گواهی ارائه مقاله به‌صورت پوستر

هشتمین کنفرانس سالانه انرژی پاک

بدینوسیله گواهی می شود مقاله با عنوان

بررسی نقش انرژی های تجدیدپذیر در کاهش روند بیابان زایی

توسط نویسندگان

محمد غلامی، مرتضی اکبری

در هشتمین کنفرانس سالانه انرژی پاک مورخ ۱۲ الی ۱۴ اردیبهشت ماه ۱۴۰۲ در دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل ارائه شده است.

دکتر روزبه شفقت
دبیر کنفرانس

دکتر عباس رامیار
دبیر علمی کنفرانس

دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل

ISC
Islamic World Science Citation Center
کد اختصاصی:
۰۲۲۲۱-۵۰۳۰۷

CIVILICA

هشتمین کنفرانس سالانه انرژی پاک
8Th Annual Clean Energy Conference (ACEC2023)
۱۲-۱۴ اردیبهشت ماه ۱۴۰۱، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، بابل

ACEC2023-XXXXX

بررسی نقش انرژی‌های تجدیدپذیر در کاهش روند بیابان‌زایی

محمد غلامی[۱]، مرتضی اکبری[۲]

[۱] دانشجوی مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست دانشگاه فردوسی مشهد ؛ m.gholami23feb@gmail.com
[۲] استادیار و عضو هیئت علمی دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست دانشگاه فردوسی مشهد ؛ m_akbari@um.ac.ir

چکیده

بیابانی‌زایی یک مفهوم جدید نیست؛ امّا یک اصطلاح و واژه نسبتاً جدید محسوب می‌شود. بیابان‌زایی یک فرآیند تهدیدی و خطر برای همه موجودات به شمار می‌آید که توسط عوامل مختلفی رخ می‌دهد. در این بین، علاوه بر عوامل طبیعی، فعالیت‌های انسانی نقش بسزایی در تسریع روند این فرایند دارند. در این پژوهش که به صورت اسنادی و مروری تهیه شده، ابتدا به اهمیت بیابان‌زایی و عوامل موثر آن اشاره شده و سپس به نقش انرژی‌های تجدیدپذیر و پاک در کاهش روند بیابان‌زایی پرداخته شده است. درکشور ایران و به خصوص مناطق بیابانی که بخش‌های وسیع مرکزی و شرقی را به خود اختصاص داده است، پتانسیل‌های بسیار خوب و بالقوه‌ای برای استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر وجود دارد. میزان تابش ماهانه خورشیدی به طور متوسط ۴/۵ تا ۵/۲ کیلووات ساعت بر متر مربع و تعداد روزهای آفتابی در این مناطق بسیار بالاست. زمین‌های مسطح و تراکم جمعیّت کم در واحد سطح، از مزایای استفاده از انرژی خورشیدی است. از نظر انرژی بادی نیز پتانسیل ایران برای استفاده از این انرژی بیش از صد هزار مگاوات (۱۰۰ گیگاوات) برآورد شده است. به این شرایط انرژی زمین گرمایی، هیدروترمال و بایوگاز را نیز می‌توان اضافه نمود. لذا برنامه‌ریزی برای استفاده هرچه بیشتر از انرژی‌های تجدیدپذیر براساس مواد قانونی برنامه‌های توسعه‌ای کشور (برنامه ششم و هفتم) جزء ضروریات و الزامات است. بطوریکه استفاده از انرژی‌های پاک به عنوان جایگزینی مناسب برای استفاده از سوخت‌های فسیلی، جلوگیری از جنگل‌زدایی و بوته‌کنی یکی از موضوعات اساسی و عاملی موثر در کاهش و توقف روند بیابان‌زایی است.

واژه‌های کلیدی: بیابان‌زایی، مناطق بیابانی، تخریب سرزمین، فعالیت‌های انسانی، ایران

مقدّمه

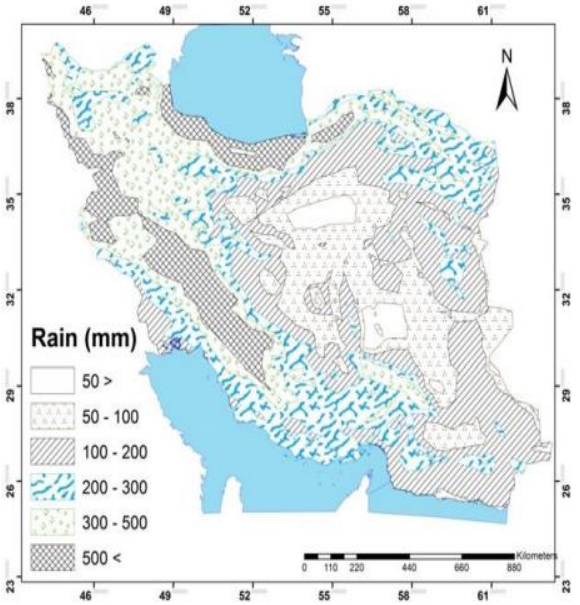
بیابان یکی از اکوسیستم‌های (بایوم) اصلی کره زمین است که وسعت نسبتاً زیادی از خشکی‌های سطح زمین را به خود اختصاص داده است. در واقع تهدید حیات در بیابان از سایر اکوسیستم‌های حیاتی زمین جدی‌تر است [10]. مناطق خشک در حقیقت مناطقی هستند که در آنها میزان تبخیر و تعرق از بارندگی بیشتر است. مناطق خشک اصولاً متاثر از ویژگی‌های اقلیمی بوده که شاخص و عامل اصلی آن را کم بارانی و میزان اندک رطوبت تشکیل می‌دهد [6]. بیابان‌زایی در واقع فرایندی است بطئی و کند ناشی از عوامل طبیعی و انسانی که با گذشت زمان باعث تخریب اکوسیستم، کاهش توان تولیدی اراضی و نمایان شدن پدیده های بیابانی می‌گردد؛ نتیجه این فرآیند ایجاد مشکلات زیست محیطی و خسارات اقتصادی و اجتماعی در تمامی اقلیم‌های زیستی است [1 و 11]. امکان برگشت پذیری این فرایند بسیار ناچیز و در بسیاری از مواقع به دلیل هزینه‌های زیاد آن غیر ممکن است و دیگر اینکه به دلیل تاثیرات اقلیمی و دخالت‌های انسانی در اکثر اقلیم‌ها رخ می دهد ولی شدت اثر آن در مناطق خشک بیش از سایر مناطق است [1]. براساس تعریف کنوانسیون مقابله با بیابان‌زایی سازمان ملل (UNCOD) بیابان‌زایی تخریب سرزمین در مناطق خشک، نیمه خشک و خشک نیمه مرطوب توسط تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی است. در بیابان‌زایی مشکلاتی در استقرار پوشش گیاهی، آب، اقلیم، خاک و... ایجاد میشود؛ ولی بیشترین نمود عینی خود را در خاک و سپس پوشش گیاهی بر جای می‌گذارد، به طوری که بیابان‌زایی را معادل تخریب خاک می‌دانند [2]. پدیده بیابان‌زایی جریانی پیوسته و مرکب از چند مرحله است به طوری که قبل از پایان یافتن هر مرحله، مرحله بعدی آغاز شده و تغییرات حاصل از آن معمولاً غیر قابل برگشت می‌باشد[5]. لذا، جوامع انسانی که در مناطق خشک و نیمه خشک به شدت به استفاده بهینه از منابع طبیعی وابسته‌اند، روند روز افزون تخریب این منابع ارزشمند در بسیاری از این نواحی تهدیدی جدی برای آن‌ها به حساب می‌آید [5]. از دو دهه آخر قرن بیستم تا کنون مسئله تغییر اقلیم یکی از مهّم‌ترین مسائلی بوده که ذهن دانشمندان و همچنین بسیاری از محققان سازمان‌های ملی و بین‌المللی را به خود مشغول کرده است؛ به طوری که این مسئله به صورت یکی از مهمترین چالش‌های قرن حاضر مطرح است [3]. فرآیند بیابان‌زایی علاوه بر موارد دیگری که در اثر تغییر پارامترهای اقلیم به وجود آمده‌اند، یکی از پیامدهای تغییر اقلیم

بوده و خشکسالی نیز موتور محرکه بیابان‌زایی به شمار می‌آید [6]. این فرایند که در نتیجه عوامل طبیعی و عملکرد ناآگاهانه انسانی به وجود می آید، با تاثیر پذیری از تغییرات اقلیمی باعث ایجاد شرایط نامناسب‌تری نسبت به گذشته شده است [3]. بیابان‌زایی در حدود ۹۰ درصد کشورهای جهان به ویژه در کشورهای آفریقایی و آسیایی خودنمایی می‌کند [4]. بنابراین، لزوم توجه به این پدیده در سطح جهانی بسیار حائز اهمیت می‌باشد؛ زیرا که آینده این کره خاکی و زندگی جوامع انسانی و دیگر موجوداتی که بر روی آن زندگی می‌کنند، به ادامه روند این پدیده حساس بستگی دارد.

عوامل موثر در فرایند بیابان‌زایی

فرایندها و عوامل متعدد طبیعی و انسانی در ایجاد و توسعه روند بیابان‌زایی و غیر قابل برگشت پذیر بودن آن دخالت دارند [5]. مهمترین عوامل طبیعی موثر در بیابان‌زایی، ساختار زمین شناختی، خشکسالی و شور شدن منابع آب و خاک بوده و از مهمترین عوامل موثر انسانی در بیابان‌زایی نیز می‌توان به تبدیل کاربری اراضی (تبدیل اراضی مرتعی به زمین های کشاورزی و مسکونی)، الگوی غلط کشاورزی، چرای بیش از حد دام، وضعیت نامناسب اقتصادی و برداشت بی‌رویه از آبهای زیرزمینی، افزایش جمعیت و توسعه تکتوژنیک اشاره نمود [6 و 8]. عوامل طبیعی ریشه در تاریخ زمین داشته و از زمان خلقت، طبیعت را به صورت ذاتی دگرگون کرده است؛ عوامل اقلیمی و خشکسالی‌های پی در پی نیز این امر را تقویت می‌کند [7]. آنچه در قرن گذشته تا کنون (دوره آنتروپوسن) نقش تخریبی بیشتری داشته، فعالیت‌های انسانی بوده است. عوامل انسانی در پدیدار شدن و گسترش پدیده بیابان‌زایی نقش اصلی و کلیدی را دارا می باشند، زیرا علاوه بر تأثیر مستقیم خود موجب تحریک عوامل محیطی بالقوه شده و بیابان‌زایی را تسریع می‌کنند؛ به طوری که تبدیل زمین، فرسایش خاک، جنگل‌زدایی، مسمومیت و آلودگی‌های منابع آب و خاک که سلامت جامعه را به مخاطره می‌اندازند در بیشتر موارد به خاطر استفاده غیر اصولی از زمین رخ می‌دهد [5]. دخالت های انسان در پدیده بیابان‌زایی که شامل تبدیل زمین، کشاورزی ناهماهنگ در زمین‌های کشاورزی، جنگل‌زدایی، حذف پوشش گیاهی برای استفاده به عنوان سوخت و تولید گرما و... است؛ موجب به خطر افتادن سلامت منابع طبیعی در جهان می شود [10]. همچنین تخریب سرزمین و بیابان‌زایی تهدیدی جدی برای زمین‌های حاصلخیز در سراسر جهان می‌باشد [10]. رینولدز و همکاران (۲۰۱۱)، علل اصلی بیابان‌زایی و تخریب سرزمین را توسعه زیرساخت‌ها، فعالیت‌های کشاورزی، استخراج چوب و فعالیت‌های مرتبط با آن، افزایش خشکسالی و تغییرات اقلیمی، عوامل جمعیتی، عوامل اقتصادی، عوامل فناوری، عوامل راهبردی و حاکمیت و عوامل فرهنگی می‌دانند [11]. نتیجه این عوامل و فعالیت‌ها منجر به شور شدن اراضی، مدفون شدن آبادی‌ها در زیر توده‌های شن و ماسه، بالا آمدن بستر رودخانه‌ها بر اثر ورود ماسه‌ها، پر شدن کانال‌های آبرسانی و قنوات، وارد شدن صدماتی به تاسیسات نظامی و صنعتی، مسدود نمودن جاده‌های ارتباطی و خطوط راه آهن و آلوده شدن محیط زیست و به خطر افتادن سلامتی اهالی می‌شود [12]. جاهدپور و همکاران (۲۰۱۰)، پیامدهای منفی توسعه بیابان‌زایی را در دو گروه اصلی ازجمله؛ پیامدهای اکولوژیکی، شامل؛ تغییرات منفی در منابع خاک، منابع آب، حیات وحش، گیاهان، انسان و اقلیم و پیامدهای اجتماعی-اقتصادی شامل؛ افزایش فقر و گرسنگی، مهاجرت و در پی آن ناهنجاری‌های اجتماعی، کاهش امنیت غذایی و نامتعادل شدن توسعه اقتصادی و اجتماعی، تقسیم بندی کرده‌اند [8]. با توجه به عوامل مختلفی که در مطالعات مختلف برای پدیده بیابان‌زایی مشخص شده، می‌توان به این نتیجه دست یافت که فعالیت‌های انسانی و دخالت همراه با آز و نیاز انسان سبب شده تا فرایند بیابان‌زایی سرعتی بیشتر از سرعت طبیعی خود پیدا کند. بطوریکه گسترش این روند زندگی بشر را نیز دستخوش خطر و تهدید نموده است؛ بنابراین ضروری است انسان در سطح جهانی به فکر تغییر رویه رفتار خود با طبیعت باشد.

کشور ایران با قرارگیری در بین مدارهای ۲۵ تا ۴۰ درجه عرض شمالی جغرافیایی در واقع در کمربند خشک بیابانی جهان قرار گرفته؛ به همین دلیل غالباً دارای اقلیمی خشک بوده و خشکی واقعیت اقلیمی ایران به شمار می‌آید [4]. اکثر مناطق مستعد بیابانزایی اقلیم خشک و نیمه خشک دارند که این امر باعث افزایش تاثیر فرآیند بیابان‌زایی در این مناطق شده است؛ با توجه به شکل (۱) اقلیم ایران فراخشک، خشک و نیمه خشک است؛ بنابراین فرآیند بیابان‌زایی در ایران معضلی بسیار بزرگ و یک خطر تهدیدی است [9]. همچنین در تحقیقی که حیدری علمدارلو و همکاران (۲۰۱۴)، انجام دادند در مجموع ۳۵.۶ درصد از مساحت ایران را بیابان‌های واقعی و ۶۱.۸ درصد را مناطق مستعد برای بیابان‌زایی فرا گرفته است؛ با توجه به این مطلب، ۹۷.۴ درصد از خاک ایران یا بیابان هستند و یا استعداد بیابانی شدن را دارند [9].



شکل ۱: میانگین بارش بلند مدت سالانه [۹]

بطوریکه با جلوگیری از تهیه سوخت از زیست توده گیاهی (جنگل‌زدایی و بوته‌کنی) می‌توانند نقش مهمی در جلوگیری از توسعه بیابان‌زایی داشته باشند. یکی دیگر از مسائل مهمی که موجب تسریع روند بیابان‌زایی شده است استفاده بیش از حد از آب‌های سطحی و زیرزمینی و همچنین آلوده ساختن آنها است. برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی علاوه بر افت شدید سطح سفره‌های زیرزمینی و فرونشست بسیاری از دشت‌های کشور، بحران دیگری را به صورت شور شدن ذخایر آبی به وجود آورده است؛ افزایش تدریجی درجه شوری آب زیرزمینی آغازی جدی برای نمک‌زایی و نهایتاً تخریب منابع اراضی و تشدید پدیده بیابان‌زایی می‌باشد [4]. کارخانه‌های سوخت فسیلی مقدار زیادی آب در چرخه ترمودینامیکی مصرف می‌کنند؛ علاوه بر این حجم زیادی از آب برای شستشوی زغال سنگ استفاده می‌شود که این خود یک مشکل جدی در هنگام کمبود آب است [13]. نیروگاه‌های زغال سنگ تقاضای قابل‌توجهی برای منابع آب زیرزمینی و سطحی دارند که بر کمیت و کیفیت آب تاثیر می‌گذارد [15]. به همین دلیل در کشور ایران که به دلیل نازل بودن ریزش‌های جوی و نامناسب بودن پراکنش زمانی و مکانی آن در زمره کشورهای خشک و نیمه خشک جهان قرار دارد و از طرفی به دلیل رشد جمعیت، گسترش شهرنشینی و توسعه بخش‌های کشاورزی و صنعت پیوسته با افزایش تقاضای آب مواجه است [4]، توجه به این امر مهم می باشد که در مناطق حساس فرا خشک و خشک کاهش بارندگی، تأثیر بسیار زیادی بر روی منابع آب می‌گذارد و در بسیاری از موارد خشکسالی‌های هواشناسی با خشکسالی‌های هیدرولوژیکی توأماً اتفاق می‌افتد؛ ضمن اینکه دوره‌های کم آبی و خشکسالی باعث آلودگی آب‌ها، آسیب‌های زیست محیطی و تاثیرات منفی بر روی منابع آب آشامیدنی، مسائل آبیاری و مدیریت مخازن و منابع تامین آب می‌شود [16]. پس با توجه به موقعیت کشور بهتر است مدیریت مناسب‌تری برای منابع آب داشته باشیم. انرژی‌های تجدیدپذیر مانند؛ انرژی‌های بادی و خورشیدی غالباً نیازی به مصرف آب ندارند [17]. نیاز به آب در نیروگاه‌های بادی ناچیز است و تنها به مقدار کمی آب برای تمیز کردن پره ها نیاز است [13]. بنابراین در کشور ایران که بیش از یک چهارم از مساحت آن را مناطق بیابانی در برگرفته و مستعد بیابان‌زایی است نیازمند چاره اندیشی برای آینده آن هستیم؛ و همه باید در جهت کاهش روند بیابان‌زایی همکاری و حمایت نمایند.

تاثیر انرژی‌های تجدیدپذیر در کاهش روند بیابان‌زایی

منظور از انرژی‌های پاک و تجدیدپذیر، انرژی‌هایی هستند که در صورت استفاده از آن‌ها اثرات مخربی بر طبیعت بر جای گذاشته نمی‌شود؛ ضمن اینکه این انرژی‌ها تجدیدپذیر بوده و در فرایند استفاده از آنها، تمام نمی‌شوند. در دهه‌های اخیر افزایش جمعیت و افزایش تقاضا برای انرژی و ترس از کاهش سوخت‌های فسیلی، اهمیت توجه به انرژی‌های نو و تجدیدپذیر را برجسته کرده است [13]. انرژی و محیط به شدت به هم پیوسته‌اند [14]، زیرا انرژی از طریق محیط تولید می‌شود و می‌تواند بر آن تاثیر منفی بگذارد [13].

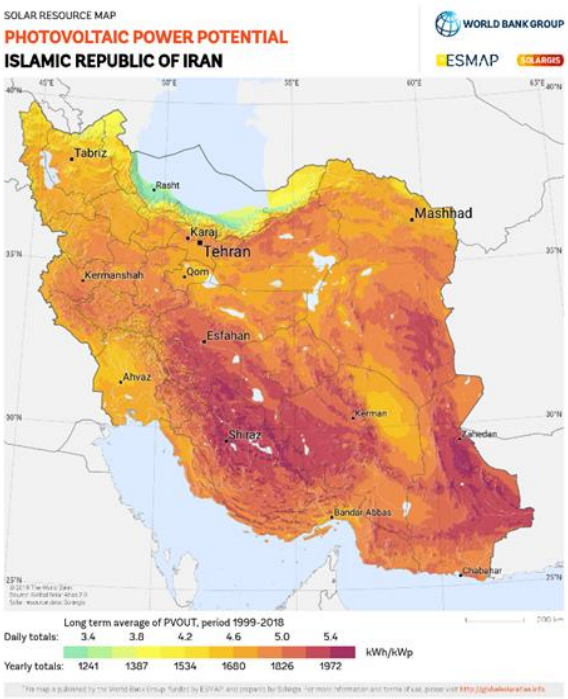
بنابراین، اینکه ما از چه منابع انرژی استفاده کنیم، بسیار مهم است. افزایش تقاضای سرانه و رشد جمعیت منجر به فشار بیشتر بر منابع طبیعی خواهد شد. این منابع شامل آب‌های سطحی و زیرزمینی، هوای پاک و مناظر طبیعی می‌باشند [13]. براساس آمار و گزارشات معتبر در مقیاس جهانی، تخمین زده می‌شود که جمعیت جهان تا سال ۲۰۳۰ به ۸.۵ میلیارد نفر، تا سال ۲۰۵۰ به ۹.۷ میلیارد نفر و همچنین تا سال ۲۱۰۰ به ۱۱.۲ میلیارد نفر افزایش خواهد یافت که این به معنی افزایش ۱.۱۸ درصدی سالانه جمعیت، یعنی ۸۳ میلیون نفر اضافی در هر سال خواهد بود [15]. بشر برای برآوردن نیازهای اولیه خود مانند؛ روشنایی، آشپزی، راحتی فضا، تحرک، ارتباطات و کمک به فرایند های تولیدی به خدمات انرژی مدرن نیاز دارد [15]. این در حالیست که در کشورهای درحال توسعه ۵۶ درصد از کل مصرف انرژی اولیه از زیست توده سنتی که عمدتاً برای هیزم می‌باشد، تامین می‌شود؛ بطوریکه در اکثر کشورهای فقیر جهان برای تامین انرژی مورد نیاز زندگی خود به ویژه برای پخت و پز عمدتاً به جنگل‌ها (جنگل‌زدایی) متکی هستند [15]. همین امر که به صورت جنگل‌زدایی و بوته‌کنی اتفاق می‌افتد، خود عاملی جهت پیشروی و گسترش بیابان‌زایی خواهد شد.

انرژی خورشیدی به عنوان یک منبع لایزال خداوندی و بدون آلودگی، یک منبع انرژی پایدار، جایگزین و امیدوارکننده محسوب می‌شود که در آن کاهش اتکاء به سوخت‌های معمولی و فسیلی و همچنین پرداختن به مسائل زیست محیطی در اولویت قرار خواهد داشت [15]. به نحویکه اجاق‌های خورشیدی محیط آشپزخانه بهتری را برای زنان روستایی در کشورهای در حال توسعه فراهم می‌کنند و به عنوان یک گزینه سالم می‌توانند استانداردهای بهداشتی آنها را بهبود ببخشند [15]. علاوه بر انرژی خورشیدی، انرژی زمین گرمایی در آنتالپی کم و متوسط در ناحیه کم عمق زمین موجود است که برای کاربردهای گرمایش و سرمایش خانگی نیز بسیار مفید می‌باشد [18]. یکی از مهمترین مسائلی که امروزه بشر را درگیر خود کرده مسئله تغییر اقلیم است که یکی از پیامدهای آن پدیده بیابان زایی است. مهمترین مسئله زیست محیطی مربوط به تولید و استفاده از انرژی، گازهای گلخانه ای و اثرات مضر آن است[15]. طی دو میلیون سال گذشته متوسط سالانه دمای زمین چندین درجه سانتیگراد بالا و پایین رفته است؛ انتظار می‌رود که افزایش دمای جهان الگوی بارندگی، رطوبت خاک و سایر عوامل اقلیمی و محصولات کشاورزی را به شدت تغییر دهد [19]. گرم شدن کره زمین ناشی از افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای، دی اکسید کربن و متان و تاثیرات آن بر روی کاهش محصولات کشاورزی و تغییرات آب و هوایی و باران های اسیدی ناشی از اکسیدهای نیتروژن و اکسیدهای سولفور و...، حاصل از احتراق سوخت‌های فسیلی که موجب صدمه رسیدن به جنگل‌ها، دریاچه‌ها، مرداب‌ها و ... می‌شوند، می‌باشد [20]. از آنجایی که انجماد دائمی، میلیاردها تن ماده آلی (مبتنی بر کربن) را در خود نگه داشته است، ذوب شدن دائمی یخ ها به دلیل گرما باعث آزاد شدن مقادیر زیادی گازهای گلخانه‌ای می‌شود [15]. سهم عمده‌ای از این گرم شدن زمین

مربوط به استفاده از سوخت‌های فسیلی می‌باشد. گزارشات نشان می‌دهند که ۷۵ درصد از انتشار دی‌اکسیدکربن جهانی ناشی از احتراق سوخت های فسیلی است؛ انتشار و تجمع این گاز در جو و در نتیجه تشدید اثر گلخانه‌ای عامل اصلی گرم شدن کره زمین است [13]. سیستم‌های قدرت احتراق انواع مختلفی از مواد مانند دی اکسید کربن، مونوکسید کربن، دی اکسید گوگرد، اکسیدهای نیتروژن، هیدروکربن ها، آیروسل‌های اولیه و ثانویه و... را منتشر می‌کنند؛ همچنین نیروگاه‌های زغال سنگ که جهت تولید برق زغال سنگ را می‌سوزانند، منبع اصلی انتشار دی اکسید گوگرد (حدود ۷۰ درصد) هستند [15]. بطوریکه در یک نیروگاه گازی، مشکل آزاد شدن اکسید نیتروژن، دی اکسید کربن و سایر اکسیدهای نیتروژن وجود دارد؛ ppm۱۰ دی اکسید گوگرد و اکسید نیتروژن می‌تواند باعث باران اسیدی شود و متعاقباً باعث آسیب زیست محیطی بشود [13]. به همین جهت استفاده از انرژی‌های پاک و تجدیدپذیر به عنوان انرژی مصرفی بشر کمک بسیار زیادی به حل مسئله تغییر اقلیم می‌کنند، زیرا که این انرژی‌ها موجب آزاد شدن آلاینده‌هایی که توسط سوخت‌های فسیلی وارد جو شده، نمی‌شوند. بنابراین استفاده از انرژی‌های پاک می‌تواند با جلوگیری از جنگل‌زدایی و بوته کنی، با صرفه جویی در مصرف آب و با جلوگیری از افزایش گازهای گلخانه‌ای در جو و در پی آن کمک به مسئله گرمایش جهانی، در کاهش روند بیابان زایی به طور چشم‌گیری موثر باشند. این موضوع را می‌توان در برنامه‌های عملیاتی حفاظت آب، خاک و گیاه پروژه‌های ترسیب کربن در مناطق خشک و بیابانی ایران و خراسان (خراسان جنوبی پروژه ترسیب کربن حسین آباد غیناب سربیشه، خراسان رضوی پروژه ترسیب کربن بجستان و خراسان شمالی پروژه ترسیب کربن اسفراین) مشاهده نمود. پروژه های ترسیب کربن با هدف بهبود معیشت خانوارهای روستایی، علاوه بر کمک‌های فنی و مالی بین‌المللی و داخلی، با احیاء اراضی تخریب شده و کاشت گیاهان سازگار به محیط، امکان ترسیب کربن و کاهش CO_2 را فراهم نموده و در راستای پروتکل‌های بین‌المللی (معاهده پاریس ۲۰۱۵) گام بر می‌دارند[10 و 13]. لذا برنامه‌ریزی برای استفاده هرچه بیشتر از انرژی‌های تجدیدپذیر براساس مواد قانونی برنامه‌های توسعه‌ای کشور (برنامه ششم و هفتم توسعه) جزو ضروریات است. طبق ماده ۵۰ قانون ششم توسعه، دولت مکلف است سهم نیروگاه‌های تجدیدپذیر و پاک با اولویت سرمایه‌گذاری بخش غیردولتی با حداکثر استفاده از ظرفیت داخلی را تا پایان اجرای قانون برنامه به حداقل پنج درصد ظرفیت برق کشور برساند. [15]

مناطق بیابانی و پتانسیل انرژی‌های تجدیدپذیر در تولید برق

میانگین انرژی خورشیدی دریافتی در اروپا حدود ۱۲۰۰ کیلووات ساعت بر متر مربع در سال است. این میزان با ۱۸۰۰ کیلووات ساعت در متر مربع تا ۲۳۰۰ کیلووات ساعت در متر مربع در سال در خاورمیانه مقایسه می شود. ایالات متحده، آفریقا، بیشتر آمریکای لاتین، استرالیا، بیشتر هند و بخش‌هایی از چین نیز دارای منابع خورشیدی خوب تا عالی هستند. آلاسکا، شمال اروپا، کانادا، روسیه و جنوب شرقی چین تا حدودی کمتر مورد توجه قرار دارند. کشور ایران با توجه به موقعیت جغرافیایی که دارد، از منبع عظیمی از انرژی‌های پاک همچون انرژی خورشیدی، انرژی بادی و انرژی زمین گرمایی بهره‌مند است. میزان تابش انرژی خورشیدی در نقاط مختلف جهان متغیر است و در کمربند خورشیدی زمین بیشترین مقدار را دارد که کشور ایران هم در این نواحی پرتابش قرار دارد؛ مطالعات نشان می‌دهد استفاده از تجهیزات خورشیدی در ایران مناسب است و می‌تواند بخشی از انرژی مورد نیاز کشور را جهت تولید برق تامین کند[۲۱]. به طور متوسط خورشید در هر ثانیه $1.1 * 10^{20}$ کیلووات ساعت انرژی ساطع می کند؛ از کل انرژی منتشر شده توسط خورشید تنها در حدود ۰.۴۷ آن به زمین می‌رسد و انرژی تابشی از ۳ روز تابش خورشید به زمین، برابر با تمام انرژی چهل روز می‌تواند انرژی مورد نیاز یک قرن را ذخیره کند [۲۲]. نقشه توزیع مکانی پتانسیل منابع خورشیدی ایران برای تولید برق در شکل(۲) آورده شده است؛ همانطور که مشخص است تقریباً در تمامی نقاط کشور از پتانسیل منابع انرژی خورشیدی جهت تولید برق می‌توان بهره برد. در شکل ۲، با توجه به رنگ هر منطقه می‌توان پتانسیل تابشی میزان ساعات تابش خورشید PSH (Peak Sun Hours) را تعیین کرد. برای نمونه، پتانسیل خانه ای در تهران حدوداً ۵.۴ به دست می‌آید. برای شهرهای شمالی این مقدار کمتر است و برای شهرهایی مثل کرمان و فارس و... بیشتر است. نکته‌ای که باید به آن توجه داشت این است که این پارامتر تابش ماکزیمم روزانه را نشان می‌دهد.



شکل ۲: نقشه توزیع مکانی پتانسیل منابع خورشیدی ایران در تولید برق [29]

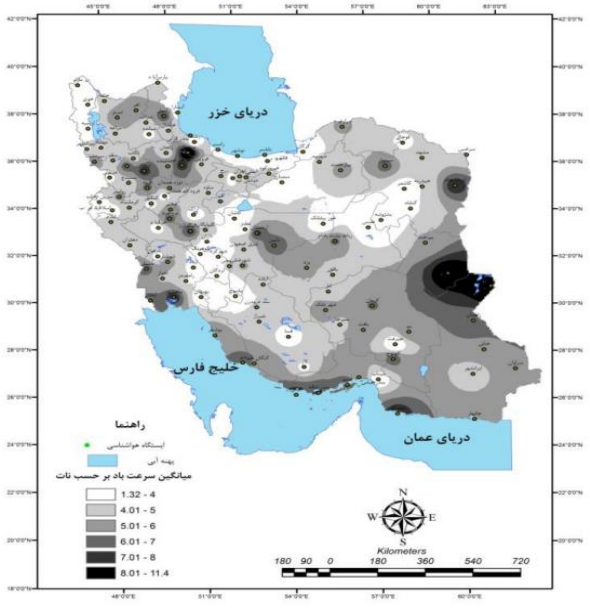
بدیهی است که در طول روز از صبح تا غروب، آفتاب و تابش وجود دارد، اما حداکثر نیست. در صبح و عصر کمتر است و در ظهر به

حداکثر می‌رسد. میزان ساعات تابش خورشید نشان می‌دهد که اگر به‌طور متوسط ۹ ساعت آفتاب در هرروز سال وجود داشته باشد (مثلاً تابستان ۱۲ ساعت و زمستان ۶ ساعت) این مقدار معادل مثلاً ۵.۴ ساعت تابش ماکزیمم می‌باشد. میزان دریافت انرژی خورشیدی در مناطق بیابانی و به خصوص "کویری" بسیار استثنایی است. از ۱۰۰ واحد انرژی خورشیدی که به سطح زمین می رسد، ۵ درصد آن صرف تبخیر، ۲۰ درصد منعکس، و ۷۵ درصد جذب خاک می شود. در حالیکه در سطح اقیانوس ها، ۷۵ درصد انرژی خورشیدی صرف تبخیر، ۵ درصد منعکس و تنها ۲۰ درصد انرژی خورشیدی جذب مولکول های آب خواهد شد[30]. به طور کلی، از انرژی خورشیدی تابیده شده به اراضی کویری و بیابانی، یک چهارم آن نیز توسط سنگها و خاک لخت، مجدداً منعکس می شود. در اراضی کویری به دلیل کمبود پوشش گیاهی و کمبود ازت و همچنین رطوبت، انرژی خورشیدی وارده کمتر به مصرف تولید (فتوسنتز گیاهی) می‌رسد [15]. مناطق بیابانی، مساحت قابل توجهی از سرزمین ایران را می‌پوشانند. میزان متوسط تابش ماهانه خورشیدی و تعداد روزهای آفتابی بسیار بالاست. زمین‌های مسطح و تراکم جمعیّت کم در واحد سطح، از مزایای استفاده از انرژی خورشیدی می باشد. بخش زیادی از مناطق بیابانی به طور متوسط ۴/۵ تا ۵/۲ کیلووات ساعت بر متر مربع انرژی خورشیدی دریافت می‌کنند. بیابان‌های بسیار بزرگ جهان پتانسیل قابل توجهی برای تامین انرژی را دارند. با توجه به نیازهای انرژی جهان در قرن بیست و یکم و در نظر گرفتن مسائل زیست محیطی جهان، پتانسیل بهره‌برداری از این انرژی اهمیت زیادی دارد [13]. از انرژی خورشیدی به دو صورت نیروگاهی و غیر نیروگاهی می‌توان استفاده نمود. کاربرد نیروگاهی انرژی خورشیدی جهت تولید الکتریسته مزایایی زیر را به همراه دارد: تولید برق بدون مصرف سوخت فسیلی، عدم احتیاج به آب زیاد، عدم آلودگی محیط زیست، امکان تامین شبکه های کوچک و محلی تولید برق، استهلاک کم و عمر زیاد تجهیزات، احتیاج به نیروی انسانی کمتر [15].

علاوه بر انرژی خورشیدی، از انرژی بادی نیز می‌توان در ایران به خوبی بهره جست. هنگامی که تابش خورشید به طور نامساوی به سطوح ناهموار زمین می رسد سبب ایجاد تغییرات در دما و فشار می گردد و در اثر این تغییرات باد بوجود می آید. همچنین اتمسفر کره زمین به دلیل حرکت وضعی زمین، گرما را از مناطق گرمسیری به مناطق قطبی انتقال می دهد. که این امر نیز باعث بوجود آمدن باد می گردد [13]. ایران با تنوع زیاد آب و هوایی، در مسیر جریان‌های مهم هوایی به خصوص جریان‌های غربی و شمال غربی قرار دارد که این مسئله به همراه وجود تنوع توپوگرافی و به تبع آن ایجاد مراکز پر فشار حرارتی محلی، سبب شده است که در برخی نقاط کشور در طول سال بادهایی با شدت‌های مختلف بوزد؛ به همین جهت با توجه به وجود مناطق بادخیز بستر مناسبی جهت گسترش بهره‌برداری از توربین‌های بادی فراهم می‌باشد [۲۳].انرژی بادی دارای مزایایی همچون موارد زیر است؛ انرژی بادی پاک و نامحدود است، هیچگاه به اتمام نمی‌رسد، انرژی باد را می‌توان به‌طور مستقیم استفاده کرد، قابلیّت استفاده از انرژی باد در مناطق دورافتاده هم وجود دارد، در صورت وجود زیرساخت شبکه، انرژی باد توسط شبکه برق خریداری می‌شود، توربین‌های بادی در مناطق بادخیز، بازدهی بیشتری نسبت به سلول‌های خورشیدی دارند و نداشتن آلودگی محیط زیست نسبت به سوختهای فسیلی از دیگر مزایای انرژی بادی است [13 و 15].

کشور ایران با مساحتی در حدود ۱۶۵ میلیون کیلومتر مربع و مناطق وسیع ساحلی در شمال و جنوب و مناطق بیابانی و مسطح در مرکز ایران پتانسیل بسیاری برای بهره‌برداری از انرژی باد دارد. پتانسیل ایران برای استفاده از انرژی باد بیش از صد هزار مگاوات (۱۰۰ گیگاوات) برآورد شده است. طبق اطلس بادی تهیه شده و بر اساس اطلاعات دریافتی از ۶۰ ایستگاه و در مناطق مختلف کشور، میزان ظرفیت اسمی سایتها در حدود ۶۰۰۰۰ مگاوات می باشد. بر پایه پیش بینی های صورت گرفته، میزان انرژی قابل استحصال بادی کشور از لحاظ اقتصادی بالغ بر ۱۸۰۰۰ مگاوات تخمین زده می شود که بیانگر پتانسیل قابل توجه کشور در زمینه احداث نیروگاههای بادی و همچنین اقتصادی بودن سرمایه گذاری در صنعت انرژی بادی می باشد [13].

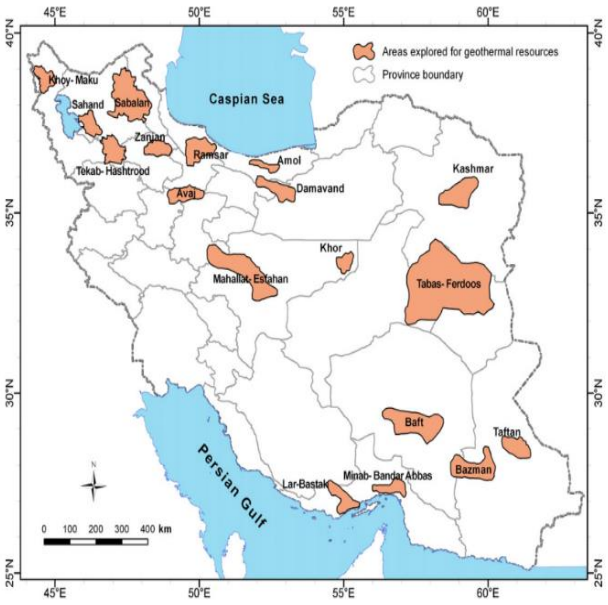
حنفی و همکاران (۱۳۹۶)، در پژوهشی که با هدف شناخت نواحی بادخیز کشور و پتانسیل انرژی بادی، انجام دادند؛ میانگین سالیانه سرعت وزش باد بر حسب نات را در شکل(۳) نشان دادند؛ مناطقی که میانگین سرعت باد در آنها پنج نات (معادل ۱.۸۵۲ کیلومتر بر ساعت) است، برای نصب نیروگاه مناسب نیستند [24]. با توجه به این گفته و نواحی مشخص شده در شکل، میزان قابل توجهی از مساحت کشور ایران، برای نصب نیروگاه‌های توربین بادی مناسب خواهد بود.



شکل ۳ : توزیع مکانی میانگین سالیانه سرعت وزش باد برحسب نات [24]

بیشتر نواحی بادخیز کشور ایران از مناطق خشک و کمتر توسعه یافته بوده که میزان تولید انرژی الکتریکی در آنها کم است. همچنین رساندن انرژی الکتریکی به این نواحی هم هزینه زیادی داشته و اینکه بیشتر مصرف انرژی الکتریکی در ایران در فصل تابستان و به منظور مقابله با گرمای هوا می‌باشد. این درحالیست که بادخیزترین زمان وزش باد نیز در ایران فصل تابستان است [24]؛ استفاده از انرژی بادی برای تولید برق ضمن اینکه سازگار با محیط زیست بوده در کشور ایران ضرورتی انکارناپذیر است. علاوه بر انرژی خورشیدی و انرژی بادی، انرژی زمین گرمایی هم یکی از انواع انرژی‌های تجدیدپذیر است که از آن به دو صورت مستقیم و غیر مستقیم در کاربرد های گرمایشی، سرمایشی و نیز در تولید برق استفاده می‌شود [25]. انرژی خورشیدی فقط در طول روز در دسترس است و ظرفیت گرمایش و سرمایش آن کمتر از انرژی زمین‌گرمایی است [27]؛ در مقابل، زمین انرژی خورشیدی را در طول روز به شدت جذب می‌کند و سپس مقدار قابل توجهی انرژی حرارتی را در اعماق مختلف ذخیره میکند و این عمدتاً به سطوح بالای تابش خورشیدی جذب شده و ظرفیت ذخیره گرمای زیاد خاک نسبت داده می‌شود [26]. به همین دلیل در کشورهایی مثل کشور ایران که از میزان تابش بالای خورشیدی برخوردار هستند؛ انرژی زمین گرمایی در اعماق کم، می‌تواند نیازهای سرمایشی و گرمایشی منازل را تامین کند که البته نیاز به تحقیقات بیشتر در این زمینه می باشد. علاوه بر این عبدالغنی و همکاران (۲۰۲۲) در پژوهشی که در عربستان در مورد انرژی زمین گرمایی انجام دادند به این نتیجه رسیدند که میزان تغییرات روزانه، ماهانه و سالانه دمای خاک داخل زمین با افزایش عمق کاهش می‌یابد تا اینکه در یک عمق مشخص ثابت می‌شود که به آن دمای دست نخورده‌ی زمین می‌گویند؛ دمای دست نخورده زمین در عمق ۱۳ متری در صحرای عربستان را تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری کردند که این دما برای مقاصد سرمایشی و گرمایشی در طول سال برای آب و هوایی که دمای هوای محیط در شب‌های سرد زمستان به زیر ۱۰ درجه سانتی‌گراد می‌رسد و در روزهای گرم تابستان از ۴۷ درجه سانتی گراد بیشتر می‌شود، مناسب خواهد بود [26]. همچنین در پژوهشی که یوسفی و همکاران (۲۰۱۰) انجام دادند، ۱۸ منطقه زمین گرمایی امیدوارکننده در ایران را مشخص نمودند که در شکل (۴) نشان داده شده است [۲۸].

بنابراین همانطور که ذکر شد، کشور ایران از نظر انرژی‌های پاک و تجدیدپذیر دارای پتانسیل بسیار بالایی می‌باشد که با توجه به روند روبه افزایش بیابان‌زایی، می‌توان از این نعمت‌های خدادادی استفاده بهینه نمود؛ لذا هرگونه سرمایه گذاری برای استفاده از این انرژی‌ها کاملا عقلانی است که در اسناد بالادستی همچون برنامه ششم و هفتم توسعه، نقشه راه کشور و اسناد برنامه آمایش سرزمین به آن صریحاً اشاره شده است.



شکل ۴ : نقشه پراکنش مکانی مناطق زمین گرمایی در ایران [28]

نتیجه‌گیری و جمع‌بندی

بیابان‌های بسیار بزرگ جهان پتانسیل قابل توجهی برای تامین انرژی را دارند. با توجه به نیازهای انرژی جهان در قرن بیست و یکم و در نظر گرفتن مسائل زیست محیطی جهان، پتانسیل بهره‌برداری از این انرژی اهمیت زیادی دارد. در صورت فرهنگ‌پروری، چنانچه ۴۰۰۰۰ مناطق روستایی کشور به جای سوخت فسیلی از انرژی خورشیدی و سیستم‌های خورشیدی برای گرم کردن و پخت و پز غذا استفاده کنند، سالانه ۱ میلیارد و ۲۰۰ میلیون لیتر نفت (ارزش ریالی هر بشکه نفت به طور متوسط در ۳ ماه اوّل سال میلادی در حدود ۵۰ دلار بوده است) صرفه جویی می‌شود. در ارتباط با انرژی بادی نیز پتانسیل ایران برای استفاده از این انرژی بیش از صد هزار مگاوات (۱۰۰ گیگاوات) برآورد شده است. بطوریکه در نشست کنفرانس اعضاء سازمان ملل در ارتباط با تغییر اقلیم، در نوامبر ۲۰۲۲ در شرم الشیخ مصر بر مواردی همچون؛ کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای، کاهش آلاینده‌های ناشی از مصرف زغال‌سنگ، استفاده از روش‌های نوین و سازگار با محیط‌زیست در تولید انرژی، ایجاد اقتصاد سبز واستفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر تاکید شد. علاوه برآن، در گزارش ارزیابی پانل بین دولتی تغییرات آب و هوایی (IPCC) آمده است که تغییرات آب و هوایی عمدتاً ناشی از فعالیت‌های انسانی است و "گرم شدن آب و هوا بدون تردید رخ خواهد داد. در مقیاس جهانی، رشد اقتصادی و جمعیت همچنان مهمترین عامل افزایش انتشار CO_2 ناشی از استفاده از سوخت‌های فسیلی است. پیش‌بینی می‌شود که انتشار مستقیم گاز CO_2 ناشی از تامین انرژی تا سال ۲۰۵۰ در مقایسه با سال ۲۰۱۰ تقریباً دو برابر یا حتی سه برابر شود، مگر اینکه بهبودی در شرایط استفاده از انرژی به طور قابل توجهی رخ دهد.

از سوی دیگر، در صورت استفاده از فناوری‌های انرژی‌های تجدیدپذیر از جمله فناوری PV (Photovoltaic) برای غلبه بر مشکلات زیست محیطی، این مورد قابل توجه خواهد بود که کاهش شدت کربن

تولیدی ناشی از تولید الکتریسیته یکی از مؤلفه‌های کلیدی و استراتژیک در کاهش سوخت‌های فسیلی است. امروزه، بسیاری از فناوری‌های انرژی‌های تجدیدپذیر پیشرفت‌های قابل توجهی در عملکرد و کاهش هزینه‌ها نشان داده‌اند و تعداد فزاینده‌ای از فناوری‌های انرژی‌های تجدیدپذیر به سطحی از بلوغ دست یافته‌اند تا امکان استقرار در مقیاس بزرگتر را فراهم کنند.

مراجع

[1] اکبری، م و ضیائی، ن، 1393، نقد و بررسی تعاریف بیابان و بیابان‌زایی در راستای ارائه تعریفی استاندارد، دومین همایش ملی بیابان با رویکرد مدیریت مناطق خشک و بیابانی.

[2] جعفری، م، پناهی، ف، احمدی، ح، عباسی، ح ر، موسوی، م، زارع، م ع و طویلی، ع، ۱۳۸۵، ارزیابی شاخص‌های معیار خاک جهت بررسی وضعیت بیابان‌زایی مناطق سلیمان، حسن‌آباد میش مست و گازران در استان قم، فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، جلد۱۳شماره ۳، ص ۲۸۳-۲۷۸.

[3] جباری، ر، شیروانی شیری، س و پیشداد، س، ۱۳۹۳، بررسی روند تغییرات آب و هوایی و اثر آن در روند بیابان‌زایی دشت شیراز، اولین همایش ملی کشاورزی، محیط زیست و امنیت غذایی.

[4] بدیعی، ص، پهلوانروی، ا و هادربادی، غ، سال مشخص نیست، بحران آب کابوس بیابان (مطالعه موردی منطقه میاندهی، خراسان‌رضوی)، اولین همایش ملی پژوهش‌های کاربردی در نگهداشت محیط زیست، آب و منابع طبیعی.

[5] یوسفیان، م، ۱۳۹۸، بررسی عوامل موثر طبیعی و انسانی در ایجاد بیابان زایی و چالشهای پیش رو، ششمین همایش ملی گیاهان دارویی، طب سنتی و کشاورزی ارگانیک.

[6]اکبری، م، ناصری، ک و آشگرطوسی، ش، ۱۳۸۸، بررسی اثر تغییر اقلیمی در روند بیابان‌زایی (مطالعه موردی: دشت مشهد)، فصلنامه جنگل و مرتع، شماره ۸۳-۸۲، ص۵۲-۴۸.

[7] موسوی، س ح، ۱۳۹۳، مدل‌سازی و پهنه بندی رفتار بیابان بر اساس پارامترهای ژئومورفولوژیکی (مطالعه موردی: حوزه کویر حاج علی‌قلی)، پژوهشهای ژئومورفولوژی کمّی، سال سوم، شماره ۳، ص۵۲-۳۸.

[8] جاهدپور، س، تقوایی، ح، اورانی م ر و احمدی، ا، 1389، شناخت بیابان و عوامل موثر در بیابان‌زایی، اولین همایش ملی مقابله با بیابان زایی و توسعه پایدار تالاب‌های کویری ایران.

[9] حیدری علمدارلو، ا، شکوهی، س، برآبادی، ح و رفیع، ج، 1393، پهنه بندی مناطق مستعد بیابان‌زایی در کشور به روش ICCD با استفاده از GIS، اولین کنگره ملی زیست شناسی و علوم طبیعی ایران.

[10] Akbari, M., khashtabe, R., 2018. “Use of socio-economic indicators to control desertification”. 3rd International conference on Applied Researches in science & Engineering.

[11] Akbari, M., Ownegh, M., Asgari, H. R., Sadoddin, A., & Khosravi, H. (2016). Desertification risk assessment and management program. Global Journal of Environmental Science and Management, 2, 365– 380. https ://doi.org/10.22034 /gjesm .2016.02.04.006

[12] دهقان، ا، براتی، ع ا، صفیان بلداجی، ر و نجات بخش ر، 1396، بیابان‌زدایی.

[13] Hekmatnia, H. Fatahi Ardakani, A. Mashayekhan, A. Akbari, M.2020. “Assessing Economic, Social, and Environmental Impacts of Wind Energy in Iran with Focus on Development of Wind Power Plants”. Journal of RenewableEnergy and Environment.

[14] Oyedepo, S.O., “On energy for sustainable development in Nigeria”,Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 16, (2012), 2583-2598.

[15] Shahsavari, A. Akbari, M. 2018. “Potential of solar energy in developing countries for reducing energy-related emissions”. Renewable and Sustainable Energy Reviews.

[16] رادمنش، ف و جلالی، ج، ۱۳۹۴، بررسی اثرات پدیده خشکسالی بر تغییرات منابع آب(سطحی و زیرزمینی) در استان خوزستان، کنفرانس بین المللی پژوهش های نوین در علوم کشاورزی و محیط زیست.

[17] قرئلی، ک، بیات، ح، پوریای ولی، ح، جمالی، ع، حاجی زاده، ح، رنجبر، م ح، رشیدپور، ن، سعیدی، س، شفقت، ش، طرقی، آ، عباس زاده، ع، عبدی، ع، علیزاده، ب، محمدی، م ع و یوسفی. م، ۱۳۹۷، ایده‌ها و کاربردهای نوین انرژی‌های تجدید پذیر، مجله علمی ترویجی انجمن مهندسان مکانیک ایران، سال۲۷، شماره ۱۱۹، ص ۳۴-۲۷.

[18] Ceglia, F., Macaluso, A., Marrasso, E., Sasso, M., Vanoli, L. “Modelling of polymeric shell and tube heat exchangers for Low-Medium temperature geothermal applications”. Energies 2020, 13, 2737.

[19] سلیمان دهکردی، ن، رحیمی، م، کیانیان، م، ایزدی، ر و بیات، ز، ۱۳۹۳، بررسی اثر تغییر اقلیم بر بیابان‌زایی (مطالعه موردی: دشت سگزی)، دومین همایش ملی و تخصصی پژوهش‌های محیط زیست ایران.

[20] بریمانی، م و کعبی نژادیان، ع، ۱۳۹۳، انرژی‌های تجدیدپذیر و توسعه پایدار در ایران، دو فصلنامه علمی تخصصی انرژی‌های تجدیدپذیر و نو، شماره اول، ص۲۶-۲۱.

[21] حیدری، ا م، 1401،تحلیل SWOT استفاده از انرژی خورشیدی در مناطق کویری و بیابانی ایران، فصلنامه سیستم‌های انرژی پایدار، دوره ۱، شماره ۲،ص۱۷۳-۱۶۱.

[22] کلاهی، م و عظیمی سقین سرا، ر، ۲۰۱۹، فرصت‌ها و چالش‌های پذیرش اجتماعی کاربرد انرژی خورشیدی، اولین کنفرانس بین المللی و چهارمین کنفرانس ملی صیانت از منابع طبیعی و محیط زیست.

[23] تلیان، ر و جمشیدی، ع، سال مشخص نیست، پتانسیل انرژی بادی در ایران، همایش ملی دانش و فناوری علوم کشاورزی، منابع طبیعی و محیط زیست.

[24] حنفی، ع و ایران پور، ف، ۱۳۹۶، ارزیابی و پهنه بندی پتانسیل سرعت باد در کشور به منظور برنامه‌ریزی جهت تولید برق بادی، نشریه پژوهش های اقلیم شناسی، سال ۸، شماره ۳۱ و ۳۲.

[25] مردانیان، م و اعلمی ح ا، سال مشخص نیست، ارائه راهکارهای استفاده از انرژی زمین گرمایی برای بهینه سازی مصرف انرژی‌های فسیلی در مناطقی از ایران، سومین کنفرانس بین المللی رویکردهای نوین در نگهداشت انرژی.
[26] Abdel-Ghany, A M., Al-Helal I M., Alsadon, A., Ibrahim, A., Shady, M. 2022. “Measuring and Predicting the In-Ground Temperature Profile for Geothermal Energy Systems in the Desert of Arid Regions”.
[27] Carotenuto, A., Ceglia, F., Marrasso, E., Sasso, M., Vanoli, L. “Exergoeconomic optimization of polymeric heat exchangers for geothermal direct applications”. Energies 2021, 14, 6994.
[28] Yousefi, H., Noorollahi, Y., Ehara, S., Itoi, R., Yousefi, A., Fujimitsu, Y., Nishijima, J., Sasaki, K., 2010, Developing the geotermal resources map of Iran, Geotermics 39,140-151.
[29]SOLARGIS, Photovoltaic Electricity Potential; https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/iran
[30] https://www.iea.org/fuels-and technologies/solar