

# دوازدهمین همایش بین المللی انرژی

## چرایی شکل گیری ریزگردها در استان خوزستان و تأثیرگذاری آن بر شبکه برق استان (نمونه موردی حادثه قطعی برق بهمن ۱۳۹۵)

مریم کیقبادی، اشرف السادات پسندیده، ایرج پورکیوانی، غلامرضا حیدری

پژوهشگاه نیرو

Mkeyghobadi@nri.ac.ir - Apasandideh@nri.ac.ir - Poorkayvany@aut.ac.ir - Ghheydari@nri.ac.ir

### چکیده

استان خوزستان به لحاظ موقعیت اقتصادی و سیاسی اهمیت ویژه‌ای در کشور دارد، بطوریکه در بخش صنعت بالاترین میزان تولید ارزش افزوده را در میان تمامی استان‌ها داراست. از طرفی در سال‌های اخیر این استان درگیر پدیده ریزگردها بوده است. بررسی‌ها نشان می‌دهد علاوه بر شدت گرفتن کانون‌های خارجی ریزگردها در خوزستان، کانون‌های داخلی نیز افزایش قابل ملاحظه‌ای یافته و در این بین نقش عوامل انسانی و به عبارتی انسان‌ساز در ایجاد عوامل زمینه‌ای برای آن بسیار حائز اهمیت است. پدیده ریزگردها استان خوزستان را از جنبه‌های مختلف متأثر نموده که یکی از آنها، بخش حیاتی و زیرساختی برق بوده است. صنعت برق کشور نیز با اتخاذ راهکارهایی سعی در مقابله با اثرات این پدیده مخرب داشته است اما در بهمن ۱۳۹۵ شرایط آب و هوایی حاکم بر استان و وجود ریزگردها حادثه‌ای با ابعاد وسیع را رقم زد که تأثیرات قابل ملاحظه‌ای بر شبکه برق استان در بخش‌های مختلف داشته است. در این تحقیق تلاش شده است به بررسی عوامل مؤثر بر ایجاد و تشدید این پدیده در استان پرداخته و با تشریح حوادث بهمن ماه و نحوه تأثیرگذاری ریزگردها بر شبکه برق، اهمیت مقابله با این پدیده شفاف و قابل درک شود.

### کلید واژه

تغییرات اقلیمی - پدیده ریزگردها - استان خوزستان - شبکه برق

# دوازدهمین همایش بین المللی انرژی

## ۱- مقدمه

امکان پایدار و تاب‌آور بوده همچنین شرایطی فراهم شود که شبکه برق تحت تأثیر پدیده‌های مخرب محیطی قرار نگیرد. اما یکی از پدیده‌های محیطی که این استان را در طی چندین سال درگیر نموده پدیده ریزگردها می‌باشد. این پدیده ضمن اثرات گسترده‌ای که در بخش‌های مختلف در زندگی مردم داشته است، بر روی شبکه برق استان خوزستان نیز اثر گذار بوده بطوریکه اوج این پدیده در بهمن ماه ۱۳۹۵ رخ داد و طی چندین روز قطعی‌های برق گسترده، اثرات نامطلوب و خسارات عمده ای را به اقتصاد استان و به نوعی کل کشور وارد نمود. بنابراین با توجه به اهمیت مخاطره گرد و غبار و نقش آن در ساختار اقتصادی، اجتماعی و سیاسی استان خوزستان، لزوم پرداختن به این پدیده ضروری است.

در این تحقیق، با تمرکز بر مبحث ریزگردها در استان خوزستان، به علل و عوامل ایجاد این پدیده مخرب در ناحیه جنوب و جنوب غرب کشور پرداخته و چگونگی تأثیرگذاری پدیده ریزگرد بر شبکه برق استان در بهمن ۱۳۹۵ مورد بررسی قرار گرفته است.

## ۲- ریزگرد و انواع آن

پدیده ریزگردها یکی از پدیده‌های جوی و اقلیمی است که وقوع آن پیامدهای اقتصادی، روحی و جسمی زیادی به همراه دارد. از طرفی با توجه به روند گرمایش جهانی، مدیریت و توسعه ناپایدار جهان کنونی، اقلیم شناسان و اکولوژیست‌ها اعتقاد دارند که فراوانی پدیده ریزگردها و طوفان‌های گرد و غبار افزایش خواهد یافت و در دهه‌های آینده به یکی از معضلات زیست محیطی در بسیاری از کشورهای جهان تبدیل خواهد شد [۴].

به طور کلی ریزگردها، ذرات معلق در هوا هستند که به صورت جامد یا مایع بوده و اندازه آنها از قطر یک مولکول ( $0.0002$  میکرون) بزرگتر و از  $500$  میکرون کوچکتر باشند. این مواد آلاینده دارای تنوع و پیچیدگی بسیار زیادی هستند و اندازه ذرات و ترکیب شیمیایی آنها- مانند غلظتشان در هوا- از ویژگی مهم این مواد به شمار می‌رود. در گروه بندی این مواد از واژه‌های مختلفی استفاده شده که اغلب به اندازه و حالت (مایع یا جامد بودن مواد) ذرات بستگی دارد [۵].

اگر چه ذرات معلق دارای شکل مشخصی نیستند ولی اندازه آنها را می‌توان از طریق قطر آیرودینامیکی معادل

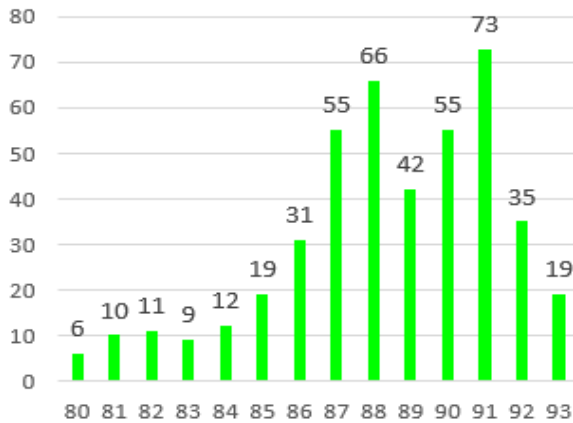
استان خوزستان موقعیت استراتژیک و اقتصادی ویژه‌ای در کشور دارد. این استان دارای پتانسیل‌های طبیعی و بالقوه‌ای در بخش‌های مختلف اقتصادی است که مهمترین آن‌ها عبارتند از: منابع عظیم نفت و گاز، تأسیسات فولادی و ذوب آهن، وجود کشت و صنعت‌های مختلف و پتروشیمی [۱]. همچنین استان خوزستان از نظر ارزش افزوده در بخش صنعت، با میزان ارزش  $760,913,476$  میلیون ریال، رتبه نخست را در میان تمامی استان‌های کشور به خود اختصاص داده است و از نظر تولید محصول ناخالص داخلی نیز با لحاظ نفت، با ارزش  $1,111,782,035$  میلیون ریال، رتبه دوم را بعد از تهران با ارزش  $2,716,986,022$  میلیون ریال به خود اختصاص داده است. همچنین در ارزش افزوده بخش کشاورزی، این استان رتبه پنجم را با میزان  $83,041,136$  میلیون ریال، بعد از استان‌های فارس، مازندران، کرمان و خراسان رضوی دارا می‌باشد. در بخش خدمات نیز این استان با رقم  $263,551,625$  میلیون ریال بعد از تهران ( $2,076,013,200$  میلیون ریال)، خراسان رضوی، اصفهان، البرز و فارس رتبه ششم را دارد. چنانکه این آمار نشان می‌دهد موقعیت استان خوزستان از لحاظ اقتصادی در بخش‌های مختلف صنعت، کشاورزی و خدمات یک موقعیت ویژه در کشور است [۲].

از طرف دیگر مشخصات شبکه برق استان خوزستان نیز قابل توجه است. این شبکه با پوششی به وسعت  $80,482$  کیلومتر مربع مساحت در رتبه هفتم کشور و با پوشش جمعیت  $5,392,000$  نفر در رتبه ششم قرار دارد. به لحاظ قدرت منصوبه نیز استان خوزستان با  $13,196$  مگاوات در رتبه اول کشور، به لحاظ تولید انرژی با  $31,085$  گیگاوات ساعت در رتبه دوم کشور، به لحاظ مصرف انرژی با  $34,324$  گیگاوات ساعت در رتبه دوم کشور و به لحاظ ظرفیت بارها با  $7,521$  مگاوات در رتبه دوم کشور قرار دارد. به لحاظ ظرفیت پست‌های نصب‌شده و طول خطوط نیز با  $26,832$  مگاوات آمپر و  $8,551$  کیلومتر به ترتیب در رتبه‌های دوم و ششم کشور قرار دارد. همچنین این شبکه ضمن خدمت رسانی به نیازهای خوزستان، در خدمت سایر مناطق کشور هم می‌باشد [۳].

با توجه به ملاحظات که ذکر شد، یعنی اهمیت اقتصادی خوزستان و شبکه برق آن، لازم است این شبکه تا حد

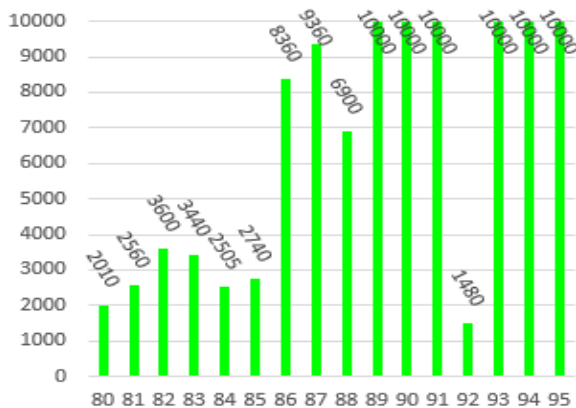
# دوازدهمین همایش بین المللی انرژی

سال ۱۳۹۳ در استان خوزستان را نشان می‌دهد. این پدیده با تعداد ۷۳ روز در سال ۹۱ و با بیشترین غلظت ۱۰۰۰۰ میکروگرم بر متر مکعب از سال ۸۹ تاکنون در استان خوزستان بوقوع پیوسته است [۸].



شکل (۱): تعداد روز وقوع ریزگردها از سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۳ در استان خوزستان [۸]

شکل (۲) نیز غلظت ریزگردها را بر حسب میکروگرم در متر مکعب از سال ۱۳۸۰ تا سال ۱۳۹۵ در شهرستان اهواز نشان می‌دهد [۹].



شکل (۲): غلظت ریزگردها از سال ۱۳۸۰ تا سال ۱۳۹۵ در شهرستان اهواز [۹]

## ۴- کانون‌های شناسایی شده منشأ تولید گرد و خاک در استان خوزستان

هر چند بیشتر طوفان‌های گرد و خاک که استان‌های غربی کشور را تحت تأثیر قرار می‌دهند، منشأ خارجی دارند ولی در سال‌های اخیر نسبت طوفان‌های گرد و خاک با منشأ داخلی افزایش یافته است. تاکنون مطالعات زیادی در خصوص شناسایی کانون‌های خارجی گرد و خاک انجام شده که بیشتر آنها بر پایه داده‌های ماهواره ای و تکنیک‌های سنجش از دور انجام شده است. با تکیه بر این امر، کانون‌های خارجی اصلی طوفان‌های گرد و خاک در

محاسبه کرد. اکثر ذرات معلق دارای قطر معادل بین ۰/۱ تا ۲۰ میکرون هستند. ذرات بزرگتر از ۱۰ میکرون با سرعتی حدود ۲۰ سانتیمتر در دقیقه نشست می‌کنند. منابع مولد ذرات معلق به دو دسته طبیعی و آنتروپوژنیک دسته‌بندی می‌شوند. منابع طبیعی در اثر فرآیندهای مختلف طبیعی حاصل می‌شوند در حالیکه منابع آنتروپوژنیک حاصل فعالیت‌های مختلف انسانی می‌باشند. جریان باد با فرسایش خاک منجر به تولید آئروسول‌های (تعلیقات جامد یا مایع در هوا) اولیه طبیعی می‌شود [۶].

اکثر فعالیت‌های انسانی مانند سوزاندن مواد، ذوب فلزات، خرد شدن، شخم زدن و یا اسپری کردن منجر به تولید ذرات ریزی می‌شوند که بخش قابل توجهی از آنها در هوا بصورت معلق باقی خواهند ماند. ذرات حاصل از منابع آنتروپوژنیک دارای اثرات محسوسی بر اتمسفر می‌باشند زیرا در مناطق شهری و با تراکم بالای جمعیت، میزان تولید آنها بیشتر بوده و در طولانی مدت در اتمسفر، منجر به ایجاد ذرات ریز ثانویه می‌شوند [۶].

## ۳- ریزگردها در استان خوزستان

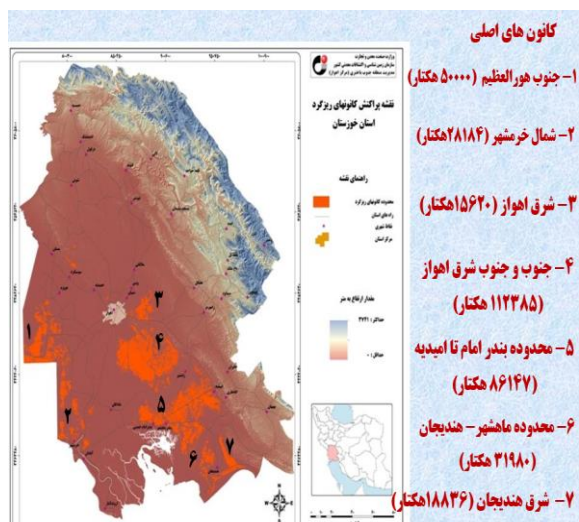
در استان خوزستان از سال ۱۳۸۰ تا به امروز، ریزگردها همچون پدیده شوری آب، زندگی مردم را مورد تهدید جدی قرار داده است. افزایش مراجعین بیماران قلبی و ریوی به اورژانس‌ها در اثر آسم و آلرژی، خسارات شدید اقتصادی بر مزارع کشاورزی و صنایع وابسته به آن و افزایش مهاجرت از استان، از پیامدهای این پدیده است. حتی به تدریج ریزگرد از شهرهای مرزی استان خوزستان فراتر رفته و به استان‌های دیگر نیز سرایت کرده است. متأسفانه با گذشت زمان بر غلظت و پایداری آنها نیز افزوده شده به طوری که در سال‌های اخیر بیش از ۱۷ استان کشور با جمعیتی افزون بر ۵۲ میلیون نفر و گستره ای به وسعت بیش از یک میلیون کیلومتر مربع از کشور تحت تأثیر آن قرار گرفته است [۷].

حداکثر میزان غلظت ذرات گرد و غبار و آلاینده‌ها در سال‌های مختلف در استان خوزستان متفاوت بوده است، به گونه ای که در طی این سال‌ها در چندین نوبت غلظت گرد و غبار به ۹۳۶۰ میکروگرم در متر مکعب رسید که این مقدار ۳۶ برابر حد مجاز بوده است؛ اما از سال ۱۳۹۰ تاکنون، غلظت ریزگردها افزایش قابل توجه داشته است. شکل (۱) آمار تعداد روز وقوع ریزگردها از سال ۱۳۸۰ تا

# دوازدهمین همایش بین المللی انرژی

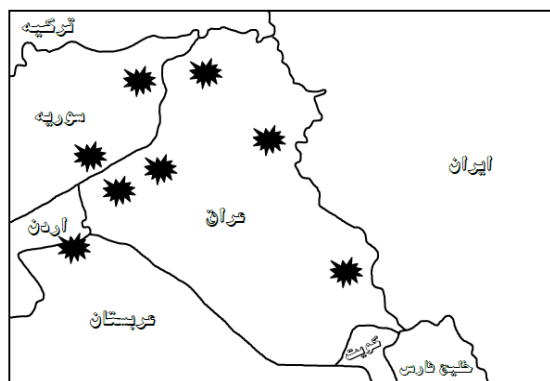
ایران می شوند. وجود گرادپان شدید فشاری روی صحراهای مرزی عراق و سوریه باعث ایجاد وزش بادهای نسبتاً شدید شده و این خود عامل مؤثری در برخاستن طوفان‌های گرد و خاک در منطقه می باشد [۱۰، ۱۳].

در طوفان‌های گرد و خاک محلی خوزستان به طور معمول همزمان با ورود یک سامانه بارشی به استان خوزستان، به علت قرار گرفتن مرکز کم فشار سطح زمین در نزدیکی مرزهای خوزستان و در کشور عراق، جهت بادهای عبوری از روی خوزستان به جنوب شرقی- جنوبی تبدیل شده و به علت سرعت بالای وزش این بادهای عبور از روی چشمه‌های گرد و خاک، طوفان‌های گرد و خاک در استان تشکیل خواهد شد. به طور معمول در چند سال گذشته، هم زمانی وقوع طوفان‌های گرد و خاک غلیظ خوزستان با ورود سامانه‌های دینامیک و بارش‌ها با رطوبت مناسب و بارش پیش بینی شده بسیار خوب توسط مدل‌های هواشناسی، باعث کاهش میزان بارش این سامانه‌ها شده است. علت این پدیده جنوبی شدن جریان‌ها و وزش بادهای شدید روی کانون‌های استان و در نتیجه تولید طوفان‌های گرد و خاک غلیظ می باشد. به علت صعود گرد و خاک‌های غلیظ به لایه‌های بالاتر جو و ورود آن به درون توده ابر، بارندگی قطع شده یا به میزان بسیار زیاد کاهش می یابد. در نتیجه، خشکسالی و تولید گرد و خاک‌ها باعث عدم بارش مناسب شده و کاهش یا عدم بارندگی باعث خشکسالی و توسعه کانون‌های منشأ گرد و خاک و ایجاد طوفان‌های گرد و خاک در استان خوزستان می شود [۱۰].



شکل (۴): کانون‌های داخلی شناسایی شده مؤثر در طوفان‌های ریزگرد در استان خوزستان [۱۰-۱۲]

استان خوزستان عبارتند از: منطقه ۱: شمال غرب عراق و شرق سوریه، دو طرف رودخانه فرات، منطقه ۲: تالاب‌ها و زمین‌های خشک شده جنوب عراق (بین النهرین)، منطقه ۳: زمین‌های اطراف و شمال دریاچه تارتار در عراق، منطقه ۴: زمین‌های غرب عراق (استان الانبار) و شرق سوریه (استان حمص) و منطقه ۵: مناطق مرزی شمال عربستان و شرق اردن. این مناطق در شکل (۳) نشان داده شده‌اند [۱۰-۱۲].



شکل (۳): کانون‌های خارجی شناسایی شده مؤثر در طوفان‌های ریزگرد در استان خوزستان [۱۰-۱۲]

کانون‌های داخلی که منشأ طوفان‌های گرد و خاک در خوزستان هستند، با مساحتی حدود ۳۵۰ هزار هکتار، به طور عمده از شرق و جنوب شرق اهواز تا خاور هندیجان در جنوب شرق استان، گسترش دارند. علاوه بر این در غرب استان نیز بخش‌های خشک شده تالاب هورالعظیم در غرب هویزه و نواحی پیرامون آن و همچنین بخش‌هایی از شمال خرمشهر نیز جزء مناطق منشأ می باشند. در بیشتر این پهنه‌ها کاهش رطوبت سطحی و شور شدن زمین و در نتیجه نفوذ آب‌های زیرزمینی به خوبی دیده می شود. نفوذ آب‌های زیرزمینی و تبخیر آن در اثر خاصیت مویبندی، سبب تبلور نمک در فضای خالی بین ذرات خاک و متلاشی شدن بافت خاک شده است. مناطق مذکور در قالب ۷ محدوده که در شکل (۴) مشاهده می شود، قابل شناسایی هستند [۱۰-۱۲].

## ۵- شرایط تشکیل طوفان‌های گرد و خاک در غرب و جنوب غرب ایران

به طور معمول طوفان‌های گرد و خاک خوزستان به دو صورت گسترده و محلی می باشند. در حالت اول به علت ایجاد گرادپان فشاری مناسب در مناطق غربی و جنوب کشور عراق، این طوفان‌ها تولید شده، گسترش یافته و وارد

# دوازدهمین همایش بین المللی انرژی

## ۶- تفاوت طوفان‌های گرد و خاک داخلی و خارجی

تفاوت طوفان‌های با منشأ عراق با طوفان‌های گرد و خاک محلی، در ماندگاری و قطر ذرات و غلظت آن‌ها می‌باشد. به علت قطر کم ذرات گرد و خاک با منشأ عراق، ماندگاری آن‌ها بالا بوده و حتی تا ۷۲ ساعت هم می‌تواند باعث کاهش دید افقی در مناطق مختلف ایران شود. در صورتی که گرد و خاک‌های محلی به طور معمول، به علت وزش بادهای شدید ایجاد می‌شوند و به علت بزرگ تر بودن اندازه قطر این ذرات نسبت به گرد و خاک‌های خارجی، با کاهش سرعت باد به سرعت ته نشین شده و دارای زمان ماندگاری کوتاهی هستند. غلظت طوفان‌های گرد و خاک محلی نسبت به نوع خارجی آن در اکثر موارد بسیار بالا می‌باشد، به گونه ای که غلظت ۱۰,۰۰۰ میکرو گرم بر متر مکعب نیز در شهر اهواز ثبت شده است که حدود ۶۶ برابر حد مجاز می‌باشد [۱۰، ۱۴].

نکته بسیار مهم این است که طوفان‌های گرد و غبار رخ داده در ۵ سال اخیر در این مناطق از نظر ویژگی‌های زیر از موارد مشابه قبلی متمایز می‌باشد:

- ✓ غلظت ذرات بسیار بالا بوده، تا حدی که در بعضی موارد ۱۰۰۰ برابر استاندارد گزارش شده است.
- ✓ اندازه ذرات معلق در طوفان، که در آن ذرات با اندازه ۲/۵ میکرون و یا کمتر از آن به میزان بالایی وجود دارد.
- ✓ تداوم دوره زمانی بیشتر از موارد پیشین بوده و از ۵ الی ۱۰ روز گزارش شده است.
- ✓ طول دوره وقوع که پیشتر معمولاً حدود ۱۵ روز در سال یا کمتر بوده، در حال حاضر در مواردی حتی ۱۰۰ روز و یا بیشتر هم گزارش شده است.
- ✓ وسعت و منطقه تحت تأثیر که ابتدا استان‌های خوزستان و بوشهر بوده، اینک سطح وسیعی از دیگر استان‌ها را شامل می‌شود.
- ✓ زمان تحت تأثیر طوفان که معمولاً محدود به فصل گرم سال بوده، اینک در سه سال اخیر در فصل زمستان هم گزارش شده است [۱۵].

## ۷- علل ایجاد طوفان‌های گرد و خاک در غرب و جنوب غرب کشور

با بررسی آمار مربوط به شاخص خشکسالی و طوفان‌های گرد و خاک در شهرستان‌های مختلف استان خوزستان طی

۲۵ سال اخیر به وضوح مشخص می‌شود که با تشدید خشک سالی‌ها در استان، شدت و فراوانی طوفان‌های گرد و خاک نیز به تبع آن افزایش یافته است. علت این امر را نیز می‌توان در این مقوله جستجو نمود که با کاهش آبدی رودخانه‌های این حوضه آبریز در درون و برون کشور، رطوبت پهنه‌های آبی و تالاب‌ها کاهش یافته و با تشدید خشک شدن آن‌ها و پدیده بیابان زایی، کانون‌های منشأ طوفان‌های گرد و خاک توسعه می‌یابند [۱۰].

در یک دید کلی کاهش آورد رودخانه‌های حوضه‌های آبریز ارون رود (شط العرب) یعنی دجله و فرات و شاخه‌های اصلی آن‌ها در داخل کشور یعنی کارون و کرخه و رودخانه‌های زهره و جراحی را می‌توان به سه عامل برداشت‌های بیش از حد منابع آب، خشکسالی‌ها و تغییرات اقلیم مرتبط دانست.

برداشت‌های بیش از حد از منابع آب به خصوص منابع آب سطحی (رودخانه‌ها)، باعث کاهش آورد آن‌ها شده و در نهایت باعث کاهش حجم آب ورودی به زیست بوم‌ها، تالاب‌ها و پهنه‌های آبی پایین دست شده که عاقبت این پدیده خشک شدن این پهنه‌ها، بیابان زایی و برخاستن گرد و خاک از این کانون‌هاست. شاید بتوان اصلی ترین عامل انسان ساخت کاهش آورد رودخانه‌های دجله و فرات را کنترل و مهار آب این رودخانه‌ها توسط کشور ترکیه در سرشاخه‌های این رودخانه‌ها (پروژه گاپ) به حساب آورد. به دلیل این پروژه، رودخانه‌های دجله و فرات به ترتیب با کاهش‌های ۴۷ و ۶۶ درصدی در آورد خود مواجه شده اند که این امر اثر بسیار چشمگیری را در پایین دست، یعنی کشورهای عراق، سوریه و ایران، ایجاد خواهد نمود. یکی از دلایل اصلی ورود گرد و خاک‌ها با منشأ خارجی به کشور ایران را می‌توان پروژه گاپ کشور ترکیه محسوب کرد. در داخل کشور نیز مهار آب‌های رودخانه‌های کارون، کرخه، زهره و جراحی توسط زنجیره سدهای متعدد و همچنین استفاده فزاینده از آب این رودخانه‌ها، باعث شده که حبابه زیست محیطی زیست بوم‌های پایین دست از جمله تالاب‌ها، کاهش‌های چشمگیر یافته و کانون‌های منشأ طوفان‌های گرد و خاک شکل گیرند. این امر نیز جزء عوامل طبیعی نبوده و انسان ساخت به شمار می‌رود [۱۰، ۱۶].

خشکسالی‌ها از عوامل طبیعی طوفان‌های گرد و خاک به

# دوازدهمین همایش بین المللی انرژی

منجر به کاهش مشخصات الکتریکی و مکانیکی این تجهیزات شده و در شرایط بارش باران در هوای شرجی به صورت باران‌های اسیدی باعث حفره‌دار شدن آن‌ها می‌گردد. برای مثال پدیده ریزگردها منجر به آلوده شدن ترانسفورماتور قدرت و تجهیزات جانبی آن به ویژه برق‌گیرهای ورودی و خروجی آن گشته و شرایط آب و هوایی شرجی، مه آلودگی و رطوبت استان موجب شکست عایقی مقره‌ها و در نهایت معیوب شدن آن‌ها می‌شود. علاوه بر این، هوای نامناسب خوزستان همراه با آلودگی ناشی از پدیده ریزگردها به سیستم‌های الکتریکی و الکترونیکی آسیب زیادی رسانده و باعث عدم ارتباطات بین تجهیزات و تابلوی اتاق فرمان پست انتقال می‌گردد. از طرفی حضور ریزگردها باعث آلودگی مقره‌ها و کاهش سطح عایقی در ترانس‌های جریان و ولتاژ می‌شود. این پدیده در ابتدای فصل بارندگی و نیز شرایط آب و هوایی خاص استان منجر به شکست عایقی ترانسفورماتورهای جریان و ولتاژ می‌شود [۱۷].

در شبکه توزیع نیروی برق نیز آلودگی و رطوبت از عواملی است که بر روی کلیه تجهیزات شبکه به خصوص مقره‌ها اثرات نامطلوبی داشته و باعث می‌گردد که شبکه نتواند وظیفه خود را به خوبی انجام دهد. این مسأله در مناطق ساحلی، بیابان‌های بایر و شوره‌زارها و نیز مناطق صنعتی اثرات خود را بیشتر نمایان می‌سازد. در این شبکه نیز آلودگی و کثیفی مقره توأم با رطوبت، موجب هادی شدن مقره و برقراری قوس الکتریکی می‌گردد [۳، ۱۸].

## ۸-۱- حادثه قطعی برق استان خوزستان در بهمن ۱۳۹۵

در بهمن ۱۳۹۵، هوایی شکلاتی رنگ در استان خوزستان حاکم شد و حکمرانی باد، باران و خاک در این استان قطعی برق گسترده ای را طی چند روز ۸، ۹، ۲۳ و ۲۶ بهمن در این استان رقم زد. پدیده «گرد و غبار خیس» در استان خوزستان بحران آفرید و قطعی برق در شهرهای مختلف استان باعث ایجاد مشکلات متعددی برای مردم شد. از آنجا که بین شبکه برق و دیگر زیرساخت‌ها وابستگی عملکردی وجود دارد، قطع شبکه برق باعث توقف یا اختلال در عملکرد سایر زیرساخت‌ها شده و زندگی روزمره یکایک شهروندان را تحت تأثیر قرار داد و آثار منفی متعددی به بار آورد ( قطعی آب، اختلال در سیستم حمل

شمار می‌روند. البته باید عنوان کرد که وقوع خشکسالی‌های موضعی و متناوب، جزء طبیعی چرخه هیدرولوژیک می‌باشند و در منطقه سابقه تاریخی دارند. دوره، تناوب و طول دوره خشکسالی بسته به شدت آن متغیر می‌باشد. تغییرات اقلیم در مقیاس جهانی را نیز می‌توان دلیل دیگر وقوع این طوفان‌ها به شمار آورد. از آنجا که علت اصلی تغییرات اقلیم ورود بیش از حد گازهای گلخانه‌ای توسط بشر به زمین است، این عامل نیز جزء عوامل انسان ساخت بوده، ولی در مقیاس جهانی محسوب می‌گردد. نکته مهم دیگر که باید مورد توجه و واکاوی قرار گیرد، افزایش شدت و فراوانی طوفان‌های گرد و خاک در مواقعی است که انتظار آن نمی‌رود. به دلیل وقوع بارش‌ها و رطوبت سطحی زمین، قاعدتاً در فصول بارش و پرآبی احتمال وقوع طوفان‌های گرد و خاک کمتر می‌باشد، اما در سال‌های اخیر در این مواقع از سال نیز طوفان‌های گرد و خاک به وقوع می‌پیوندند. با بررسی آمار مربوط به بارش و دما در فصل زمستان، به وضوح مشخص می‌شود که خشکسالی در استان خوزستان حاکم است [۱۰، ۱۶].

تفکیک دقیق سهم هر یک از عوامل ذکر شده در تشکیل، توسعه و تشدید طوفان‌های گرد و خاک به آسانی امکان پذیر نیست. از آن جایی که برداشت بیش از حد از منابع آب و تغییرات اقلیم در مقابل خشکسالی‌های موضعی و موقتی، عواملی انسان ساخت بوده و از طرفی دیگر خشکسالی حاکم بر خاورمیانه خود می‌تواند ناشی از تغییرات اقلیم باشد تا یک خشکسالی طبیعی هیدرولوژیک، می‌توان گفت که در کل سهم عوامل انسان ساخت در تشکیل، توسعه و تشدید طوفان‌های گرد و خاک نسبت به عوامل طبیعی بیشتر است.

## ۸- اثرات ریزگردها بر شبکه برق استان خوزستان

اولین و مهمترین بخش صنعت برق، تولید نیرو است. در استان خوزستان بیش از ۵,۳۰۰ مگاوات ظرفیت نصب‌شده نیروگاه‌های بخاری و گازی وجود دارد. پدیده ریزگردها در سال‌های گذشته سبب شده که نتوان از حداکثر توان ظرفیت نصب‌شده نیروگاه‌های استان به دلیل آلودگی‌های موجود در هوا و آب استفاده نمود [۱۷].

در بخش شبکه‌های انتقال و فوق‌توزیع نیز ریزگردها به تدریج روی قسمت‌های مختلف شبکه رسوب نموده و موجب ایجاد تغییرات و یا ترکیباتی می‌شوند که نهایتاً

# دوازدهمین همایش بین المللی انرژی

تر چگونگی وقوع این حوادث یکی از آنها که مرتبط با بیست و سوم بهمن ماه می باشد با جزئیات بررسی می شود. حوادث این روز از بامداد بیست و سوم شروع شده اند [۹، ۱۹].

و نقل، اختلال در سیستم های ارتباطی یعنی موبایل و تلفن همراه، اختلال در سیستم بانکی و... در جدول (۱) وضعیت آب و هوایی برای حوادث مختلف بهمن ماه ۱۳۹۶ شامل، زمان شروع حوادث، درجه حرارت، نقطه شبنم، رطوبت هوا، میدان دید، جهت وزش باد، سرعت باد و سرعت تندباد مشاهده می شود. در ادامه برای درک عمیق

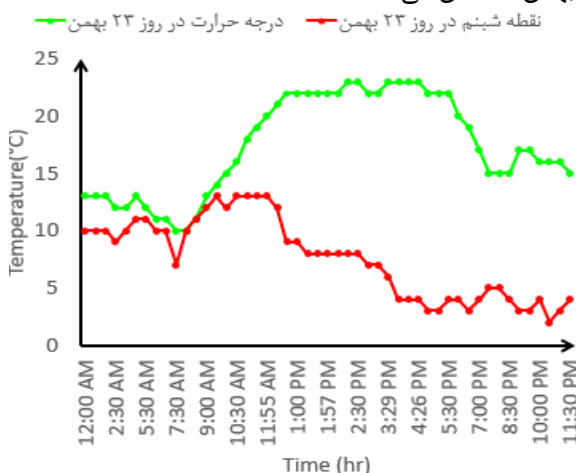
جدول (۱): مقایسه شرایط مختلف آب و هوایی در حوادث مختلف

تاریخ	۱۳۹۵/۱۱/۰۸	۱۳۹۵/۱۱/۰۹	۱۳۹۵/۱۱/۲۳	۱۳۹۵/۱۱/۲۶
زمان شروع حوادث	۱۱:۵۰ ظهر	۰۱:۲۲ بامداد	۰۰:۰۴ بامداد	۰۵:۱۷
درجه حرارت سانتی گراد	۱۲ الی ۲۰	۹ الی ۱۹	۱۰ الی ۲۳	۸ الی ۲۲
نقطه شبنم سانتی گراد	۱۴ الی ۱۳	۱۰ الی ۳	۱۳ الی ۲	۲ الی ۹
رطوبت هوا درصد	۵۱ الی ۷۳	۳۷ الی ۸۷	۱۰۰ الی ۲۹	۲۷ الی ۹۳
میدان دید کیلومتر	۰ الی ۱۰	۲ الی ۸	۰/۱ الی ۸	۲/۵ الی ۱۰
جهت وزش باد	شرق تا جنوب شرقی و جنوبی	شرق شمال شرق تا شمال غرب	شرق تا شمال شرق و جنوب شرقی	جنوب شرقی و شرق
سرعت باد کیلومتر	۳/۷ الی ۵۹/۳	۰ الی ۱۵	۰ الی ۱۴/۸	۰ الی ۱۱/۱
تندباد کیلومتر	۳۱/۵ الی ۶۴/۸	-	-	-
وضعیت آب و هوایی	ذرات شن و ماسه معلق در هوا و گرد و غبار گسترده طوفان همراه رعد و برق و باران شدید در شروع	گرد و غبار گسترده و پراکنده، هوا ابری و رطوبت بالا گرد و غبار گسترده در شروع	هوای ابری، مه و رطوبت بالا گرد و غبار گسترده مه شدید در شروع	هوای صاف در ساعاتی مه صاف در شروع حوادث

درجه سانتی گراد در ساعات مختلف متغیر بوده و در زمان شروع حوادث شبکه مقدار دمای هوا ۱۳ درجه سانتی گراد بوده است. نقطه شبنم نیز بین ۲ تا ۱۳ درجه سانتی گراد متغیر می باشد.

شکل (۴) میزان رطوبت هوا را بر حسب درصد در روز ۲۳ بهمن نشان می دهد. رطوبت هوا در این روز بین ۲۹٪ تا ۱۰۰٪ متغیر بوده و در زمان شروع حوادث ۸۲٪ بوده است [۲۰]. شکل (۵) میدان دید را در روز ۲۳ بهمن ماه به کیلومتر نشان می دهد. مطابق با این شکل میدان دید در این روز بین ۰/۱ تا ۸ کیلومتر متغیر بوده که در زمان شروع حوادث این میزان به ۴ کیلومتر رسیده است.

شکل (۳) درجه حرارت هوا و نقطه شبنم را در روز ۲۳ بهمن ماه نشان می دهد [۲۰].



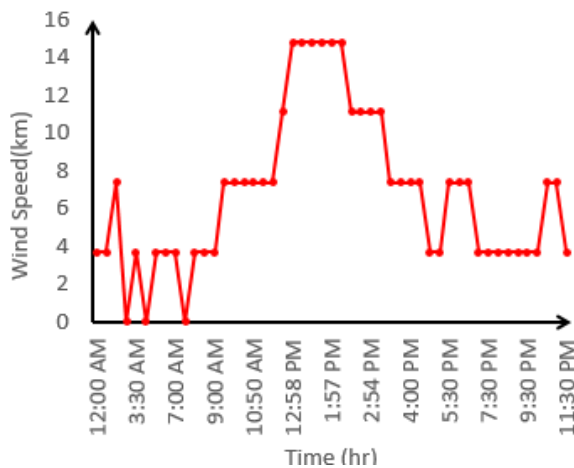
شکل (۳): درجه حرارت و نقطه شبنم در روز ۲۳ بهمن ماه [۲۰] مطابق با این منحنی دمای هوا در این روز بین ۱۰ تا ۲۳

# دوازدهمین همایش بین المللی انرژی

جدول (۲): جهت‌های جغرافیایی و زاویه این جهت‌ها

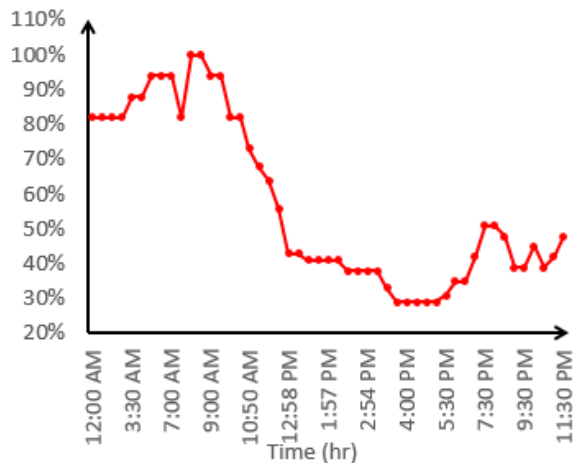
زاویه بر حسب درجه	جهت جغرافیایی	
۰ یا ۳۶۰	شمال	N
۲۲/۵	شمال شمال شرق	NNE
۴۵	شمال شرق	NE
۶۷/۵	شرق شمال شرق	ENE
۹۰	شرق	E
۱۱۲/۵	شرق جنوب شرق	ESE
۱۳۵	جنوب شرق	SE
۱۵۷/۵	جنوب جنوب شرق	SSE
۱۸۰	جنوب	S
۲۰۲/۵	جنوب جنوب غرب	SSW
۲۲۵	جنوب غرب	SW
۲۴۷/۵	غرب جنوب غرب	WSW
۲۷۰	غرب	W
۲۹۲/۵	غرب شمال غرب	WNW
۳۱۵	شمال غرب	NW
۳۳۷/۵	شمال شمال غرب	NNW

شکل (۷) نیز سرعت باد را در روز ۲۳ بهمن و بر حسب کیلومتر نشان می‌دهد که سرعت باد در این روز بین ۰ تا ۱۴/۸ کیلومتر متغیر بوده است.

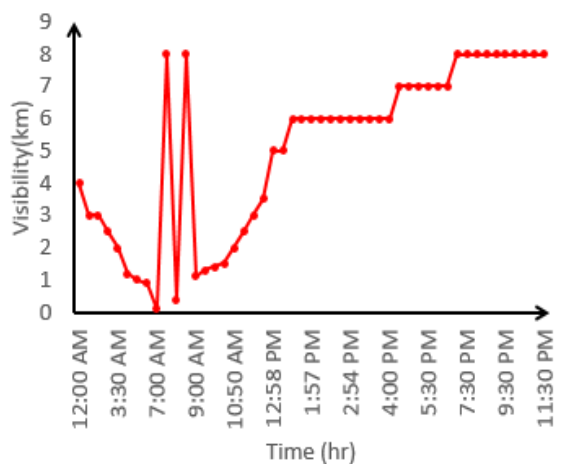


شکل (۷): سرعت باد در روز ۲۳ بهمن ماه [۲۰].

شکل (۸) جهت وزش باد و شرایط آب و هوا را در ساعات مختلف روز ۲۳ بهمن ماه نشان می‌دهد [۲۰]. همانطور که مشخص است در ساعات مختلف روز وضعیت آب و هوایی شامل هوای ابری، مه و رطوبت بالا می‌باشد و در زمان شروع حوادث نیز مه شدید بر شهر اهواز حاکم بوده است.

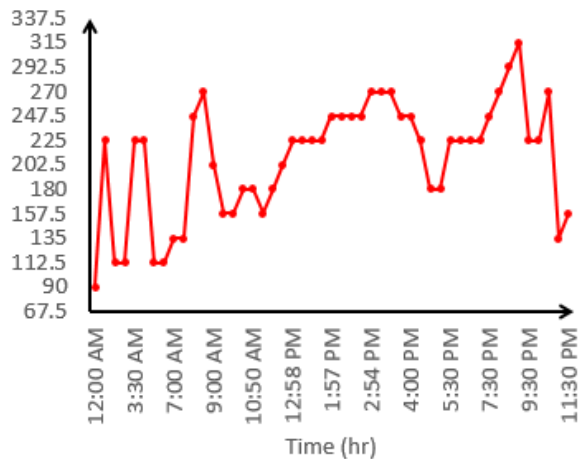


شکل (۴): رطوبت هوا در روز ۲۳ بهمن ماه [۲۰].



شکل (۵): میدان دید در روز ۲۳ بهمن ماه [۲۰].

شکل (۶) نیز جهت وزش باد را برای ساعات مختلف در روز ۲۳ بهمن ماه نشان می‌دهد. در توضیح این شکل باید گفت که با در نظرگیری جهات جغرافیایی بین ۰ تا ۳۶۰ درجه؛ جهت شمال در زاویه ۰ یا ۳۶۰ درجه قرار گرفته و سایر جهات جغرافیایی مطابق با جدول (۲) خواهند بود.



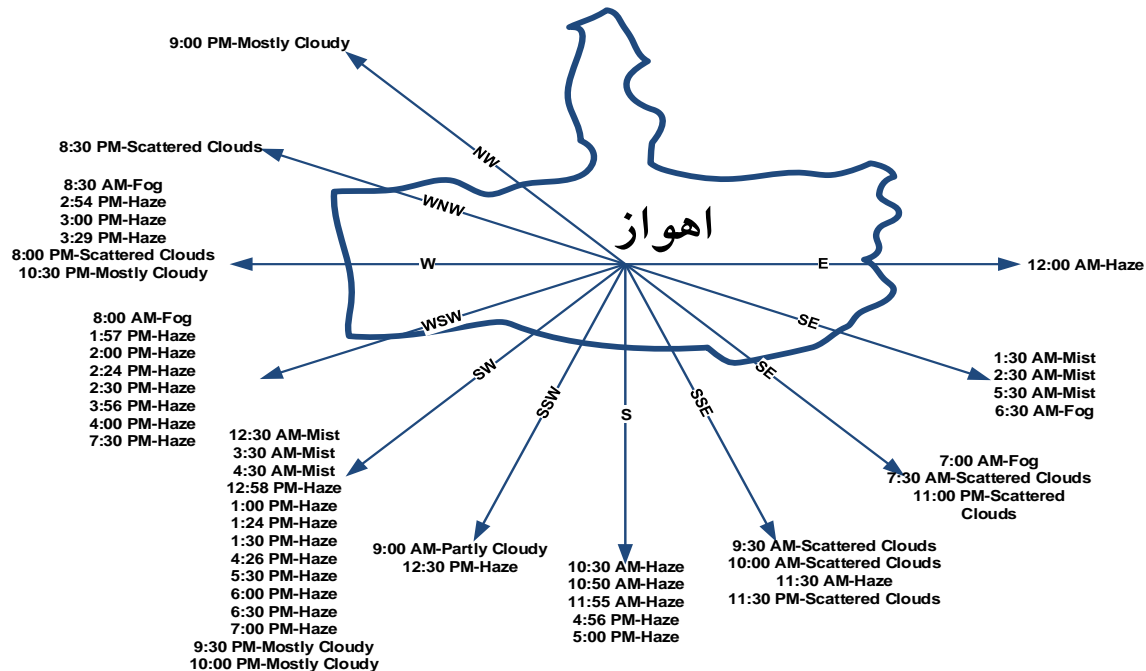
شکل (۶): جهت وزش باد در روز ۲۳ بهمن ماه [۲۰].



# دوازدهمین همایش بین المللی انرژی

در استان خوزستان حاکم بوده است، اتفاقات مختلفی با گستره‌های متفاوت، در شبکه برق استان به وقوع پیوسته است.

جدول (۳) تعریف شرایط مختلف آب و هوایی را که در این شکل استفاده شده‌اند را نشان می‌دهد [۲۱، ۲۲]. با توجه به شرایطی که از نظر آب و هوایی در روزهای ۸، ۹، ۲۳ و ۲۶



شکل ۸ (۸): جهت وزش باد و شرایط آب و هوایی در ساعات مختلف روز ۲۳ بهمن‌ماه [۲۰].

جدول (۳): تعریف شرایط مختلف آب و هوایی [۲۱، ۲۲]

تعریف	شرایط آب و هوایی
در این شرایط آب و هوایی ذرات شن و ماسه به وسیله باد از سطح زمین بلند شده و تا ارتفاع متوسطی بالا می‌روند. در این حالت دید افقی به کمتر از مقدار استاندارد آن که در حدود ۱۱ کیلومتر است می‌رسد.	Blowing Sand
به شرایط آب و هوایی با پوشش ابری کمتر از ۱۰٪ گفته می‌شود.	Clear
آب چگال شده که به سطح زمین نزدیک بوده و ابری از قطرات خیلی کوچک تولید می‌کند که دید را تا کمتر از یک کیلومتر کاهش می‌دهد.	Fog
شرایط آب و هوایی که در آن گرد و غبار و یا ذرات نمک به وفور در هوا یافت شده و دید را کاهش می‌دهد.	Haze
شرایط آب و هوایی که در آن قطرات آب کوچک با قطر ۲ تا ۳ میلی‌متر در حال سقوط قرار دارند.	Light Rain
این شرایط آب و هوایی شامل وجود قطرات میکروسکوپی آب معلق در هوا می‌باشد. در این حالت دید نسبت به حالت مه کمتر می‌باشد.	Mist
شرایط آب و هوایی که در آن بیش از ۵۰٪ از آسمان به وسیله ابرها پوشیده شده است.	Mostly Cloudy
شرایط آب و هوایی که در آن بیش از ۹۰٪ از آسمان از ابر پوشیده شده است.	Overcast
به شرایط آب و هوایی گفته می‌شود که ذرات شن و ماسه در هوا وجود داشته باشد.	Sand
شرایط آب و هوایی که در آن ابرها بین ۳۸٪ تا ۵۰٪ از سطح آسمان را پوشانده‌اند.	Scattered Clouds
شرایط آب و هوایی که در آن طوفانی همراه با رعد و برق، بادهای شدید، باران سنگین و گاهی تگرگ همراه است.	Thunderstorm
شرایط آب و هوایی مانند مورد قبلی که در آن حتماً باران شدید نیز وجود دارد.	Thunderstorm & Rain
به شرایط آب و هوایی گفته می‌شود که گرد و غبار در همه جا و به صورت گسترده منتشر شده باشد.	Widespread Dust

# دوازدهمین همایش بین المللی انرژی

حوضه آبریز بزرگ اروندرود (شط العرب) می باشد، قطعاً روندهای حاکم بر اقلیم و منابع آب در این حوضه آبریز که بین کشورهای ترکیه، عراق، سوریه، ایران و عربستان مشترک می باشد، بر طوفان‌های گرد و خاک ایران به طور مستقیم و غیرمستقیم اثرگذار است. با عنایت به وجود خشکسالی شدید حاکم بر این منطقه و تغییرات اقلیم، که پیش بینی می شود ادامه داشته باشد در کنار اقدامات کشور ترکیه در مهار آب سرشاخه‌های رودخانه‌های دجله و فرات (پروژه گاپ) و همچنین نیاز شدید کشورهای عراق و سوریه به آب، به نظر می رسد که طوفان‌های گرد و خاک با منشأ خارج از کشور ادامه داشته و یا تشدید شود. با بررسی روند خشکسالی حاکم بر حوضه‌های آبریز کارون بزرگ، کرخه، مرزی غرب و زهره-جراحی و کاهش آبدی رودخانه‌های موجود در این حوضه‌ها و همچنین فراوانی و شدت طوفان‌های گرد و خاک در این مناطق، کاملاً مشخص می شود که با تشدید خشکسالی و کاهش آبدی رودخانه‌ها (به علل خشکسالی، تغییر اقلیم و مهار آب آنها در بالادست)، طوفان‌های گرد و خاک با منشأ داخلی افزایش یافته است که این طوفان‌ها نسبت به نوع خارجی آن معمولاً دارای ماندگاری کمتر، غلظت بیشتر و دامنه اثر محدودتر هستند.

با توجه به تشدید این پدیده در استان، شبکه برق استان نیز به عنوان زیرساخت مهم و حیاتی متاثر از آن شده است. این امر هزینه‌های سنگینی را بر شبکه برق کشور وارد نموده که از جمله آن می توان به افزایش هزینه‌های تعمیر و نگهداری و طرحه ای مقابله با این پدیده از جمله تعویض مقره‌های سرامیکی با مقره‌های سیلیکون رابر و... اشاره نمود. هر چند صنعت برق به منظور پاسخگویی به نیازهای مختلف استان به انرژی الکتریکی اقداماتی را آغاز و هزینه‌هایی در این خصوص کرده اما به نظر می رسد راهکار اصلی را باید در زمینه اصلی موضوع یعنی ریزگردها و مقابله با این پدیده مخرب جستجو کرد. لذا مناسب است عزم ملی- منطقه ای و راهکارهای عملی که مطالعات کارشناسی دقیقی درخصوص آنها انجام شده را در خصوص کاهش پدیده ریزگردها در منطقه به کار گرفت.

در جدول (۴)، حوادثی که در شبکه برق طی این روزها رخ داده به لحاظ علت اصلی حوادث، نواحی حادثه‌دیده، تعداد خاموشی‌ها، مدت زمان و میزان بار قطع شده و میزان انرژی توزیع‌نشده برای هر دو شبکه توزیع و فوق‌توزیع، خروج واحدهای نیروگاهی و سایر حوادث به وقوع پیوسته مقایسه شده‌اند. لازم به ذکر است که در این جدول هر جا از علامت خط تیره استفاده شده است به معنی نبود اطلاعات در آن بخش می‌باشد.

طبق اطلاعات جدول اخیر، با مقایسه خاموشی‌های ۸ و ۹ بهمن‌ماه مشخص می‌گردد که اکثر خاموشی‌های روز هشتم در بخش توزیع ولی در روز نهم در بخش فوق توزیع بوده‌اند. بصورت کلی میزان خاموشی در روز نهم نیز به لحاظ زمانی ۲ برابر روز قبل بوده و میزان انرژی توزیع‌نشده نیز در این روز تقریباً ۳ برابر بوده که این آمارها نشان دهنده شدیدتر بودن حوادث در این روز است. لازم به ذکر است که نواحی غرب و شرق اهواز از بزرگترین، پر مصرف‌ترین و مهم‌ترین پست‌های شرکت برق منطقه‌ای خوزستان بوده که پست‌های منصوبه در این نواحی، شهرستان‌های اهواز، باوی، حمیدیه، هویزه، سوسنگرد و ملاتانی را برقرار می‌نمایند. اما عمق فاجعه در روز بیست و سوم به وقوع پیوست که میزان ۵۲۳۹ کیلووات ساعت انرژی توزیع نشده در دو بخش توزیع و فوق توزیع به وقوع پیوست. همچنین در این روز در اثر بروز مشکل در نیروگاه ماهشهر، پتروشیمی‌هایی که از این نیروگاه تغذیه می‌کنند نیز دچار قطعی شده‌اند، لازم به ذکر است که بخشی از تولید این نیروگاه صرف مصرف پتروشیمی‌های فجر و بخش دیگر از آن نیز به شبکه تزریق می‌گردد. علاوه بر این پتروشیمی مارون، فولاد اکسین، صنایع فولاد اهواز، نورد اهواز و فولاد شادگان از دیگر بخش‌های صنعتی هستند که در این روز دچار خاموشی شده‌اند.

با توجه و عنایت به این آمار و ارقام، می توان به وسعت تأثیرات مخرب ریزگردها در شبکه برق استان خوزستان پی برد.

## ۹- جمع بندی

طوفان‌های گرد و خاک در غرب و جنوب غرب کشور از دو جنبه خارجی و داخلی قابل بررسی است. از منظر برون مرزی با توجه به این که این قسمت از کشور ایران جزء

# دوازدهمین همایش بین المللی انرژی

جدول (۴): بررسی حوادث شبکه برق استان خوزستان در بهمن ماه ۱۳۹۵

تاریخ	۱۳۹۵/۱۱/۰۸	۱۳۹۵/۱۱/۰۹	۱۳۹۵/۱۱/۲۳	۱۳۹۵/۱۱/۲۶
علت اصلی حوادث رخ داده	طوفان شدید و با سرعت بالا به علاوه بارش باران	رطوبت هوای بالا و تشکیل شبنم به علاوه وجود گرد و خاک از طوفان روز ۸ بهمن ماه	رطوبت هوای شدید و تشکیل شبنم به علاوه وجود گرد و خاک از طوفان روز ۸ بهمن ماه	رطوبت هوا به علاوه وجود آلودگی پس از حوادث مورخ ۹ بهمن و ۲۳ بهمن
نواحی یا شهرهای حادثه دیده	اهواز، بیشتر بخش شرقی	اهواز، بیشتر بخش غربی	شهرستان های اهواز، باوی، حمیدیه، دشت آزادگان، هویزه، ماهشهر، هندیجان، آبادان، خرمشهر، شادگان و کارون	اهواز
میزان بار قطع شده بر حسب مگاوات	-	-	۱۳۰۰	-
میزان بار قطع شده توزیع بر حسب مگاوات	-	-	-	-
میزان بار قطع شده فوق توزیع بر حسب مگاوات	-	-	۸۲۸	-
میزان بار قطع شده صنایع فولاد بر حسب مگاوات	-	-	۴۷۲	-
تعداد خاموشی در شبکه توزیع	۱۵۸	۶۵	۸۹	-
تعداد خاموشی در شبکه فوق توزیع	۱۰۴	۱۹۳	۲۷۴	-
مدت زمان انرژی توزیع نشده در بخش توزیع به دقیقه	۲۲,۸۷۸	۱۰,۷۳۵	۱۲,۸۴۴	-
مدت زمان انرژی توزیع نشده در بخش فوق توزیع به دقیقه	۲۷,۷۸۷	۱۱۵,۷۰۱	۱۸۰,۴۴۰	-
میزان انرژی توزیع نشده در بخش توزیع به مگاوات ساعت	۷۳۲	۲۶۴	۴۳۶	۱۱۰/۵
میزان انرژی توزیع نشده در بخش فوق توزیع به مگاوات ساعت	۶۳۸	۳۴۰/۱	۴۸۰/۳	۳۴/۱۹
خروج واحدهای نیروگاهی	نیروگاهی خارج نشده است	نیروگاهی خارج نشده است	رامین (۴۵٪)، خرمشهر (۱۰٪)، آبادان (۱۴٪)، ماهشهر (۱۷٪)، زرگان (۶۲٪) و نیروگاه افق (۶۲٪)	رامین (۱۶٪)
میزان تولید از دست رفته	-	-	۱۷۰۰	-
پست های انتقال به طور کامل بی برق شده	-	شمال غرب، مهزیار، اهواز جنوبی و شهیدهاشمی	۲۵ پست انتقال	شمال غرب، سوسنگرد، شوش، هفت تپه، اهواز ۱، رامین، ملی راه و اهواز جنوبی
پست های فوق توزیع به طور کامل بی برق شده	-	۲۶	۸۰	-
تعداد خطوط انتقال قطع شده	-	-	۷۱	-
تعداد فیدر فوق توزیع قطع شده	-	۱۹	۸۵	-
تعداد فیدر فشار متوسط قطع شده	-	۳۳۰	-	-

# دوازدهمین همایش بین المللی انرژی

## ۱۰- مراجع

- [۱] معاونت اقتصادی اداره کل امور اقتصادی و دارایی استان خوزستان. (۱۳۹۲). "گزارش اقتصادی استان خوزستان ۱۳۹۲".
- [۲] مرکز آمار کشور. "سالنامه آماری استان خوزستان ۱۳۹۴".
- [۳] بلادی موسوی، مهرداد. (۱۳۹۶). "کارنامه عملکرد شرکت برق منطقه‌ای خوزستان ۱۳۹۵". معاونت برنامه‌ریزی و تحقیقات شرکت برق منطقه‌ای خوزستان.
- [۴] حبیبیان، احمد، جورابیان، محمود. (۱۳۹۰). "پدیده گرد و غبار و اثرات آن بر صنعت آب و برق خوزستان". اولین کنگره بین المللی پدیده گرد و غبار و مقابله با آثار زیانبار آن، اهواز، ۱۱۵۱-۱۱۶۰.
- [۵] معاونت آموزشی، فنی و پژوهشی سازمان نظام مهندسی کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان. (۱۳۹۳). "آموزش و آگاه سازی ساکنان همدان در خصوص ریزگردها".
- [۶] حیدری، محسن. حسنونند، محمدصادق، نقی‌زاده، علی، ندافی، کاظم. (۱۳۹۶). "آلودگی هوا، منشأ و کنترل آن". تهران: انتشارات نص. چاپ چهارم.
- [۷] صدیقی، مهسا. (۱۳۹۶). "تحلیل زیست محیطی حادثه قطعی برق استان خوزستان در بهمن ماه ۱۳۹۵، پژوهشگاه نیرو".
- [۸] شرکت برق منطقه‌ای خوزستان. (۱۳۹۴). "مروری بر اثرات ریزگردها در صنعت برق خوزستان (اردیبهشت ۱۳۹۴)".
- [۹] شرکت برق توزیع نیروی برق اهواز. (۱۳۹۵). "بررسی اثرات پدیده ریزگردها بر شبکه‌های توزیع برق و ارائه راهکار مقابله با آن (اسفند ۱۳۹۵)".
- [۱۰] مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، معاونت پژوهش‌های زیربنایی و امور تولیدی، دفتر مطالعات زیربنایی. (۱۳۹۶). "طوفان‌های گرد و خاک غرب و جنوب غرب کشور: علل، منشأ، کانون‌ها و پیش بینی وضعیت آینده". سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، مدیریت منطقه جنوب باختری (اهواز). (۱۳۹۴). "شناسایی و اولویت بندی کانون‌های تولید ریزگرد استان خوزستان".
- [۱۱] کرمانی، مجید، طاهریان، الهام، ایزانلو، مریم، (۱۳۹۵). "تحلیل تصاویر ماهواره ای ریزگردها و طوفان‌های گرد و غباری در ایران به منظور بررسی منشأهای داخلی و خارجی و روش‌های کنترل آن‌ها". مجله ره آورد سلامت، دوره ۲، شماره ۱.
- [۱۲] نجف آبادی، حمیده، بندری، زهره. (۱۳۹۲). "بررسی علل پدیده‌های گرد و غبار استان خوزستان، اولین همایش و نمایشگاه تخصصی محیط زیست، انرژی و صنعت پاک". تهران، دانشگاه تهران.
- [۱۳] شاهشونی، عباس. (۱۳۹۱). "تحلیل روند گرد و غبار ورودی به ایران با تأکید بر استان خوزستان". مجله پژوهشی حکیم، دوره ۱۵، شماره ۳.
- [۱۴] جامعه مهندسان مشاور ایران. (۱۳۹۰). "گزارش بررسی علل پیدایش گرد و غبار و راه حل‌های تعدیل و اثرات زیانبار آن". آرامی، سید عبدالحسین، بردی شیخ، واحد. (۱۳۹۴). "بررسی مطالعات صورت گرفته در زمینه پدیده گرد و غبار و دلایل بروز این پدیده در جنوب و غرب ایران". اولین کنفرانس بین المللی گرد و غبار، اهواز، دانشگاه شهید چمران، ۱۲-۱۴.
- [۱۵] انصاری، محمد امین. (۱۳۹۳). "مروری بر اثرات ریزگردها در صنعت برق خوزستان". انتشارات آیات اهواز
- [۱۶] شرکت مادر تخصصی توانیر. (۱۳۹۵). "آمار تفصیلی صنعت برق ایران ویژه انتقال نیروی برق در سال ۱۳۹۴".
- [۱۷] گروه بررسی و تحلیل حوادث شبکه، معاونت بهره‌برداری شرکت سهامی برق منطقه‌ای خوزستان. "گزارش حوادث شبکه برق منطقه‌ای خوزستان در ۲۳ و ۲۶ بهمن ماه ۱۳۹۵". وزارت راه و شهرسازی، سازمان هواشناسی کشور. "داده‌های آب و هوایی شهر اهواز در بهمن ماه ۱۳۹۵".
- [۱۸] [21] The National Oceanic and Atmospheric Administration's (NOAA) National Weather Service
- [۱۹] [22] [www.wunderground.com/history](http://www.wunderground.com/history)