

بررسی آثار تخریبی استفاده از فناوری انرژی‌های تجدیدپذیر بر محیط‌زیست

مجتبی مروج

استادیار، گروه مهندسی مکانیک، دانشگاه پیام‌نور

Moravej60@pnu.ac.ir

چکیده

تولید و مصرف انرژی، هر دو چالش‌هایی را برای محیط‌زیست فراهم کرده و بسته به نوع تولید یا مصرف اثرات تخریبی بر محیط‌زیست جانوری، گیاهی و یا انسانی می‌گذارد. یکی از راهکارهای کاهش این آثار تخریبی، استفاده از انرژی‌های نو و تجدیدپذیر است. در این مقاله، بررسی آثار و عوامل تخریب محیط‌زیست توسط نیروگاه‌ها و صنایع وابسته به انرژی‌های تجدیدپذیر شامل انرژی خورشیدی، بادی، زمین‌گرمایی، آبی و زیست‌توده مورد مطالعه قرار گرفته است. برای دستیابی به این منظور، طبقه بندی میان انواع انرژی‌های تجدیدپذیر بر اساس نوع انرژی و اثرات مختلف آن بر روی محیط‌زیست از جمله تولید گازهای مخرب و گلخانه‌ای، آلاینده‌های سمی اعم از جامد، مایع و گاز برای جانوران، گیاهان و انسان‌ها و تغییر در اکوسیستم و محیط زندگی بوده است. نتایج بررسی نشان می‌دهد که اگرچه همه انواع انرژی‌های تجدیدپذیر در مقایسه با تولید و مصرف انرژی‌های فسیلی بسیار پاک‌تر و سازگارتر با محیط‌زیست هستند ولی بسته به نوع تأثیر، هرکدام از این انواع انرژی دارای مضراتی نیز هستند. در مجموع، می‌توان انرژی بادی را کم‌خطرترین نوع انرژی تجدیدپذیر برای محیط‌زیست قلمداد کرد.

واژگان کلیدی

انرژی
فناوری
تجدیدپذیر
تخریب محیط‌زیست

تاریخچه مقاله

تاریخ دریافت ۱۳۹۸/۱۰/۲۵
تاریخ پذیرش ۱۳۹۸/۱۱/۱۳

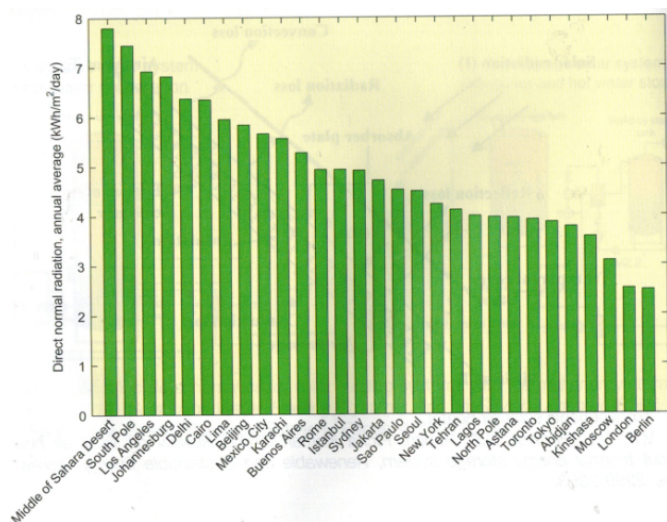
۱ مقدمه

صنایع تبدیلی آن‌ها بندرت باعث اثرات سوء بر محیط‌زیست می‌شوند اما تعیین میزان تأثیر و تغییرات زیست محیطی ناشی از مصرف هریک از منابع فوق، می‌تواند در تصمیم‌گیری‌ها و انتخاب استفاده از آن‌ها موثر باشد. با در نظر گرفتن مشکلات مربوط به سوخت‌های فسیلی و آلودگی‌های ناشی از آن، بسیاری از دانشمندان نشان دادند که استفاده از منابع جدید انرژی یکی از بهترین راهکارها جهت جلوگیری از تخریب محیط‌زیست است و لذا معرفی فناوری‌های جدید در این حوزه یکی از موارد مهم تحقیقاتی تا به امروز است. اما این نوع از انرژی‌ها در رقابت با یکدیگر نیز دارای آثار تخریبی، هرچند ناچیز، بر روی محیط‌زیست هستند که خود باعث رویکرد محققان به بررسی این موارد شده است. از سوی دیگر باید توجه داشت که، توجه به منابع محیط‌زیست به عنوان بستر توسعه پایدار از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار است. توسعه‌ای پایدار و باثبات که بتواند با حفظ محیط‌زیست، رشد اقتصادی کشور را به گونه‌ای تضمین کند که ضمن افزایش رفاه نسل حاضر منابع لازم را برای تأمین رفاه نسل‌های آتی باقی بگذارد. رشد اقتصادی و برنامه‌های توسعه جدای از هم نبوده و مستقیماً به تولید و مصرف انرژی مرتبط می‌باشد اما چنانچه توانمندی محیط‌زیست جهت جذب یا پخش مواد زائد از حد معمول گذشت، از کیفیت محیط‌زیست و زندگی کاسته شده و عکس‌العمل به این کاهش در کیفیت، باعث محدودیت در پیشرفت می‌شود [۵، ۶]. در سراسر دنیا تحقیقات مختلفی در خصوص تأثیر انواع سیستم‌های انرژی بر روی محیط‌زیست انجام شده است. کوتاری و همکاران آثار مستقیم و غیرمستقیم انواع صنایع تبدیل انرژی بر روی محیط‌زیست پیرامون آن به ویژه

رشد فناوری و صنایع مختلف در دهه‌های اخیر باعث تغییرات و تحولات در اقلیم و محیط زندگی جانداران اعم از انسان‌ها، گیاهان و جانوران شده است. به عبارت بهتر همگام با رشد صنعت و توسعه یکی از مهم‌ترین تحولات شامل عرصه پیرامون حیات جانداران یا همان محیط‌زیست شده است. همزمان با رشد فناوری و صنعت، نیاز به انرژی نیز به صورت فزاینده‌ای افزایش یافته است. تولید انرژی از یک طرف و مصرف انرژی از طرف دیگر باعث تغییرات و تهدیدات زیست محیطی شده است [۱، ۲]. با انقلاب صنعتی و به وجود آمدن ماشین‌ها، نیاز به یافتن منابع انرژی بیشتر شده و عملاً سوخت‌های فسیلی راه خود را برای تولید و مصرف پیدا نمود که عمده‌تاً شامل منابع زغال سنگ، نفت و گاز و مشتقات آن‌ها بود. تولید و مصرف این نوع از انرژی اثرات تخریبی بسیار زیادی بر محیط‌زیست گذاشت که تا کنون نیز ادامه دارد: تغییرات اکوسیستمی، از بین رفتن و تخریب برخی گونه‌های گیاهی و جانوری، بروز بسیاری از بیماری‌های قلبی و تنفسی برای انسان و حتی تغییرات دمای کره زمین تنها بخش از این آثار است [۳، ۴]. با توجه به این مشکلات، رویکرد جوامع به استفاده از انرژی‌های پاک در سال‌های اخیر بیشتر شده است. انرژی‌های پاک به منابعی از انرژی اطلاق می‌شود که دارای منابعی تجدیدشونده در طبیعت می‌باشند و لذا به آنان انرژی‌های تجدیدپذیر و یا نو نیز گفته می‌شود. عمده این نوع انرژی‌ها شامل انرژی‌های بادی، خورشیدی، زمین‌گرمایی، زیست‌توده و آبی می‌باشد. اگرچه انرژی‌های تجدیدپذیر و

انرژی زغال سنگ، نفت، گاز طبیعی، چوب، باد و انرژی جزر و مد به وجود آمده از خورشید هستند [۱۳، ۱۴].

انرژی خورشیدی به انرژی حاصل از تابش اشعه‌های خورشید گفته می‌شود. مهم‌ترین ویژگی این انرژی در مقایسه با سایر انرژی‌ها، پاک بودن آن و استفاده از آن بدون هیچ‌گونه آلودگی است. همچنین این انرژی در همه جای زمین، متناسب با موقعیت جغرافیایی آن منطقه، بدون هیچ‌گونه واسطه‌ای و به طور رایگان قابل حصول می‌باشد. به طور کلی استفاده از انرژی خورشیدی به دو صورت برق خورشیدی و گرما خورشیدی می‌باشد و دارای کاربردهایی همچون کشاورزی، خشک کردن، سرمایش و گرمایش ساختمان، تصفیه آب شرب، موتور و پمپ خورشیدی، تولید الکتریسیته می‌باشد [۱۵]. در شکل ۲ میزان دریافت انرژی خورشیدی در بین برخی از شهرهای مهم دنیا که بیشترین دریافت را دارند، نمایش می‌دهد. با توجه به این نکته که نحوه دسترسی به انرژی خورشیدی در مناطق مختلف دنیا با هم متفاوت است و براساس شکل ۲، شهر تهران در مناطق با دریافت انرژی خورشیدی نسبتاً بالا قرار دارد.

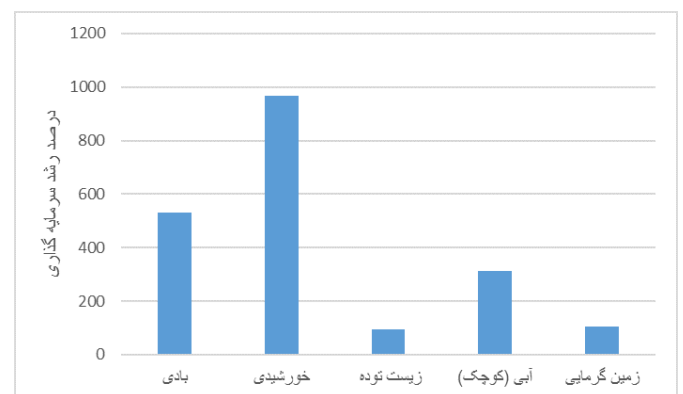


شکل ۲: نمودار ۲۰ کشور برتر دنیا براساس پتانسیل دریافت انرژی به ازای مساحت آن‌ها [۱۲].

آثار تخریبی انرژی خورشیدی را می‌توان در موارد زیر جمع‌بندی نمود:

- کاربرد انرژی خورشیدی نیاز به زمین به مساحت زیاد دارد به ویژه در سیستم‌های فتوولتائیک برای نصب پنل‌ها مساحت بسیار زیادی مورد نیاز است. برای هر مگاوات تقریباً معادل یک هکتار زمین تخت مورد نیاز است. اشغال مساحت زیاد علاوه بر بالا بردن هزینه، می‌تواند باعث به هم خوردن اکوسیستم آن منطقه شود. همچنین نیاز به مساحت زیاد می‌تواند باعث تخریب جنگل، درخت یا مزارع شود [۱۶].
- در برخی سیستم‌های گرماخورشیدی به منظور بالا بردن کارایی از موادی مانند الکل‌ها، گلیکول، سولفات یا نیترات‌ها استفاده می‌شود که از مواد مضر برای جانوران و انسان‌ها محسوب می‌شوند.
- سلول‌های خورشیدی دارای موادی چون آرسنیک و کادمیوم هستند که از جمله مواد خطرناک محسوب می‌شوند.
- سیستم‌های برق خورشیدی به دلیل نیاز به برق در طول شب دارای

در نیروگاه‌ها بررسی کردند و نشان دادند که همه این نیروگاه‌ها آثار تخریبی خود را داشته و بصورت توصیفی آن‌ها را ارایه نمود [۷]. نظری و همکاران به بررسی عوامل موثر بر آلودگی محیط‌زیست در کشور طی سالهای ۱۳۹۲-۱۳۵۳ پرداختند و نقش و تأثیر انرژی و نیروگاه‌ها را از عوامل آن برشمردند و به جایگاه انرژی‌های تجدیدپذیر در آن اذعان نمودند. ایشان همچنین به لزوم برنامه‌ریزی بلندمدت و کوتاه‌مدت در خصوص جایگزینی انرژی‌های نو و تجدیدپذیر به جای سوخت‌های فسیلی اشاره نمودند [۸]. مقبل با استفاده از داده‌های کشور اندونزی به این نتیجه رسید که بین متغیرهای رشد اقتصادی، مصرف انرژی، توسعه مالی، باز بودن تجارت و انتشار CO₂ یک رابطه بلندمدت وجود دارد. همچنین رشد اقتصادی و مصرف انرژی در بلند مدت و کوتاه مدت اثر مثبت و معناداری بر انتشار CO₂ دارد [۹]. نصیر و رحمان به رابطه بین درآمد، انتشار دی‌اکسیدکربن و مصرف انرژی در سال‌های مابین ۲۰۰۸-۱۹۷۲ در کشور پاکستان پرداختند و نشان دادند که اثر متغیرهای تجارت و مصرف انرژی بر انتشار دی‌اکسیدکربن مثبت است [۱۰]. فطرس مطالعه‌ای بر روی ارتباط آلودگی و اقتصاد انجام داد و نشان داد که رابطه علیت دوطرفه‌ای بین رشد تولید ناخالص داخلی و نشر دی‌اکسیدکربن وجود دارد که از عوامل موثر بر تخریب محیط‌زیست به ویژه آلودگی هوا به شمار می‌رود [۱۱]. با توجه به گستره انرژی‌های تجدیدپذیر میزان سرمایه‌گذاری در این بخش هر سال در حال افزایش است و امید است تا سال ۲۰۵۰ حداقل نیمی از بخش تولید برق دنیا از این طریق باشد. شکل ۱ میزان رشد سرمایه‌گذاری و تقاضا برای احداث را در چندسال گذشته در دنیا ارایه می‌دهد [۱۲].



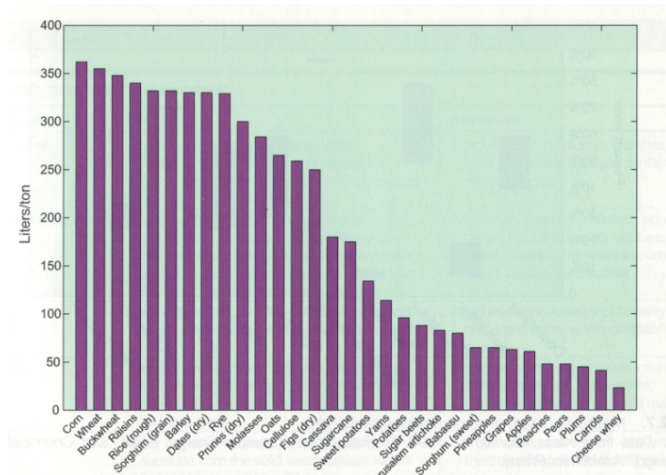
شکل ۱: مقایسه میزان رشد سرمایه‌گذاری در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر در دنیا [۱۲].

در این مقاله هدف بررسی جزییات و تأثیرات استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر شامل انرژی خورشیدی، بادی، زمین گرمایی و زیست‌توده بر محیط‌زیست بر اساس شاخص‌های مختلف اعم از آلودگی آب و هوا، تولید گازهای آلاینده و مضر، آلودگی صوتی و غیره است.

۲ انرژی خورشیدی

در میان انواع انرژی‌های تجدیدپذیر انرژی خورشیدی تا به امروز بیشترین کاربرد و استفاده را در جوامع بشری داشته است. البته اساساً همه انواع انرژی که ما در جهان می‌شناسیم، دارای منشأ خورشیدی هستند. به عنوان مثال

درختان، بقایای گیاهان و فضولات حیوانی و انسانی است. منابع مصنوعی آن نیز از فاضلابها، پسماندهای کشاورزی و خانگی می‌باشد. برای استفاده از این نوع منبع انرژی یا آن را به هیدروکربن‌های قابل اشتعال چون متان و اتانول تبدیل کرده یا با سوختن و تولید حرارت از آن‌ها، تولید برق و حرارت می‌نمایند. در شکل ۳ پتانسیل تولید اتانول که از مواد پتروشیمی و از هیدروکربن‌های بسیار کاربردی است برای مواد و پسماندهای مختلف نمایش داده شده است. آنچه از این شکل پیداست از گیاهانی چون ذرت و گندم تا بیش از ۳۵۰ لیتر اتانول به ازای هر تن گیاه تولید می‌گردد که می‌توان از آن هم در صنایع تبدیلی و کاربردی دیگر و هم به عنوان سوخت استفاده نمود.



شکل ۳: پتانسیل تخمیری تولید اتانول از مواد زیست‌توده [۱۲].

مهم‌ترین آثار تخریبی انرژی زیست‌توده عبارت است از:

- سوختن مواد زیست‌توده باعث آلودگی هوا می‌گردد.
- ترکیب و تبدیل مواد زیست‌توده گاه‌ها باعث به وجود آمدن برخی گازهای مخرب مانند H_2S و CO_2 خواهد شد.
- افزایش تقاضا برای استفاده از منابع طبیعی انرژی زیست‌توده باعث از بین رفتن گیاهان و فرسایش خاک خواهد شد.
- شرایط کاری و زندگی در محیط‌های مربوط به انرژی زیست‌توده به دلیل داشتن بوهای نامتعارف سخت است و ممکن است موجب بیماری شود.

۵ انرژی زمین‌گرمایی

انرژی زمین‌گرمایی نوع دیگری از انرژی‌های تجدیدپذیر است که از حرارت درون زمین استفاده کرده و سیال عاملی مانند آب یا هوا را گرم نموده و با انتقال آن به سطح زمین کاربردهای گرمایشی یا نیروگاهی به منظور تولید برق دارد. در شکل ۴ ظرفیت‌های موجود در سراسر دنیا از لحاظ منابع انرژی زمین‌گرمایی مناسب نمایش داده شده است.

بسته به نوع منبع و محل موجود بودن آن میزان آلوده شدن محیط‌زیست متفاوت است. آب یا بخار خروجی از منابع زمین-گرمایی بعضاً دارای متان، دی‌اکسیدکربن، نیترات‌ها و گوگرد بوده و دارای آثاری تخریبی به شرح زیر

باطری ویا سیستم دیزل کمکی هستند که هر دو آلودگی مربوط به خود را دارند.

- در نیروگاه‌های گرما خورشیدی کلکتورها و یا آینه‌های موجود به دلیل بازتاب شدید نور خورشید، برای جانوران، پرندگان، گیاهان و حتی انسان‌ها می‌تواند مضر باشد. در سیستم‌های دریافت کننده مرکزی بازتاب نور تا حد سوختگی نیز می‌رسد.
- در آرایه‌های خورشیدی به کار رفته در ساختمان‌ها و نمای عمودی، از یک طرف مانع دریافت نور خورشید در ساختمان شده از طرف دیگر بازتاب نور در یک محدوده خاص ضمن بالا بردن نقطه‌ای دمای محیط می‌تواند اثرات تخریبی مشابه بند قبل برای اطراف داشته باشد.

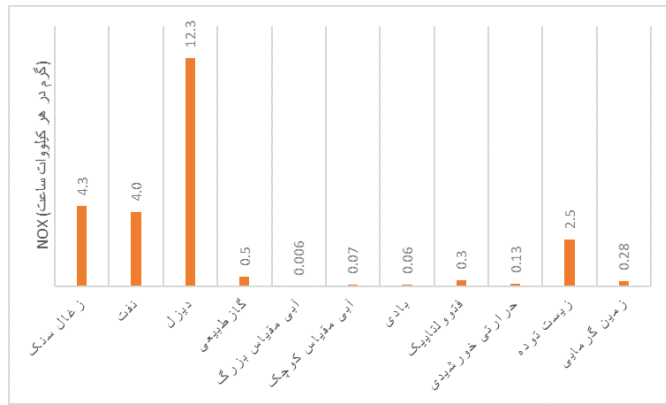
۳ انرژی بادی

انرژی بادی نیز مانند انرژی خورشیدی از قدمت بسیاری برخوردار است. بیشترین کاربرد انرژی بادی تولید برق توسط توربین‌های بادی است. این توربین‌ها در واقع نوع فنی و پیشرفته همان آسیاب‌ها و تلمبه‌های بادی هستند که هزاران سال قبل در مزارع استفاده شده است. توربین‌های بادی تقریباً تأثیر مستقیمی بر روی محیط‌زیست ندارند و یکی از پاک‌ترین انواع انرژی به شمار می‌رود. بر اساس تحقیقات و پژوهش‌های انجام‌شده کشور ایران از لحاظ پتانسیل دریافت انرژی بادی دارای شرایط و مناطق متفاوتی است. برخی از مناطق دارای سرعت باد مناسب برای نصب و راه‌اندازی توربین‌های بادی هستند که به صورت پراکنده در غرب مرکز و شرق وجود دارند [۱۷]. البته باید توجه داشت که در حال حاضر استفاده از انرژی بادی بیشتر به نصب توربین‌های بادی به جهت راه‌اندازی نیروگاه‌های تولید برق معطوف می‌باشد. در زیر برخی از آثار تخریبی توربین‌های بادی ارایه شده است:

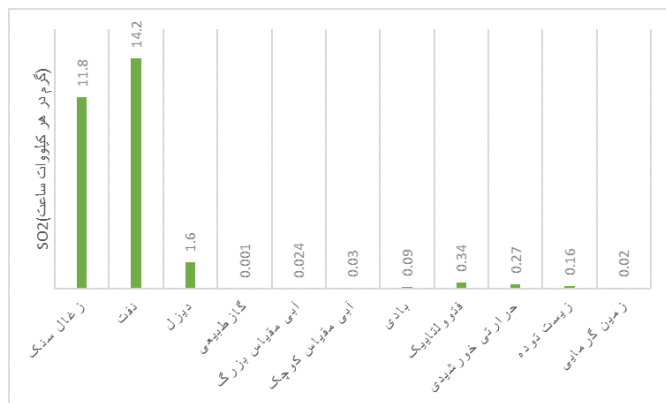
- برای تولید مناسب برق توسط توربین‌های بادی، نیاز به مساحت زیاد با فاصله مناسب از هم است که به مزارع بادی معروف هستند. این افزایش مساحت بعضاً به دلیل قرار گرفتن در موقعیت‌های خاص باعث تخریب مزارع کشاورزی و یا درختان شده است.
- مناظر ناشی از تأسیس مزارع بادی ظاهری زیبا نداشته و عموم مردم که در مجاورت چنین فضاهایی زندگی می‌کنند ابراز نارضایتی از این موضوع می‌نمایند.
- مزارع بادی در ابعاد خیلی بزرگ بر امواج رادیویی تأثیرگذار هستند.
- پره‌های توربین بادی در برخی موارد با پرندگان برخورد نموده و باعث تلفات شده است. این موضوع در فصل مهاجرت پرندگان بسیار بیشتر است.
- حمل و نقل توربین‌های بادی به دلیل ابعاد بالا در برخی موارد باعث تخریب گیاهان و درختان در حاشیه جاده‌ها می‌شود.

۴ انرژی زیست‌توده

انرژی زیست‌توده یکی از منابع انرژی‌های تجدیدپذیر است که هم بصورت طبیعی و هم بصورت مصنوعی وجود دارد. منابع طبیعی آن عمدتاً شامل چوب

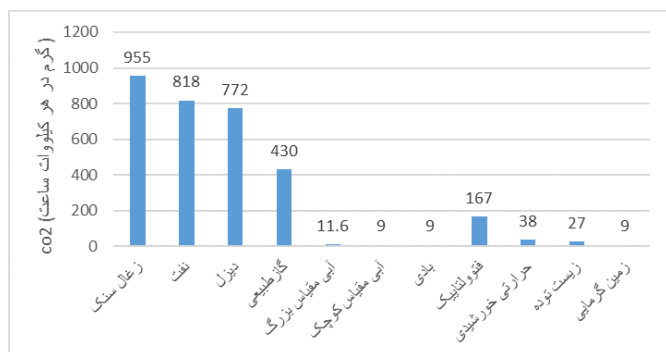


شکل ۵: بررسی میزان آلاینده‌ی ترکیبات نیتروژنی در انواع منابع انرژی [۷، ۱۳].



شکل ۶: بررسی مقایسه‌ای میزان آلاینده‌ی ترکیبات گوگرد در انواع منابع انرژی [۷، ۱۲، ۱۳].

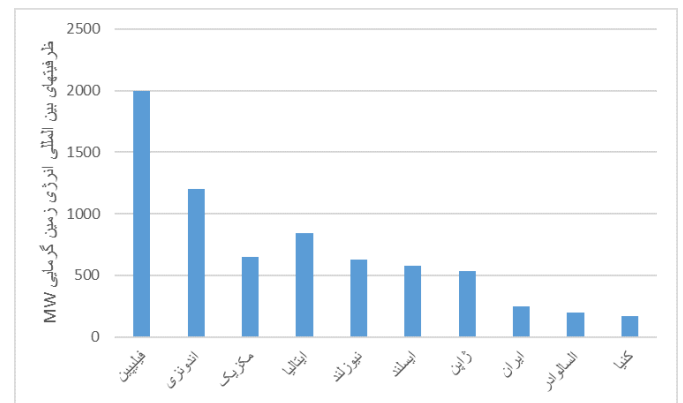
در شکل ۶ میزان تأثیر منابع انرژی بر تولید انواع آلاینده‌های گوگردی و سولفوری مورد بررسی قرار گرفته شده است. بر اساس این نمودار، انرژی‌های گاز طبیعی، آبی و بادی سازگارتر با محیط‌زیست و پاک‌تر بوده و در سوی مقابل نیروگاه‌های خورشیدی، هرچند با اختلاف نه چندان زیاد، ولی در رتبه آخر انرژی‌های تجدیدپذیر قرار دارد. در شکل ۷ ارزیابی آلودگی بر اساس معیار دی‌اکسیدکربن می‌باشد. در میان انواع انرژی‌های تجدیدپذیر، نیروگاه‌های فتوولتائیک با میزان ۱۷۶ گرم دی‌اکسیدکربن به ازای هر کیلووات ساعت برق تولیدی آلاینده‌ترین بوده و انرژی بادی، آبی (مقیاس کوچک) و زمین‌گرمایی به طور مساوی و با تولید ۹ گرم دی‌اکسیدکربن در هر کیلووات ساعت انرژی خروجی پاک‌ترین نوع آن‌ها می‌باشند.



شکل ۷: بررسی میزان آلاینده‌ی دی‌اکسیدکربن در انواع منابع انرژی [۷، ۱۲، ۱۳].

است:

- گازهای خروجی از سیستم‌های زمین‌گرمایی که دارای ترکیبات SO_2 و H_2SO_4 اکسیداسیون شده و عامل بوجود آمدن باران اسیدی است.
- مواد شیمیایی چون سولفات‌ها، کربنات‌ها، کلریدسرب، بور و آرسنیک باعث آلودگی آب و خاک می‌شوند.
- تخلیه پساب‌های این نوع انرژی در رودخانه‌ها باعث آلودگی آب و مزارع و نیز مضر برای آبزیان است.
- آلودگی صوتی ناشی از تأسیسات این نیروگاه‌ها.
- استفاده مکرر از منابع انرژی زمین‌گرمایی در مقیاس بالا ممکن است باعث نشست زمین و تخریب لایه سطحی زمین شود.



شکل ۴: میزان ظرفیت‌های بین‌المللی انرژی زمین‌گرمایی [۷، ۱۳].

۶ ارزیابی کمی

انرژی جزء کمیت‌های بی‌بعد بوده و به دو صورت جنبشی و پتانسیل است. قانون دوم ترمودینامیک حاکی از بقای انرژی و تبدیل آن از حالتی به حالت دیگر و یا کار است. انرژی دورانی توربین بادی نمونه بارز انرژی جنبشی و انرژی موجود در مولکول‌های مواد زیست‌توده انرژی پتانسیل است که هر دو قابلیت تبدیل به هم را دارند. واحد اندازه‌گیری انرژی ژول است و انرژی در واحد زمان را توان گفته و با وات اندازه‌گیری می‌نمایند. در صنعت علاوه بر این آحاد، معمولاً از واحد کیلووات ساعت برای اندازه‌گیری انرژی در صنایع و نیروگاه‌ها استفاده می‌نمایند که یک کیلو وات ساعت برابر ۳/۶ کیلوژول است.

با توجه به تنوع منابع انرژی مرتبط با این بحث، اندازه‌گیری کمی هر یک از منابع انرژی‌های تجدیدپذیر به راحتی امکان‌پذیر نبوده و لذا برای این ارزیابی، از میزان تولید برق در نیروگاه‌ها و یا حرارت مورد استفاده در هر سیستم تبدیل انرژی از این منابع، استفاده شده است.

در شکل ۵ میزان آلاینده‌ی ترکیبات نیتروژن و نیترات‌ها بر اساس منبع انرژی و صنایع نیروگاهی تولید کننده آن ترسیم شده است. همان‌گونه که در شکل پیداست، انرژی‌های تجدیدپذیر در مقایسه با سوخت‌های فسیلی بسیار پاک‌تر عمل می‌نمایند. در میان انواع انرژی‌های تجدیدپذیر، انرژی آبی مقیاس کوچک و بزرگ و بادی به ترتیب پاک‌تر از مابقی بوده‌اند و استفاده از انرژی زیست‌توده بیشترین سهم را از این آلاینده‌ی داشته است.

۷ بحث و نتیجه‌گیری

محدودیت‌های سوخت‌های فسیلی از یک طرف و آلودگی‌های زیست محیطی از طرف دیگر باعث گسترش استفاده از منابع انرژی‌های تجدیدپذیر شده است. در این تحقیق، آثار تخریبی استفاده و کاربرد انرژی‌های تجدیدپذیر شامل انرژی خورشیدی، بادی، زمین‌گرمایی و زیست‌توده بر روی محیط‌زیست مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته است. برای بررسی از منابع کتابخانه‌ای و تحقیقات نظری و تجربی قبلی استفاده شده و میزان تأثیر و تخریب هریک از صنایع مرتبط با تولید و مصرف منابع فوق به‌ویژه در حوزه نیروگاه‌های تولید برق با انرژی تجدیدپذیر بررسی انجام شده است. بررسی‌ها علاوه بر موارد توصیفی، شامل ارزیابی کمی به‌ویژه در خصوص تولید انواع آلاینده‌ها نیز بوده است. اگرچه سهم آلاینده‌ها در مقایسه با سوخت‌های فسیلی بسیار ناچیز است اما در بررسی مابین هر یک از انرژی‌های تجدیدپذیر متفاوت است. از لحاظ کیفی با وجود اینکه ایران از لحاظ پتانسیل منابع انرژی تجدیدپذیر به ترتیب بهترین رتبه‌ها را در انرژی خورشیدی، زمین‌گرمایی و زیست‌توده دارد ولی انرژی بادی آثار تخریبی کمتری در مقایسه با سایر منابع بر روی محیط‌زیست دارد. همچنین در ارزیابی کمی نیز در تولید دی‌اکسیدکربن انرژی بادی، از لحاظ آلاینده‌های سولفوری و گوگردی، انرژی بادی و زمین‌گرمایی و از لحاظ آلاینده‌های نیتروژنی، انرژی بادی و گرماخورشیدی پاک‌ترین منابع به شمار می‌آیند.

مراجع

- [9] Mugableh, Mohamed Ibrahim. Analysing the CO₂ emissions function in malaysia: Autoregressive distributed lag approach. *Procedia Economics and Finance*, 5:571-580, 2013.
- [10] Nasir, Muhammad and Rehman, Faiz Ur. Environmental kuznets curve for carbon emissions in pakistan: an empirical investigation. *Energy Policy*, 39(3):1857-1864, 2011.
- [۱۱] فطرس. رشد اقتصادی، مصرف انرژی و آلودگی هوا در ایران. پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران، ۱(۱):۱۸۹-۲۱۱، ۲۰۱۱.
- [12] Cleveland, Cutler J and Morris, Christopher G. *Handbook of Energy: Diagrams, Charts, and Tables*, vol. 1. Newnes, 2013.
- [13] Skipka, Kenneth J and Theodore, Louis. *Energy resources: availability, management, and environmental impacts*. CRC Press, 2014.
- [14] Duffie, John A and Beckman, William A. *Solar engineering of thermal processes*. John Wiley & Sons, 2013.
- [15] Noghrehabadi, Aminreza, Hajidavalloo, Ebrahim, and Moravej, Mojtaba. An experimental investigation of performance of a 3-d solar conical collector at different flow rates. *Journal of Heat and Mass Transfer Research*, 3(1):57-66, 2016.
- [16] Tsoutsos, Theocharis, Frantzeskaki, Niki, and Gekas, Vas-silis. Environmental impacts from the solar energy technologies. *Energy Policy*, 33(3):289-296, 2005.
- [۱۷] بایزیدی، مطلب و قلیزاده، ادیب عباسی. بررسی پتانسیل انرژی باد جهت احداث نیروگاه برق بادی در استان کردستان با استفاده از توزیع ویبول. فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۱۹:۱۱۵-۱۲۶، ۲۰۱۷.
- [1] Dincer, Ibrahim. Renewable energy and sustainable development: a crucial review. *Renewable and sustainable energy reviews*, 4(2):157-175, 2000.
- [2] Boyle, Godfrey. Renewable energy. *Renewable Energy*, by Edited by Godfrey Boyle, pp. 456. Oxford University Press, May 2004. ISBN-10: 0199261784. ISBN-13: 9780199261789, p. 456, 2004.
- [3] Meyer, Lutz, Tsatsaronis, George, Buchgeister, Jens, and Schebek, Liselotte. Exergoenvironmental analysis for evaluation of the environmental impact of energy conversion systems. *Energy*, 34(1):75-89, 2009.
- [4] Saidur, Rahman, Rahim, NA, Islam, MR, and Solangi, KH. Environmental impact of wind energy. *Renewable and sustainable energy reviews*, 15(5):2423-2430, 2011.
- [۵] جهانگرد، اسفندیار. محیط زیست و برنامه های توسعه در ایران. فصلنامه اقتصاد محیط زیست و منابع طبیعی، ۱(۲):۱۰۵-۱۴۲، ۲۰۱۶.
- [۶] رهایی، امید و قائم مقامی، پروین. محیط زیست و تدابیر پایدار در طراحی ساختمان های آینده.
- [7] Kothari, DP, Singal, KC, and Ranjan, Rakesh. *Renewable energy sources and emerging technologies*. PHI Learning Pvt. Ltd., 2011.
- [۸] نظری، روح اله، مهدوی عادل، محمد حسین، و دادگر، یدالله. بررسی عوامل مؤثر بر آلودگی محیط زیست در ایران طی دوره ۱۳۹۲-۱۳۵۳. فصلنامه علمی-پژوهشی، پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی، ۶(۲۱):۶۰-۴۷، ۲۰۱۵.