

## ۱۰ راهکار برای کاهش هزینه‌ها و افزایش سودآوری نیروگاه‌های بیوگاز یا بیومتان

چگونه می‌توان هزینه‌های پروژه بیوگاز یا تولید گاز طبیعی تجدیدپذیر، بیومتان (RNG) را کاهش داده و سودآوری آن را افزایش داد؟ بدین منظور باید هزینه‌های یک نیروگاه بیوگاز را ارزیابی کرد، عوامل تأثیرگذار بر هزینه‌ها را شناسایی نمود و درآمدهای احتمالی و سایر مزایای حاصل از آن را دانست. در این صورت، می‌توان بر روی برخی از جنبه‌های کلیدی پروژه با اشراف بیشتری تمرکز کرده و آنها را بهینه نمود.

بررسی امکان‌پذیری، سودآوری و برنامه‌ریزی، نقاط شروع هر پروژه بیوگاز و بیومتان است.

### هزینه یک نیروگاه بیوگاز به طور کلی چقدر است؟

در ارزیابی هزینه‌های یک نیروگاه بیوگاز، چندین جنبه مهم باید مورد بررسی قرار گیرد. هزینه‌های زیر غالباً در زمان برآورد هزینه، یا کمتر از حد متعارف، برآورد می‌شوند یا بکلی نادیده گرفته می‌شوند.

#### هزینه‌های احداث و زیرساخت (CAPEX)

این هزینه‌ها مربوط به ساخت نیروگاه بیوگاز و فراهم کردن زیرساخت‌های لازم شامل تجهیزات، مهندسی، مواد و نیروی کار به شرح زیر است:

- زمین (ها)
- طراحی، ساخت و راه‌اندازی نیروگاه بیوگاز
- افزونگی (معادل ضریب دسترسی، سیستم‌های پشتیبان، Redundancy) و فازبندی نیروگاه بیوگاز
- نوع فناوری انتخاب شده
- اتوماسیون کردن فرایند
- فرایند دستیابی به کیفیت دلخواه ماده هضم‌شده و بیوگاز
- محوطه و ساختمان آزمایشگاه

#### هزینه‌های بهره‌برداری و تعمیر و نگهداری یک نیروگاه بیوگاز احداث و زیرساخت (OPEX)

این هزینه‌ها مربوط به مدیریت نیروگاه بیوگاز از جمله هزینه‌های بهره‌برداری، تعمیر و نگهداری و پرسنل می‌باشد. به طور خاص، این دسته از هزینه‌ها شامل موارد زیر است:

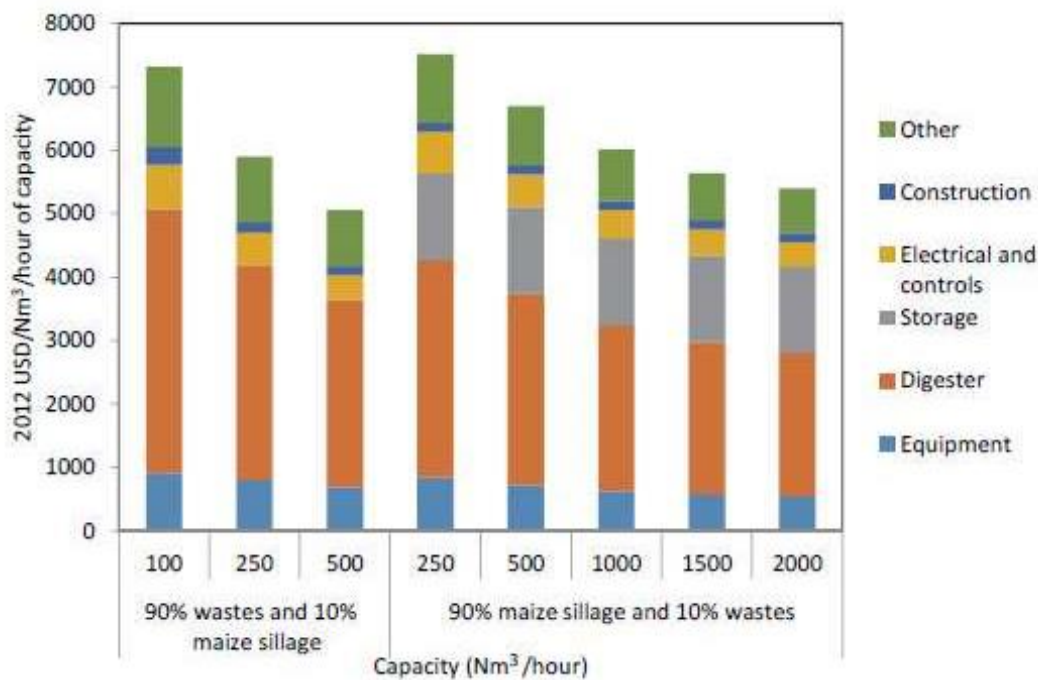
- نیروی کار برای بهره‌برداری و تعمیر و نگهداری نیروگاه بیوگاز
- قطعات یدکی، نگهداری و تعمیر تجهیزات
- خرید، جمع‌آوری و حمل و نقل مواد اولیه
- مواد مصرفی (پلیمرها، مواد فیلترینگ و غیره)
- انرژی (برق، گاز طبیعی و غیره)
- حمل و نقل، فروش و یا پخش مواد هضم‌شده
- تست‌های آزمایشگاهی
- بیمه، مالیات و بهره

## با این اوصاف، ساخت یک نیروگاه بیوگاز چقدر هزینه دارد؟

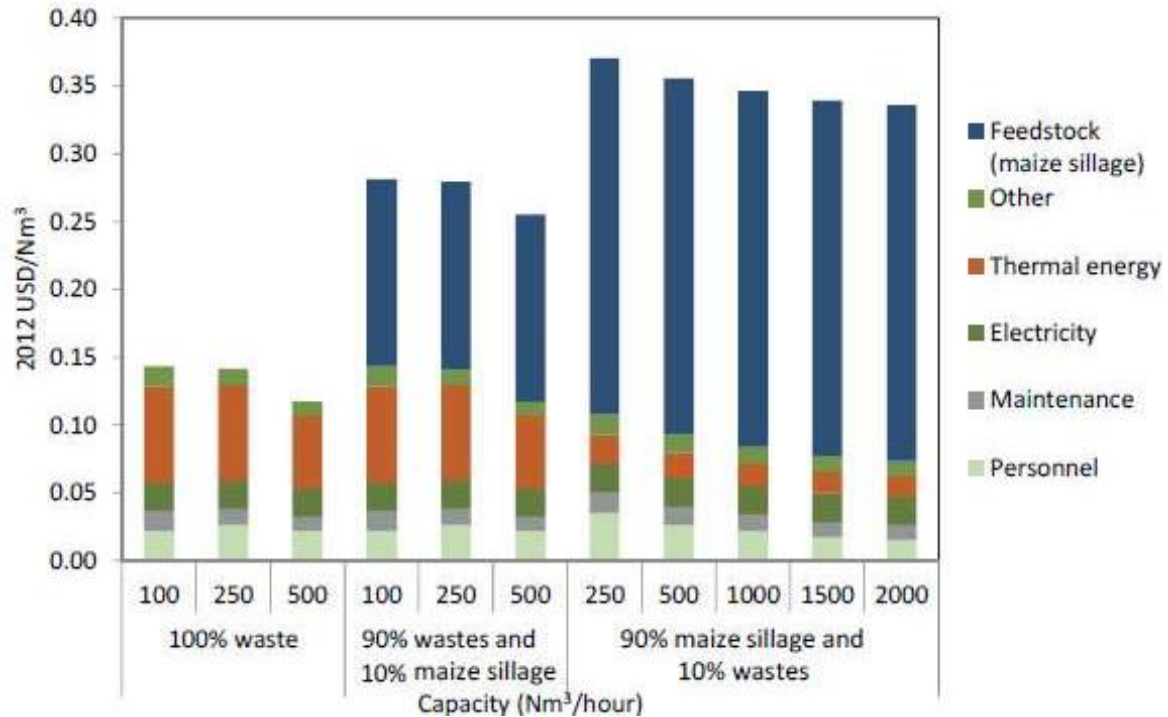
تخمین هزینه بهره‌برداری و ساخت یک نیروگاه بیوگاز یا پروژه بیومتان پیچیده است. هزینه‌ها به عوامل مختلفی از قبیل ظرفیت، ساختگاه، خوراک ورودی یا فناوری انتخاب‌شده بستگی دارد. به عنوان نمونه، برخی از قیمت‌های کلی در ادامه آورده شده است:

- هزینه‌های CAPEX: بین ۴۰۰ تا ۱۵۰۰ دلار برای هر تن تر (wet) از مواد. احداث یک نیروگاه بیوگاز ساده در یک مزرعه حدود ۴۰۰ دلار در هر تن هزینه دارد. یک واحد بیوگاز شهری با سیستم تفکیک زباله و تصفیه بیوگاز می‌تواند تا ۱۵۰۰ دلار در هر تن هزینه داشته باشد.
- هزینه‌های OPEX: بین ۱ تا ۱۰٪ از CAPEX

نمودارهای زیر اطلاعات مفیدی در مورد چگونگی تأثیر عوامل مختلف بر هزینه‌ها ارائه می‌کند.



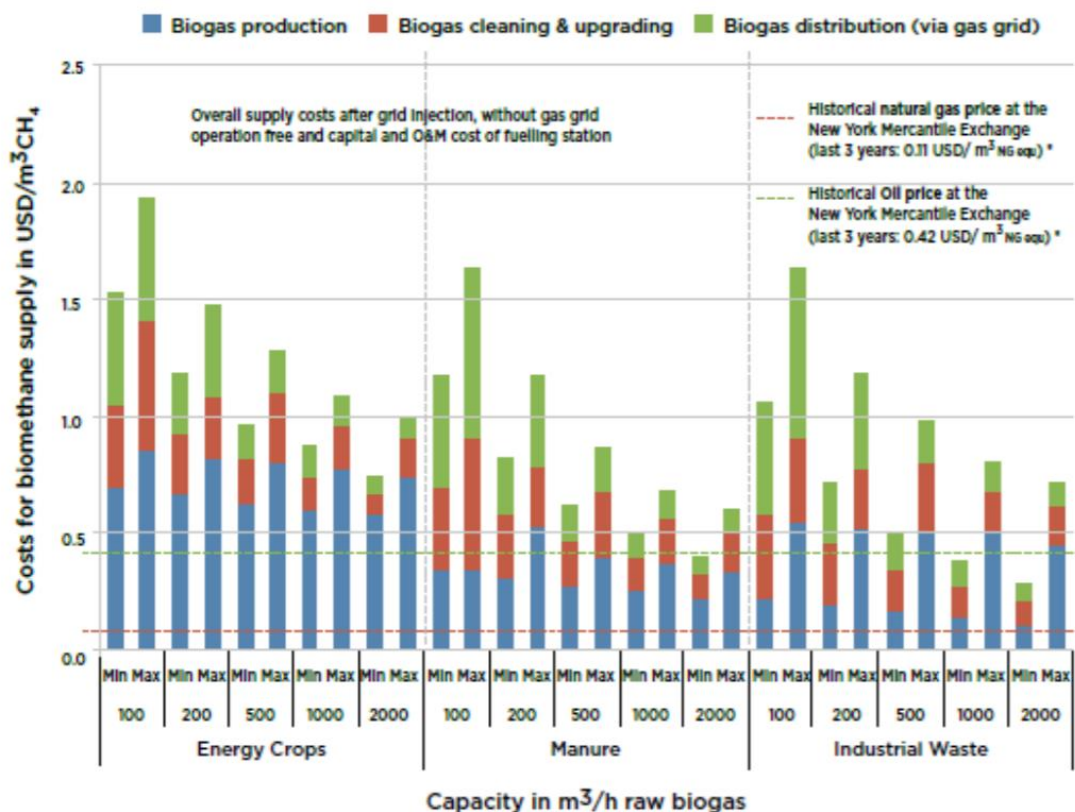
هزینه‌های سرمایه‌گذاری بر واحد ظرفیت سیستم‌های هضم بیهوازی بر اساس ظرفیت نیروگاه و خوراک ورودی



هزینه‌های بهره‌برداری برای نیروگاه‌های بیوگاز بر اساس ظرفیت نیروگاه و خوراک ورودی

علاوه بر این، مؤسسه مطالعات انرژی آکسفورد دیدگاه متفاوتی ارائه می‌نماید. در این مطالعه که در سال ۲۰۱۷ منتشر شده است، هزینه‌های تولید بیوگاز و بیومتان بر اساس هزینه تراز شده انرژی (LCOE) تعیین می‌شود. این هزینه‌ها با استفاده از هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه، هزینه‌های عملیاتی و تعمیر و نگهداری و طول عمر تجهیزات محاسبه می‌شود.

مقدار LCOE برای بیوگاز تولید شده از یک سیستم هضم بیهوازی، بین (US\$/kWh) ۶ تا ۱۴ است که بستگی به قیمت خوراک انتخابی دارد. این عدد با LCOE انرژی باد که بین (US\$/kWh) ۶٫۸ تا ۱۲٫۶ است، قابل مقایسه است. در ضمن، مقدار LCOE برای تولید بیومتان بین (US\$/kWh) ۴٫۷ تا ۱۵، یا بین (US\$/m<sup>3</sup>) ۰٫۵ تا ۱٫۵ است. این هزینه‌های تولید شامل به تبدیل بیوگاز به بیومتان و توزیع آن در شبکه‌های گاز طبیعی است. در نمودار زیر، هزینه‌های تولید بیومتان و نیروگاه‌های تصفیه بیوگاز، و عوامل مؤثر بر آنها به اختصار نمایش داده شده است.



هزینه‌های تمام‌شده تولید بیومتان بر اساس ظرفیت نیروگاه و خوراک ورودی

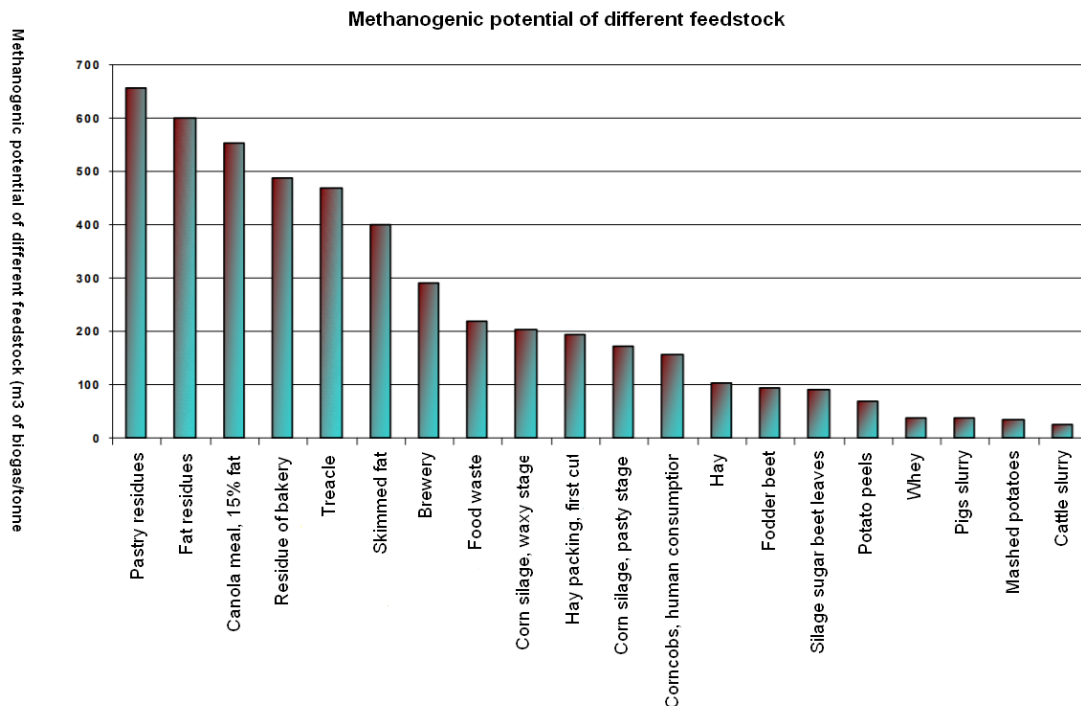
پیشنهاد می‌گردد برای ارزیابی پروژه خود از تماس با یک شرکت حرفه‌ای دریغ نکنید. در حقیقت، صدها، بلکه هزاران عامل دیگر بر قیمت‌ها تأثیر می‌گذارند که ممکن است باعث افزایش یا کاهش هزینه‌ها شوند.

## چگونه می‌توان ضمن افزایش سودآوری یک نیروگاه بیوگاز یا بیومتان، هزینه‌های را کاهش داد؟

با بهینه‌سازی برخی از جنبه‌های نیروگاه بیوگاز یا بیومتان می‌توان هزینه‌ها را کاهش داده و آن را سودآورتر نمود. در ادامه، ۱۰ نکته برای انجام آن آورده شده است.

۱- تولید بیوگاز از میزان حجم ماده ورودی را به حداکثر برسانید

برای این کار، می‌توان ترکیبات خاصی از مواد اولیه که پتانسیل تولید متان بالایی دارند را مورد استفاده قرار داد، روش‌های خوبی را برای مدیریت مواد اولیه اتخاذ کرد یا فرایند را بهینه نمود. به عنوان مثال، فضولات خوک جزء آن دسته از مواد اولیه‌ای قرار می‌گیرد که کمترین پتانسیل تولید متان را دارد. با این وجود، می‌توان پتانسیل تولید متان آن را از طریق ترکیب آن با چربی‌ها به حداکثر رساند.



### پتانسیل تولید متان از مواد اولیه مختلف

برای به حداکثر رساندن تولید بیوگاز بر اساس حجم مواد اولیه:

- از نگهداری مناسب مواد اولیه، به ویژه فضولات اطمینان حاصل شود، زیرا این مواد در بلند مدت توان تولید متان خود را از دست می‌دهند.
- به انتخاب مواد اولیه توجه شود.
- فرایندهای پیش‌پردازش مواد، مانند خرد کردن و هیدرولیز بهبود داده شود.
- فرایندهای بیولوژیکی در هاضم بهینه شود.

۲- مواد اولیه‌ای را انتخاب کنید که هزینه‌ها را کاهش دهد

انتخاب نوع ماده اولیه‌ای که در نیروگاه بیوگاز یا بیومتان استفاده خواهد شد یک تصمیم استراتژیک است. در واقع، هزینه‌ها بسته به نوع ماده اولیه انتخابی و میزان پیش‌پردازش یا آماده‌سازی مواد زائد قبل از فرآیند هضم بیهوازی، تفاوت خواهد کرد.

به عنوان مثال، فضولات دامی یا فاضلاب را می‌توان به صورت رایگان از دامداری یا نیروگاه تصفیه فاضلاب تهیه کرد. در این حالت، زیرساخت‌های مدیریت و انبارداری این مواد حتی در صورت نبود نیروگاه هضم بیهوازی هم وجود خواهد داشت. بنابراین، هزینه‌ها در برخی از زیرساخت‌های مورد نیاز برای نیروگاه صرفه‌جویی می‌شود، زیرا می‌توان از زیرساخت‌های موجود استفاده کرد.

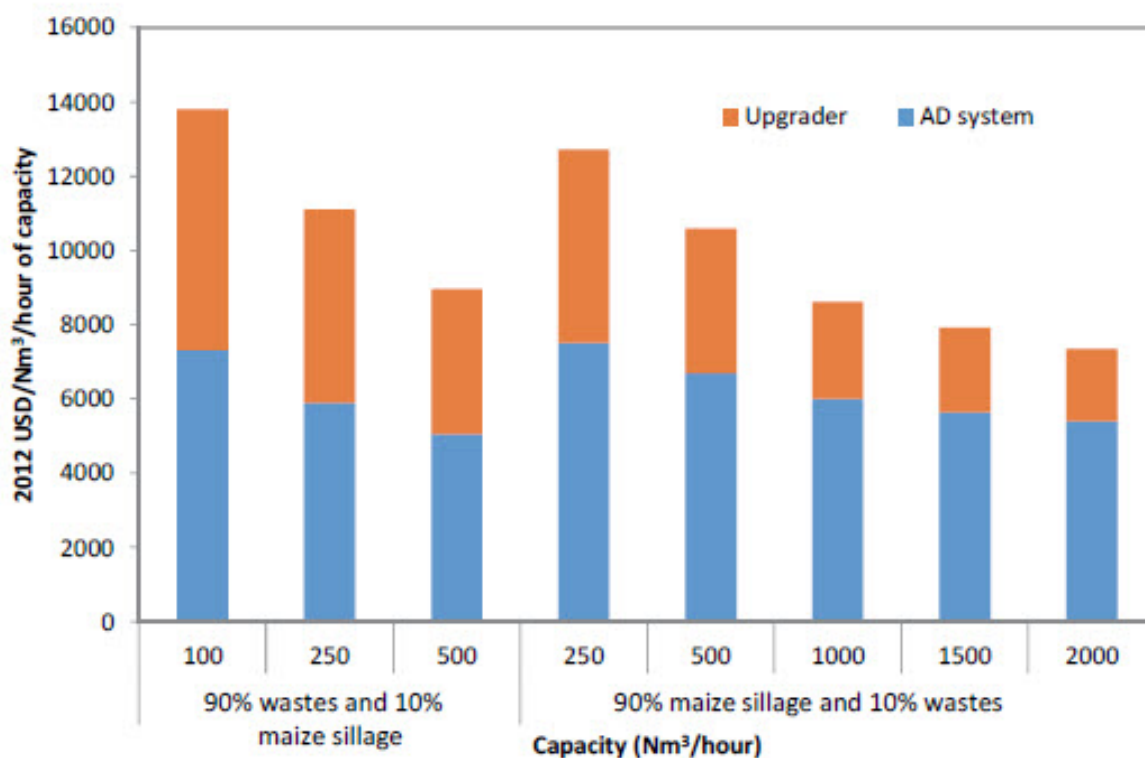
هزینه محصولات زراعی انرژی‌زا ممکن است تا ۴۰ دلار در هر تن باشد. علاوه بر این، تحقیقی که توسط شرکت مشاور ENEA در چندین نیروگاه بیوگاز احداث شده در مزارع کشاورزی انجام شده، نشان می‌دهد هزینه‌های قابل توجهی به خرید محصولات زراعی انرژی‌زا اختصاص داده شده است. تو صیه می‌شود از استراتژی‌های مختلف کاهش هزینه، از جمله به حداکثر رساندن تولید در هکتار، استفاده شود.

۳- یک فناوری تولید یا ارتقاء بیوگاز را انتخاب کنید که با هزینه‌ای اندک، محصول باکیفیتی را تولید کند. فناوری انتخاب شده برای تولید یا ارتقاء بیوگاز بدون شک هزینه‌های پروژه را تحت تأثیر قرار خواهد داد. به عنوان مثال، برخی از انواع مواد اولیه برای تبدیل شدن به یک محصول با کیفیت، نیاز به فرآوری بیشتری دارند. در این حالت، فرایند هزینه بیشتری خواهد داشت.

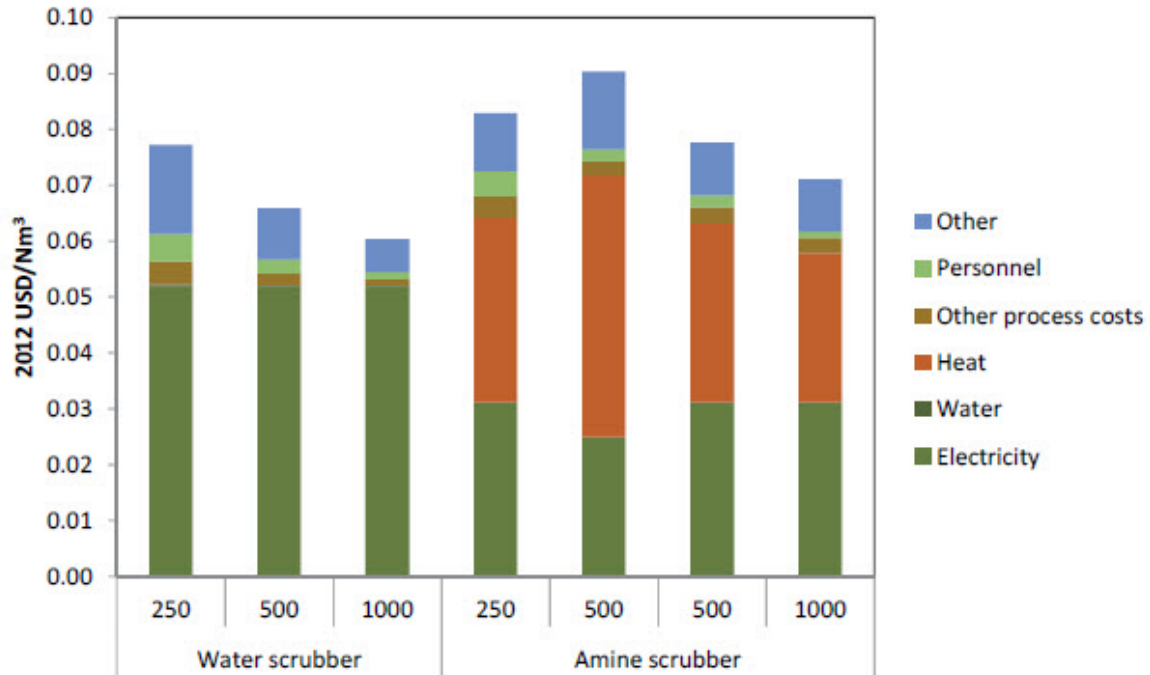
همچنین باید کاربرد بیوگاز و محصولات مرتبط با آن و کیفیت لازم برای انتخاب فناوری در نظر گرفته شود. در حقیقت، اگر محصول فرایند هضم بیهوازی، ماده هضم شده با کیفیت پایین باشد، هزینه‌های نیروگاه تا حدود ۳۰٪ هزینه‌های OPEX افزایش خواهد یافت. در حقیقت، با اتخاذ این شیوه، ماده هضم شده یا باید به واحد تولید کمپوست ارسال شده یا باید دفن شود. به همین ترتیب، ارتقاء بیوگاز و تبدیل آن به سوخت، هزینه‌های اضافی به همراه خواهد داشت.

از اولین مراحل پروژه ارزیابی کنید کدام کاربرد برای بیوگاز، بیومتان و سایر محصولات مرتبط، برای شما بیشترین سودآوری را دارد.

در نمودارهای زیر، هزینه‌های یک نیروگاه ارتقاء یا تصفیه بیوگاز به طور خلاصه نمایش داده شده است.



هزینه‌های سرمایه‌گذاری برای سیستم‌های بیوگاز شامل سیستم ارتقاء بر اساس نوع خوراک و ظرفیت نیروگاه



هزینه‌های بهره‌برداری برای سیستم‌های ارتقاء بیوگاز بر اساس نوع و ظرفیت آن

۴- با اطمینان از تأمین مواد اولیه و تضمین استفاده از بیوگاز یا بیومتان به صورت محلی، هزینه‌های حمل و نقل را کاهش دهید

پیش از هر چیز اطمینان حاصل کنید که به میزان کافی و به صورت پایدار، به پسماند آلی برای تأمین خوراک نیروگاه بیوگاز دسترسی دارید. با این روش می‌توانید ترکیب مواد اولیه نیروگاه را بهینه کرده و پروژه خود را عملی سازید. یکی از راهکارهای کاهش هزینه‌های یک نیروگاه بیوگاز، تمرکز بر منابع اولیه و استفاده از بیوگاز به صورت محلی است. در حقیقت، تبدیل پسماندهای محلی به بیوگاز به جای استفاده از محصولات انرژی‌زا، هزینه حمل و نقل مواد اولیه را کاهش می‌دهد. فضولات دامی و لجن تصفیه‌خانه فاضلاب و سایر صنایع غذایی و کشاورزی، اغلب به صورت محلی در دسترس بوده و به نظر می‌رسد سبتر باشند.

علاوه بر این، می‌توان برای افزایش سودآوری پروژه، گرما و برق ساختمان‌ها یا تجهیزات واقع در نزدیکی محل تولید را تأمین کرد. در صورت عدم وجود تقاضا، می‌توان بیوگاز را به بیومتان تبدیل و آن را به شبکه محلی تزریق نمود. این راهکار، هزینه‌های توزیع انرژی را کاهش می‌دهد.

۵- حداکثر استفاده را از بیوگاز تولیدشده کنید

سرمایه‌گذاری در تجهیزات قابل اعتماد و باکیفیت بالا به شما کمک می‌کند تا بیشترین استفاده از بیوگاز تولیدی را داشته باشید. این به شما کمک می‌کند تا ضمن کاهش هزینه‌ها، بیشترین منفعت را از نیروگاه بیوگاز بدست آورید. به عنوان مثال، ممکن است بخشی از بیوگاز تولیدشده صرف نیازهای خود نیروگاه از جمله حفظ دمای هاضم شود. در این حالت، باید روی تجهیزاتی که عایق‌بندی هاضم‌ها و مخازن گاز را بهبود داده و کارایی دیگ‌های بخار را افزایش می‌دهد سرمایه‌گذاری شود تا اتلاف انرژی به حداقل برسد.

با وجود خرید تجهیزات خوب، ممکن است به دلیل محدودیت‌هایی که خارج از کنترل است، نتوان تمام بیومتان تولیدشده را به شبکه تزریق کرد. به عنوان مثال این عوامل ممکن است شامل محدودیت‌های شبکه گاز یا کاهش

کیفیت با شد. در این حالت، باید انعطاف‌پذیری بیشتری در مذاکره با شبکه انرژی محلی به خرج داد یا راه‌های دیگری برای استفاده از انرژی پیدا کرد.

#### ۶- نیروگاه بیوگاز یا بیومتان را بهینه نگه‌داری کنید

راه دیگر برای کاهش هزینه‌های نیروگاه بیوگاز، اطمینان از نگهداری دقیق، برنامه‌ریزی شده و بهینه آن است. چرا؟ تعمیر و نگهداری کمک می‌کند تا خرابی احتمالی تجهیزات و سایر مشکلاتی که ممکن است در این فرآیند رخ دهد را پیش‌بینی کرد. همچنین باعث افزایش عمر نیروگاه بیوگاز می‌شود. با این روش می‌توان از وقوع حوادث ناخوشایند جلوگیری کرده و درآمد حاصل از نیروگاه را تثبیت کرد.

علاوه بر این، توصیه می‌شود قراردادهای نگهداری به شکل کلید در دست منعقد شود تا متضمن در دسترس بودن نیروگاه باشد. این، یک روش خوب برای اطمینان از دقت تعمیر و نگهداری انجام شده است.

#### ۷- نیروگاه‌های بیوگاز بزرگتری بسازید

مطالعات بسیاری نشان می‌دهند که هر چه نیروگاه بیوگاز بزرگتر باشد، گرانتر است، اما سودآورتر است. این موضوع تأثیر قابل توجهی در هزینه‌های CAPEX و منابع انسانی دارد.

به عنوان مثال، طبق مطالعه آژانس بین‌المللی انرژی‌های تجدیدپذیر (IRENA) که در سال ۲۰۱۳ منتشر شده است:

- یک نیروگاه در مقیاس کوچک (تولید  $250 \text{ Nm}^3/\text{h}$  بیوگاز) بین  $4400 \text{ (US\$/m}^3/\text{h)}$  تا  $5950$  قیمت دارد
- یک نیروگاه در مقیاس بزرگ (تولید بیش از  $2000 \text{ Nm}^3/\text{h}$  بیوگاز) حدود  $1950 \text{ (US\$/m}^3/\text{h)}$  قیمت دارد

اما باید توجه داشت که هزینه‌های مدیریت مواد اولیه و مواد هضم‌شده، از جمله حمل و نقل و ذخیره‌سازی، با اندازه نیروگاه بیوگاز افزایش می‌یابد. همین مسئله در مورد هزینه‌های توزیع انرژی نیز صادق است. کلید موفقیت در یافتن تعادل بین اندازه نیروگاه و هزینه‌های پیش‌بینی شده است.

#### ۸- با افزایش طول عمر نیروگاه هضم بیهوازی، ارزش نیروگاه خود را افزایش دهید

در حال حاضر عمر یک نیروگاه بیوگاز ۱۵ سال تخمین زده می‌شود. با این وجود، در واقعیت، می‌توان عمر نیروگاه بیوگاز را برای مدت زمانی طولانی‌تر، مثلاً بیش از ۲۵ سال، افزایش داد. اگر در بازه زمانی طولانی‌تری بیوگاز تولید شود، ارزش سرمایه‌گذاری اولیه، افزایش یافته و هزینه‌های عملیاتی کاهش می‌یابد.

#### ۹- نیروگاه بیوگاز و فرآیند آن را با دقت طراحی کنید

برای کاهش هزینه‌های ساخت نیروگاه بیوگاز، باید به طراحی نیروگاه و فرآیند آن توجه زیادی شود. برای این منظور، کارشناسان Biogas World توصیه‌های زیر را به شما ارائه می‌دهند:

- سایت نیروگاه با دقت انتخاب شود. اگر زمین برای این نوع ساخت و سازها نامناسب باشد، به اجبار باید کارهای دیگری مانند تقویت خاک یا رفع آلودگی خاک انجام شود
- کیفیت ماده هضم‌شده بهینه باشد تا از اضافه شدن مرحله تولید کمپوست به فرآیند جلوگیری شود. با این حال، الزامی نیست که ماده هضم‌شده کیفیت سطح AAA داشته باشد



- در صورت نیاز، افزونگی نیروگاه بهینه شده و از طراحی بیشتر از ظرفیت نیروگاه در هنگام برنامه‌ریزی خودداری شود
- مزایای احداث یک نیروگاه که تراز اول در طراحی از منظر انرژی و محیط زیستی (LEED) باشد یا احداث یک نیروگاه که خیلی بزرگ است باید سنجش شود
- به دقت باید منافع و هزینه‌های مدل‌های مختلف کسب و کار (شهری، اقتصاد مختلط و غیره) بررسی شود

۱۰- از منابع مالی و انسانی لازم اطمینان حاصل کنید  
 هزینه‌های مرتبط با کارکنان، آموزش، مالیات و میزان کمک هزینه‌های دریافتی باید با دقت محاسبه شود. این موارد بخش بزرگی از هزینه‌های نیروگاه بیوگاز را تشکیل می‌دهند. به عنوان مثال، یک نیروگاه بزرگتر به کارمندان بیشتری نیاز دارد.

نکات کلی زیر می‌تواند راهگشا باشد:

- بخشی از ریسک پروژه باید به تامین‌کنندگان منتقل شود
- باید ضمانت‌نامه عملکرد و غرامت دریافت شود
- باید میزان مالیات اجباری و یارانه قابل دریافت در کشور محل احداث نیروگاه در نظر گرفته شود
- از سطح شایستگی و آموزش ذینفعان پروژه اطمینان حاصل شود

## آیا یک پروژه بیوگاز، امروز هم سودآور است؟

در کنار هزینه‌های مرتبط با پروژه، این سؤال مطرح است که آیا تولید بیوگاز سودی به همراه دارد. پاسخ به این پرسش این است: البته که تولید بیوگاز سودآور است، اگر درآمدهای بالقوه و مزایای دیگر بیوگاز نیز در نظر گرفته شود.

## درآمد حاصل از یک نیروگاه بیوگاز

چگونه می‌توان نیروگاه بیوگاز یا بیومتان را سودآورتر نمود؟ در ادامه، چند مورد از درآمدهای بالقوه نیروگاه بیوگاز آورده شده است:

- فروش انرژی، شامل حرارت، برق یا بیومتان. در برخی از کشورها، تعرفه و یارانه در نظر گرفته می‌شود.
- بهاء مدیریت پسماند
- فروش ماده هضم‌شده تولید شده در طی فرآیند هضم بیهوازی
- فروش اعتبارات زیست‌محیطی مانند انتشار گازهای گلخانه‌ای
- صرفه‌جویی در مصرف سوخت با استفاده از بیوگاز برای راه‌اندازی ماشین‌آلات یا استفاده از مواد هضم شده به عنوان کود

باید توجه داشت که گزینه‌های موجود و درآمد مرتبط ممکن است بسته به نوع کشور و نوع تأسیسات متفاوت باشد.

## فواید بیوگاز فقط مربوط به پول نیست!

سودآوری یک پروژه تنها از لحاظ درآمدها و هزینه‌ها محاسبه نمی‌شود. تولید بیوگاز دارای مزایای زیست‌محیطی، اقتصادی و عملی دیگری است که می‌تواند تأثیر مثبتی بر ذینفعان جامعه از جمله توسعه‌دهندگان پروژه داشته باشد.

هنگام ارزیابی سودآوری پروژه بیوگاز یا بیومتان، می‌بایست این منافع اضافی را به هزینه‌ها و درآمدهای نیروگاه اضافه کرد. این منافع که به عنوان وجوه مثبت پروژه شناخته می‌شوند عبارتند از:

- کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و گاز متان
- تولید انرژی سبز است که می‌تواند ذخیره شود و به طور مداوم در دسترس باشد
- ایجاد مشاغل سبز
- رشد اقتصاد در مناطق روستایی
- کاهش هزینه‌های دفع و دفن زباله‌های آلی

به عنوان مثال، شرکت مشاور ENEA، در پژوهشی که در سال ۲۰۱۸ منتشر شد، تلاش کرد تا تأثیر بیومتان در فرانسه را به صورت کمی و کیفی بیان کند.

جزئیات وجوه مثبت	ارزش تخمینی سود (€/MWh)	ذینفعان
<ul style="list-style-type: none"> <li>- جلوگیری از انتشار گازهای گلخانه‌ای</li> <li>- عدم هزینه‌کرد برای تصفیه آلودگی آب‌های زیرزمینی</li> <li>- ایجاد اشتغال</li> <li>منافع دیگری که به پول تبدیل نشده است:</li> <li>- کاهش واردات گاز طبیعی به میزان ۱۰ تا ۳۰٪</li> <li>- ایجاد اشتغال در مناطق روستایی</li> </ul>	۳۳ تا ۳۵	دولت
<ul style="list-style-type: none"> <li>- تولید و ذخیره‌سازی انرژی به شکل پایدار</li> <li>- محدود کردن افزایش هزینه‌های توزیع و انتقال گاز با ثابت نگهداشتن حجم ترانزیت گاز</li> </ul>	۲۱	مصرف‌کنندگان انرژی (صنعتی، خصوصی)
<ul style="list-style-type: none"> <li>- کاهش هزینه‌های پردازش پسماند آلی</li> </ul>	۰ تا ۲۴	تولیدکنندگان پسماند آلی
<ul style="list-style-type: none"> <li>- کاهش مصرف تقویت‌کننده‌های نیتروژن معدنی</li> <li>منافع دیگری که به پول تبدیل نشده است:</li> <li>- کاهش مصرف سایر مواد معدنی (فسفر، پتاسیم و غیره)</li> <li>- متنوع شدن منابع درآمدی</li> </ul>	۳ تا ۴	کشاورزان

تولید بیوگاز یا بیومتان بدون شک یک سرمایه‌گذاری سودآور برای همگان است. برای سودآوری بیشتر پروژه‌ها، دولت‌ها باید برای تنظیم بهتر این بخش و تحریک رشد آن تلاش کنند. در حال حاضر، دولت‌های مختلفی در سراسر جهان یارانه، وام یا پشتیبانی‌های مالی دیگر برای پروژه‌های بیوگاز یا بیومتان ارائه می‌دهند.

[جهت مشاهده اطلاعات بیشتر کلیک نمایید.](#)