

جایگاه ایران در انرژی‌های تجدیدپذیر



احمد دادپور
 دکترای برق، استادیار گروه برق دانشگاه گلستان، مدیرمسئول فصلنامه نماد
 a.dadpour@gu.ac.ir



۱- چکیده

با توجه به مشکلات عدیده‌ای که سوخت‌های فسیلی برای محیط زیست به‌وجود آورده، کشورهای دنیا با هدف پایداری محیط زیست و جلوگیری از افزایش غیرقابل تحمل دما در سطح جهانی همچنین جلوگیری از آلودگی هوا، برنامه‌های خود را برای توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر به پیش می‌برند. کشور چین علی‌رغم وجود معادن بزرگ زغال‌سنگ در آن کشور پیشگام توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در دنیا بوده و سایر کشورها نیز با سرعت زیادی جایگاه خود را در دنیا برای کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر بهبود می‌بخشند. در بین انرژی‌های تجدیدپذیر، انرژی‌های خورشیدی و بادی بیشترین سهم را در توسعه این انرژی‌ها داشته است. انرژی تجدیدپذیر در کشور ما در مقایسه با سوخت فسیلی کمتر از دو درصد را برای تولید برق تشکیل می‌دهد و همین موضوع باعث شده که آلودگی هوا در شهرهای بزرگ کشورمان همه‌ساله معضلات زیادی به‌خصوص در فصول سرد را به‌وجود می‌آورد و هر سال این مشکلات بزرگ‌تر می‌شود.

۲- مقدمه

آژانس بین‌المللی انرژی دارای ۳۱ عضو از کشورهای استرالیا، اتریش، بلژیک، کانادا، چک، دانمارک، استونی، فنلاند، فرانسه، یونان، مجارستان، ایرلند، ایتالیا، ژاپن، کره، لیتوانی، لوکزامبورگ، مکزیک، هلند، نیوزیلند، نروژ، لهستان، پرتغال، اسلواکی، اسپانیا، سوئد، سوئیس، ترکیه، انگلستان و آمریکا بوده و اعضای وابسته شامل آرژانتین، برزیل، چین، مصر، هند، اندونزی، کنیا، مراکش، سنگال، سنگاپور، آفریقای جنوبی، تایلند و اکراین می‌باشد. این آژانس در گزارشی، بر اساس وضعیت موجود انرژی‌های تجدیدپذیر در سال ۲۰۲۲، همچنین برنامه توسعه کشورها در کنفرانس تغییرات اقلیمی COP۲۸ در دبئی، که در آن نمایندگان بیش از ۱۳۰ کشور از جمله اتحادیه اروپا شرکت داشتند اعلام نمود که کشورهای حاضر برای سه‌برابری انرژی‌های تجدیدپذیر نسبت به میزان نصب شده این انرژی در سال ۲۰۲۲، تا سال ۲۰۲۸ با یکدیگر همکاری نمایند. بر اساس برنامه‌های پنج‌ساله آتی و موانع پیش روی آن‌ها، آژانس بین‌المللی انرژی طرحی را تهیه کرده که خلاصه‌ای از آن در گزارش زیر آورده شده است.

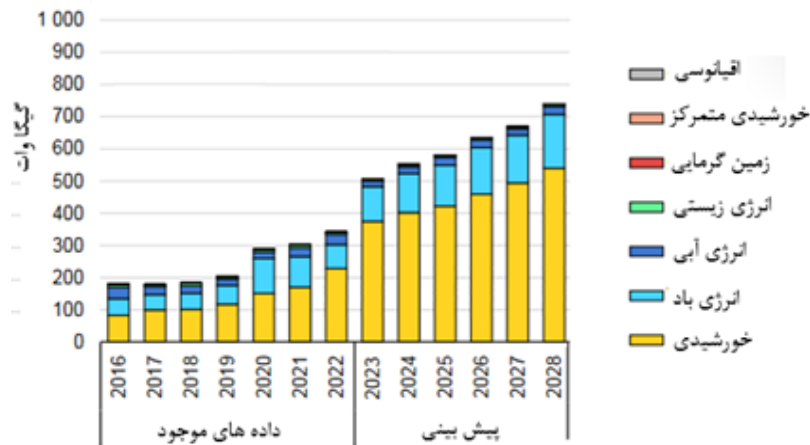
۳- برنامه توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر

۳-۱- جایگاه کشورها در برنامه توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر

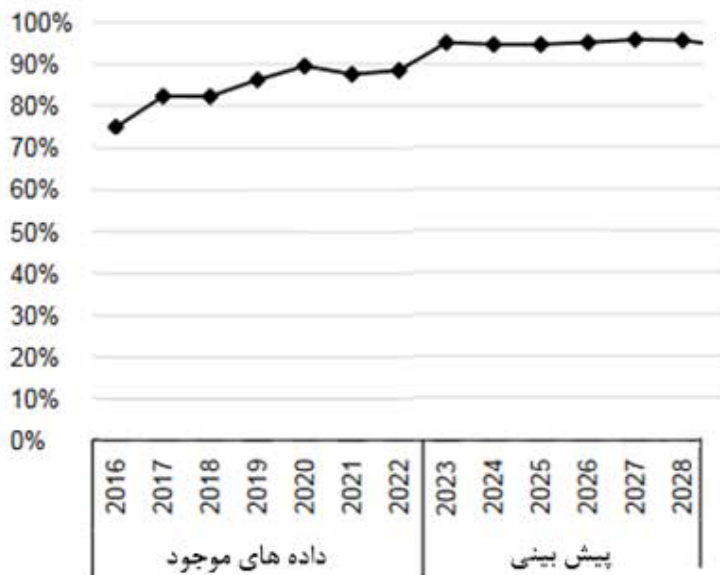
شکل ۱ افزایش ظرفیت برق تجدیدپذیر جهانی در سال‌های برنامه بر اساس فناوری را که توسط کشورهای عضو به آژانس ارائه گردیده نشان می‌دهد.

شکل ۲ نشان می‌دهد که انرژی‌های تجدیدپذیر اقیانوسی، خورشیدی متمرکز، زمین گرمایی و زیستی تأثیر چندانی بر افزایش ظرفیت برق تجدیدپذیر نداشته و قسمت بیشتر افزایش ظرفیت برق تجدیدپذیر ناشی از رشد انرژی‌های بادی و خورشیدی است.

شکل ۳ نشان می‌دهد که پیش‌بینی رشد ظرفیت برق تجدیدپذیر کشور چین به تنهایی از رشد بقیه کشورهای جهان بین سال‌های ۲۰۲۳ تا ۲۰۲۸ بیشتر است. این در حالی است که بیش از ۹۰ درصد از کل ذخایر اثبات شده زغال‌سنگ جهان تنها در ده کشور قرار دارد. کشورهای ایالات متحده آمریکا، استرالیا، چین و هند به تنهایی دارای ۶۲ درصد از ذخایر زغال‌سنگ در جهان می‌باشند. چین بزرگترین تولیدکننده زغال‌سنگ است که



شکل ۱- افزایش ظرفیت برق تجدیدپذیر بر اساس فناوری



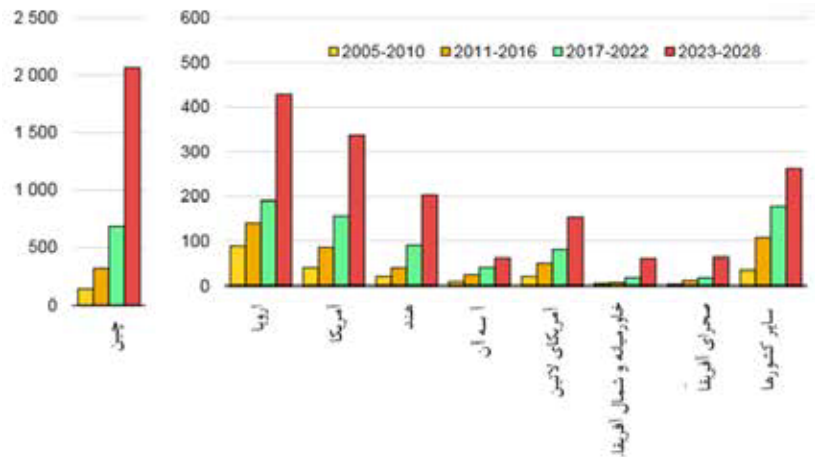
شکل ۲- درصد انرژی های بادی و خورشیدی از کل انرژی های تجدیدپذیر



واقع شده است. اما نکته قابل توجهی که وجود دارد روند نزولی سهم سوخت های فسیلی از کل مصارف و جایگزینی آن با منابع تجدیدپذیر می باشد که با توجه به به کارگیری سیاست های زیست محیطی انتظار کاهش ملایم در طول سال های آینده می رود. سوخت های فسیلی در چند سال اخیر مشکلات زیست محیطی را تشدید کرده اند و به همین دلیل بسیاری از کشورهای توسعه یافته سعی در کاهش تولید و مصرف زغال سنگ دارند. این اقدامات در چهارچوب سیاست های کاهش انتشار گازهای گلخانه ای انجام می شوند. با این حال، به دلیل تقاضای همچنان قوی و عدم وجود جایگزین کافی، تولید زغال سنگ همچنان ادامه دارد و حتی در برخی نقاط افزایش می یابد. با این

حدود نیمی از کل تولید زغال سنگ جهان را به خود اختصاص داده است. این کشور برای تولید برق و مصارف صنعتی به شدت به زغال سنگ متکی است. هند دومین تولید کننده زغال سنگ در جهان است و برای تولید انرژی و اهداف صنعتی به زغال سنگ متکی است. ایالات متحده یکی از تولیدکنندگان برتر زغال سنگ است، اما در سال های اخیر به دلیل تغییر به سمت منابع انرژی پاک تر، تولید زغال سنگ خود را کاهش داده است. اندونزی بزرگترین صادرکننده زغال سنگ در جهان است و دارای ذخایر زغال سنگ قابل توجهی است که آن را به یک بازیگر اصلی در صنعت زغال سنگ تبدیل کرده است. استرالیا پنجمین تولیدکننده بزرگ زغال سنگ است و دارای ذخایر بزرگ زغال سنگ است که عمدتاً در ایالت کوئینزلند

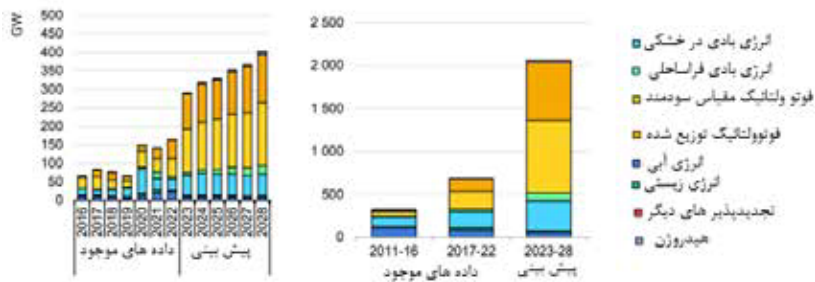
انرژی های تجدیدپذیر اقیانوسی، خورشیدی متمرکز، زمین گرمایی و زیستی تأثیر چندانی بر افزایش ظرفیت برق تجدیدپذیر نداشته و قسمت بیشتر افزایش ظرفیت برق تجدیدپذیر ناشی از رشد انرژی های بادی و خورشیدی است.



شکل ۳- رشد ظرفیت برق تجدیدپذیر براساس کشور/ منطقه



شکل ۴- رشد ظرفیت انرژی‌های تجدیدپذیر از سال ۲۰۲۲ تا ۲۰۳۰ و فاصله تا سه برابر شدن هدف جهانی انرژی‌های تجدیدپذیر

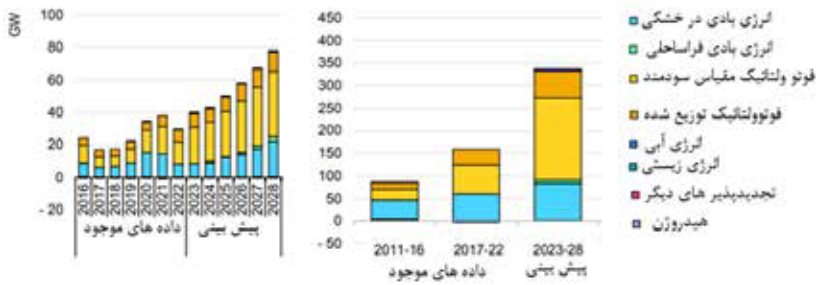


شکل ۵- افزایش ظرفیت تجدیدپذیر چین براساس فناوری ۲۰۱۱-۲۰۲۸

حال، این سیاست‌ها به نام کربن صفر نشان از تحولات مهمی در این زمینه دارند. پس از ارائه برنامه‌ها و پیش‌بینی کشورها در مورد انرژی‌های تجدیدپذیر مشخص گردید که تا سال ۲۰۲۸ نمی‌توان به سه برابر کردن انرژی‌های تجدیدپذیر نسبت به میزان نصب شده این انرژی در سال ۲۰۲۲ امیدوار بود. شکل ۴ نشان می‌دهد که ظرفیت انرژی‌های تجدیدپذیر جهانی به دو و نیم برابر ظرفیت در سال ۲۰۲۲ خواهد رسید. بررسی‌های بیشتر نشان می‌دهد که ظرفیت نصب شده انرژی‌های تجدیدپذیر در جهان تا سال ۲۰۳۰ به حداقل ۱۱۰۰۰ گیگاوات خواهد رسید. در شکل ۴ برنامه‌های ارائه شده کشورها نشان می‌دهد که:

انرژی‌های تجدیدپذیر در اوایل سال ۲۰۲۵ از زغال‌سنگ پیشی خواهند گرفت تا بزرگترین منبع انرژی برای تولید برق در جهان شوند. تا سال ۲۰۲۸، تولید برق توسط انرژی تجدیدپذیر به حدود ۱۴۴۰۰ تراوات ساعت برسد که افزایش تقریباً ۷۰ درصدی نسبت به سال ۲۰۲۲. طی پنج سال آینده، نشان می‌دهد. در سال ۲۰۲۴، تولید انرژی تجدیدپذیر متغیر از نیروی آبی پیشی می‌گیرد. در سال ۲۰۲۵ انرژی بادی از تولید برق هسته‌ای پیشی می‌گیرد. در سال ۲۰۲۶، فوتو ولتائیک خورشیدی از تولید برق هسته‌ای پیشی می‌گیرد. در سال ۲۰۲۸، فوتو ولتائیک خورشیدی از تولید

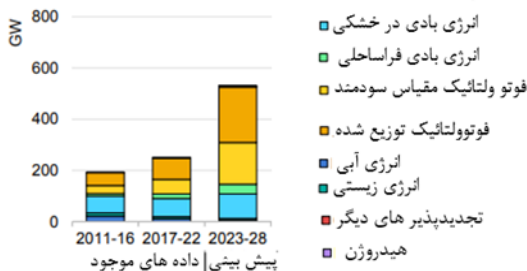
انرژی‌های تجدیدپذیر در اوایل سال ۲۰۲۵ از زغال‌سنگ پیشی خواهند گرفت تا بزرگترین منبع انرژی برای تولید برق در جهان شوند.



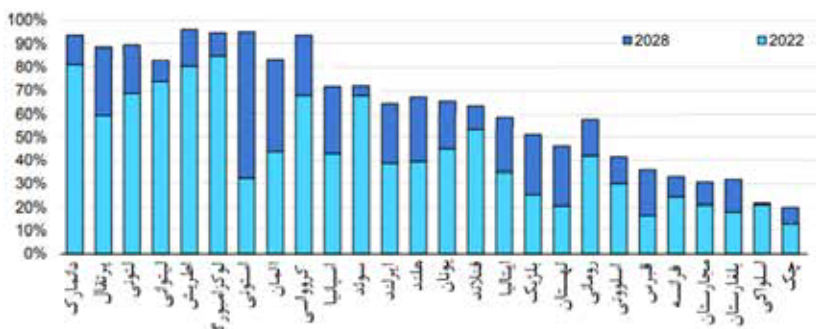
شکل ۶- افزایش ظرفیت تجدیدپذیر ایالات متحده توسط فناوری، ۲۰۲۸-۲۰۱۱



شکل ۷- افزایش ظرفیت تجدیدپذیر آسیا و اقیانوسیه، ۲۰۲۸-۲۰۱۱



شکل ۸- افزایش ظرفیت تجدیدپذیر اروپا بر اساس فناوری، ۲۰۲۸-۲۰۱۱



شکل ۹- سهم انرژی تجدیدپذیر اتحادیه اروپا در تولید برق بر اساس کشور در سال های ۲۰۲۲ و ۲۰۲۸

برق بادی پیشی می‌گیرد.

شکل ۵ افزایش ظرفیت تجدیدپذیر چین را بر اساس فناوری در بازه زمانی ۲۰۲۸-۲۰۱۱ نشان می‌دهد.

توجه: هیدروژن به ظرفیت تجدیدپذیری اطلاق می‌شود که برای تولید هیدروژن اختصاص داده شده است. سایر انرژی‌های تجدیدپذیر شامل زمین گرمایی و CSP است. (شکل ۵)

پیش بینی افزایش ظرفیت تجدیدپذیر چین نشان می‌دهد که حدود ۹۵ درصد افزایش ظرفیت در نوع بادی و خورشیدی می‌باشد و سایر انرژی‌ها مانند انرژی آبی کاهش رشد را نشان می‌دهد. علاوه بر آن پیش بینی افزایش انرژی خورشیدی بیش از سه برابر افزایش انرژی بادی در این بازه زمانی است.

شکل ۶ افزایش ظرفیت تجدیدپذیر ایالات متحده آمریکا را بر اساس فناوری در بازه زمانی ۲۰۲۸-۲۰۱۱ نشان می‌دهد.

پیش بینی افزایش ظرفیت تجدیدپذیر ایالات متحده نشان می‌دهد که تقریباً ۱۰۰ درصد افزایش ظرفیت در نوع بادی و خورشیدی می‌باشد. علاوه بر آن پیش بینی افزایش انرژی خورشیدی بیش از سه برابر افزایش انرژی بادی در این بازه زمانی است. شکل ۷ افزایش ظرفیت تجدیدپذیر آسیا و اقیانوسیه را در بازه زمانی ۲۰۲۸-۲۰۱۱ بر حسب نوع انرژی و کشور مربوطه نشان می‌دهد. نمودار سمت راست نشان می‌دهد که حدود نیمی از این رشد مربوط به کشور هند بوده و در نمودار سمت چپ می‌بینیم که تقریباً ۱۰۰ درصد افزایش ظرفیت در نوع بادی و خورشیدی می‌باشد.

توجه: سایر انرژی‌های تجدیدپذیر به زمین گرمایی و حرارتی متمرکز خورشیدی (CSP) اشاره دارد.

شکل ۸ افزایش ظرفیت تجدیدپذیر اروپا بر اساس فناوری و شکل ۹ سهم انرژی تجدیدپذیر اتحادیه اروپا در تولید برق بر اساس کشور در سال های ۲۰۲۲ و ۲۰۲۸ را نشان می‌دهد.

شکل ۹ نشان می‌دهد که تعدادی از کشورهای اتحادیه اروپا تا سال ۲۰۲۸ برای تولید برق به سمت بی‌نیازی از سوخت‌های فسیلی خواهند رفت.

شکل ۱۰ افزایش ظرفیت تجدیدپذیر کشورهای آمریکای لاتین را بر اساس فناوری و کشور در بازه زمانی ۲۰۲۸-۲۰۱۸ نشان می‌دهد. نمودارهای سمت راست، سهم هر کشور را در نوع انرژی تجدیدپذیر افزایش یافته بین سال های ۲۰۲۳ تا ۲۰۲۸ و نمودارهای سمت چپ، سهم هر کشور را در سال افزایش، نشان می‌دهد. برزیل در بین کشورهای آمریکای لاتین بیشترین سهم را در افزایش ظرفیت تجدیدپذیر دارد.

(شکل ۱۰)

شکل ۱۱ پیش‌بینی افزایش ظرفیت تجدیدپذیر کشورهای جنوب صحرای آفریقا را بر اساس سال و کشور در بازه زمانی ۲۰۲۸-۲۰۲۳ نشان می‌دهد. آفریقای جنوبی در بین کشورهای جنوب صحرای آفریقا بیشترین سهم را در افزایش ظرفیت تجدیدپذیر دارد.

شکل ۱۲ پیش‌بینی افزایش ظرفیت تجدیدپذیر کشورهای خاورمیانه و شمال آفریقا را بر اساس فناوری و کشور در بازه زمانی ۲۰۲۸-۲۰۱۱ نشان می‌دهد. عربستان سعودی و امارات متحده عربی در بین کشورهای خاورمیانه و شمال آفریقا بیشترین سهم را در افزایش ظرفیت تجدیدپذیر دارند.

۳-۲- جایگاه ایران در برنامه توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر

جدول ۱ ظرفیت تولید برق نیروگاه‌های ایران را در سال ۱۴۰۳ نشان می‌دهد. بیش از ۸۰ درصد برق تولیدی کشور از سوخت‌های فسیلی تولید شده و سهم انرژی‌های تجدیدپذیر از کل تولید برق کشور فقط یک و سه دهم درصد بوده و مقدار آن یک و دو دهم گیگاوات می‌باشد. ظرفیت انرژی تجدیدپذیر ایران به هیچ‌وجه قابل مقایسه با کشورهای اروپایی، آمریکایی، چین و هند نبوده و اگر آن را با ظرفیت کشورهای نفت‌خیز منطقه خاورمیانه مانند عربستان و امارات نیز مقایسه نماییم، مشاهده می‌کنیم که ظرفیت انرژی تجدیدپذیر کشورمان به ترتیب یک بیستم و یک دهم ظرفیت عربستان و امارات می‌باشد.

(جدول ۱)

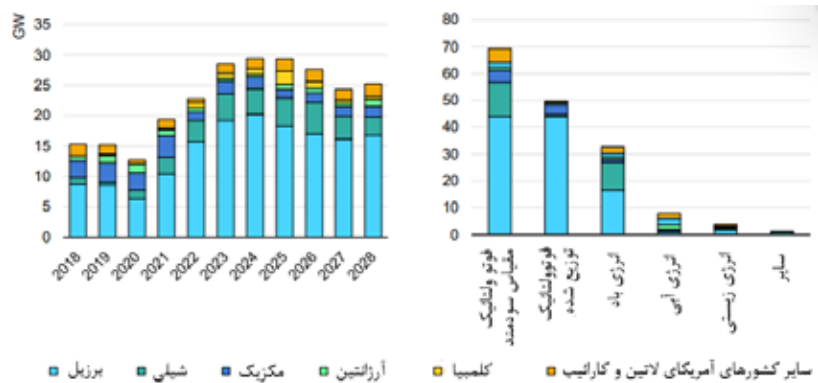
۴- جمع‌بندی

کشورمان با هدف پایداری محیط زیست و جلوگیری از افزایش غیرقابل تحمل دما در سطح جهانی که پیامدهای دیگری همانند آلودگی هوا را نیز به همراه دارد، باید به سمت راه‌حل‌های جایگزین تولید انرژی برود و موضوع امنیت انرژی را از مسیر انرژی‌های تجدیدپذیر دنبال کند. یکی از راهکارهای کاهش آلودگی شهرهای بزرگ و صنعتی کشورمان که همه ساله در فصول سرد مشکلات بزرگی را برایمان به وجود می‌آورد و هر سال این مشکلات بزرگتر می‌شود، استفاده از نیروگاه‌های تجدیدپذیر خورشیدی و بادی به جای نیروگاه‌های سوخت فسیلی می‌باشد.

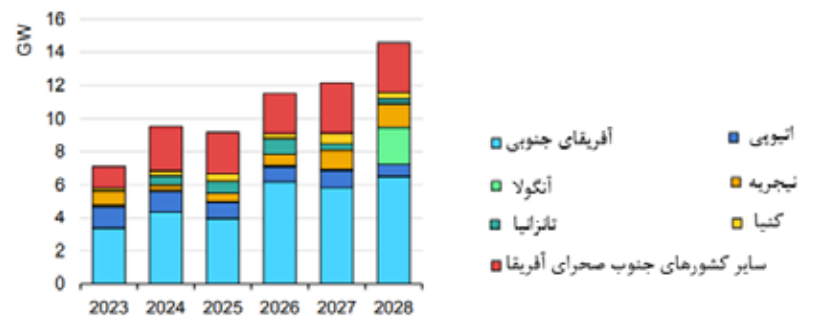
۵- مراجع

[1] Renewables 2023 Analysis and forecast to 2028

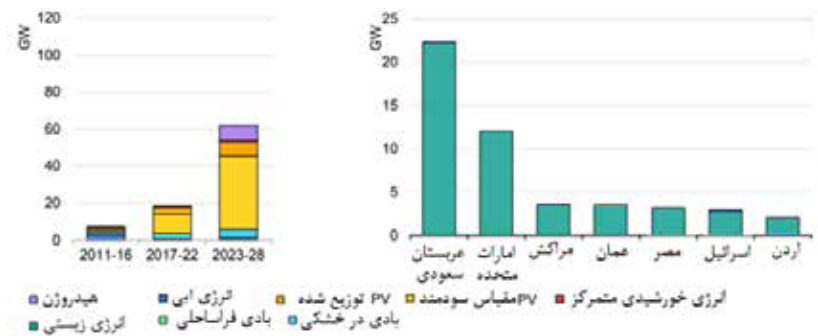
[2] International Energy Agency



شکل ۱۰- افزایش ظرفیت آمریکای لاتین بر اساس فناوری و کشور



شکل ۱۱- پیش‌بینی افزایش ظرفیت کشورهای جنوب صحرای آفریقا بین سال‌های ۲۰۲۳ تا ۲۰۲۸



شکل ۱۲- افزایش ظرفیت خاورمیانه و شمال آفریقا، بر اساس فناوری و کشور

نوع نیروگاه نصب شده	توان تولیدی (مگاوات)	سهم (درصد)
بخاری	۱۵۸۲۹	۱۶٫۹
گازی	۲۴۳۹۲	۲۶٫۲
چرخه ترکیبی	۳۵۸۰۲	۳۸٫۳
برق آبی	۱۲۱۴۵	۱۳
اتمی	۱۰۲۰	۱٫۱
تولید پراکنده	۲۶۱۴	۲٫۸
تجدیدپذیر	۱۲۱۴	۱٫۳
دیزلی	۳۷۲	۰٫۴
جمع	۹۳۳۸۸	۱۰۰

جدول ۱- ظرفیت تولید برق نیروگاه‌های ایران در سال ۱۴۰۳