخت آنها آزمایش تجهیزات ساخته شده در حداقل سه منطقه زمین گرمایی متفاوت
	اکتشاف	تدوین دانش فنی تجهیزات آنالیز ایزوتوپی آنها و گازها و ساخت آنها	تعداد دستگاه تعداد ایزوتوپ های قابل اندازه گیری	ساخت حداقل ۲ مجموعه تجهیزات آنالیز ایزوتوپی آنها و گازها قابلیت اندازه گیری ایزوتوپ های O,D,S,Sr
		تدوین دانش فنی تجهیزات مورد نیاز آزمایشگاه بررسی خواص سیالات و مخزن زمین گرمایی و ساخت آنها	تعداد دستگاه تعداد آزمایشات کنترل کیفی	ساخت حداقل ۲ مجموعه از تجهیزات آزمایشگاه بررسی خواص سیالات و مخزن زمین گرمایی آزمایش تجهیزات ساخته شده در حداقل یک منطقه زمین گرمایی متفاوت
		طراحی مفهومی و ساخت سیستم برداشت تصاویر مادون قرمز حرارتی	تعداد سیستم تعداد آزمایشات کنترل کیفی	ساخت حداقل ۲ سیستم برداشت تصاویر مادون قرمز حرارتی آزمایش سیستم های ساخته شده در حداقل یک منطقه زمین گرمایی متفاوت
		تدوین دانش فنی مطالعات ژئوفیزیکی اندازه گیری حرارت در سطح زمین و ساخت تجهیزات مربوطه	تعداد مجموعه دستگاهها تعداد آزمایشات کنترل کیفی	ساخت حداقل ۳ مجموعه دستگاه اندازه گیری حرارت در سطح زمین آزمایش سیستم های ساخته شده در حداقل سه منطقه زمین گرمایی متفاوت
		تدوین دانش فنی مواد و روش های آنالیز شیمیایی آنها و گازها و تولید مواد مربوطه	تولید مواد ساخته شده مورد نیاز برای آنالیز آنها تعداد سنسورهای مورد نیاز برای آنالیز آنها و گازها	تولید حداقل ۵ ماده مورد نیاز برای آنالیز آنها تولید حداقل ۳ سنسور مورد نیاز

ردیف	نام حوزه مرتبط	عنوان خوشه پروژه	شاخص ها	معیار
				برای آنالیز آنها و گازها
		تهیه و تدوین برنامه استراتژیک و راهبردی برای اجرای یک پروژه زمین گرمایی هیدروترمال تا حصول نتیجه	-	-
		بومی سازی نرم افزارهای مرتبط جهت تجزیه و تحلیل داده های ژئوفیزیکی سطحی	تعداد نرم افزارهای تهیه شده تعداد دفعات تحلیل داده های ژئوفیزیکی به کمک نرم افزارها	-تهیه حداقل یک نرم افزار برای تحلیل انواع داده های ژئوفیزیکی - آزمایش هریک از نرم افزارها با استفاده از داده های ژئوفیزیکی سه منطقه زمین گرمایی متفاوت
		طراحی و ساخت سیستم بازدارنده رسوب گذاری در چاه های زمین گرمایی	حداقل تعداد سیستم های بازدارنده ساخته شده حداقل عمق چاه حفر شده	طراحی و ساخت حداقل دو سیستم بازدارنده رسوب در یک چاه اکتشافی زمین گرمایی با عمق بیش از ۱۰۰۰ متر
		تدوین دانش فنی شیرالات سرچاهی زمین گرمایی و طراحی مهندسی و ساخت آنها	تعداد شیرالات سرچاهی ساخته شده	طراحی و ساخت حداقل دو نمونه از شیرالات سرچاهی
	تعمیر و نگهداری چاههای زمین گرمایی	تدوین دانش فنی تعمیر و نگهداری از شیرالات سرچاهی زمین گرمایی	تهیه دستورالعمل تعمیر و نگهداری سرچاهی زمین گرمایی	تهیه دستورالعمل تعمیر و نگهداری شیرالات سرچاهی زمین گرمایی
۲	تعمیر و نگهداری چاههای زمین گرمایی	تدوین دانش فنی و طراحی و ساخت تجهیزات بازبینی درون چاههای زمین گرمایی	-تعداد مجموعه تجهیزات بازبینی درون چاههای زمین گرمایی	- طراحی و ساخت حداقل یک مجموعه از تجهیزات بازبینی درون چاه های زمین گرمایی
		تدوین دانش فنی و تولید مواد و طراحی و ساخت تجهیزات لازم جهت جلوگیری از خوردگی لوله ها در چاههای زمین گرمایی	تعداد ماده ضد خوردگی تولید شده تعداد مجموعه تجهیزات ضد خوردگی تولید شده تعداد چاه های آزمایش شده	حداقل دو نوع ماده ضد خوردگی حداقل یک مجموعه تجهیزات ضد خوردگی حداقل در دو چاه تولیدی عمیق (با عمق ۱۰۰۰ متر)
		تدوین دانش فنی و ساخت تجهیزات انتقال بهینه سیال زمین گرمایی (مانند لوله های آلومینیوم)	تعداد لوله های ساخته شده	حداقل ۲۰۰ متر از لوله ای آلومینیوم
		تدوین دانش فنی مطالعات اکتشافی منابع زمین گرمایی پیشرفته	تهیه دستورالعمل مطالعاتی اکتشافی منابع زمین گرمایی پیشرفته	تهیه دستورالعمل مطالعاتی اکتشافی منابع زمین گرمایی پیشرفته
		پتانسیل سنجی سراسری منابع زمین گرمایی پیشرفته در کشور	تعداد استانها	تهیه اطلس پتانسیل منابع زمین گرمایی پیشرفته برای حداقل ۵ استان کشور
	منابع زمین گرمایی پیشرفته (EGS)	اجرای یک پروژه پایلوت نیروگاه های زمین گرمایی پیشرفته در مناسب ترین منطقه امید بخش	توان برق تولیدی نیروگاه پایلوت زمین گرمایی پیشرفته	تولید برق در نیروگاه پایلوت به میزان حداقل یک مگاوات
۳	منابع زمین گرمایی پیشرفته (EGS)	تدوین دانش فنی عملیات تعمیر و نگهداری چاههای منابع زمین گرمایی پیشرفته	تهیه دستورالعمل عملیات تعمیر و نگهداری چاه های منابع زمین گرمایی پیشرفته	تهیه دستورالعمل عملیات تعمیر و نگهداری چاه های منابع زمین گرمایی پیشرفته
		تدوین دانش فنی استحصال انرژی از منابع زمین گرمایی سنگ داغ خشک	تهیه دستورالعمل نحوه استحصال انرژی از منابع زمین گرمایی سنگ داغ و خشک	تهیه دستورالعمل نحوه استحصال انرژی از منابع زمین گرمایی سنگ داغ و خشک
۴	نیروگاه های	شناسایی گلوگاه های فناورانه نیروگاه های	-	-

ردیف	نام حوزه مرتبط	عنوان خوشه پروژه	شاخص ها	معیار
	زمین گرمایی	زمین گرمایی تبخیر آبی		
		تدوین دانش فنی طراحی نیروگاه زمین گرمایی تبخیر آبی	تهیه دستورالعمل طراحی نیروگاه های زمین گرمایی تبخیر آبی	تهیه دستورالعمل طراحی نیروگاه های زمین گرمایی تبخیر آبی
		تدوین دانش فنی عملیات نصب و راه اندازی نیروگاه های زمین گرمایی تبخیر آبی	تهیه دستورالعمل عملیات نصب و راه اندازی نیروگاه های زمین گرمایی تبخیر آبی	تهیه دستورالعمل عملیات نصب و راه اندازی نیروگاه های زمین گرمایی تبخیر آبی
		طراحی، نصب و راه اندازی دومین نیروگاه زمین گرمایی تبخیر آبی کشور	توان برق تولید شده در دومین نیروگاه زمین گرمایی تبخیر آبی	حدافل ۲۰ مگاوات
		طراحی و ساخت یک نیروگاه پایلوت زمین گرمایی دومداره	توان برق تولید شده در نیروگاه پایلوت زمین گرمایی دو مداره	تولید حدافل ۵ مگاوات برق در نیروگاه پایلوت زمین گرمایی دو مداره
		مستند سازی نتایج بدست آمده از پروژه ساخت نیروگاه زمین گرمایی دومداره	تهیه دستورالعمل ساخت نیروگاه های زمین گرمایی دو مداره	تهیه دستورالعمل ساخت نیروگاه های زمین گرمایی دو مداره
		شناسایی گلگاه های فناورانه بهره برداری از نیروگاه های زمین گرمایی دومداره	-	-
		طراحی و ساخت تجهیزات نیروگاه های زمین گرمایی دومداره و آزمایشگاه های مربوطه	ارائه شاخص منوط به انجام مطالعات مقدماتی است	ارائه معیارها منوط به انجام مطالعات مقدماتی است
		طراحی و ساخت دومین نیروگاه زمین گرمایی دومداره در کشور	توان برق تولید شده در دومین نیروگاه زمین گرمایی دو مداره در کشور	تولید حدافل ۲۰ مگاوات برق در دومین نیروگاه زمین گرمایی دو مداره
		۵	پمپ های حرارتی زمین گرمایی	تدوین دانش فنی طراحی کویل زمینی سیستم های پمپ حرارتی زمین گرمایی
تدوین دانش فنی و ساخت تجهیزات حفاری سیستم های پمپ حرارتی زمین گرمایی	تعداد تجهیزات حفاری تولید شده			حدافل دو سری از تجهیزات حفاری سیستم های پمپ حرارتی
تدوین دانش فنی و تولید گروت و بررسی و تحقیق در خصوص عملیات گروت ریزی سیستم های پمپ حرارتی زمین گرمایی	دستورالعمل عملیات تولید گروت مقدار گروت تولید شده			تهیه دستورالعمل عملیات تولید گروت تولید حدافل ۱۰۰ کیلوگرم گروت
تدوین دانش فنی سیستم های کنترلی و محافظتی پمپ های حرارتی زمین گرمایی	-			-
تدوین دانش فنی و تولید سیال کاری کویل زمینی سیستم های بسته پمپ حرارتی زمین گرمایی	میزان افزایش بازدهی سیال کاری کویل زمینی			افزایش بازدهی سیستم پمپ حرارتی بسته حدافل به میزان ۳ درصد
تدوین دانش فنی و ساخت تجهیزات پمپ های حرارتی زمین گرمایی توسعه یافته	تعداد تجهیزات پمپ حرارتی توسعه یافته			ساخت حدافل یک نمونه از تجهیزات پمپ حرارتی توسعه یافته
تدوین دانش فنی و ساخت مبدل حرارتی سیستم های پمپ حرارتی زمین گرمایی	تعداد مبدل های حرارتی ساخته شده			ساخت حدافل یک نمونه از مبدل حرارتی سیستم های پمپ حرارتی زمین گرمایی
تدوین دانش فنی و ساخت کمپرسور سیستم های پمپ حرارتی زمین گرمایی	تعداد کمپرسور ساخته شده			ساخت حدافل یک کمپرسور نمونه برای سیستم های پمپ حرارتی زمین گرمایی
تدوین آئین نامه استانداردهای مرتبط با آزمایش سیستم های پمپ حرارتی زمین گرمایی بسته و تجهیزات آزمایشگاه های مربوطه	این نامه تعداد آزمایشگاه ها			حدافل یک آزمایشگاه
تهیه بسته آموزشی جهت آموزش طراحان و مهندسين مشاور در حوزه پمپ های حرارتی زمین گرمایی	-			-

جدول (۲-۸) - شاخص های چشم انداز، اهداف کلان و اقدامات در حوزه انرژی زمین گرمایی

شاخص دستیابی	اهداف	حوزه
۱- تعداد مقالات چاپ شده (حداقل ۵۰ مقاله) ۲- تعداد دانشگاه های فعال در این حوزه (حداقل ۵ دانشگاه) ۳- تعداد اعضای هیئت علمی فعال در این حوزه (حداقل ۱۵ نفر) ۴- تعداد دانشجویان شاغل به تحصیل در حوزه های مرتبط با پمپ های حرارتی زمین گرمایی (سالانه حداقل ۱۵ نفر) ۵- تعداد پتنت های به ثبت رسیده (حداقل ۵ عدد) ۶- میزان بومی سازی تجهیزات پمپ های حرارتی زمین گرمایی (حداقل ۷۰ درصد) ۷- درصد توانمند سازی صادرات از کل خدمات فنی و مهندسی تجهیزات پمپ حرارتی زمین گرمایی (حداقل ۴۰ درصد)	۱- جایگاه اول منطقه در عرصه علم و فناوری ۲- جایگاه اول در منطقه و در بین ۴ کشور برتر آسیا در تولید صنعتی بومی و رقابت پذیر ۳- افزایش میزان بومی سازی تجهیزات پمپ های حرارتی به میزان حداقل ۷۰ درصد ارزش تجهیزات نصب شده در افق چشم انداز سند حاضر ۴- توانمندی در صادرات رقابت پذیر خدمات فنی و مهندسی و تجهیزات پمپ حرارتی با سهم ۴۰ درصدی از کل خدمات فنی و مهندسی و تجهیزات پمپ حرارتی ساخت داخل با تأکید بر بخش خصوصی	پمپ حرارتی
۱- تعداد مقالات چاپ شده (حداقل ۳۰ مقاله) ۲- تعداد دانشگاه های فعال در این حوزه (حداقل ۳ عدد) ۳- تعداد اعضای هیئت علمی فعال در این حوزه (حداقل ۱۰ نفر) ۴- تعداد دانشجویان شاغل به تحصیل در حوزه های مرتبط با تجهیزات بهره برداری از انرژی زمین گرمایی (حداقل سالانه ۱۰ نفر) ۵- میزان بومی سازی تجهیزات بهره برداری از منابع انرژی زمین گرمایی (حداقل ۲۰ درصد) ۶- درصد توانمند سازی صادرات از کل خدمات فنی و مهندسی تجهیزات بهره برداری از منابع انرژی زمین گرمایی (حداقل ۲۰ درصد) ۷- تعداد شرکت های داخلی معتبر و فعال در حوزه بهره برداری از منابع انرژی زمین گرمایی (حداقل یک شرکت)	۵- جایگاه اول منطقه در عرصه علم و فناوری ۶- جایگاه اول در منطقه و در بین ۵ کشور برتر آسیا در تولید صنعتی بومی و رقابت پذیر ۷- افزایش میزان بومی سازی تجهیزات زمین گرمایی به میزان حداقل ۲۰ درصد ارزش تجهیزات نصب شده در افق چشم انداز سند حاضر ۸- دستیابی به توانمندی در صادرات خدمات فنی و مهندسی و تجهیزات نیروگاهی با سهم ۲۰ درصدی از کل خدمات فنی و مهندسی و تجهیزات زمین گرمایی ساخت داخل با تأکید بر بخش خصوصی ۹- ایجاد و تقویت نمانام ملی با حداقل ظرفیت نصب شده در داخل و خارج کشور، معادل ۵۰ درصد ظرفیت نصب شده زمین گرمایی در داخل کشور و افزایش سهم صادراتی نمانام ایرانی در بازارهای منطقه ای و جهانی	تولید برق و کاربرد مستقیم
۱- تعداد مقالات چاپ شده (سالانه حداقل ۵ مقاله) ۲- تعداد دانشگاه های فعال در این حوزه (حداقل ۳ دانشگاه) ۳- تعداد اعضای هیئت علمی فعال در این حوزه (حداقل ۶ نفر) ۴- تعداد دانشجویان شاغل به تحصیل در حوزه های مرتبط با منابع زمین گرمایی پیشرفته (سالانه حداقل ۲ نفر) ۵- تعداد پژوهشگران فعال، صاحب نظر و خبره در حوزه منابع انرژی زمین گرمایی پیشرفته (حداقل ۶ نفر)	۱۰- جایگاه اول منطقه و جزو ۱۰ کشور برتر دنیا در عرصه علم و فناوری ۱۱- دستیابی به نیروی انسانی با کیفیت، خلاق و متخصص در حوزه های مختلف انرژی زمین گرمایی	منابع زمین- گرمایی پیشرفته

۸-۲- تدوین ساختار نظارت، به روزرسانی و مکانیزم ارزیابی

همانطور که اشاره شد، به منظور تحقق اهداف سند لازم است ساز و کاری اندیشیده شده و ساختار نظارتی برای بازنگری تعیین گردد. به همین منظور پیشنهاد می گردد که شورایی متشکل از بازیگران توانمند در حوزه انرژی زمین گرمایی تشکیل گردیده که وظیفه سیاستگذاری کلان، هماهنگی و نظارت کلان بر اجرای این سند را بر عهده دارد. پیشنهاد می گردد هسته اصلی این شورا از اعضای کمیته راهبری تدوین این سند تشکیل شده باشد. شورای توسعه فناوری های انرژی زمین گرمایی، بر نحوه اجرای این سند نظارت می کند و بازنگری های لازم در سند و گزارش کلان مربوطه را در فواصل زمانی مشخص ارائه خواهد نمود. این شورا با ایجاد ساز و کارهای لازم و استفاده از نهادهای مختلف، ضمن انجام تصمیم گیری های لازم، وظیفه نظارت بر تحقق اهداف سند و ارزیابی پیشرفت کار را بر عهده دارد. از جمله وظایف اصلی این ستاد می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- سیاست گذاری اجرایی، راهبری، هماهنگی و ایجاد ارتباطات بین دستگاهی لازم برای توسعه فناوری های زمین-گرمایی
- نظارت و پیگیری اجرای دقیق و کامل مفاد سند
- پایش شاخص های عملکردی و اثربخشی

۸-۳- مکانیزم عملکرد

با توجه به وظایف مطرح شده برای این، می بایست مکانیزمی اندیشیده شود که به عنوان چارچوبی برای انجام فعالیت های ارزیابی در نظر گرفته شود. همان طور که اشاره شد، از جمله وظایف اصلی شورای توسعه فناوری های انرژی زمین-گرمایی، نظارت و پیگیری اجرای دقیق و کامل مفاد سند و پایش شاخص های عملکردی و اثربخشی می باشد. لذا اعضای مرکز جهت انجام وظایف در نظر گرفته شده می بایست جلسات منظم ۶ ماه یکبار برگزار کرده و در فاصله بین جلسات از طریق همکاری و اخذ آمار و گزارش ها از دستگاه های متولی حوزه های مرتبط شاخص های تعیین شده را ارزیابی کرده و پس از نهایی سازی و تلفیق آنها گزارش آن را در دوره های زمانی ۶ ماهه به وزارت نیرو اعلام نماید.

اعضای شورا موظفند طبق نتایج حاصل از ارزیابی شاخص‌ها، اقدامات لازم را جهت اطمینان از تحقق سند در افق ۱۰ ساله، اتخاذ کنند. شورای راهبری سند در صورت نیاز به اصلاح ساختارها و ساز و کارهای نهادی ذیربط، از طریق مراجع ذیصلاح گردش کار را انجام خواهد داد.

همچنین این شورا موظف است به رصد فناوری‌های مرتبط و در حال توسعه در این حوزه بپردازد و گزارش آن را طی دوره‌های زمانی ۲ ساله ارائه نماید. با توجه به روند تحولات و نیز وضعیت پیشرفت سند، لازم است سند مورد بازبینی و تجدیدنظر قرار گیرد.

وضعیت پیشرفت بر اساس شاخص‌های سطح کلان (اهداف کلان) و شاخص‌های سطح خرد (اهداف خرد) مشخص می‌شود. در صورتی که پس از گذشت ۳ سال از آغاز اجرای سند، میزان تحقق هر یک از شاخص‌های در نظر گرفته شده تا آن مقطع زمانی به طور میانگین کمتر از ۳۰ درصد باشد، شورای راهبری سند باید نسبت به توقف اجرا اقدام نماید و تصمیمات لازم را اتخاذ کند. در صورتی که میزان تحقق شاخص‌ها کمتر از ۷۰ درصد باشد بایستی سند از سوی شورای راهبری مورد بازنگری و اصلاح قرار گیرد. همچنین در صورت تحقق بیش از ۷۰ درصد شاخص‌های مذکور، شورای راهبری می‌تواند با بررسی گلوگاه‌ها و موانع موجود بر سر راه تحقق کامل هر یک از اقدامات و برنامه‌ها نسبت به رفع آنها و ادامه اجرای سند اقدام نماید.

۹- منابع

- ۱- باقریان، محمد؛ مفاهیم و چارچوب مدیریت راهبردی با نگرش های بومی. تهران، مرکز آموزش مدیریت دولتی، ۱۳۷۹.
- ۲- پیرس و رابینسون؛ برنامه ریزی و مدیریت راهبردی. ترجمه دکتر سهراب خلیلی شورینی، ۱۳۸۳.
- ۳- قاضی نوری، سپهر؛ سیاست گذاری و برنامه ریزی علم و فناوری (مطالعه موردی نانوفناوری در ایران). کمیته مطالعات سیاست نانوفناوری، دفتر همکاری های فناوری ریاست جمهوری، تهران، ۱۳۸۱.
- ۴- Policy. Second edition, Open University Press, Buckingham. ۲۰۰۲.
- ۵- Faulhaber G.R., 2000. Emerging technologies and public policy: in Wharton on managing emerging technologies, ed. G.S. Day, P.J.H. Schoemaker and R.E. Gunther, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- ۶- Bemelmans-Videc, M-L., Rist, R., Vedung, E., 2۰۰۷. Instruments and their evaluation, New Jersey: Transaction Publisher, New Brunswick.
- ۷- EU (European Union), 2011. Evaluation-General Issues, Available from www.fundusze-strukturalne.gov.pl
- ۸- Klessman, C, 2009. The evaluation of flexibility mechanisms for achieving European renewable energy targets 2020-ex-ant evaluation of principle mechanisms. Energy Policy, 37, pp. 4966-4۹۷۶.
- ۹- Hiriart, Y., Martimortm, D., Pouyet, J., 2010. The public management of risk: Separating ex ant and ex post monitors. Journal of Public Economic. 94, pp. 1008-1۰۱۹.
- ۱۰- Haveman, Robert. 1987. Policy Evaluation Research after Twenty Years. Policy Studies Journal 16: ۱۹۱-۲۱۸.
- ۱۱- Wholey, Joseph S., et al. 1970. Federal Evaluation Policy. Washington, DC: The Urban Institute.
- ۱۲- Weiss, Carol H. 1998. Evaluation. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- ۱۳- Mohr, Lawrence. 1995. Impact Analysis for Program Evaluation. 2nd ed. Thousand Oaks, CA: Sage.