

به نام خدا



عنوان گزارش:

بررسی و تحلیل چشم اندازهای جهانی انرژی ارائه شده توسط مراجع رسمی بین المللی

(چشم انداز انرژی آژانس بین المللی انرژی)

موسسه مطالعات بین المللی انرژی

زمستان ۱۴۰۱



فهرست

۳.....	خلاصه مدیریتی
۱۵.....	۱- امنیت انرژی در گذار انرژی
۲۳.....	۲- چشم انداز تقاضای انرژی
۳۶.....	۲-۱- چشم انداز برق
۵۴.....	۲-۲- چشم انداز سوخت های مایع
۸۳.....	۲-۳- چشم انداز سوخت های گازی
۱۱۴.....	۲-۴- چشم انداز سوخت های جامد

خلاصه مدیریتی

جهان در میانه یک بحران جهانی انرژی با عمق و پیچیدگی بی سابقه ای قرار دارد. اروپا در مرکز این بحران قرار دارد، اما پیامدهای مهمی برای بازارها، سیاست ها و اقتصادهای سراسر جهان دارد. همانطور که اغلب اتفاق می افتد، فقیرترین و آسیب پذیرترین افراد احتمالاً بیشترین آسیب را خواهند دید. این فشارها با تهاجم روسیه به اوکراین آغاز نشد، اما به شدت توسط آن تشدید شد. قیمت‌های فوق‌العاده بالا جرقه‌ای برای ارزیابی مجدد سیاست‌ها و اولویت‌های انرژی است. روابط انرژی اروپا و روسیه در حال فروپاشی است و قابلیت دوام چندین دهه زیرساخت سوخت های فسیلی و تصمیمات سرمایه گذاری بر اساس این پایه را زیر سوال می برد. تغییر جهت گیری عمیق تجارت بین المللی انرژی در حال انجام است و خطرات بازار جدیدی را به همراه دارد، حتی اگر آسیب پذیری های طولانی مدت را برطرف کند. بسیاری از خطوط این دنیای جدید هنوز به طور کامل مشخص نشده اند، اما هیچ بازگشتی به حالت قبل وجود ندارد. از بحران های انرژی گذشته می دانیم که بعید است روند تعدیل روند آرامی داشته باشد. این تعدیل همچنین در چارچوب تعهدات دولت ها به انتقال انرژی پاک صورت خواهد گرفت. موضوع اصلی چشم‌انداز جهانی انرژی ۲۰۲۲ این است که چگونه اهرم‌های تغییرات تکنولوژیکی و نوآوری، تجارت و سرمایه‌گذاری و تغییرات رفتاری می‌توانند یک انتقال مطمئن به سمت یک سیستم انرژی با انتشار خالص صفر را هدایت کنند، در حالی که خطرات بالقوه و مبادلات بین سیاست‌های مختلف را به حداقل می‌رسانند.

بحران جهانی انرژی ناشی از تهاجم روسیه به اوکراین پیامدهای گسترده‌ای برای خانوارها، مشاغل و کل اقتصادها دارد و باعث واکنش‌های کوتاه‌مدت دولت‌ها و همچنین بحث عمیق‌تر درباره راه‌های کاهش خطر اختلالات آینده و ارتقای امنیت انرژی می‌شود. این یک بحران جهانی است، اما اروپا بازیگر اصلی است و گاز طبیعی در مرکز صحنه است - به ویژه در زمستان آینده نیمکره شمالی. قیمت بالای گاز و زغال سنگ عامل ۹۰ درصد فشار افزایشی بر هزینه های برق در سراسر جهان است. برای جبران کمبود گاز روسیه، اروپا قرار است در سال ۲۰۲۲ نسبت به سال قبل ۵۰ میلیارد متر مکعب (LNG) اضافی وارد کند.

این بحران فشارهای تورمی را تشدید کرده و خطر رکود اقتصادی را ایجاد کرده است. قیمت ها و فشارهای اقتصادی به این معناست که تعداد افرادی که به انرژی مدرن دسترسی ندارند برای اولین بار در یک دهه اخیر در حال افزایش است. حدود ۷۵ میلیون نفر که اخیراً به برق دسترسی پیدا کرده اند، احتمالاً توانایی پرداخت هزینه آن را از دست خواهند داد و ۱۰۰ میلیون نفر ممکن است به استفاده از زیست توده سنتی برای پخت و پز برگردند. دولت‌ها در مواجهه با کمبود انرژی و قیمت‌های بالا، تاکنون بیش از ۵۰۰ میلیارد دلار را متعهد شده‌اند که عمدتاً در اقتصادهای پیشرفته هستند تا از مصرف‌کنندگان در برابر تأثیرات فوری محافظت کنند. سایر اقدامات کوتاه

مدت شامل افزایش تولید برق با سوخت نفت و زغال سنگ، افزایش طول عمر برخی از نیروگاه های هسته ای و تسریع جریان پروژه های تجدیدپذیر جدید است.

با توجه به اینکه بازارهای انرژی به شدت آسیب پذیر هستند، شوک انرژی امروز یادآور شکنندگی و ناپایداری سیستم انرژی فعلی ما است. یک سوال کلیدی برای سیاستگذاران و برای این چشم انداز، این است که آیا این بحران یک عقبگرد برای گذار انرژی پاک خواهد بود یا اقدامات سریعتر را تسریع می کند. سیاست های آب و هوایی و تعهدات خالص صفر در برخی بخش ها به دلیل افزایش قیمت های انرژی مورد سرزنش قرار گرفتند، اما شواهد کمی برای این موضوع وجود دارد.

زمان های بحران، دولت ها و نحوه واکنش آنها را مورد توجه قرار می دهد. در کنار اقدامات کوتاه مدت، بسیاری از دولت ها اکنون در حال برداشتن گام های بلندمدت هستند: برخی به دنبال افزایش یا تنوع بخشیدن به عرضه نفت و گاز هستند. بسیاری به دنبال تسریع تغییرات ساختاری هستند. این چشم انداز سه سناریو - کاملاً به روز شده - را بررسی می کند که چارچوبی برای تفکر در مورد آینده انرژی و بررسی پیامدهای انتخاب های مختلف سیاست، روندهای سرمایه گذاری و پویایی های فناوری فراهم می کند. سناریوهایی که نباید به عنوان پیش بینی آرانس بین المللی انرژی در نظر گرفته شوند عبارتند از:

۱- سناریوی سیاست های بیان شده (STEPS) مسیری را نشان می دهد که تنظیمات خط مشی امروزی نشان می دهد.

۲- سناریوی تعهدات اعلام شده (APS) فرض می کند که تمام اهداف جاه طلبانه اعلام شده توسط دولت ها به موقع و به طور کامل برآورده می شوند، از جمله اهداف بلندمدت خالص صفر و دسترسی به انرژی.

۳- سناریوی انتشار خالص صفر تا سال ۲۰۵۰ (NZE) راهی را برای دستیابی به تثبیت ۱.۵ درجه سانتیگراد در افزایش میانگین دمای جهانی در کنار دسترسی جهانی به انرژی مدرن تا سال ۲۰۳۰ ترسیم می کند.

ابهامات زیادی در مورد چگونگی تحول این بحران انرژی و افزایش قیمت سوخت های فسیلی برای مدت طولانی وجود دارد. در تمام سناریوها، فشارهای قیمتی و چشم انداز کوتاه مدت ضعیف اقتصاد جهانی باعث کاهش تقاضای انرژی نسبت به چشم انداز سال گذشته می شود. در سناریوی سیاست های بیان شده (STEPS)، رشد تقاضای جهانی انرژی حدود ۱٪ در سال تا سال ۲۰۳۰ در مجموع تقریباً به طور کامل توسط انرژی های تجدیدپذیر تامین می شود. بازارهای نوظهور و اقتصادهای در حال توسعه، مانند هند، شاهد افزایش در طیف گسترده تری از سوخت ها

و فناوری‌ها هستند، در حالی که تنها منابع نشان‌دهنده رشد در اقتصادهای پیشرفته تا سال ۲۰۳۰، انتشار کم آلاینده‌ها است. STEPS در این چشم انداز اولین سناریوی چشم انداز انرژی جهان است که اوج قطعی تقاضای جهانی برای سوخت‌های فسیلی را نشان می‌دهد. تقاضای زغال سنگ در چند سال آینده به اوج خود می‌رسد، تقاضای گاز طبیعی تا پایان دهه به یک سطح ثابت می‌رسد و تقاضای نفت در اواسط دهه ۲۰۳۰ قبل از اینکه اندکی کاهش یابد، به بالاترین حد خود می‌رسد. از ۸۰ درصد امروز - سطحی که برای دهه‌ها ثابت بوده است - سهم سوخت‌های فسیلی در ترکیب انرژی جهانی به کمتر از ۷۵ درصد تا سال ۲۰۳۰ و به بیش از ۶۰ درصد تا اواسط قرن کاهش می‌یابد. در سناریوی تعهدات اعلام شده (APS)، تلاش برای برآورده کردن کامل تعهدات آب و هوایی، تقاضا برای تمام سوخت‌های فسیلی را تا سال ۲۰۳۰ کاهش می‌دهد. یک نکته مشترک در هر سناریو افزایش سهم برق در مصرف انرژی نهایی جهانی است. از ۲۰٪ امروز، این در هر سناریو افزایش می‌یابد و در سناریوی NZE در اواسط قرن به بیش از ۵۰٪ می‌رسد. این امر با افزایش کلی تقاضای جهانی برق مرتبط است. بخش عمده‌ای از این رشد ناشی از بازارهای نوظهور و اقتصادهای در حال توسعه است. هر سناریو به طرق مختلف و در ابعاد مختلف با چالش‌های کنونی امنیت انرژی و آب و هوا مواجه است، اما نقطه شروع تصمیم‌گیرندگان امروزی اساساً با همتایان خود در دهه ۱۹۷۰ متفاوت است. چالش‌های اقلیمی و محیطی به دلیل نیم قرن افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای بسیار حادتر هستند. اما انتخاب‌های فناوری پاک موجود امروزه بسیار بالغ‌تر و رقابتی‌تر هستند و گزینه‌هایی برای استفاده بسیار کارآمدتر از انرژی و تولید انرژی پاک‌تر و انواع جدید ذخیره‌سازی فراهم می‌کنند. در نتیجه، بسیاری از اجزای یک نوع جدید از سیستم انرژی به وضوح قابل مشاهده هستند. سوال این است که چقدر می‌توان آنها را به طور موثر و سریع در کنار فناوری‌های سنتی و سپس به جای آنها مستقر کرد. جهان در سال‌های اخیر به اندازه کافی در انرژی سرمایه‌گذاری نکرده است، واقعیتی که سیستم انرژی را در برابر شوک‌هایی که در سال ۲۰۲۲ مشاهده شد آسیب‌پذیرتر کرد. گذار آرام و ایمن انرژی مستلزم افزایش عمده در جریان سرمایه‌گذاری انرژی پاک است. رسیدن به سناریوی NZE مستلزم افزایش سه برابری هزینه‌های انرژی پاک و زیرساخت‌ها تا سال ۲۰۳۰، در کنار تغییر به سمت سرمایه‌گذاری بسیار بالاتر در بازارهای نوظهور و اقتصادهای در حال توسعه است.

سیاست‌های جدید در بازارهای بزرگ انرژی به افزایش سرمایه‌گذاری سالانه انرژی پاک تا سال ۲۰۳۰ به بیش از ۲ تریلیون دلار در STEPS کمک می‌کند که نسبت به امروز بیش از ۵۰ درصد افزایش یافته است. انرژی پاک به فرصتی بزرگ برای رشد و اشتغال و عرصه‌ای بزرگ برای رقابت اقتصادی بین‌المللی تبدیل می‌شود. تا سال ۲۰۳۰، تا حد زیادی به لطف قانون کاهش تورم ایالات متحده، افزایش ظرفیت خورشیدی و بادی سالانه در ایالات



متحدہ دو و نیم برابر بیشتر از سطح امروزی است، در حالی که فروش خودروهای الکتریکی هفت برابر بیشتر است. اهداف جدید همچنان به تولید انبوه انرژی پاک در چین دامن می‌زند، به این معنی که مصرف زغال سنگ و نفت آن هر دو قبل از پایان این دهه به اوج خود می‌رسد. استقرار سریع‌تر انرژی‌های تجدیدپذیر و بهبود بهره‌وری در اتحادیه اروپا، تقاضای گاز طبیعی و نفت اتحادیه اروپا را در این دهه ۲۰ درصد و تقاضای زغال سنگ را تا ۵۰ درصد کاهش می‌دهد، فشاری که به دلیل نیاز به یافتن منابع جدید مزیت اقتصادی و صنعتی فراتر از آن، فوریت بیشتری را به همراه دارد. هند در سال ۲۰۳۰ به سمت هدف ظرفیت انرژی تجدیدپذیر داخلی ۵۰۰ گیگاوات پیشرفت بیشتری می‌کند و انرژی‌های تجدیدپذیر تقریباً دو سوم تقاضای برق این کشور را که به سرعت در حال افزایش است برآورده می‌کند.

همزمان با متعادل شدن مجدد بازارها، انرژی‌های تجدیدپذیر با حمایت انرژی هسته‌ای شاهد پیشرفت‌های پایدار خواهند بود. افزایش تولید برق تجدیدپذیر به اندازه‌ای سریع است که از رشد کل تولید برق پیشی گرفته و سهم سوخت‌های فسیلی برای تولید انرژی را کاهش می‌دهد. سیاست‌های تقویت‌شده، چشم‌انداز اقتصادی ضعیف و قیمت‌های بالا در کوتاه‌مدت، رشد کلی تقاضای انرژی را تعدیل می‌کنند. افزایش در درجه اول از هند، آسیای جنوب شرقی، آفریقا و خاورمیانه است. با این حال، افزایش مصرف انرژی در چین، که محرک مهمی برای روندهای انرژی جهانی در دو دهه گذشته بوده است، کند شده و تا قبل از سال ۲۰۳۰ به طور کامل متوقف می‌شود زیرا چین به سمت اقتصاد خدمات محور تر حرکت می‌کند.

تجارت بین‌المللی انرژی در دهه ۲۰۲۰ با تطبیق کشورها با گسست جریان‌های روسیه-اروپا، که فرض می‌شود دائمی است، دچار تغییر جهت عمیقی شد. همه جریان‌های روسی که از اروپا جابه‌جا شده‌اند، جای جدیدی در بازارهای دیگر پیدا نمی‌کنند. با شروع ممنوعیت‌های اتحادیه اروپا بر واردات روسیه، بازارهای نفت خام و فرآورده، به ویژه گازوئیل، با دوره‌ای متلاطم روبرو هستند. تعدیل گاز طبیعی به زمان بیشتری نیاز دارد. سهم روسیه از تجارت بین‌المللی گاز که در سال ۲۰۲۱ ۳۰ درصد بود، تا سال ۲۰۳۰ در STEPS به ۱۵ درصد و در APS به ۱۰ درصد کاهش می‌یابد.

استفاده جهانی از سوخت‌های فسیلی از زمان شروع انقلاب صنعتی در قرن هجدهم در کنار تولید ناخالص داخلی افزایش یافته است. معکوس کردن این افزایش در حالی که به گسترش اقتصاد جهانی ادامه می‌دهد، لحظه‌ای مهم در تاریخ انرژی خواهد بود. سهم سوخت‌های فسیلی در ترکیب انرژی جهانی برای دهه‌ها سرسختانه بالا بوده و حدود ۸۰ درصد بوده است. تا سال ۲۰۳۰ در STEPS، این سهم به زیر ۷۵٪ و تا سال ۲۰۵۰ به بیش از ۶۰٪

می‌رسد. بالاترین میزان انتشار جهانی CO_2 مرتبط با انرژی در STEPS در سال ۲۰۲۵ به ۳۷ میلیارد تن (Gt) در سال رسیده است. و تا سال ۲۰۵۰ به ۳۲ گیگا تن برمی‌گردند. این با افزایش حدود ۲.۵ درجه سانتی‌گراد در دمای متوسط جهانی تا سال ۲۱۰۰ همراه خواهد بود. با این حال، کاهش تنها ۱۳٪ در انتشار سالانه CO_2 تا سال ۲۰۵۰ در STEPS برای جلوگیری از تأثیرات شدید ناشی از تغییر آب و هوا کافی نیست.

نگرانی‌ها در مورد قیمت سوخت، امنیت انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای، چشم‌انداز بسیاری از سوخت‌های کم‌آلاینده را روشن می‌کند.

سرمایه‌گذاری در گازهای کم‌آلاینده قرار است در سال‌های آینده به شدت افزایش یابد. در APS، تولید جهانی هیدروژن کم انتشار از سطوح بسیار پایین امروزی تا سال ۲۰۳۰ به بیش از ۳۰ میلیون تن در سال می‌رسد که معادل بیش از ۱۰۰ میلیارد متر مکعب گاز طبیعی است. اگرچه همه هیدروژن‌های کم انتشار نمی‌توانند جایگزین گاز طبیعی شوند.

تغییرات سیاست و فناوری از زمان توافق پاریس در سال ۲۰۱۵، افزایش دمای پیش‌بینی‌شده را کاهش داده است، اما هنوز راه درازی برای مهار گرمایش جهانی در ۱.۵ درجه سانتی‌گراد باقی مانده است. تهاجم روسیه به اوکراین منجر به یک دوره آشفتگی فوق‌العاده در بازارهای انرژی، به ویژه برای گاز طبیعی شده است.

هر بحران انرژی بازتابی از گذشته دارد و فشارهای حاد موجود در بازارهای امروزی با شدیدترین اختلالات انرژی در تاریخ انرژی مدرن، به ویژه شوک‌های نفتی دهه ۱۹۷۰ مقایسه می‌شود. در آن زمان، مانند اکنون، محرک‌های ژئوپلیتیکی قوی برای افزایش قیمت‌ها وجود داشت که منجر به تورم بالا و آسیب‌های اقتصادی شد. در آن زمان، مانند اکنون، بحران‌ها برخی از شکنندگی‌ها و وابستگی‌های اساسی در سیستم انرژی را آشکار کردند. در آن زمان، مانند اکنون، قیمت‌های بالا انگیزه‌های اقتصادی قوی برای اقدام ایجاد کرد و این انگیزه‌ها با ملاحظات امنیت اقتصادی و انرژی تقویت شد. اما بحران جهانی انرژی امروز به طور قابل توجهی گسترده‌تر و پیچیده‌تر از بحران‌های قبلی است. شوک‌های دهه ۱۹۷۰ مربوط به نفت بود و وظیفه سیاست‌گذاران نسبتاً روشن بود. کاهش وابستگی به نفت، به ویژه واردات نفت. در مقابل، بحران انرژی امروزه دارای ابعاد متعددی است: گاز طبیعی، همچنین نفت، زغال سنگ، برق، امنیت غذایی و آب و هوا. بنابراین، راه حل‌ها به طور مشابه همه را شامل می‌شود. در نهایت آنچه مورد نیاز است، صرفاً تنوع بخشیدن به یک کالای انرژی نیست، بلکه تغییر ماهیت خود سیستم انرژی و انجام این کار با حفظ ارائه خدمات مقرون به صرفه و ایمن انرژی است.

بهره‌وری و سوخت‌های پاک باعث افزایش رقابت می‌شوند. افزایش عظیم سرمایه‌گذاری در انرژی برای کاهش ریسک جهش قیمت‌ها و نوسانات در آینده و رسیدن به مسیری برای انتشار خالص صفر تا سال ۲۰۵۰ ضروری است. سرمایه‌گذاری در انرژی پاک از ۱.۳ تریلیون دلار امروز تا سال ۲۰۳۰ در STEPS به بالای ۲ تریلیون دلار افزایش می‌یابد، اما در سناریوی NZE باید در همان زمان به بالای ۴ تریلیون دلار برسد که نیاز به جذب سرمایه‌گذاران جدید در بخش انرژی را برجسته می‌کند. دولت‌ها باید رهبری را بر عهده بگیرند و جهت‌گیری استراتژیک قوی ارائه دهند، اما سرمایه‌گذاری‌های مورد نیاز بسیار فراتر از توان مالی عمومی است. منابع گسترده بازارها و تشویق بازیگران خصوصی برای ایفای نقش خود حیاتی است. امروزه به ازای هر ۱ دلاری که در سطح جهان برای سوخت‌های فسیلی هزینه می‌شود، ۱.۵ دلار صرف فناوری‌های انرژی پاک می‌شود.

کمبود سرمایه‌گذاری در انرژی پاک در اقتصادهای نوظهور و در حال توسعه بیشتر است، که با توجه به رشد سریع پیش‌بینی شده تقاضا برای خدمات انرژی، سیگنال‌نگران‌کننده‌ای است. اگر چین حذف شود، میزان سرمایه‌گذاری سالانه در انرژی‌های پاک در اقتصادهای نوظهور و در حال توسعه از زمان منعقد شدن توافقنامه پاریس در سال ۲۰۱۵ ثابت باقی مانده است. کلید عدم تعادل اساسی، که چندین سال در حال شکل‌گیری بوده، به سرمایه‌گذاری مربوط می‌شود. به مدت پنج سال پس از انعقاد موافقتنامه پاریس، میزان سرمایه‌گذاری در گذار انرژی در حدود ۱ تریلیون دلار در سال ثابت باقی ماند. اما این مقدار بسیار کمتر از مقدار مورد نیاز برای حمایت از تحول کامل سیستم انرژی بود. تنها در دو سال گذشته، ۲۰۲۱ و ۲۰۲۲، هزینه‌های انرژی پاک افزایش چشمگیری داشته است. روی دیگر سکه سرمایه‌گذاری، هزینه‌های سوخت‌های فسیلی است. این به سرعت پس از سقوط قیمت نفت در سال‌های ۲۰۱۴-۲۰۱۵ کاهش یافت، که منعکس‌کننده درآمدهای کمتر و ناامیدی سرمایه‌گذاران از بازده ضعیفی بود که شرکت‌های نفت و گاز تولید می‌کردند. سرمایه‌گذاری انرژی از سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۰ کاهش یافت. سرمایه‌گذاری در سوخت‌های فسیلی پس از سقوط قیمت نفت در سال‌های ۲۰۱۴-۲۰۱۵ کاهش یافت و هزینه‌های انرژی پاک تا همین اواخر افزایش نیافته بود.

اگر سرمایه‌گذاری انرژی پاک مانند سناریوی NZE تسریع نشود، برای جلوگیری از نوسان بیشتر قیمت سوخت، سرمایه‌گذاری بیشتری در نفت و گاز مورد نیاز است، اما این به معنای به خطر انداختن هدف ۱.۵ درجه سانتی‌گراد نیز خواهد بود. در STEPS، به طور متوسط تقریباً ۶۵۰ میلیارد دلار در سال برای سرمایه‌گذاری بالادستی نفت و گاز طبیعی تا سال ۲۰۳۰ هزینه می‌شود که در مقایسه با سال‌های اخیر بیش از ۵۰ درصد افزایش یافته است. این سرمایه‌گذاری با ریسک‌هایی، هم تجاری و هم زیست‌محیطی همراه

است و نمی‌توان آن را بدیهی تلقی کرد. در میان نگرانی‌ها در مورد تورم هزینه، انضباط سرمایه به جای رشد تولید به محیط پیش فرض صنعت شیل ایالات متحده تبدیل شده است. کمبودهای تولید سوخت فسیلی از روسیه باید با تولید در جاهای دیگر جایگزین شود - حتی در دنیایی که تا سال ۲۰۵۰ به سمت تولید گازهای گلخانه‌ای خالص صفر حرکت می‌کند. مناسب‌ترین جایگزین‌های کوتاه‌مدت، پروژه‌هایی با زمان کوتاه‌مدت هستند که نفت و گاز را به سرعت به بازار می‌آورند. اما راه حل‌های پایدار برای بحران امروز در کاهش تقاضای سوخت فسیلی نهفته است.

تهاجم روسیه به اوکراین باعث تغییر جهت گیری عمده تجارت جهانی انرژی می‌شود و جایگاه روسیه را در بازار تضعیف می‌کند. تمام روابط تجاری روسیه با اروپا بر اساس سوخت‌های فسیلی در نهایت در سناریوهای قبلی آژانس به دلیل جاه‌طلبی‌های اروپا کاهش یافته بود. در این چشم‌انداز، منابع بیشتری از روسیه به سمت شرق و به سمت بازارهای آسیایی کشیده می‌شوند، اما روسیه در یافتن بازار برای تمام جریان‌هایی که قبلاً به اروپا می‌رفت، ناموفق است. در سال ۲۰۲۵، تولید نفت روسیه ۲ میلیون بشکه در روز کمتر از چشم‌انداز سال ۲۰۲۱ است و تولید گاز ۲۰۰ میلیارد مترمکعب کاهش یافته است. چشم‌انداز بلندمدت به دلیل عدم اطمینان در مورد تقاضا، و همچنین دسترسی محدود به سرمایه و فناوری‌های بین‌المللی برای توسعه زمینه‌های چالش برانگیزتر و پروژه‌های LNG تضعیف می‌شود. صادرات سوخت فسیلی روسیه هرگز - در هیچ یک از سناریوها- به سطوح مشاهده شده در سال ۲۰۲۱ باز نمی‌گردد و سهم آن از تجارت بین‌المللی نفت و گاز تا سال ۲۰۳۰ در STEPS به نصف کاهش می‌یابد.

جهت‌گیری مجدد روسیه به بازارهای آسیایی به ویژه در مورد گاز طبیعی چالش برانگیز است، زیرا فرصت بازار برای تحویل در مقیاس بزرگ بیشتر به چین محدود است. روسیه خطوط لوله جدید به چین را هدف قرار داده است، به ویژه خط لوله پاور سیری-۲ با ظرفیت بالا از طریق مغولستان. با این حال، پیش‌بینی‌های تقاضا برای چین تردیدهای قابل توجهی را در مورد دوام یک اتصال گازی در مقیاس بزرگ دیگر با روسیه ایجاد می‌کند. در STEPS، رشد تقاضای گاز چین بین سال‌های ۲۰۲۱ تا ۲۰۳۰ به ۲ درصد در سال کاهش می‌یابد، در مقایسه با نرخ رشد متوسط ۱۲ درصدی در سال از سال ۲۰۱۰، که نشان‌دهنده ترجیح سیاست برای انرژی‌های تجدیدپذیر است. واردکنندگان چینی برای تامین گاز قراردادهای بلندمدت LNG بسته‌اند، و چین هم‌اکنون قرارداد کافی برای تامین تقاضای پیش‌بینی‌شده در مراحل STEPS تا دهه ۲۰۳۰ دارد.

یکی از اثرات اقدامات روسیه این است که دوران رشد سریع تقاضای گاز طبیعی به پایان می‌رسد. در STEPS، سناریویی که بیشترین مصرف گاز را مشاهده می‌کند، تقاضای جهانی بین سال‌های ۲۰۲۱ تا ۲۰۳۰ کمتر از ۵ درصد افزایش می‌یابد و سپس تا سال ۲۰۵۰ در حدود ۴۴۰۰ میلیارد متر مکعب ثابت می‌ماند. دورنمای

گاز با افزایش قیمت‌های کوتاه‌مدت کاهش می‌یابد. قانون کاهش تورم، تقاضای گاز طبیعی ایالات متحده را در سال ۲۰۳۰ در مقایسه با پیش‌بینی‌های سال گذشته بیش از ۴۰ میلیارد متر مکعب کاهش می‌دهد و گاز را برای صادرات آزاد می‌کند. سیاست‌های قوی‌تر اقلیمی، تغییر ساختار اروپا از گاز را تسریع می‌کند. عرضه جدید قیمت‌ها را تا اواسط دهه ۲۰۲۰ کاهش می‌دهد و LNG برای امنیت کلی گاز اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. اما شتاب گذشته رشد گاز طبیعی در اقتصادهای در حال توسعه به ویژه در آسیای جنوبی و جنوب شرقی کند شده است و اعتبار گاز به عنوان سوخت گذار انرژی را تحت تأثیر قرار داده است. بیشتر تجدید نظر نزولی در تقاضای گاز تا سال ۲۰۳۰ در STEPS به دلیل تغییر سریع‌تر به انرژی پاک است.

یک پارادایم جدید امنیت انرژی برای حفظ قابلیت اطمینان و مقرون به صرفه بودن و در عین حال کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای مورد نیاز است. این چشم انداز شامل ده اصل است که می‌تواند به هدایت سیاست‌گذاران در طول دوره‌ای که کاهش سوخت فسیلی و گسترش سیستم‌های انرژی پاک وجود دارد کمک کند.

در حالی که جهان از بحران انرژی امروز عبور می‌کند، باید از آسیب‌پذیری‌های جدید ناشی از قیمت‌های بالا و بی‌ثباتی زنجیره‌های تامین انرژی پاک و مواد معدنی اجتناب کند. اگر به اندازه کافی مورد توجه قرار نگیرد، این مسائل می‌تواند گذار انرژی را به تأخیر بیندازد یا آنها را پرهزینه‌تر کند. تقاضا برای مواد معدنی حیاتی برای فناوری‌های انرژی پاک به شدت افزایش می‌یابد و تا سال ۲۰۳۰ در APS نسبت به سطح امروزی بیش از دو برابر خواهد شد. مس بیشترین افزایش را از نظر حجم مطلق دارد، اما سایر مواد معدنی حیاتی نرخ رشد تقاضای بسیار سریع‌تری را تجربه می‌کنند، به ویژه سیلیکون و نقره برای PV خورشیدی، عناصر خاکی کمیاب برای موتورهای توربین بادی و لیتیوم برای باتری‌ها. تداوم نوآوری در فناوری و بازیافت گزینه‌های حیاتی برای کاهش فشارها بر بازارهای مواد معدنی حیاتی است. اتکای زیاد به یک کشور خاص مانند چین برای تامین منابع معدنی حیاتی و برای بسیاری از زنجیره‌های تامین فناوری پاک خطری برای انتقال است.

بازارها و سیاست‌های انرژی در نتیجه تهاجم روسیه به اوکراین، نه فقط در حال حاضر، بلکه برای دهه‌های آینده تغییر کرده است. بحث زیست محیطی برای انرژی پاک نیازی به تقویت ندارد، اما استدلال‌های اقتصادی به نفع فناوری‌های پاک مقرون به صرفه و رقابتی در حال حاضر قوی‌تر شده‌اند - و همین‌طور در مورد امنیت انرژی. این همسویی اولویت‌های اقتصادی، اقلیمی و امنیتی در حال حاضر شروع به حرکت به سمت یک نتیجه بهتر برای مردم جهان و برای کره زمین کرده است. کارهای بیشتری باقی مانده است که باید انجام شود. گذار به یک سیستم انرژی ایمن‌تر و پایدارتر ممکن است آسان نباشد. اما بحران امروز به وضوح نشان می‌دهد که چرا باید به حرکت به سمت این گذار ادامه دهیم.

یافته های کلیدی

- بهبود مصرف انرژی جهانی که به دنبال کاهش ناشی از بیماری همه گیر در سال ۲۰۲۰ صورت گرفت، با تهاجم روسیه به اوکراین در اوایل سال ۲۰۲۲، پیش از موعد پایان یافت و بازارهای جهانی انرژی را در آشفتگی فرو برد، فشارهای تورمی را تحریک کرد و رشد اقتصادی را کاهش داد. فشارها بر بازارها با تهاجم روسیه به اوکراین آغاز نشد، اما به شدت توسط آن تشدید شد. این امر منجر به نوسانات و افزایش شدید قیمت‌های انرژی، به‌ویژه گاز طبیعی در بازارهای اروپایی شده است و خطر اختلال بیشتر در عرضه به چشم می‌خورد. در میان این آشفتگی، رشد انرژی‌های تجدیدپذیر به خوبی حفظ شده است.
- این بحران روابط انرژی با روسیه را بر اساس فرض اعتماد و تامین امنیت متلاشی کرده است و منجر به ارزیابی مجدد نیازهای امنیت انرژی در بسیاری از کشورها شده است. در حال حاضر مجموعه ای از اقدامات با هدف تقویت امنیت انرژی، از جمله حمایت برای ایجاد قابلیت تولید داخلی در بخش های کلیدی، انجام شده است.
- یک سوال کلیدی این است که آیا بحران امروز منجر به تسریع در گذار انرژی خواهد شد یا اینکه ترکیبی از آشفتگی اقتصادی و انتخاب های خط مشی کوتاه مدت سرعت حرکت را کاهش خواهد داد. از یک طرف، قیمت های بالای سوخت های فسیلی و سطوح بی سابقه انتشار، دلایل قوی برای دور شدن از اتکا به این سوخت ها یا استفاده کارآمدتر از آنها ارائه می دهد. از سوی دیگر، نگرانی‌های امنیت انرژی ممکن است سرمایه‌گذاری‌های مجدد در تامین سوخت‌های فسیلی و زیرساخت‌ها را تحریک کند. این چشم انداز پیامدهای انتخاب های مختلف سیاست را در نظر می گیرد.
- بحران انرژی امروز شباهت هایی با شوک های قیمت نفت در دهه ۱۹۷۰ دارد، اما تفاوت های مهمی نیز وجود دارد. بحران های دهه ۱۹۷۰ در بازارهای نفت متمرکز بود و اقتصاد جهانی بسیار بیشتر از امروز به نفت وابسته بود. با این حال، شدت استفاده از سایر سوخت های فسیلی به همان میزان کاهش نیافته است. برای گاز طبیعی در بسیاری از موارد افزایش یافته است. ماهیت جهانی بحران کنونی، گسترش آن در تمام سوخت‌های فسیلی و تأثیرات شدید بر قیمت برق، همگی نشانه‌های هشداردهنده‌ای از تأثیرات اقتصادی گسترده‌تر هستند.
- دولت‌ها در آستانه نشست COP۲۶ در گلاسکو در سال ۲۰۲۱، تعهدات زیادی را برای پایداری انجام دادند و اینها همچنان بستر بسیاری از استراتژی‌های انرژی است. در برخی موارد، این جاه طلبی ها اکنون با اقدامات جدیدی که به دنبال تقویت امنیت بلندمدت انرژی و تسریع انتقال انرژی هستند، از جمله قانون کاهش تورم ایالات متحده و طرح REPowerEU، تقویت شده است. مجموع هزینه های دولت متعهد به انتقال انرژی پاک از زمان شروع همه گیری به ۱.۱ تریلیون دلار می رسد.

- با سخت‌تر شدن سیاست‌های پولی در بسیاری از کشورها، هزینه‌های استقراض کوتاه‌مدت احتمالاً افزایش می‌یابد. این می‌تواند برخی از پروژه‌های انرژی پاک را با مشکل مواجه کند. با این وجود، فناوری‌های پاک همچنان مقرون به صرفه‌ترین گزینه برای تولید برق جدید در بسیاری از کشورها هستند، حتی قبل از در نظر گرفتن قیمت‌های فوق‌العاده بالای زغال سنگ و گاز در سال ۲۰۲۲.
- افزایش تقاضا برای خدمات انرژی تا سال ۲۰۴۰ به دلیل رشد اقتصادی است که تا سال ۲۰۳۰ کمتر از چشم‌انداز سال گذشته است، اما تا سال ۲۰۵۰ به طور متوسط ۲.۸ درصد در سال است. جمعیت جهان از ۷.۸ میلیارد نفر در سال ۲۰۲۱ به ۹.۷ میلیارد نفر در سال ۲۰۵۰ می‌رسد. تقریباً یک چهارم افزایش یافته است. این مفروضات اقتصادی و جمعیتی در سناریوهای مختلف ثابت نگه داشته می‌شوند، در حالی که سیاست‌های انرژی و آب و هوا، هزینه‌های فناوری و قیمت‌ها متفاوت است.
- فشارهای هزینه‌ای در سراسر بخش انرژی به دلیل فشارهای مداوم بر زنجیره تامین و قیمت‌های بالاتر برای مواد معدنی حیاتی و مصالح ساختمانی ضروری مانند سیمان و فولاد احساس می‌شود. ما انتظار داریم که افزایش اخیر در هزینه‌های فناوری پاک موقتی باشد و در برابر نیروهای نوآوری و بهبود در فرآیندهای تولید و نصب کاهش یابد. با این حال، روندهای کنونی دولت‌ها را وادار می‌کند تا به انعطاف‌پذیری و تنوع زنجیره‌های تامین انرژی پاک توجه بیشتری داشته باشند، که نمی‌توان آن را بدیهی تلقی کرد.
- پیش‌بینی می‌شود که قیمت‌های فوق‌العاده بالای سوخت‌های فسیلی امروز با کندی اقتصاد و متعادل شدن مجدد بازارها کاهش یابد، اگرچه بازارهای گاز طبیعی برای چندین سال در تنگنا باقی می‌مانند زیرا اروپا برای محموله‌های LNG موجود برای جبران کاهش عرضه روسیه رقابت می‌کند. سرعت تعدیل و مسیرهای بلندمدت قیمت بسته به سناریوها و بسته به قدرت اقدامات سیاستی برای مهار تقاضا متفاوت است.
- در سال ۲۰۲۱، آژانس بین‌المللی انرژی گزارش خود را به نام انتشار خالص صفر تا سال ۲۰۵۰ منتشر کرد. با این حال در مدت کوتاهی از آن، چیزهای زیادی تغییر کرده است. اقتصاد جهانی پس از همه‌گیری کووید-۱۹ بازگشته است و شاهد اولین بحران جهانی انرژی بوده است که قیمت‌های جهانی انرژی در بسیاری از بازارها به سطوح بی‌سابقه رسیده است و نگرانی‌های مربوط به امنیت انرژی را به منصه ظهور رسانده است.

- در سال ۲۰۲۱، انتشار گازهای گلخانه‌ای با ۱.۹ گیگا تن افزایش یافت و به ۳۶.۶ گیگا تن رسید، که ناشی از رشد اقتصادی فوق‌العاده سریع پس از همه‌گیری، پیشرفت آهسته در بهبود شدت انرژی، و افزایش تقاضای زغال سنگ بود.
- بین سال‌های ۲۰۲۱ تا ۲۰۳۰، منابع عرضه کم انتشار حدود EJ ۱۲۵ در سناریوی NZE رشد می‌کنند. این معادل رشد عرضه انرژی جهان از همه منابع طی پانزده سال گذشته است. در میان منابع کم انتشار، بیوانرژی مدرن و خورشیدی بیشترین افزایش را دارند و به ترتیب تا سال ۲۰۳۰ حدود EJ ۳۵ و EJ ۲۸ افزایش یافته‌اند. با این حال، تا سال ۲۰۵۰، بیشترین رشد در عرضه انرژی کم انتشار از خورشید و باد حاصل می‌شود. تا سال ۲۰۵۰، سوخت‌های فسیلی بدون کاهش برای مصارف انرژی، تنها ۵ درصد از کل عرضه انرژی را تشکیل می‌دهند.
- در سناریوی NZE، برق به محور جدید سیستم انرژی جهانی تبدیل می‌شود و بیش از نیمی از کل مصرف نهایی و دو سوم انرژی مفید را تا سال ۲۰۵۰ تامین می‌کند. تولید کل برق تا سال ۲۰۵۰ سالانه ۳.۳ درصد رشد می‌کند که سریع‌تر از نرخ رشد اقتصادی جهان در طول دوره است. افزایش ظرفیت سالانه همه انرژی‌های تجدیدپذیر از ۲۹۰ گیگاوات در سال ۲۰۲۱ به حدود ۱۲۰۰ گیگاوات در سال ۲۰۳۰ چهار برابر می‌شود. افزایش سالانه ظرفیت انرژی هسته‌ای در سال ۲۰۵۰ تقریباً چهار برابر میانگین تاریخی اخیر است.
- افزایش منابع انرژی پاک در سناریوی NZE با اقداماتی برای صرفه‌جویی در انرژی تکمیل می‌شود که مزایایی را از نظر کاهش انتشار، مقرون به صرفه بودن و امنیت انرژی به همراه دارد. در سناریوی NZE، بهبود شدت انرژی تا سال ۲۰۳۰ تقریباً سه برابر سریع‌تر از دهه گذشته است. در سال ۲۰۳۰، صرفه‌جویی در انرژی ناشی از بهره‌وری انرژی، بهره‌وری مواد و تغییرات رفتاری به حدود EJ ۱۱۰، معادل کل مصرف نهایی چین امروزی می‌رسد.
- همه بخش‌های مصرف نهایی تا سال ۲۰۵۰ به کاهش بیش از ۹۰ درصدی آلاینده‌ها دست می‌یابند. سوخت‌های مبتنی بر هیدروژن و هیدروژن در صنایع سنگین و حمل‌ونقل طولانی‌مدت استفاده می‌شوند و سهم آنها در کل مصرف نهایی به حدود ۱۰ درصد در سال ۲۰۵۰ می‌رسد. جذب CO₂ در سال ۲۰۳۰ در مجموع ۱.۲ Gt است که در سال ۲۰۵۰ به ۶.۲ Gt افزایش می‌یابد.

- سناریوی NZE مستلزم افزایش زیادی در سرمایه گذاری در انرژی پاک است. سرمایه گذاری انرژی سالانه بیش از ۲ درصد از تولید ناخالص داخلی جهانی را بین سال های ۲۰۱۷ تا ۲۰۲۱ تشکیل می داد و این رقم در سناریوی NZE تا سال ۲۰۳۰ به نزدیک به ۴ درصد افزایش می یابد. تولید برق از انرژی های تجدیدپذیر یکی از بزرگترین افزایش ها را شاهد است که از ۳۹۰ میلیارد دلار در سال های اخیر به ۱۳۰۰ میلیارد دلار تا سال ۲۰۳۰ افزایش یافته است. این سطح از هزینه ها در سال ۲۰۳۰ برابر با بالاترین سطحی است که تاکنون برای تامین سوخت فسیلی هزینه شده است (۱.۳ تریلیون دلار در سال ۲۰۱۴ برای سوخت های فسیلی هزینه شده است).
- نشانه های مثبتی وجود دارد که نشان می دهد فناوری انرژی پاک اکنون به سرعت در حال افزایش است. ظرفیت تولید باتری EV اعلام شده برای سال ۲۰۳۰ تنها ۱۵ درصد کمتر از سطح تقاضای باتری مبتنی بر سناریوی NZE در همان سال است، در حالی که افزایش ظرفیت تولید PV خورشیدی برای دستیابی به سطح استقرار پیش بینی شده در سناریوی NZE اساسا کافی خواهد بود. ، اگر با موفقیت به موقع تحویل داده شوند.
- با این حال، بسیاری از زمینه ها وجود دارند که پیشرفت در آن ها بسیار کمتر از آنچه در سناریوی NZE پیش بینی شده است، وجود دارد. مسیر موفقیت مستلزم این است که سیاست گذاران برای ارائه سیگنال ها در سمت تقاضا و ارتقای رشد هماهنگ بخش های مختلف تلاش کنند.
- کل اشتغال بخش انرژی از کمی بیش از ۶۵ میلیون امروز به ۹۰ میلیون در سال ۲۰۳۰ در سناریوی NZE افزایش می یابد. مشاغل جدید در صنایع انرژی پاک تا سال ۲۰۳۰ به ۴۰ میلیون نفر می رسد که بیشتر از کاهش مشاغل در صنایع مرتبط با سوخت فسیلی است. مشاغل تامین سوخت فسیلی تا سال ۲۰۳۰ در سناریوی NZE به میزان ۷ میلیون کاهش می یابد، با توجه به اینکه تلاش های مکانیزه سازی و کربن زدایی منجر به کوچک سازی بیشتر صنعت می شود، عرضه زغال سنگ شدیدترین کاهش را مشاهده می کند. کمبود نیروی کار ماهر در پروژه های انرژی پاک در حال حاضر دیده می شود، که بر اهمیت سیاست های نیروی کار راهبردی و فعال برای ایجاد نیروی کار مورد نیاز برای گسترش سریع فناوری های انرژی پاک تاکید می کند.

۱- امنیت انرژی در گذار انرژی

امنیت انرژی فقط به معنای دسترسی بی وقفه به انرژی نیست، بلکه تامین منابع انرژی با قیمتی مقرون به صرفه است. این موضوعی است که اهمیت همیشگی دارد و بار دیگر به دلیل بحران جهانی انرژی ناشی از حمله روسیه به اوکراین، در دستور کار سیاست قرار گرفت. افزایش قیمت انرژی در مقیاسی به اندازه کافی بزرگ بوده است که چشم انداز اقتصاد جهانی را به میزان قابل توجهی بدتر کرده است و مشکلاتی را برای خانوارها و عملیات صنعتی ایجاد کرده و بسیاری از دولت ها را وادار کرده که اولویت های سیاست خود را مجدداً تنظیم کنند. گذار انرژی فرصتی را برای ایجاد یک سیستم انرژی ایمن تر و پایدارتر ارائه می دهد که قرار گرفتن در معرض نوسانات قیمت سوخت را کاهش می دهد و قبوض انرژی را کاهش می دهد، اما هیچ تضمینی وجود ندارد که این مسیر آرام باشد. تهدیدهای امنیتی سنتی، حتی با ظهور آسیب‌پذیری‌های بالقوه جدید، همچنان پابرجا هستند. چشم انداز انرژی جهانی ۲۰۲۲ ده دستورالعمل را برای کمک به تقویت امنیت انرژی در «میانۀ گذار» پیشنهاد می کند، زمانی که سیستم های انرژی پاک و سوخت فسیلی با هم وجود دارند و هر دو برای ارائه خدمات انرژی قابل اعتماد لازم هستند.

- ۱- همگام سازی افزایش طیف وسیعی از فناوری های انرژی پاک با کاهش سوخت های فسیلی
- ۲- به سمت تقاضا رسیدگی کنید و بهره وری انرژی را در اولویت قرار دهید.
۳. سقوط به سمت فقر انرژی را معکوس کنید و جوامع فقیر را به سمت اقتصاد انرژی جدید سوق دهید.
۴. برای کاهش هزینه سرمایه در بازارهای نوظهور و اقتصادهای در حال توسعه همکاری کنید.
- ۵- کنار گذاشتن و استفاده مجدد از زیرساخت های موجود را با دقت مدیریت کنید، برخی از آن ها برای مسیر ایمن به سمت خالص صفر ضروری است.
- ۶- مقابله با خطرات خاص پیش روی اقتصادهای تولیدکننده.
- ۷- روی انعطاف‌پذیری سرمایه‌گذاری کنید، واژه‌ای جدید برای امنیت برق.
- ۸- از زنجیره های تامین انرژی پاک متنوع و انعطاف پذیر اطمینان حاصل کنید.
- ۹- تقویت انعطاف پذیری آب و هوا در زیرساخت های انرژی.
- ۱۰- جهت گیری استراتژیک را ارائه دهید و به شکست های بازار رسیدگی کنید، اما بازارها را از بین نبرید.

با این وجود، نیاز به حرکت به سمت انتشار صفر خالص برای جلوگیری از تغییرات فاجعه بار آب و هوا مانند همیشه مهم است. در سناریوی انتشارات صفر خالص تا سال ۲۰۵۰ (NZE)، خطرات سنتی مربوط به منابع نفت و گاز با کاهش تقاضا برای سوخت‌های فسیلی کاهش می‌یابد، اما از بین نمی‌روند. سرمایه‌گذاری‌های اضافی

عظیمی برای افزایش تأمین انرژی پاک مورد نیاز است و با کاهش زیادی در صورت حساب‌های واردات سوخت فسیلی در بسیاری از مناطق همراه است. افزایش بهره‌وری همچنین به این معنی است که قبوض انرژی خانوارها در سال ۲۰۳۰ در این سناریو نیز کمتر از سناریوی سیاست‌های بیان شده (STEPS) است. همانطور که در برنامه ۱۰ نقطه‌ای آژانس بین‌المللی انرژی برای کاهش اتکای اتحادیه اروپا به گاز طبیعی روسیه مشخص شده است، حرکت به سمت یک سیستم انرژی پایدارتر پاسخ روشنی به مشکلاتی مانند بحران فعلی ارائه می‌دهد (IEA, ۲۰۲۲).

در حالی که دستیابی به اهداف انتشار خالص صفر در نهایت مزایای امنیت انرژی را به همراه دارد، نباید این امر را مسلم دانست که مسیرهای رسیدن به آن هموار خواهد بود. انتقال انرژی مستلزم افزودن زیرساخت‌های جدید انرژی پاک و در عین حال کاهش اتکا به زیرساخت‌های انتشار کربن موجود است و مدیریت همزیستی این سیستم‌ها چالش برانگیز است (Grubert and Hastings-Simon, ۲۰۲۲). همچنین نباید تصور کرد که هیچ خطر جدیدی در امنیت انرژی در جهان بدون انتشار خالص وجود نخواهد داشت. زمینه‌های نگران‌کننده جدیدی ممکن است پدیدار شوند زیرا استقرار گسترده فناوری‌های انرژی پاک بر زنجیره‌های تامین، به‌ویژه برای مواد معدنی حیاتی فشار وارد می‌کند، در حالی که تغییر جهت جریان‌های تجارت جهانی انرژی می‌تواند تنش‌های ژئوپلیتیک جدیدی را به همراه داشته باشد. اتکای فزاینده به برق تولید شده از انرژی‌های تجدیدپذیر مستلزم درجه بالاتری از انعطاف‌پذیری سیستم است که در صورت عدم مدیریت دقیق می‌تواند خطراتی را ایجاد کند. عدم آمادگی برای چالش‌های ناشی از تغییر آب و هوا، انعطاف‌پذیری ناکافی سیستم‌های انرژی و تهدیدات سایبری احتمالی می‌تواند مشتریان را در معرض اختلالات مکرر عرضه و جهش قیمت‌ها قرار دهد. فشار عمده برای افزایش سرمایه‌گذاری در فناوری‌های انرژی پاک و کاهش تقاضا و بهبود بهره‌وری انرژی برای دستیابی به گذار امن انرژی اساسی است و همچنین راه حل‌های پایدار برای بحران انرژی ارائه می‌دهد. گذار انرژی برای ایمن شدن نیاز به رویکردی فراگیر دارد. این به معنای معکوس کردن سقوط به سمت فقر انرژی و کمک به جوامع فقیر به سمت اقتصاد انرژی جدید است. همکاری برای کاهش هزینه سرمایه در جهان در حال توسعه برای باز کردن سرمایه‌گذاری انرژی پاک به موقع و مقرون به صرفه ضروری است. انتقال انرژی شامل ایجاد یک سیستم انرژی پاک و در عین حال کاهش عرضه و انتشار سوخت‌های فسیلی موجود است، اما برخی از بخش‌های سیستم سوخت فسیلی برای امنیت انرژی حیاتی هستند و نیاز به مدیریت دقیق بازنشستگی و استفاده مجدد از زیرساخت‌های موجود وجود دارد. اقتصادهای تولیدکننده‌ای که نفت یا گاز صادر می‌کنند (و به شدت به درآمد هیدروکربن‌ها متکی هستند) حتی با کاهش اتکا به این سوخت‌ها، برای امنیت انرژی جهانی مهم هستند. ثبات بلندمدت آنها



مستلزم این است که آنها اقتصادهای خود را متنوع کرده و سیستم های انرژی خود را با بازار و محیط سیاست جدید تطبیق دهند.

آسیب‌پذیری‌های جدید نیز ممکن است با ایجاد یک سیستم جدید انرژی پاک در جهان ظاهر شوند. نقش فزاینده برق در مصرف نهایی به سرمایه گذاری در انعطاف پذیری سیستم اهمیت می دهد. زنجیره‌های تامین انرژی پاک متنوع و انعطاف‌پذیر، از جمله آنهایی که برای مواد معدنی و فلزات حیاتی هستند، برای جلوگیری از گذار انرژی پرهزینه یا تاخیری ضروری هستند. از آنجایی که آب و هوا در حال تغییر است، هم زیرساخت های موجود و هم زیرساخت های جدید باید در انعطاف پذیری آب و هوا نقش داشته باشند. همه اینها حاکی از نقشی حیاتی برای دولت‌ها است که نقش‌های گسترده‌تری را برای تسریع گذار به عهده می‌گیرند، اما همچنین باید مزایای بازارهای انرژی رقابتی و قابل اعتماد بر اساس قوانین شفاف را حفظ کنند. افزایش سرمایه گذاری در انرژی پاک به جای تامین سوخت فسیلی، راه حل پایدارتری برای بحران انرژی امروزی و در عین حال کاهش انتشار گازهای گلخانه ای فراهم می کند. کاهش سرمایه گذاری در سوخت های فسیلی باید با دقت دنبال شود تا از افزایش شدید قیمت سوخت جلوگیری شود.

جهان به اندازه کافی روی انرژی سرمایه گذاری نکرده است. از سال ۲۰۱۷، سرمایه‌گذاری سالانه انرژی پاک به طور متوسط ۱.۲ تریلیون دلار بوده است که بسیار کمتر از سطوح سرمایه‌گذاری برای انرژی پاک مشاهده شده در STEPS در سال ۲۰۳۰ است، و سرمایه‌گذاری سالانه در سوخت‌های فسیلی به طور متوسط ۰.۸ تریلیون دلار بوده است. به عبارت دیگر، سطوح سرمایه‌گذاری اخیر در فناوری‌های انرژی پاک بسیار کمتر از میزان مورد نیاز برای رسیدن به اوج و کاهش تقاضای سوخت‌های فسیلی بوده است، با این حال سرمایه‌گذاری در عرضه سوخت‌های فسیلی به سمت دنیایی از تقاضای راکد یا حتی رو به کاهش برای این سوخت‌ها سوق داده شده است. سوخت ها این عدم تطابق اساسی سیستم انرژی را در برابر انواع شوک هایی که در سال ۲۰۲۲ با حمله روسیه به اوکراین وارد شد آسیب پذیرتر کرده است.

در مراحل STEPS، تقاضای سوخت فسیلی در سال‌های آینده افزایش می‌یابد، که نیازمند پروژه‌های مرسوم بالادستی جدید برای جلوگیری از کمبود عرضه در اواسط دهه ۲۰۲۰ است. در APS، تقاضای جهانی برای سوخت های فسیلی به زودی به اوج خود می رسد و شروع به کاهش می کند. این بدان معناست که نیاز کمتری به پروژه‌های مرسوم بالادستی جدید وجود دارد، اما برخی از آنها برای اطمینان از تطابق هموار بین عرضه و تقاضا تا اواخر دهه ۲۰۲۰ ضروری هستند.

در سناریوی NZE، دولت‌ها به سرعت سیاست‌هایی را برای کاهش انتشار زیرساخت‌های سوخت فسیلی و افزایش سرمایه‌گذاری در فناوری‌های انرژی پاک تا سال ۲۰۳۰ به میزان سه برابر ارائه می‌کنند. افزایش سرمایه‌گذاری در انرژی پاک در سناریوی NZE به این معنی است که تقاضا برای سوخت‌های فسیلی کاهش می‌یابد سرمایه‌گذاری سالانه سوخت‌های فسیلی در سناریوی NZE در سال ۲۰۳۰ به حدود ۴۵۰ میلیارد دلار کاهش می‌یابد که نیمی از سطح مشاهده شده در پنج سال گذشته است. کاهش سرمایه‌گذاری در سوخت‌های فسیلی به این سطوح قبل از - یا به جای - افزایش سه برابری در هزینه‌های انرژی پاک به نتایج مشابه در سناریوی NZE منجر نمی‌شود. در عوض منجر به قیمت‌های سوخت فسیلی بالا در طول گذار انرژی می‌شود. تهاجم روسیه به اوکراین می‌تواند منجر به کاهش قابل توجه و طولانی مدت انرژی از روسیه شود و هرگونه کمبود در تولید سوخت فسیلی از روسیه باید با تولید در جاهای دیگر جایگزین شود، حتی در دنیایی که تا سال ۲۰۵۰ برای کاهش گازهای گلخانه‌ای به صفر کار می‌کند. اما دولت‌ها به دنبال محافظت در برابر اختلال فعلی در بازارهای انرژی می‌تواند این کار را به روشی انجام دهند که خطر تضعیف یا کند کردن گذار انرژی را نداشته باشد. افزایش چشمگیر بهره‌وری انرژی و انرژی پاک کلید راه حل‌های ساختاری پایدار برای بحران انرژی است. همچنین برای رسیدن به مسیر انتشار خالص صفر کلیدی است. دولت‌ها توانایی منحصر به فردی برای اقدام در این زمینه دارند: می‌توانند چشم انداز استراتژیک ارائه دهند. سیگنال‌های سیاست؛ مشوق‌ها برای مصرف‌کنندگان؛ و مالیه عمومی که سرمایه‌گذاری خصوصی را تسریع می‌کند و می‌تواند نوآوری را تحریک کند. کاهش سرمایه‌گذاری در سوخت‌های فسیلی باید بگونه‌ای باشد تا مانع از افزایش چشمگیر فناوری‌های انرژی پاک که برای رسیدن به انتشار صفر خالص لازم است، نباشد. بسیاری از شرکت‌ها و سازمان‌های مالی اهداف و برنامه‌هایی را برای کاهش سرمایه‌گذاری در سوخت‌های فسیلی تعیین کرده‌اند، اما در نظر گرفتن مجزای آن‌ها منطقی نیست. به ازای هر ۱ دلاری که در سطح جهان برای سوخت‌های فسیلی در سناریوی NZE در سال ۲۰۳۰ هزینه می‌شود، ۵ دلار برای تامین انرژی پاک و ۴ دلار دیگر برای بهره‌وری و استفاده نهایی هزینه می‌شود. این یک دستورالعمل مفید برای درک همسویی جریان‌های مالی سرمایه‌گذاران و پرتفوی شرکت‌ها با دستیابی به انتشار خالص صفر در سطح جهانی تا سال ۲۰۵۰ ارائه می‌دهد.

انتشار ناشی از استخراج، فرآوری و حمل و نقل سوخت‌های فسیلی بیش از ۱۵ درصد از انتشار گازهای گلخانه‌ای مرتبط با انرژی (GHG) را تشکیل می‌دهد و باید در اسرع وقت به حداقل برسد. کاهش این گازهای گلخانه‌ای همچنین راه اصلی است که در آن صنایع سوخت فسیلی می‌توانند تأثیر بالقوه سیاست‌های آب و هوایی آینده را بر عملیات خود محدود کنند. نفت و گاز طبیعی با شدت انتشار کمتر نسبت به منابع انتشار بالاتر موقعیت

بهتری خواهند داشت زیرا گذار انرژی پاک سرعت می‌گیرد. درآمد غیرمنتظره مالی برای بخش نفت و گاز ناشی از قیمت‌های بالای امروزی می‌تواند باعث افزایش سرمایه‌گذاری در انرژی پاک شود. پیش‌بینی می‌شود درآمد خالص جهانی از تولید نفت و گاز در سال ۲۰۲۲ به حدود ۴ تریلیون دلار برسد که دو برابر میزان سال ۲۰۲۱ است. برای اقتصادهای تولیدکننده نفت و گاز، این می‌تواند فرصتی برای تنوع بخشیدن به ساختارهای اقتصادی آنها برای انطباق با اقتصاد انرژی جدید جهانی باشد که در حال ظهور است.

عدم قطعیت در مورد تقاضای بلندمدت سوخت فسیلی و سرمایه‌گذاری‌های سوخت فسیلی در سمت عرضه به این معنی است که پاسخ‌های سمت تقاضا اکنون بیش از هر زمان دیگری برای حفظ تعادل سیستم انرژی مهم است. بازارهای فشرده امروزی فرآورده‌های نفتی، به ویژه برای گازوئیل و نفت سفید، نمونه خوبی از دستاوردهای امنیت انرژی ناشی از بهبود کارایی است. بازارهای فشرده معمولاً قیمت این فرآورده‌ها را بالا می‌برد و سرمایه‌گذاری در ظرفیت پالایشی جدید را آغاز می‌کند که سپس سطح قیمت‌ها را تثبیت می‌کند. برخی از تأسیسات پالایشی جدید قرار است در سال‌های آینده اضافه شوند، که بیشتر آنها قبل از همه‌گیری کووید-۱۹ برنامه‌ریزی شده بودند. با این حال، با گذار به انرژی پاک که باعث عدم اطمینان در مورد تقاضای بلندمدت نفت می‌شود، سرمایه‌گذاری جدید بیشتر ممکن است مانند گذشته انجام نشود. اگر تقاضا برای این فرآورده‌ها از مسیر STEPS پیروی کند، می‌تواند منجر به عرضه محدود برای سال‌های آینده شود. با این حال، در APS، افزایش ظرفیت‌های جدید برنامه ریزی شده در چند سال آینده تا حدی با سطح رشد تقاضا مطابقت دارد زیرا تلاش‌های قوی‌تر در مورد بهره‌وری انرژی تقاضا را کاهش می‌دهد.

افزایش قیمت انرژی بار نامتناسبی را بر دوش خانوارهای کم‌درآمد وارد کرده و ناامنی انرژی را تشدید کرده است. به عنوان یک میانگین جهانی، خانوارها معمولاً حدود ۷ درصد از درآمد خود را صرف انرژی می‌کنند، نیمی از آن برای انرژی مصرف شده در خانه برای مصارف مختلف مانند گرمایش، سرمایش، روشنایی و پخت و پز. با این حال، این واقعیت را نشان نمی‌دهد که خانوارهای فقیر نسبت به خانواده‌های ثروتمند سهم بیشتری از درآمد خود را صرف انرژی می‌کنند، حتی اگر خانواده‌های فقیر انرژی کمتری مصرف کنند. در بازارهای نوظهور و اقتصادهای در حال توسعه، فقیرترین خانوارها ۹ برابر کمتر از ثروتمندترین خانوارها انرژی مدرن مصرف می‌کنند و میلیون‌ها خانوار فقیر هنوز به انرژی مدرن دسترسی ندارند. اگر استفاده از نفت برای حمل و نقل در نظر گرفته شود، این تفاوت‌ها حتی گسترده‌تر می‌شود.

جدیدترین شواهد ارائه شده در سرمایه‌گذاری جهانی انرژی ۲۰۲۲ (IEA, ۲۰۲۲f) نشان می‌دهد که پس از چندین سال ثابت ماندن، هزینه‌های انرژی پاک جهانی سرانجام در حال افزایش است و انتظار می‌رود در سال ۲۰۲۲ از ۱.۴ تریلیون دلار فراتر رود. رشد در اقتصادهای پیشرفته و چین اتفاق می‌افتد. علاوه بر این، بیش از ۹۰ درصد از ۱.۱ تریلیون دلاری که برای انرژی پاک به عنوان بخشی از بسته‌های محرک پس از همه‌گیری در نظر گرفته شده است، در برنامه‌های اقتصادهای پیشرفته گنجانده شده است. علیرغم داشتن دو سوم جمعیت جهان، سرمایه‌گذاری انرژی پاک در بازارهای نوظهور و اقتصادهای در حال توسعه، به استثنای چین، کمتر از یک پنجم کل آن را تشکیل می‌دهد. این کمبود سرمایه‌گذاری در بازارهای نوظهور و اقتصادهای در حال توسعه عاملی برای هشدار است. اگر برای این اقتصادها مسیری قابل دسترس برای رشد فراگیر کم انتشار وجود نداشته باشد، در آن صورت یا رشد کرین بالا خواهد بود یا به دلیل کمبود انرژی محدود می‌شود. هر دوی این احتمالات با خطرات بسیار زیادی همراه هستند. سرمایه‌گذاری در انرژی پاک از منظر اقتصادی جذاب است، به ویژه در دوره کنونی که قیمت سوخت‌های فسیلی پرنوسان و بالا هستند. همچنین مقرون به صرفه‌ترین راه برای جلوگیری از انتشار گازهای گلخانه‌ای آینده برای جهان است: تجزیه و تحلیل آژانس بین‌المللی انرژی نشان داده است که میانگین هزینه اجتناب از انتشار گازهای گلخانه‌ای در بازارهای نوظهور و اقتصادهای در حال توسعه تقریباً نصف سطح اقتصادهای پیشرفته است (IEA, ۲۰۲۱a). پس چرا این سرمایه‌گذاری‌ها انجام نمی‌شود؟ یکی از موانع اصلی که مانع سرمایه‌گذاری انرژی پاک در بازارهای نوظهور و اقتصادهای در حال توسعه می‌شود، هزینه بالای سرمایه است. هزینه سرمایه بازده مالی مورد انتظار یا حداقل نرخ مورد نیاز برای سرمایه‌گذاری در یک شرکت یا پروژه را بیان می‌کند. این بازده مورد انتظار ارتباط نزدیکی با درجه ریسک مرتبط با جریان‌های نقدی یک شرکت یا پروژه دارد (IEA, ۲۰۲۱b). هزینه بالای سرمایه، چشم‌انداز سرمایه‌گذاری را برای انرژی‌های تجدیدپذیر که به هزینه‌های سرمایه اولیه زیادی نیاز دارند، اما هزینه‌های عملیاتی بسیار پایینی دارند، مختل می‌کند.

بخش انرژی جهانی در حال گذر از یک تحول اساسی است. در حالی که حرکت به سمت انتشار خالص صفر مزایای امنیتی واضح و پایدار به همراه دارد، روند گذار نیز خطراتی را به همراه دارد. همانطور که سیستم‌های انرژی به هم پیوسته‌تر، پیچیده‌تر و متنوع‌تر می‌شوند، ملاحظات امنیتی جدیدی در کنار خطرات سنتی امنیت انرژی در حال ظهور هستند. کلیدواژه‌های سنتی برای امنیت انرژی - به ویژه اهمیت منابع، منابع و مسیرهای انرژی متنوع - مانند همیشه مرتبط هستند، اما ملاحظات و چالش‌های جدید به آنها ملحق می‌شوند. مقابله با خطرات احتمالی جدید ممکن است با توجه به بحران فعلی دلهره‌آور به نظر برسد، اما نادیده گرفتن آنها بی‌نهایت بدتر خواهد بود. شایان ذکر است که اگرچه بحران در دهه ۱۹۷۰ مشکلات و مشقت‌های اقتصادی زیادی را به همراه داشت، اما

به عنوان محرکی برای تنوع انرژی و نوآوری سریع فناوری عمل کرد. همچنین باید توجه داشت که یک سیستم انرژی ایمن تنها با سرمایه گذاری مناسب در مکانیسم های امنیتی که بافرهای مناسبی را در سیستم فراهم می کند، قابل دستیابی است. از زمان بحران نفت در دهه ۱۹۷۰، جهان برای مدت طولانی در جنبه های سنتی امنیت انرژی سرمایه گذاری کرده است، از جمله پایه گذاری آژانس بین المللی انرژی، که ستون فقرات چارچوب امنیت انرژی امروزی را فراهم می کند. بحران انرژی کنونی نیاز به سرمایه گذاری در چارچوبی را تأیید می کند که خطرات جدید امنیت انرژی را در عصر کربن زدایی پیش بینی می کند.

یافته های کلیدی گذار انرژی

- همگام سازی افزایش طیف وسیعی از فناوری های انرژی پاک با کاهش سوخت های فسیلی. سرمایه گذاری در انرژی پاک برای جلوگیری از بحران های آینده و در عین حال کاهش انتشار گازهای گلخانه ای کلیدی است. در سناریوی انتشارات صفر خالص تا سال ۲۰۵۰ (NZE)، به ازای هر ۱ دلاری که برای سوخت های فسیلی هزینه می شود، حدود ۹ دلار برای انرژی پاک تا سال ۲۰۳۰ هزینه می شود. کاهش سرمایه گذاری در سوخت های فسیلی قبل از افزایش سرمایه گذاری در انرژی پاک، قیمت ها را بالا می برد، اما لزوماً گذار امن را پیش نمی برد. قیمت بالای سوخت های فسیلی می تواند ۱۰ تا ۲۵ درصد هزینه را برای واردکنندگان سوخت فسیلی برای دستیابی به اهداف آب و هوایی گران تر کند.
- به سمت تقاضا رسیدگی کنید و بهره وری انرژی را در اولویت قرار دهید. بحران انرژی نقش حیاتی بهره وری انرژی و اقدامات رفتاری را در کمک به جلوگیری از عدم تطابق بین تقاضا و عرضه برجسته می کند. از سال ۲۰۰۰، اقدامات بهره وری مصرف انرژی را به میزان قابل توجهی کاهش داده است، اما سرعت بهبود در سال های اخیر کند شده است.
- سقوط به سمت فقر انرژی را معکوس کنید و جوامع فقیر را به سمت اقتصاد انرژی جدید سوق دهید. در نتیجه همه گیری و بحران انرژی، ۷۵ میلیون نفر توانایی پرداخت هزینه خدمات برق و ۱۰۰ میلیون نفر راه حل های آشپزی تمیز را از دست داده اند. در بازارهای نوظهور و اقتصادهای در حال توسعه، فقیرترین خانوارها ۹ برابر کمتر از ثروتمندترین ها انرژی مصرف می کنند، اما نسبت بیشتری از درآمد خود را صرف انرژی می کنند. چرخش این روندها برای انتقال انرژی ایمن و مردم محور ضروری است.
- برای کاهش هزینه سرمایه در بازارهای نوظهور و اقتصادهای در حال توسعه همکاری کنید. هزینه سرمایه برای نیروگاه فتوولتائیک خورشیدی (PV) در سال ۲۰۲۱ در اقتصادهای کلیدی نوظهور بین دو تا سه برابر بیشتر از اقتصادهای پیشرفته و چین بود. مقابله با ریسک های مرتبط و کاهش هزینه سرمایه در

اقتصادهای نوظهور و در حال توسعه، هزینه‌های تامین مالی تجمعی برای رسیدن به انتشار خالص صفر را تا سال ۲۰۵۰ کاهش می‌دهد.

- کنار گذاشتن و استفاده مجدد از زیرساخت‌های موجود را با دقت مدیریت کنید. بخش‌های از زیرساخت‌های موجود سوخت فسیلی، عملکردهایی را انجام می‌دهند که برای مدتی حیاتی باقی خواهند ماند، حتی در گذار سریع انرژی. آنها شامل نیروگاه‌های گاز سوز برای امنیت برق یا پالایشگاه‌هایی برای سوخت ناوگان خودروهای موتور احتراق داخلی باقی مانده است. بازنشستگی ناخواسته یا پیش از موعد این زیرساخت می‌تواند پیامدهای منفی برای امنیت انرژی داشته باشد.
- مقابله با خطرات خاص پیش روی اقتصادهای تولید کننده. تنوع بخشی برای کاهش خطرات بسیار مهم خواهد بود. برخی از کشورها بخشی از سود بادآورده فعلی نفت و گاز خود را در انرژی‌های تجدیدپذیر و هیدروژن کم انتشار سرمایه‌گذاری می‌کنند. درآمدهای صادراتی بالقوه از هیدروژن جایگزینی برای درآمدهای حاصل از نفت و گاز نیست، اما انرژی‌های تجدیدپذیر کم هزینه می‌توانند منبع پایداری از مزیت اقتصادی را با جذب سرمایه‌گذاری در بخش‌های انرژی بر فراهم کنند.
- روی انعطاف‌پذیری سرمایه‌گذاری کنید - کلمه کلیدی جدید برای امنیت برق. برق قابل اعتماد محور گذار است زیرا سهم آن در مصرف نهایی از ۲۰ درصد امروز به ۴۰ درصد در سناریوی تعهدات اعلام شده (APS) در سال ۲۰۵۰ و ۵۰ درصد در سناریوی NZE افزایش یافته است. افزایش تنوع در عرضه و تقاضای برق به این معنی است که در هر دو سناریو، نیاز به انعطاف‌پذیری تا اواسط قرن، چهار برابر می‌شود.
- از زنجیره‌های تامین انرژی پاک متنوع و انعطاف‌پذیر اطمینان حاصل کنید. تقاضای مواد معدنی برای فناوری‌های انرژی پاک قرار است تا سال ۲۰۵۰ در هر دو سناریوی APS و NZE چهار برابر شود و درآمد سالانه آن به ۴۰۰ میلیارد دلار برسد. قیمت‌های بالا و بی‌ثبات مواد معدنی حیاتی و زنجیره‌های تامین بسیار متمرکز می‌توانند انتقال انرژی را به تأخیر بیندازند یا آنها را پرهزینه‌تر کنند. به حداقل رساندن این خطر مستلزم اقدام برای افزایش مقیاس و تنوع بخشیدن به منابع در کنار بازیافت و سایر اقدامات برای تعدیل رشد تقاضا است.
- تقویت انعطاف‌پذیری آب و هوای زیرساخت‌های انرژی. فراوانی و شدت فزاینده رویدادهای شدید آب و هوایی خطرات عمده‌ای را برای امنیت منابع انرژی ایجاد می‌کند. تجزیه و تحلیل آژانس بین‌المللی انرژی از خطرانی که چهار دارایی مصور با آن روبرو هستند نشان می‌دهد که تأثیر مالی بالقوه ناشی از سیل می‌تواند به ۱.۲ درصد از ارزش کل دارایی آنها در سال ۲۰۵۰ برسد، و در یک مورد بدون وجود سیستم‌های دفاعی در برابر سیل، چهار برابر بیشتر از این خواهد بود. دولت‌ها باید خطرات را پیش‌بینی

کنند و اطمینان حاصل کنند که سیستم های انرژی توانایی جذب و بازیابی اثرات نامطلوب آب و هوایی را دارند.

- جهت گیری استراتژیک را ارائه دهید و به شکست های بازار رسیدگی کنید، اما بازارها را از بین نبرید. دولت‌ها باید با مقابله با پیچیدگیها و انحرافات بازار - به‌ویژه یارانه‌های سوخت‌های فسیلی - و همچنین اصلاح نارسایی‌های بازار، در تضمین گذار امن انرژی پیشرو باشند. دولت‌ها باید از منابع گسترده بازارها استفاده کنند و بازیگران خصوصی را تشویق کنند تا نقش خود را ایفا کنند. حدود ۷۰ درصد از سرمایه گذاری های مورد نیاز در گذار انرژی باید از منابع خصوصی باشد.

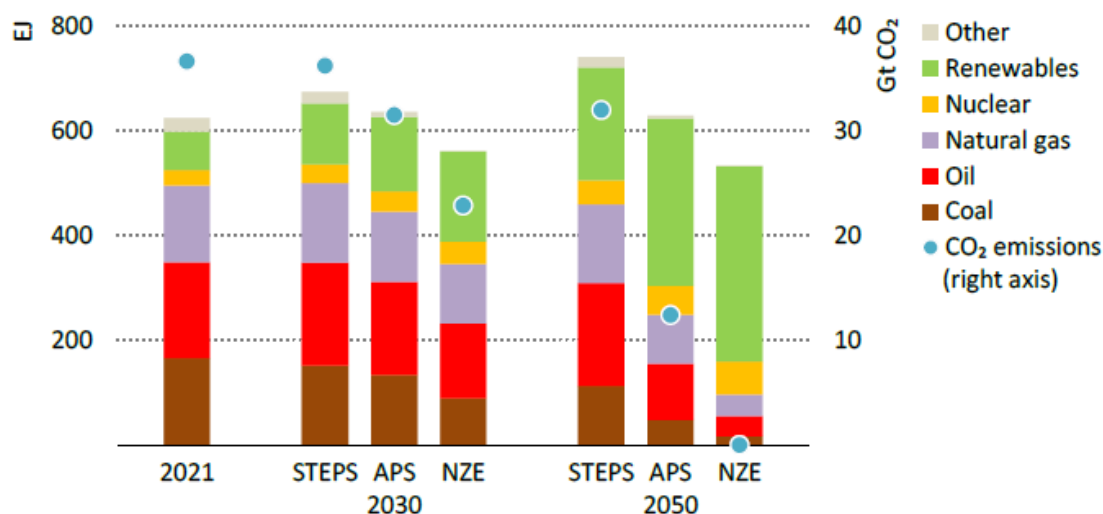
۲- چشم انداز تقاضای انرژی

بحران انرژی کنونی روندهای تقاضا را که قبلاً به خوبی تثبیت شده بود، تغییر می دهد. صنایعی که در معرض قیمت های جهانی قرار دارند با تهدید واقعی جیره بندی مواجه هستند و تولید خود را محدود می کنند. مصرف کنندگان الگوهای مصرف انرژی خود را در واکنش به قیمت های بالا و در برخی موارد کمپین های کاهش تقاضای اضطراری تنظیم می کنند. پاسخ های سیاستی متفاوت است، اما در بسیاری از موارد شامل تلاش های مصمم برای تسریع سرمایه گذاری در انرژی پاک می شود. این به معنای فشار قوی تر برای انرژی های تجدید پذیر در بخش برق و برق رسانی سریع تر فرآیندهای صنعتی، وسایل نقلیه و گرمایش است. از آنجایی که بسیاری از راه‌حل‌های بحران کنونی با راه‌حل‌های مورد نیاز برای دستیابی به اهداف جهانی آب‌وهوایی همزمان است، این بحران ممکن است به‌عنوان یک نقطه عطف حیاتی در تلاش برای امنیت انرژی و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در نظر گرفته شود. پیشرفت های حاصل شده در STEPS تا سال ۲۰۳۰ کمتر از اهداف کشورها در APS است.

مصرف کنندگان در مواجهه با عدم اطمینان بازار و قیمت های بالا از خرید صرف نظر می کنند و صنعت در حال کاهش تولید است. مدت زمان بحران انرژی بسیار نامشخص است، اما احتمالاً ارتباطی بین مدت آن و آسیبی که به چشم‌اندازهای بلندمدت اقتصادی وارد می‌کند وجود دارد. رشد اقتصادی تا سال ۲۰۳۰ کندتر از پیش‌بینی‌های قبلی است، که به معنای سطوح پایین‌تر فعالیت در همه بخش‌ها و در نتیجه کاهش رشد تقاضای انرژی است. با وجود بازگشت قوی اقتصادی از همه‌گیری کووید-۱۹ در سال ۲۰۲۱، بحران کنونی پیش‌بینی رشد تولید ناخالص داخلی جهانی را تا سال ۲۰۳۰ به ۳.۳ درصد در سال کاهش داده است. در نتیجه تقاضای انرژی در هر دو سناریو STEPS و APS کندتر افزایش می‌یابد و منابع انرژی مورد استفاده برای برآورده کردن این تقاضا نسبت به پیش‌بینی‌های قبلی تغییر قابل‌توجهی دارد. در STEPS، جهان با شوک‌های قیمت انرژی امروز دست و پنجه نرم

می‌کند، به طوری که برخی از مناطق به روندهای قبلی بازگشته‌اند، در حالی که برخی دیگر با سیاست‌های کربن‌زدایی قوی‌تر، شاهد تغییر سریع‌تر به سمت انرژی‌های تجدیدپذیر و برق‌رسانی نهایی هستند. تقاضای انرژی اولیه قرار است تا سال ۲۰۳۰ در STEPS حدود ۱٪ در سال افزایش یابد که تا حد زیادی از طریق افزایش استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر برآورده می‌شود. APS همین روندها را می‌بیند، اما دولت‌ها، شرکت‌ها و شهروندان اقدامات بیشتری انجام می‌دهند تا اطمینان حاصل کنند که پاسخ به این روندها با جاه طلبی‌های آب و هوایی بلندمدت سازگار است، که با تعهدات جدید از زمان WEO-۲۰۲۱ تقویت شده است. در APS، تقاضای انرژی تا سال ۲۰۳۰ سالانه ۰.۲ درصد افزایش می‌یابد.

عرضه کل انرژی بر اساس سوخت و انتشار CO₂ بر اساس سناریو



گاز طبیعی در مقایسه با چشم انداز سال ۲۰۲۱، با کاهش رشد سالانه به حدود ۰.۴ درصد از سال ۲۰۲۱ تا ۲۰۳۰، بیشترین کاهش را در بین هر سوختی در STEPS مشاهده می‌کند و این دهه را با تقاضا در حدود ۴۴۰۰ میلیارد متر مکعب در سال به پایان می‌رساند. نگرانی در مورد تداوم قیمت‌های بالا اثرات پایدار در همه بخش‌ها دارد. ساخت نیروگاه گازی جدید کند می‌شود و کشورها منابع دیگری را برای حفظ کفایت و انعطاف سیستم و در عین حال سرعت بخشیدن به انرژی‌های تجدیدپذیر به طور موازی انتخاب می‌کنند. تقاضای انرژی در صنعت نیز در مواجهه با فشار قوی‌تر برای برق‌رسانی به ظرفیت‌های صنعتی جدید کند می‌شود. علاقه سیاست‌گذاران به خودروهای گاز طبیعی فشرده (CNG) کاهش می‌یابد و تلاش‌های جهانی برای کاهش مصرف گاز طبیعی،

برق‌رسانی برای گرمایش در ساختمان‌ها را تسریع می‌کند. در APS، استفاده از گاز طبیعی در این دهه شروع به کاهش می‌کند و تقاضا به کمتر از ۳۹۰۰ میلیارد متر مکعب در سال ۲۰۳۰ کاهش می‌یابد که ۸ درصد از سطح فعلی کمتر است. بازارهای نوظهور و اقتصادهای در حال توسعه همچنان شاهد رشد هستند. در سناریوی NZE، گاز طبیعی تا سال ۲۰۳۰ به کمتر از ۳۳۰۰ میلیارد متر مکعب کاهش می‌یابد زیرا سیاست‌ها فروش دیگ‌های سوخت فسیلی در ساختمان‌ها را پس از سال ۲۰۲۵ محدود می‌کند و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در تولید برق تسریع می‌شود.

تقاضای زغال سنگ در سال ۲۰۲۱ به شدت افزایش یافت و به بیش از ۵۶۰۰ (Mtce) رسید، زیرا اقتصادها پس از بیماری همه‌گیر بهبود یافتند و برخی از کشورها - به ویژه هند و چین - به منابع سوخت تولید داخلی به نفع مقرون به صرفه بودن و امنیت انرژی روی آوردند. این افزایش در هیچ یک از سناریوها بلندمدت نیست. در STEPS، تقاضای زغال سنگ نزدیک به اوج تاریخی خود در نیمه اول دهه باقی می‌ماند، اما در نیمه دوم این دهه به کاهش ساختاری بازمی‌گردد. افزایش تقاضا در صنعت تا سال ۲۰۳۰ در بازارهای نوظهور و اقتصادهای در حال توسعه متمرکز است، جایی که زغال سنگ در حال حاضر ۳۵ درصد از مصرف انرژی در صنعت را تشکیل می‌دهد. در APS، تقاضای زغال سنگ با سرعت بیشتری کاهش می‌یابد و از سال ۲۰۲۵ تا ۲۰۳۰، ۱۷۵ میلیون تن کاهش می‌یابد و به ۴۵۴۰ میلیون تن در سال ۲۰۳۰ می‌رسد، در مقایسه با ۵۱۵۰ میلیون تن در STEPS. با افزایش استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، مصرف زغال سنگ در تولید برق کاهش می‌یابد. همچنین مصرف در صنعت کاهش می‌یابد. در سناریوی NZE، تقاضای زغال سنگ به حدود ۳۰۰۰ میلیون تن در سال ۲۰۳۰ کاهش می‌یابد و تمام نیروگاه‌های زغال سنگ تا آن تاریخ متوقف می‌شوند.

تقاضای نفت قرار است در این دهه ۰.۸ درصد در سال در STEPS افزایش یابد، اما خودروهای برقی باعث می‌شود که تقاضای نفت در اواسط دهه ۲۰۳۰ به حدود ۱۰۳ میلیون بشکه در روز به اوج برسد، زیرا تقاضا در اقتصادهای پیشرفته رو به کاهش است. در APS، تقاضای نفت در اواسط دهه ۲۰۲۰ به اوج خود می‌رسد، زیرا فروش خودروهای برقی مسافربری که منعکس‌کننده اهداف ملی و شرکتی است، افزایش می‌یابد. خودروهای برقی تا سال ۲۰۲۵ ۲۰ درصد از فروش جهانی خودرو را به خود اختصاص می‌دهند که از ۹ درصد امروز بالاتر است. در سناریوی NZE، تقاضا برای نفت به ۷۵ میلیون بشکه در روز در سال ۲۰۳۰ کاهش می‌یابد، زیرا بخش حمل و نقل جاده‌ای دستخوش برقی شدن سریع می‌شود و خودروهای برقی ۶۰ درصد از فروش جهانی خودرو را تا سال ۲۰۳۰ تشکیل می‌دهند.

انرژی‌های تجدیدپذیر به صعود سریع خود در STEPS ادامه می‌دهند و سریعتر از هر منبع انرژی دیگری گسترش می‌یابند. برق رسانی شتابان فضای بیشتری برای انرژی‌های تجدیدپذیر ایجاد می‌کند. سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در تولید برق از ۲۸ درصد در سال ۲۰۲۱ به ۴۳ درصد در سال ۲۰۳۰ افزایش می‌یابد، که PV بادی و خورشیدی به تنهایی نزدیک به ۹۰ درصد از افزایش تولید برق تا سال ۲۰۳۰ را تشکیل می‌دهند. در APS، انرژی‌های تجدیدپذیر نزدیک به ۵۰ درصد تولید انرژی را در سطح جهانی تا سال ۲۰۳۰ تامین می‌کنند. زیرا کشورهای G۷ به سمت دستیابی به تعهد خود برای کربن زدایی تا سال ۲۰۳۵ پیشرفت می‌کنند. افزایش انرژی‌های تجدیدپذیر در سراسر جهان از رشد تقاضای برق تا سال ۲۰۳۰ در APS پیشی گرفته و سهم تولید سوخت فسیلی را کاهش می‌دهد. PV باد و خورشیدی همچنان بر رشد برق تجدیدپذیر تسلط دارند که عمدتاً با انرژی آبی، بیوانرژی و زمین گرمایی تکمیل می‌شود. استفاده از سوخت‌های زیستی نیز از ۲.۲ مگابایت در روز در سال ۲۰۳۰ به ۵.۵ میلیون بشکه معادل نفت در سال ۲۰۳۰ افزایش می‌یابد. در سناریوی NZE، PV باد و خورشید با سرعت بیشتری گسترش می‌یابند. تا سال ۲۰۳۰ افزایش ظرفیت سالانه از ۱۰۵۰ گیگاوات (GW) فراتر می‌رود.

تولید برق هسته‌ای تا سال ۲۰۳۰ در هر دو سناریو STEPS و APS افزایش می‌یابد و چین بیشترین رشد را به خود اختصاص داده است. استفاده از سوخت‌های مبتنی بر هیدروژن و هیدروژن با انتشار کم نیز تا سال ۲۰۳۰ افزایش می‌یابد، به لطف پروژه‌های اولیه در مقیاس تجاری در صنعت که توسط مشارکت‌های دولتی و خصوصی در حال ظهور آغاز شده‌اند. در سناریوی NZE، استفاده از هیدروژن و سوخت‌های مبتنی بر هیدروژن با انتشار کم سه برابر بیشتر از APS در سال ۲۰۳۰ است. در مجموع، پیش‌بینی می‌شود که این روندها باعث افزایش انتشار CO₂ مرتبط با انرژی در STEPS در سال‌های آینده شود، اگرچه انتشار همچنان تا سال ۲۰۲۵ به اوج خود می‌رسد. سپس انتشارات تا سال ۲۰۳۰ به ۳۶ Gt CO₂ کاهش می‌یابد، ۰.۴ Gt CO₂ کمتر از امروز. در APS، انتشار سالانه CO₂ قبل از سال ۲۰۲۵ به اوج خود می‌رسد و سپس تا سال ۲۰۳۰ به ۳۲ Gt CO₂ کاهش می‌یابد. پیشرفت در دسترسی به برق و پخت و پز تمیز در APS حاصل شده است، زیرا تعهدات کشورهای مختلف به طور کامل برآورده شده است.

شاخص های کلیدی انرژی بر اساس سناریو، ۲۰۱۰-۲۰۵۰

	2010	2021	STEPS		APS		NZE	
			2030	2050	2030	2050	2030	2050
Access (million people)								
Population without access to electricity	1 392	754	663	727	292	112	0	0
Population without access to clean cooking	2 916	2 386	1 880	1 601	783	535	0	0
Premature deaths from (million people):								
Ambient air pollution	n.a.	4.2	4.8	7.1	4.6	6.5	3.3	2.9
Household air pollution	n.a.	3.6	2.9	3.0	1.6	1.9	1.0	1.2
Energy-related CO ₂ emissions (Gt)								
CO ₂ captured via CCUS	0	0.04	0.1	0.4	0.5	4.3	1.2	6.2
Primary energy supply (EJ)								
Share of unabated fossil fuels	81%	79%	74%	61%	69%	34%	59%	10%
Energy intensity of GDP (GJ per USD 1 000, PPP)	5.1	4.3	3.4	2.2	3.2	1.9	2.9	1.6
Electricity generation (1 000 TWh)								
CO ₂ intensity of generation (g CO ₂ /kWh)	524	459	325	158	280	41	165	-5
Share of low-emissions generation	32%	38%	53%	74%	59%	91%	74%	100%
Total final consumption (EJ)								
Share of unabated fossil fuels	69%	66%	64%	57%	61%	36%	56%	15%
Share of electricity in TFC	17%	20%	22%	28%	24%	39%	28%	52%

Notes: Gt = gigatonnes; CCUS = carbon capture, utilisation and storage; EJ = exajoule; GJ = gigajoule; PPP = purchasing power parity; TWh = terawatt-hour; kWh = kilowatt-hour; TFC = total final consumption. STEPS = Stated Policies Scenario; APS = Announced Pledges Scenario; NZE = Net Zero Emissions by 2050 Scenario.

روندهای منطقه ای

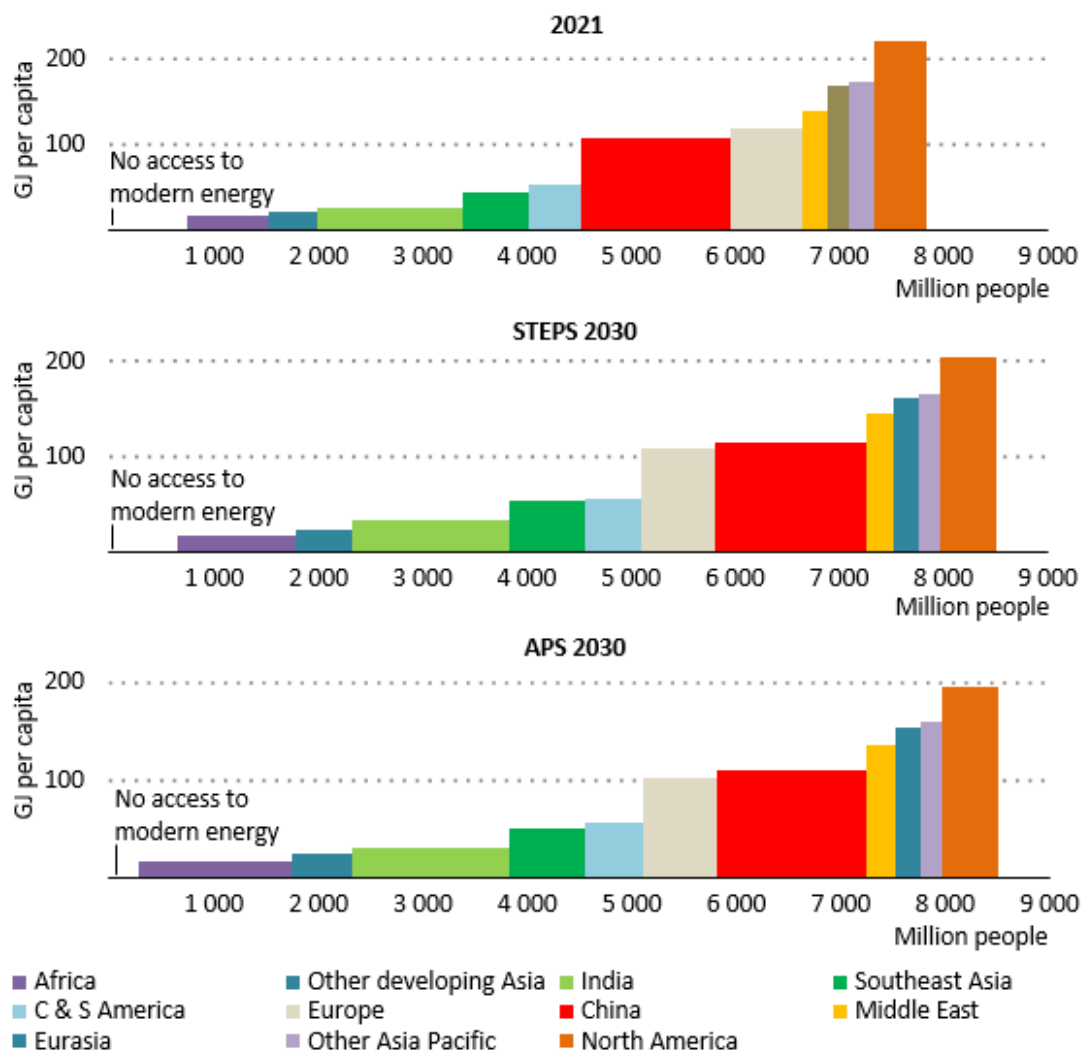
تقاضای انرژی در اقتصادهای پیشرفته در ادامه این دهه حدود ۰.۵ درصد در سال در STEPS کاهش می یابد. در APS، انرژی های تجدیدپذیر و برق رسانی سریعتر افزایش می یابد و تقاضای سوخت فسیلی در سال ۲۰۳۰ ۱۷ درصد کمتر از STEPS است. پیش بینی می شود تقاضای انرژی در بازارهای نوظهور و اقتصادهای در حال توسعه به میزان بیش از ۱.۴ درصد در سال در مراحل STEPS تا سال ۲۰۳۰ افزایش یابد: چین و هند به تنهایی تقریباً نیمی از این رشد را به خود اختصاص می دهند. انرژی های تجدیدپذیر به طور متوسط بیش از نیمی از افزایش کلی تقاضای انرژی را برآورده می کنند. تقاضا نیز در APS افزایش می یابد، اگرچه با نرخ پایین تر ۰.۷٪ در سال. این روندهای متفاوت در اقتصادهای پیشرفته و در بازارهای نوظهور و اقتصادهای در حال توسعه منجر به افزایش

تقاضای سرانه انرژی در چین از سطح اروپا در هر دو STEPS و APS تا سال ۲۰۳۰ می‌شود، اما تغییرات به اندازه کافی بزرگ نیستند که تغییرات عمده دیگری در الگوهای منطقه‌ای موجود استفاده از انرژی ایجاد کنند.

در ایالات متحده، قانون کاهش تورم و قانون زیرساخت با هم قرار است نزدیک به ۵۶۰ میلیارد دلار حمایت عمومی از انرژی پاک را فراهم کنند، که قانون کاهش تورم به تنهایی حدود ۳۷۰ میلیارد دلار کمک می‌کند و سرمایه‌گذاری‌های خصوصی بیشتری را بسیج می‌کند. این به افزایش پیشرفت کمک می‌کند. در مراحل STEPS، تقاضای زغال سنگ تا سال ۲۰۳۰ به میزان سه چهارم کاهش می‌یابد که عمدتاً ناشی از افزایش سهم PV خورشیدی و باد است. تقاضای گاز طبیعی برای چند سال افزایش می‌یابد، اما قبل از سال ۲۰۳۰ به اوج خود می‌رسد و دهه را دقیقاً کمتر از سطحی که در سال ۲۰۲۱ به آن رسیده بود، به پایان می‌رساند. تقاضای نفت با کاهش ۱ میلیون بشکه در روز از نزدیک به ۱۸ میلیون بشکه در روز امروز به نزدیک به ۱۷ میلیون بشکه در روز در سال ۲۰۳۰ می‌رسد. که عمدتاً ناشی از افزایش فروش خودروهای برقی و بهبود مصرف سوخت است. در APS، جذب سریع تر خودروهای برقی - که ۵۰ درصد از فروش خودرو را در سال ۲۰۳۰ به خود اختصاص می‌دهد - باعث کاهش تقاضای نفت بیش از ۱ میلیون بشکه در روز تا پایان دهه می‌شود.

در اتحادیه اروپا، سیاست‌های اقلیمی، قیمت‌های بالای سوخت‌های فسیلی و تلاش‌ها برای کاهش وابستگی وارداتی به روسیه، با وجود تجدید حیات موقت زغال‌سنگ در بحران کنونی، با هم ترکیب می‌شوند تا تقاضای سوخت فسیلی را کاهش دهند. هزینه‌های دولت به نفع گذار انرژی پاک که در چارچوب طرح‌های ملی بازیابی کووید-۱۹ و بسته‌های بحران انرژی تصویب شده است، حدود ۳۸۹ میلیارد دلار به انرژی پاک تا سال ۲۰۳۰ کمک می‌کند. در مراحل اولیه، تقاضا برای زغال سنگ تا قبل از سال ۲۰۳۰ تقریباً به نصف کاهش می‌یابد و تقاضا برای گاز طبیعی و نفت تقریباً یک پنجم کاهش می‌یابد. فتوولتائیک باد و خورشیدی به سرعت در حال گسترش هستند و تقریباً ۳۰ درصد و ۱۵ درصد از تولید برق را تا سال ۲۰۳۰ به خود اختصاص می‌دهند که این رقم در سال ۲۰۲۱ ۱۳ درصد و ۵ درصد بوده است. کاهش مصرف گاز طبیعی در ساختمان‌ها و صنعت نیز عامل کاهش تقاضای سوخت‌های فسیلی همراه با کاهش مصرف نفت است که نشان‌دهنده افزایش فروش خودروهای الکتریکی است. در APS، اهداف در برنامه ۵۵ Fit for تا حد زیادی برآورده شده است - و در برخی موارد از آنها فراتر رفته - مطابق با استاندارد NDC اتحادیه اروپا برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای تا ۵۵٪ تا سال ۲۰۳۰ نسبت به سال ۱۹۹۰. در APS، جذب انرژی‌های تجدیدپذیر تسریع می‌شود و سهم ترکیبی PV بادی و خورشیدی در تولید برق در اتحادیه اروپا به ۵۰٪ در سال ۲۰۳۰ افزایش می‌یابد. فروش خودروهای برقی نیز با سرعت بیشتری نسبت به STEPS افزایش می‌یابد.

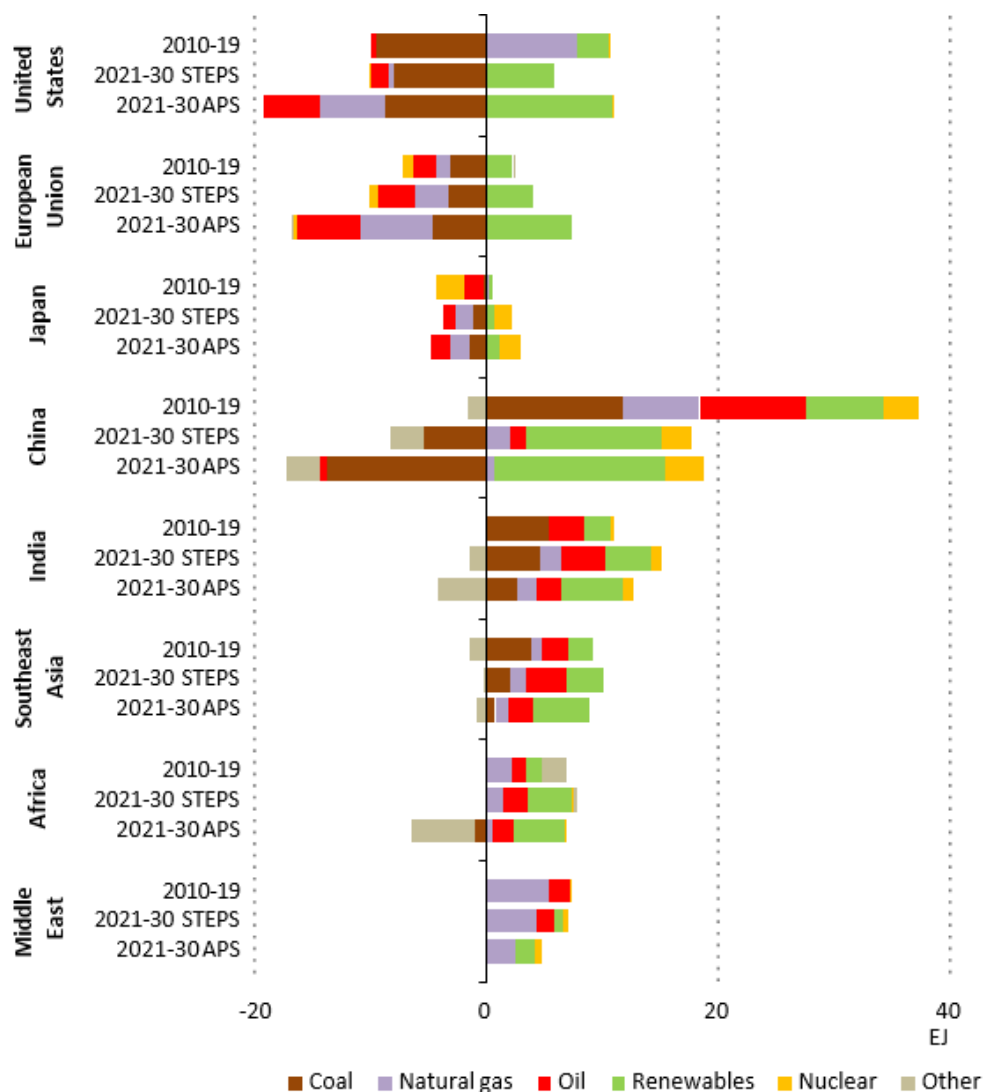
کل عرضه انرژی مدرن سرانه بر اساس منطقه در STEPS و APS، ۲۰۲۱ و ۲۰۳۰



عرضه سرانه انرژی در اقتصادهای پیشرفته تا سال ۲۰۳۰ کاهش می‌یابد در حالی که با افزایش درآمدها در سایر نقاط افزایش می‌یابد، اما این تغییرات اندک است و الگوهای منطقه‌ای موجود باقی می‌ماند. ژاپن در تلاش است تا خطرات امنیت انرژی خود را کاهش دهد و در عین حال برنامه اقلیمی خود را از طریق اقداماتی برای کاهش قرار گرفتن در معرض ریسک سوخت‌های فسیلی وارداتی، افزایش سهم انرژی‌های هسته‌ای و تجدیدپذیر و بهبود بهره‌وری انرژی پیش ببرد. در STEPS، این سیاست‌ها منجر به کاهش سالانه عرضه کل انرژی به میزان ۱٪ مطابق با اهداف تعیین شده در برنامه استراتژیک انرژی مصوب اکتبر ۲۰۲۱ می‌شود. کربن زدایی بخش برق در

APS منعکس کننده طرح تحول سبز اخیر است که هدف آن افزایش راه اندازی مجدد راکتورهای هسته ای و ارائه اقدامات بیشتر برای حمایت از تولیدکنندگان فناوری هسته ای است.

تغییر در عرضه کل انرژی بر اساس منطقه، سوخت و سناریو، ۲۰۱۰-۲۰۱۹ و ۲۰۲۱-۲۰۳۰



رشد تقاضای انرژی در چین در این دهه در مراحل اولیه کاهش می یابد. درست قبل از سال ۲۰۳۰ به اوج خود می رسد، همانطور که انتشار گازهای گلخانه ای نیز مطابق با سهم تعیین شده در سطح ملی (NDC) و اهداف ملی است. زغال سنگ همچنان بزرگترین منبع انرژی چین است، اما تسلط آن در بخش برق به طور فزاینده ای

توسط انرژی‌های تجدیدپذیر تحت فشار قرار می‌گیرد، که تقریباً ۴۵ درصد از تولید برق در سال ۲۰۳۰ در STEPS را بر عهده دارند. در همین حال، صنعت شیمیایی مبتنی بر زغال سنگ در چین به یک سطح ثابت رسیده است. تقاضای نفت در نیمه دوم این دهه به اوج خود می‌رسد و به حدود ۱۶.۵ میلیون بشکه در روز (همان سطح تقاضا در ایالات متحده در سال ۲۰۳۰) می‌رسد و سپس شروع به کاهش می‌کند. این کاهش نشان‌دهنده گسترش برقی‌سازی حمل‌ونقل است، به طوری که خودروهای برقی بیش از ۵۰ درصد از فروش خودرو را تا سال ۲۰۳۰ به خود اختصاص می‌دهند. این نتایج با چهاردهمین برنامه پنج ساله (۲۰۲۱-۲۵) مطابقت دارد. در APS، اوج انتشار کمی زودتر و در سطح کمی پایین‌تر رخ می‌دهد زیرا تقاضا برای انرژی‌های تجدیدپذیر سریع‌تر افزایش می‌یابد، به ویژه در بخش برق. این رشد سریع‌تر، انرژی‌های تجدیدپذیر را در مسیری قرار می‌دهد که نقش خود را در دستیابی به کربن صفر در چین قبل از سال ۲۰۶۰ ایفا کنند.

تقاضای انرژی در هند با افزایش بیش از ۳ درصدی در سال در STEPS از سال ۲۰۲۱ تا ۲۰۳۰ ادامه می‌یابد که به دلیل رشد بیش از ۷ درصدی تولید ناخالص داخلی در سال در همین دوره است. زغال سنگ یک سوم این رشد را برآورده می‌کند و تقاضا تا سال ۲۰۳۰ به بالای ۷۷۰ میلیون تن افزایش می‌یابد و پس از آن پیش از رسیدن به اوج در اوایل دهه ۲۰۳۰ ادامه می‌یابد. تقاضای نفت یک چهارم بیشتر از رشد تقاضای انرژی را برآورده می‌کند و تا سال ۲۰۳۰ به حدود ۷ میلیون بشکه در روز می‌رسد. برنامه‌های دولتی مانند طرح جامع ملی گاتی شاکتی و طرح هند متکی به خود، منجر به افزایش انرژی‌های تجدیدپذیر و فروش خودروهای الکتریکی می‌شود. با کمک این برنامه‌ها، انرژی‌های تجدیدپذیر ۳۰ درصد از رشد تقاضا را تا سال ۲۰۳۰ برآورده می‌کنند، به ویژه از طریق افزایش سریع در استقرار PV خورشیدی. تا سال ۲۰۳۰، انرژی‌های تجدیدپذیر ۳۵ درصد از تولید را تشکیل می‌دهند و انرژی خورشیدی به تنهایی ۱۵ درصد از تولید را تشکیل می‌دهد.

آسیای جنوب شرقی نیز شاهد رشد سریع تقاضای انرژی است. در مراحل STEPS، تقاضا از سال ۲۰۲۱ تا ۲۰۳۰ بیش از ۳ درصد در سال افزایش می‌یابد و از سطح رشد در دهه گذشته پیشی می‌گیرد. نفت بزرگترین مولفه این افزایش تقاضا با افزایش مصرف به ۶.۷ میلیون بشکه در روز تا سال ۲۰۳۰ است. تقاضای انرژی‌های تجدیدپذیر، گاز طبیعی و زغال سنگ همگی به سرعت افزایش می‌یابد. زغال سنگ همچنان بر بخش برق تسلط دارد، اگرچه سهم تولید آن از ۴۲ درصد امروز به ۳۹ درصد تا سال ۲۰۳۰ در STEPS کاهش می‌یابد. در APS، انرژی‌های تجدیدپذیر به منبع غالب نزدیک به ۴۰ درصد تبدیل می‌شوند، در حالی که زغال سنگ تا سال ۲۰۳۰ به یک سوم کاهش می‌یابد. فروش خودروهای الکتریکی به شدت افزایش می‌یابد، تا حدی که لطف پیشرفت به سوی تعهد

تایلند برای پایان دادن به فروش خودروهای جدید موتور احتراق داخلی (ICE). تا سال ۲۰۳۵، تعهد سنگاپور برای انجام همین کار تا سال ۲۰۴۰، و هدف اندونزی ۲ میلیون ناوگان خودروهای الکتریکی تا سال ۲۰۳۰.

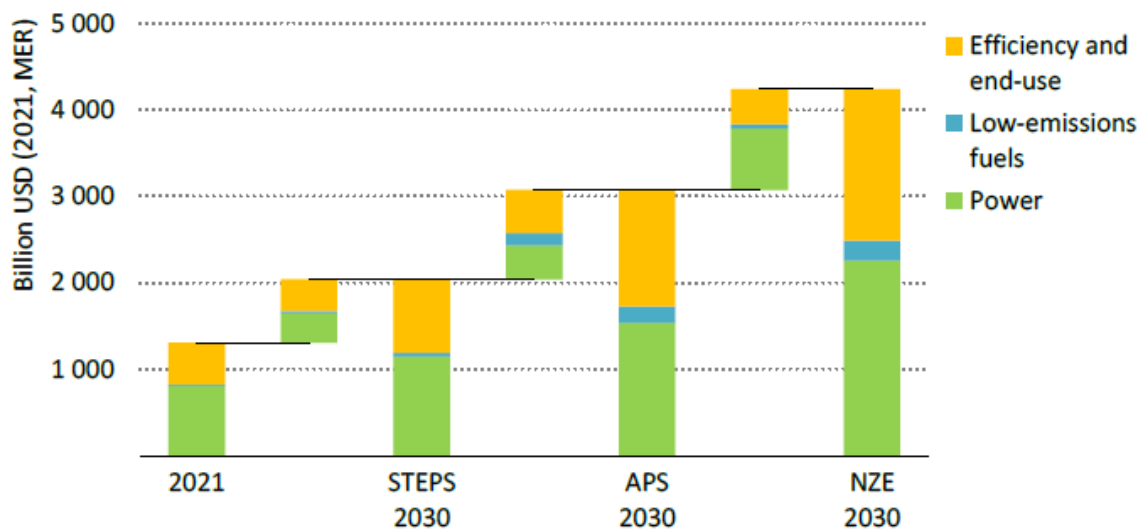
آفریقا تا سال ۲۰۳۰ شاهد یک بهبود متوسط در تعداد افراد بدون دسترسی به برق است، با این حال، افزایش قیمت فعلی انرژی پیشرفت کوتاه مدت را تهدید می‌کند. تا سال ۲۰۳۰، تعداد افراد بدون دسترسی به آشپزی تمیز از ۹۶۵ میلیون نفر در سال ۲۰۲۱ به تقریباً ۱ میلیارد نفر می‌رسد. مصرف سرانه انرژی همچنان پایین است و این مانع رشد اقتصادی می‌شود. با این حال، افزایش منابع انرژی تجدیدپذیر کم هزینه به طور قابل توجهی اضافه می‌شود و بیش از ۳۵ درصد از منبع انرژی آفریقا را تا سال ۲۰۳۰ تشکیل می‌دهد. بیشتر افزایش انرژی های تجدیدپذیر از انرژی آبی و PV خورشیدی است، اما برخی نیز از منابع باد و زمین گرمایی ناشی می‌شود. رشد تقاضا برای نفت در حمل‌ونقل و LPG در پخت و پز، تقاضا را تا سال ۲۰۳۰ به بیش از ۵ میلیون بشکه در روز می‌رساند. همچنین، گاز طبیعی افزایش تقاضا را تجربه می‌کند که با کشف ذخایر جدید پشتیبانی می‌شود. خاورمیانه شاهد افزایش تقاضا برای گاز طبیعی است که بیش از ۶۰ درصد از رشد تقاضای کل تا سال ۲۰۳۰ را در STEPS برآورده می‌کند، اما انرژی‌های تجدیدپذیر به لطف برخی از کم‌هزینه‌ترین انرژی‌های خورشیدی در جهان، نقش مهمی در افزایش علاقه به تنوع اقتصادی بخش برق دارند.

سرمایه گذاری

سرمایه گذاری انرژی پاک در سال ۲۰۲۱ حدود ۱.۳ تریلیون دلار در سال بود. این میزان تا سال ۲۰۳۰ در STEPS بیش از ۵۰ درصد نسبت به سطوح فعلی افزایش می‌یابد، در APS بیش از دو برابر و در سناریوی NZE سه برابر می‌شود. سرمایه‌گذاری در سوخت‌های فسیلی در هر دو سناریوی APS و NZE کاهش می‌یابد، اما در STEPS افزایش می‌یابد. سرمایه‌گذاری مصرف نهایی جزء اصلی سرمایه‌گذاری در انرژی پاک است. این شامل هزینه ارتقاء بهره‌وری انرژی و تعویض سوخت در ساختمان‌ها، لوازم خانگی، صنعت و وسایل نقلیه است. بهره‌وری انرژی و سرمایه‌گذاری مصرف نهایی در سال ۲۰۲۱ حدود ۵۰۰ میلیارد دلار بود. این میزان در سال ۲۰۲۲ افزایش می‌یابد، تا حدی در نتیجه بسته‌های محرک دولتی پس از همه‌گیری که از مقاوم‌سازی، پمپ‌های حرارتی و خودروهای برقی حمایت می‌کند. به ویژه، فروش خودروهای برقی با سرعتی چشمگیر افزایش یافته است.

در STEPS، سرمایه‌گذاری‌های مصرف‌نمایی نیمی از افزایش ۷۰۰ میلیارد دلاری سرمایه‌گذاری پاک سالانه نسبت به سطوح امروزی را نشان می‌دهد و عمدتاً ناشی از رشد مستمر فروش خودروهای برقی و سرمایه‌گذاری در بخش ساختمان است. استفاده‌نمایی محرک اصلی افزایش سرمایه‌گذاری در APS و NZE نیست، اما حرکت از STEPS به سناریوی NZE به ۹۰۰ میلیارد دلار اضافی در سال تا سال ۲۰۳۰ نیاز دارد که بیش از دو برابر رشد سالانه سرمایه‌گذاری مصرف‌نمایی است. خودروهای برقی و پمپ‌های حرارتی در APS و NZE بسیار بیشتر از STEPS تا سال ۲۰۳۰ مورد استفاده قرار می‌گیرند، اما هزینه‌های سرمایه‌گذاری با کاهش هزینه‌های این فناوری‌ها بسیار کاهش می‌یابد.

سرمایه‌گذاری سالانه انرژی پاک بر اساس بخش و سناریو، ۲۰۲۱ و ۲۰۳۰



سرمایه‌گذاری در مصارف‌نمایی باید تا سال ۲۰۳۰ تقریباً چهار برابر شود تا به سطوح مورد نیاز در سناریوی NZE برسد. پیش‌بینی می‌شود که فروش خودروهای برقی در STEPS چهار برابر شود.

افزایش نرخ بهره و تورم می‌تواند چشم‌انداز کوتاه‌مدت سرمایه‌گذاری‌نمایی، به‌ویژه در بخش ساختمان‌ها و حمل‌ونقل را که به شدت با درآمد قابل‌تصرف و توانایی مصرف‌کنندگان برای دسترسی به منابع مالی مقرون‌به‌صرفه مرتبط است، تضعیف کند. بسته‌های بازایی حدود ۴۴۰ میلیارد دلار به بخش‌های مصرف‌نمایی در دوره ۲۰۲۰-۵۰ متعهد شده است و ممکن است به حمایت از سطوح سرمایه‌گذاری کمک کند. با این حال، این حمایت در

اقتصادهای پیشرفته متمرکز است و بیشتر آن به صورت پیش فرض است. از آنجایی که بودجه محرک در آینده کمرنگ می شود، تقویت شرایط مناسب و حمایت از سرمایه گذاری جدید ضروری خواهد بود. این به چشم انداز اقتصاد جهانی، سرعت کاهش هزینه های فناوری و سرعت پذیرش فناوری های جدید و کارآمدتر بستگی دارد. برخی از بانک ها شروع به طراحی بسته های تامین مالی اختصاصی برای بهره وری انرژی و سرمایه گذاری نهایی کرده اند که می تواند به تقویت تامین مالی بخش خصوصی کمک کند. در سناریوی NZE، انرژی های تجدیدپذیر پایه و اساس یک سیستم برق می شوند که در سال ۲۰۵۰ چهار برابر بزرگتر از امروز است. تا سال ۲۰۳۰ در سناریوی NZE، هزینه سرمایه برای انرژی پاک در مقایسه با STEPS دو برابر می شود و سه برابر بیشتر از سال ۲۰۲۱ است، با سرمایه گذاری در طیف گسترده ای از گزینه ها برای تولید برق با انتشار کم، از جمله بادی، خورشیدی، هسته ای، هیدروژن، CCUS، ذخیره سازی و شبکه ها.

یافته های کلیدی چشم انداز تقاضای انرژی

- یک چشم انداز اقتصادی تیره و تاریک منجر به پیش بینی های پایین تر از رشد تقاضای انرژی در این چشم انداز نسبت به نسخه سال گذشته می شود. قیمت های بالای انرژی، افزایش نگرانی های امنیتی انرژی و تقویت سیاست های آب و هوایی به یک دهه پیشرفت سریع گاز طبیعی پایان می دهد. رشد تقاضای سالانه آن از هم اکنون تا سال ۲۰۳۰ در سناریوی سیاست های بیان شده (STEPS) به ۰.۴ درصد کاهش می یابد که از ۲.۳ درصد از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۹ کاهش یافته است. زغال سنگ در واکنش به افزایش ها شاهد افزایش موقت تقاضا در برخی مناطق از بخش های برق و صنعت است. انرژی های تجدیدپذیر، به ویژه فتوولتائیک خورشیدی و باد، بیشترین امتیاز را در بین هر منبع انرژی در این دهه به دست می آورند و ۴۳ درصد از تولید برق در سراسر جهان را در سال ۲۰۳۰ تشکیل می دهند، از ۲۸ درصد امروز. تقاضای نفت تا سال ۲۰۳۰ سالانه ۰.۸ درصد افزایش می یابد.
- توسعه شتابان انرژی پاک در این دهه در اقتصادهای پیشرفته توسط بسته های سیاستی جدید و برنامه ها و اهداف دولتی تعیین می شود، به ویژه مواردی که در: قانون کاهش تورم (ایالات متحده آمریکا) تعیین شده است. پکیج RePowerEU و Fit for ۵۵ (اتحادیه اروپا)؛ لایحه تغییرات آب و هوایی استرالیا و برنامه انتقال سبز ژاپن. (در حالی که تمام اهداف ملی انرژی و انتشار گازهای گلخانه ای در STEPS محقق نمی شود، اقتصادهای پیشرفته هنوز تا سال ۲۰۳۰ شاهد کاهش تقاضا برای همه سوخت های فسیلی هستند. با این حال، اجرای این اقدامات به زمان نیاز دارد. اقدامات کوتاه مدت برای کاهش وابستگی

به واردات سوخت فسیلی در زمستان امسال، به ویژه در اروپا، که نقش مهمی برای مصرف کنندگان از نظر تغییر رفتار دارد، مورد نیاز است. در بازارهای نوظهور و اقتصادهای در حال توسعه، تقاضا برای سوخت فسیلی کندتر از نسخه های قبلی STEPS، به ویژه برای گاز طبیعی در آسیا، افزایش می یابد. کاهش رشد تقاضای سوخت های فسیلی توسط چین هدایت می شود، جایی که کند شدن رشد اقتصادی و تلاش های سیاسی منجر به اوج انتشار گازهای گلخانه ای در این دهه می شود.

- در سناریوی تعهدات اعلام شده (APS)، مصرف سوخت فسیلی تا سال ۲۰۳۰ بیشتر از STEPS کاهش می یابد، با این فرض که کشورها به تعهدات ملی خود در زمینه انتشار خالص صفر عمل می کنند. از جمله هند و اندونزی. همه بخش ها با شتاب قابل توجه خودروهای برقی و گرمایش الکتریکی در بخش های حمل و نقل و ساختمان، پیشرفت در برقی سازی و بهره وری انرژی را در مقایسه با STEPS سرعت می بخشند. در همین حال، انرژی های تجدیدپذیر به سرعت در بخش برق افزایش می یابند و تا سال ۲۰۳۰ نزدیک به ۵۰ درصد از تولید برق را به خود اختصاص می دهند. این نتایج از کاربران نهایی می خواهد که در APS برای تجهیزات کارآمد و کم آلاینده هزینه بیشتری داشته باشند، اما هزینه این تجهیزات در APS نسبت به STEPS به دلیل صرفه جویی در مقیاس سریع تر کاهش می یابد.
- انتشارات مربوط به انرژی در STEPS در دو سال آینده قبل از شروع کاهش در اواسط دهه ۲۰۲۰ همچنان افزایش می یابد. آنها در سال ۲۰۳۰ به ۳۶.۲ گیگا تن دی اکسید کربن ($Gt CO_2$) کاهش می یابند - کمی کمتر از سطح فعلی. در APS، آنها تا سال ۲۰۳۰ به ۳۱.۵ گیگا تن دی اکسید کربن کاهش می یابند زیرا دولت ها اقدامات زود هنگام و بلندپروازانه ای را با هدف کاهش قابل توجه در انتشار گازهای گلخانه ای در این دهه به همراه بهبود کیفیت هوا انجام می دهند. بخش خصوصی نقش مهمی در APS ایفا می کند.
- در جهان در حال توسعه، قیمت های بالا و تورم، پیشرفت به سوی دسترسی جهانی به انرژی مدرن را کند می کنند. تعداد افراد بدون برق احتمالاً در سال ۲۰۲۲ برای اولین بار در چند دهه اخیر افزایش خواهد یافت. عقب نشینی ها در جنوب صحرای آفریقا تقریباً تمام پیشرفت هایی را که از سال ۲۰۱۳ در آنجا حاصل شده است را از بین می برد. در همین حال افزایش قیمت LPG ممکن است تا ۱۰۰ میلیون نفر را که از آن برای پخت و پز استفاده می کنند به سوخت های سنتی بازگرداند. این موانع به این معنی است که تعداد پیش بینی شده افراد بدون دسترسی در سال ۲۰۳۰ در STEPS ۲۰۲۲ بیشتر از چشم انداز ۲۰۲۱ است. APS پیشرفت بیشتری را پیش بینی می کند، اما دستیابی به تمام اهداف دسترسی مربوطه در سطح کشور هنوز تا سال ۲۰۳۰ تنها به نیمه راه دسترسی جهانی برای برق و پخت و پز تمیز می

رسد. دستیابی کامل به دسترسی جهانی تا سال ۲۰۳۰ به اهداف بلندپروازانه تر، اقدامات اجرایی مؤثر و سطوح بالاتر سرمایه گذاری نیاز دارد.

- حدود ۵ میلیارد نفر امروزه در مناطقی زندگی می کنند که نیازهای اساسی به سرمایه گذاری فضا دارند. با این حال، تنها یک سوم خانوارها عمدتاً در اقتصادهای پیشرفته دارای کولر هستند. تا سال ۲۰۵۰، تغییرات اقلیمی و رشد جمعیت، تعداد افرادی که نیاز به سرمایه گذاری قابل توجهی دارند را به ۷ میلیارد نفر افزایش می دهد. تقاضای برق برای خنک کننده فضا به ۵۲۰۰ تراوات ساعت (TWh) در STEPS نزدیک می شود، زیرا تعداد دستگاه های تهویه مطبوع از ۱.۵ میلیارد فعلی به ۴.۴ میلیارد تا سال ۲۰۵۰ افزایش می یابد، با ۹۰ درصد افزایش در بازارهای نوظهور و اقتصادهای در حال توسعه. رشد تقاضا در APS بیش از ۵۰٪ کاهش می یابد که نتیجه تلاش های مصمم برای بهبود کارایی سیستم های تهویه مطبوع و با استفاده از اقدامات خنک کننده غیرفعال در ساختمان ها است.

- اوج تقاضا برای نفت از اواسط دهه ۲۰۳۰ در STEPS تا اواسط دهه ۲۰۲۰ در APS حرکت می کند، که عمدتاً در نتیجه پذیرش سریع تر خودروهای برقی است. در APS، خودروهای برقی بیش از ۳۵ درصد از فروش جهانی خودرو تا سال ۲۰۳۰ و بیش از ۵۰ درصد از فروش را در چین، اتحادیه اروپا و ایالات متحده به خود اختصاص می دهند. در نتیجه، بازار خودروهای برقی در سال ۲۰۳۰ شش برابر اندازه آن در سال ۲۰۲۱ است. این نشان دهنده اهداف برای حذف تدریجی خودروهای موتور احتراق داخلی در ۳۶ کشور و همچنین برنامه های تولیدکنندگان بزرگ برای چرخش به سمت تولید خودروهای برقی است.

۱-۲- چشم انداز برق

برق حدود ۲۰ درصد از کل مصرف نهایی انرژی جهان را تشکیل می دهد، اما سهم آن از خدمات انرژی به دلیل کارایی آن بیشتر است. در بسیاری از جنبه های زندگی روزمره اهمیت دارد و با گسترش الکتریسیته به مصارف نهایی جدید، مانند وسایل نقلیه الکتریکی (EVs) و پمپ های حرارتی، بیشتر می شود. بخش برق ۵۹ درصد از کل زغال سنگ مورد استفاده در جهان در سال ۲۰۲۱، همراه با ۳۴ درصد گاز طبیعی، ۴ درصد نفت، ۵۲ درصد از کل انرژی های تجدیدپذیر و نزدیک به ۱۰۰ درصد انرژی هسته ای را به خود اختصاص داده است. همچنین بیش از یک سوم از کل انتشار CO₂ مرتبط با انرژی در سال ۲۰۲۱ را به خود اختصاص داده است. منابع الکتریسیته کم آلاینده، به رهبری انرژی های تجدیدپذیر، تا سال ۲۰۳۰ در STEPS و APS از سوخت های فسیلی پیشی خواهند گرفت و به دهه ها رشد زغال سنگ پایان می دهد.

تقاضای جهانی برق در هر سه سناریو تا سال ۲۰۵۰ به طور قابل توجهی افزایش می‌یابد. این تقاضا از ۲۴۷۰۰ تراوات ساعت (TWh) در سال ۲۰۲۱ حدود ۸۰٪ در STEPS، ۱۲۰٪ در APS و ۱۵۰٪ در سناریوی NZE افزایش می‌یابد. رشد تقاضای برق تا سال ۲۰۳۰ در STEPS ۲۴ درصد در سال است که کمتر از میانگین سالانه ۲۶ درصد از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۱ است، اما در سناریوی APS ۲۸ درصد و در سناریوی APS ۳۵ درصد است که نشان دهنده برق‌رسانی سریع‌تر در مصارف نهایی است. از سال ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۰، رشد تقاضای برق در مراحل STEPS کند می‌شود، اما در سناریوی APS و NZE رشد قوی‌تری تا سال ۲۰۴۰ ادامه دارد. بخش ساختمان بزرگترین بخش مصرف‌کننده برق امروز است و تا سال ۲۰۵۰ در STEPS و APS باقی می‌ماند و صنعت دومین بخش بزرگ است. سایر کاربردهای برق به سرعت افزایش می‌یابد، به‌ویژه در سناریوی APS و NZE، زیرا خودروهای برقی بیشتری در جاده‌ها و با افزایش استفاده از هیدروژن تمیز افزایش می‌یابد.

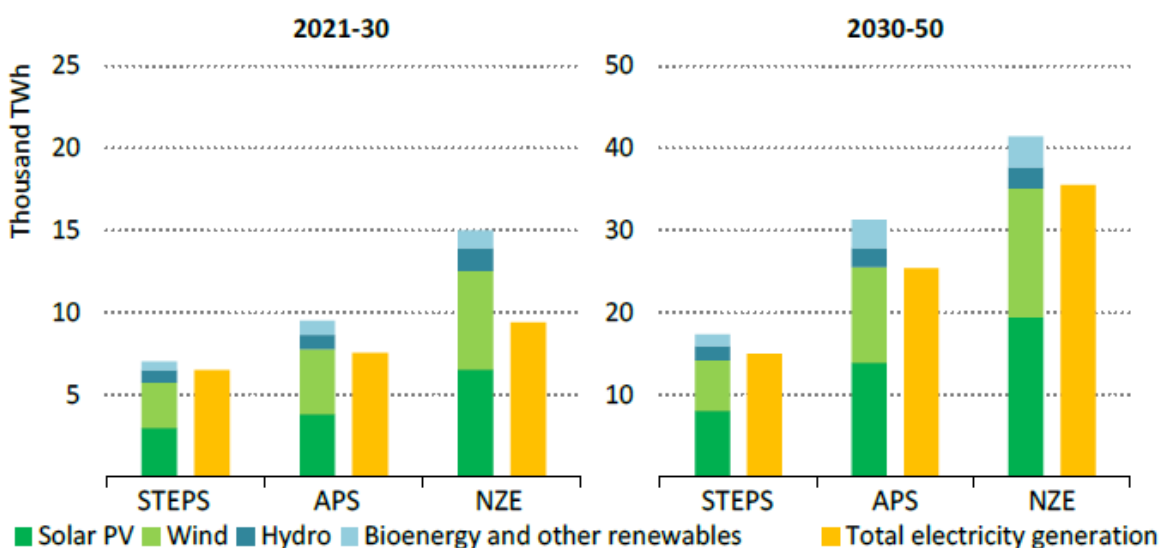
عرضه و تقاضای جهانی برق بر اساس سناریو (TWh)

	STEPS				APS		NZE	
	2010	2021	2030	2050	2030	2050	2030	2050
Buildings	9 637	12 594	15 383	21 940	14 889	19 623	13 293	15 850
Industry	7 450	10 166	12 036	15 073	12 471	18 332	13 776	21 697
Transport	295	441	1 169	3 607	1 570	7 845	2 236	10 243
Hydrogen production	-	2	159	663	879	5 714	2 464	11 433
Global electricity demand	18 548	24 700	30 621	43 672	31 752	53 810	33 733	62 159
Unabated coal	8 670	10 201	9 044	5 892	8 076	1 580	4 666	0
Unabated natural gas	4 855	6 552	6 848	6 658	6 100	3 577	4 977	82
Unabated oil	969	682	432	312	363	175	180	3
Fossil fuels with CCUS	-	1	5	133	75	1 338	282	1 317
Nuclear	2 756	2 776	3 351	4 260	3 547	5 103	3 896	5 810
Hydropower	3 449	4 327	5 078	6 809	5 213	7 543	5 725	8 251
Wind	342	1 870	4 604	10 691	5 816	17 416	7 840	23 486
Solar PV	32	1 003	4 011	12 118	4 838	18 761	7 551	27 006
Other renewables	411	859	1 380	2 833	1 707	5 153	1 948	5 762
Hydrogen and ammonia	-	-	9	44	79	567	603	1 467
Global electricity supply	21 539	28 334	34 834	49 845	35 878	61 268	37 723	73 232
Renewables share	20%	28%	43%	65%	49%	80%	61%	88%

Notes: TWh = terawatt-hours; CCUS = carbon capture, utilisation and storage; PV = photovoltaics. STEPS = Stated Policies Scenario, APS = Announced Pledges Scenario; NZE = Net Zero Emissions by 2050 Scenario. Electricity demand is defined as total gross electricity generated less own use generation, plus imports, less exports and transmission and distribution losses. Other sources are included in electricity supply.

پیش‌بینی می‌شود که عرضه جهانی برق پس از بهبودی از اختلالات فعلی بازار، از سوخت‌های فسیلی بدون وقفه دور شود. تعدادی از کشورها در سال ۲۰۲۲ با بهبود اقتصادی ناشی از کووید-۱۹ تقاضای برق را افزایش دادند و نگرانی‌ها در مورد قیمت بالای گاز طبیعی و امنیت انرژی افزایش یافتند. در STEPS، سهم زغال سنگ بدون کاهش در تولید برق جهانی از ۳۶ درصد در سال ۲۰۲۱ به ۲۶ درصد در سال ۲۰۳۰ و ۱۲ درصد در سال ۲۰۵۰ کاهش می‌یابد، در حالی که سهم گاز طبیعی بدون کاهش از ۲۳ درصد در سال ۲۰۲۱ به ۲۰ درصد در سال ۲۰۳۰ و ۱۳ درصد در سال ۲۰۵۰ خواهد رسید. در سال ۲۰۵۰. تعهدات و اهداف انتشار باعث کاهش سریع‌تر در APS می‌شود، جایی که زغال سنگ بدون کاهش به ۲۳ درصد تولید در سال ۲۰۳۰ و فقط ۳ درصد در سال ۲۰۵۰ کاهش می‌یابد و گاز طبیعی بدون کاهش به ۱۷ درصد در سال ۲۰۳۰ و تنها ۶ درصد تا سال ۲۰۵۰ کاهش می‌یابد - کمترین سهم در ۵۰ سال گذشته. امروزه نفت ۲ درصد از عرضه برق را تشکیل می‌دهد و عمدتاً در مناطق دورافتاده یا نزدیک به سایت‌های تولید نفت استفاده می‌شود: با روی آوردن ژنراتورها به جایگزین‌های ارزان‌تر و کم‌آلاینده‌گی، استفاده از آن در همه سناریوها کاهش بیشتری خواهد یافت. زغال سنگ، گاز طبیعی و نفت بدون کاهش در سناریوی NZE حتی سریع‌تر کاهش می‌یابد، به‌طوری‌که الکتریسیته تا سال ۲۰۴۰ به صفر خالص انتشار جهانی می‌رسد.

رشد جهانی برق تجدیدپذیر نسبت به رشد کل تولید برق بر اساس سناریو، ۲۰۲۱-۲۰۵۰



انرژی‌های تجدیدپذیر از افزایش تولید کل در STEPS پیشی می‌گیرند، در حالی که در APS سریع‌تر رشد می‌کنند و سوخت‌های فسیلی بدون کاهش بیشتری را جایگزین می‌کنند.

فناوری‌های انرژی‌های تجدیدپذیر در حال حاضر نزدیک به ۳۰ درصد از تولید برق را فراهم می‌کنند و در همه سناریوها برای رشد سریع، به رهبری فتوولتائیک خورشیدی و باد تنظیم شده‌اند. در حالی که انرژی‌های تجدیدپذیر اکنون ارزان‌ترین منبع برق جدید را در بیشتر بازارها نشان می‌دهند، سرعت گسترش آنها به بازنشستگی یا استفاده مجدد از منابع فعلی تولید برق و همچنین ظرفیت جدید بستگی دارد و بنابراین هنوز عمدتاً در دست سیاست‌گذاران است. در STEPS، رشد تولید انرژی‌های تجدیدپذیر از افزایش کل تولید تا سال ۲۰۳۰ و تا ۲۰۵۰ فراتر رفته است، که نیاز به سوخت‌های فسیلی را کاهش می‌دهد. در APS، فتوولتائیک خورشیدی و باد به تنهایی از رشد تقاضای بیشتر تا سال‌های ۲۰۳۰ و ۲۰۵۰ پیشی می‌گیرند و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای را بیشتر می‌کنند. در سناریوی NZE، رشد انرژی‌های تجدیدپذیر تا سال ۲۰۳۰ ۴۰ درصد سریع‌تر و تا سال ۲۰۵۰ ۲۰ درصد سریع‌تر از APS است و این منجر به کربن‌زدایی سریع برق می‌شود.

تقاضای برق

تقاضای جهانی برق در سال ۲۰۲۱ به ۲۴۷۰۰ تراوات ساعت رسید - افزایشی ۶ درصدی نسبت به سال قبل و بزرگترین افزایش سالانه از سال ۲۰۱۰ - که منعکس‌کننده بازگشت مجدد در بسیاری از اقتصادها پس از همه‌گیری است. تقریباً سه چهارم افزایش جهانی تقاضای برق در سال ۲۰۲۱ مربوط به بازارهای نوظهور و اقتصادهای در حال توسعه بود که چین به تنهایی حدود ۷۰۰ تراوات ساعت یا ۵۰ درصد از افزایش جهانی را به خود اختصاص داده است، مقداری که معادل کل تقاضای برق در آفریقا است. در سراسر جهان سهم فعلی برق از کل مصرف انرژی نهایی ۲۰ درصد است. بزرگترین مصرف‌کنندگان برق چین، ایالات متحده و اروپا هستند. آنها روی هم بیش از ۶۰ درصد تقاضای جهانی برق را تشکیل می‌دهند.

تقاضای برق بر اساس منطقه و سناریو، ۲۰۱۰-۲۰۵۰ (TWh)

	2010	2021	STEPS		APS	
			2030	2050	2030	2050
North America	4 632	4 852	5 266	6 830	5 544	8 786
United States	3 880	4 004	4 281	5 482	4 529	7 187
Central and South America	932	1 097	1 308	2 168	1 447	2 940
Brazil	451	541	622	985	637	1 138
Europe	3 567	3 645	4 182	5 060	4 639	6 561
European Union	2 574	2 608	2 922	3 327	3 271	4 348
Africa	570	707	994	2 041	1 128	3 355
South Africa	214	194	229	365	248	494
Middle East	709	1 064	1 372	2 430	1 343	2 878
Eurasia	985	1 181	1 291	1 669	1 280	1 652
Asia Pacific	7 154	12 164	16 208	23 475	16 371	27 638
China	3 659	7 556	9 969	12 868	9 940	14 504
India	717	1 273	2 117	4 293	2 107	5 314
Japan	1 071	934	893	922	952	1 153
Southeast Asia	607	1 037	1 537	2 848	1 580	3 214
Global electricity demand	18 548	24 700	30 621	43 672	31 752	53 810

Note: TWh = terawatt-hours.

تقاضای برق سالانه ۲.۴٪ در STEPS در بقیه این دهه افزایش می‌یابد تا به بیش از ۳۰۶۰۰ TWh تا سال ۲۰۳۰ برسد. تقاضا در APS سریعتر رشد می‌کند و به حدود ۳۱۷۵۰ TWh در سال ۲۰۳۰ می‌رسد. بین ۲۰۳۰ و ۲۰۵۰ رشد تقاضا برای برق در STEPS به ۱.۸٪ در سال کاهش می‌یابد تا به حدود ۴۳۷۰۰ TWh تا سال ۲۰۵۰ برسد. در APS، رشد تقاضای سالانه ۲.۷٪ پس از سال ۲۰۳۰ است تا به نزدیک به ۵۴۰۰۰ TWh تا سال ۲۰۵۰ برسد.

بحران جهانی انرژی امروزی منجر به افزایش قیمت برق برای مصرف‌کنندگان شده است. به عنوان مثال، میانگین قیمت برق مسکونی در اتحادیه اروپا در نیمه اول سال ۲۰۲۲ حدود ۳۰ درصد بیشتر از مدت مشابه در سال ۲۰۲۱ بود (IEA، ۲۰۲۲؛ Energie-Control Austria، MEKH و VaasaETT، ۲۰۲۲). با وجود آشفته‌گی در بازارهای برق امروزی، با استقرار خودروهای برقی و نصب پمپ‌های حرارتی و با استفاده از برق برای برآورده ساختن مصارف نهایی جدید، شتاب برای برق‌رسانی بیشتر در سراسر جهان قوی است. قیمت برق به طور چشمگیری افزایش

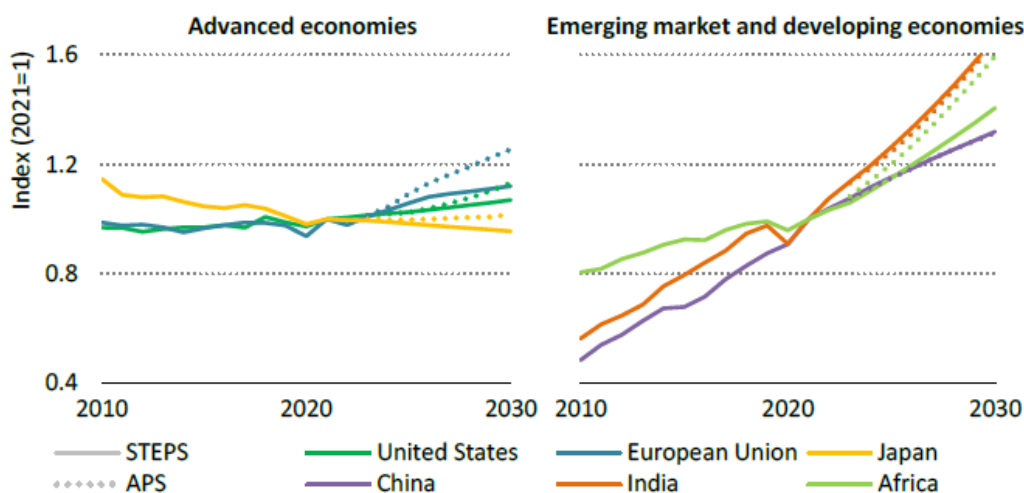
یافته است، اما قیمت نفت، گاز طبیعی و زغال سنگ نیز افزایش یافته است. علاوه بر این، تولید برق قرار است وابستگی خود به سوخت‌های فسیلی را در سال‌های آینده کاهش دهد و در نتیجه انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش دهد. کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی می‌تواند مزایای امنیت انرژی را نیز به همراه داشته باشد، مشروط بر اینکه شبکه‌های برق برای کمک به انعطاف‌پذیری تقویت شوند. در STEPS، سهم برق از کل مصرف نهایی به ۲۲ درصد در سال ۲۰۳۰ و ۲۸ درصد در سال ۲۰۵۰ می‌رسد. در APS، این سهم به ترتیب به ۲۴ درصد و نزدیک به ۴۰ درصد می‌رسد و در سناریوی NZE به ۲۸ درصد افزایش می‌یابد. و بیش از ۵۰ درصد تا سال ۲۰۵۰.

تقاضای برق منطقه ای

نگاه دقیق‌تر به روندهای منطقه ای تفاوت‌های مهمی را در تکامل تقاضای برق در سراسر جهان نشان می‌دهد. یکی از سریع‌ترین افزایش‌ها در مصرف برق در سال‌های اخیر در چین بوده است، جایی که بین سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۲۱ در نتیجه رشد سریع اقتصادی و صنعتی دو برابر شد. تا کنون، چین بزرگترین مصرف‌کننده برق جهان است: ۳۰ درصد از کل برق جهان را به خود اختصاص می‌دهد، تقریباً دو برابر ایالات متحده، دومین مصرف‌کننده بزرگ با ۱۶ درصد از کل برق جهانی. اقتصادهای پیشرفته از سال ۲۰۱۰ با افزایش تقاضا در بازارهای نوظهور و اقتصادهای در حال توسعه شاهد کاهش بیش از ده درصدی سهم خود از تقاضای جهانی برق بوده‌اند. این روند هم در STEPS و هم در APS ادامه دارد، زیرا ادامه رشد سریع تقاضای انرژی و برق‌رسانی در چین، هند، خاورمیانه و آفریقا، به ویژه در بخش صنعت و ساختمان اتفاق می‌افتد. در اقتصادهای پیشرفته، متوسط تقاضای سرانه برق از سال ۲۰۱۰ تا کنون ۰.۲ درصد در سال کاهش یافته است، اما پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۳۰ در STEPS ۰.۸ درصد در سال و در APS دو برابر افزایش یابد. حمل و نقل به عنوان بزرگترین عامل رشد تقاضای برق در هر دو سناریو ظاهر می‌شود که عمدتاً به دلیل افزایش سریع تعداد خودروهای برقی است. در ایالات متحده، سهم بازار خودروهای برقی از کمتر از ۵ درصد در سال ۲۰۲۱ به ۳۰ درصد در STEPS و ۵۰ درصد در APS تا سال ۲۰۳۰ افزایش می‌یابد که این افزایش عمدتاً ناشی از قانون کاهش تورم و اهداف در سطح دولتی است. سهم برق در کل مصرف نهایی در ایالات متحده از ۲۱ درصد در سال ۲۰۲۱ به ۲۳ درصد در STEPS و به ۲۴ درصد در APS تا سال ۲۰۳۰ افزایش می‌یابد. در اتحادیه اروپا، استقرار سریع پمپ‌های حرارتی در ساختمان‌ها و صنعت و افزایش حدود ۳۵ میلیون ناوگان خودروهای برقی به افزایش سهم برق در کل مصرف نهایی از ۲۱ درصد در سال ۲۰۲۱ به ۲۵ درصد در STEPS و ۲۹ درصد در APS تا سال ۲۰۳۰ کمک می‌کند. افزایش بهره

وری در لوازم مدرن و گرمایش و سیستم های خنک کننده رشد تقاضا و سطوح نسبتاً بالای سرانه تقاضای برق را کاهش می دهند.

تقاضای برق در مناطق کلیدی بر اساس سناریو، ۲۰۱۰-۲۰۳۰

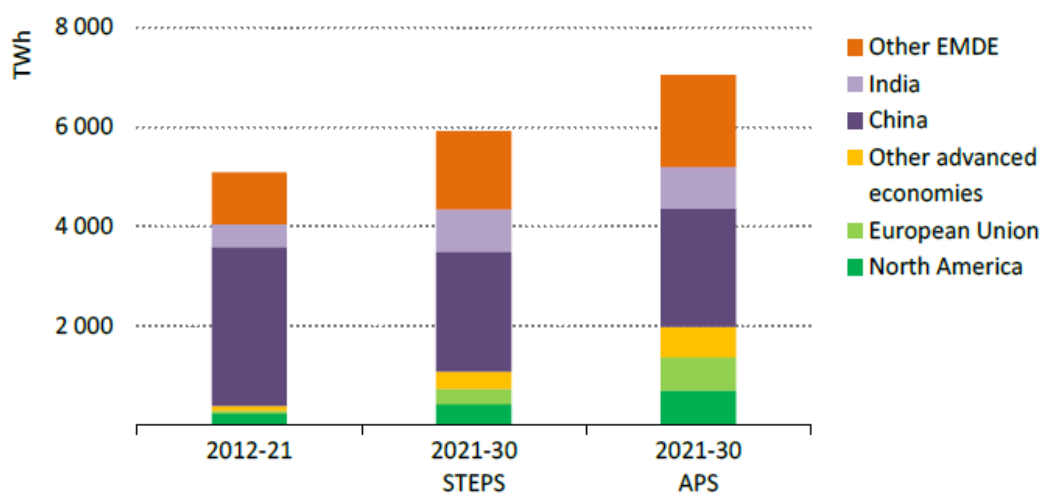


در بازارهای نوظهور و اقتصادهای در حال توسعه، متوسط تقاضای سرانه برق بین سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۱ به میزان ۳.۵ درصد افزایش یافته است. این میزان با نرخ متوسط سالانه ۲.۲ درصد در STEPS و ۲.۳ درصد در APS تا سال ۲۰۳۰ به رشد خود ادامه می‌دهد. تقاضای برق در چین در هر دو سناریو تا سال ۲۰۳۰ بیش از ۳۰ درصد افزایش می‌یابد، و سهم آن در تقاضای جهانی برق در هر دو سناریو در سال ۲۰۳۰ افزایش می‌یابد، زیرا اقتصاد این کشور به سمت خدمات و صنایع با فناوری پیشرفته تغییر می‌کند. رشد اقتصادی و افزایش استانداردهای زندگی در هند باعث افزایش مالکیت لوازم خانگی و افزایش تقاضای برق تا سال ۲۰۳۰ به میزان دو سوم در هر دو سناریو می‌شود. سطح مشابهی از رشد در اندونزی پیش‌بینی می‌شود: ساختمان‌ها بیشتر این رشد را به خود اختصاص می‌دهند، که عمدتاً ناشی از افزایش تعداد افرادی است که دارای سیستم تهویه مطبوع هستند، زیرا این کشور از میانگین ۰.۱ واحد برای هر خانوار امروز به ۰.۴ در هر خانوار تا سال ۲۰۳۰ تغییر می‌کند. در قاره آفریقا، حدود ۱۵۰ میلیون نفر تا سال ۲۰۳۰ به خدمات برق مدرن در STEPS و نزدیک به ۴۸۰ میلیون نفر در APS دسترسی پیدا می‌کنند. همچنین مالکیت وسایلی مانند یخچال و پنکه افزایش یافته است. این تحولات منجر به افزایش تقاضای برق بیش از ۴۰ درصد در STEPS و حدود ۶۰ درصد در APS تا پایان این دهه می‌شود. پیشرفت

های حاصل شده در بهبود دسترسی به برق در آفریقا تا سال ۲۰۳۰ تقریباً ۷۰٪ از پیشرفت‌های انجام شده در سراسر جهان در STEPS را تشکیل می‌دهد: این میزان در APS به بیش از ۸۰٪ می‌رسد.

تقاضای جهانی برق بین سال‌های ۲۰۲۱ و ۲۰۳۰ در STEPS حدود ۵۹۰۰ تراوات ساعت افزایش می‌یابد که به معنای نرخ رشد سالانه کمی کمتر از دهه گذشته است. رشد تقاضا در APS سریعتر است، که شاهد افزایش تقاضای بیش از ۷۰۰۰ تراوات ساعت بین سالهای ۲۰۲۱ تا ۲۰۳۰ است که معادل نزدیک به ۷۰ درصد تقاضای فعلی برق در اقتصادهای پیشرفته است. تعهدات اعلام شده در APS منجر به استقرار سریع‌تر خودروهای برقی در تمام گروه‌های خودرو و پمپ‌های حرارتی در ساختمان‌ها و فرآیندهای صنعتی می‌شود. در سناریوی NZE، برق‌سازی حتی از APS فراتر می‌رود زیرا تقاضای برق تا سال ۲۰۵۰ از ۶۲۰۰۰ تراوات ساعت فراتر می‌رود که ۴۰ درصد بیشتر از سطوح STEPS است. تا سال ۲۰۳۰، افزایش NZE نسبت به STEPS هم در اقتصادهای پیشرفته و هم در بازارهای نوظهور و اقتصادهای در حال توسعه مشابه است.

رشد تقاضای برق بر اساس منطقه و سناریو، ۲۰۱۲-۲۰۳۰



رشد تقاضای جهانی برق در دهه آینده افزایش می‌یابد، زیرا کاهش سرعت در چین با افزایش شدید در بسیاری از بازارهای دیگر متعادل می‌شود.

تولید برق

سهم جهانی سوخت های فسیلی در تولید برق از حدود ۶۵ درصد در سال ۲۰۱۸ به ۶۲ درصد در سال ۲۰۲۱ کاهش یافته است که منعکس کننده افزایش سریع PV خورشیدی و باد در تولید برق در دهه گذشته است. شرایط فعلی بازار نیز باعث تغییر می شود. قیمت های جهانی نفت و گاز طبیعی در اواخر سال ۲۰۲۰ به سرعت در حال افزایش بودند زیرا تقاضا با کاهش محدودیت های کووید-۱۹ بهبود یافت. این روند در اوایل سال ۲۰۲۲ با حمله روسیه به اوکراین به شدت تشدید شد. نگرانی ها در مورد قیمت گاز طبیعی و امنیت انرژی در برخی موارد منجر به بازگشت موقت به تولید زغال سنگ شده است، اما این نگرانی ها در برخی کشورها باعث ایجاد جاه طلبی برای پیشرفت سریع تر در رسیدن به انتشار خالص صفر از طریق افزایش حمایت از ترکیبی از گازهای گلخانه ای شده است. این جاه طلبی مبتنی بر نوآوری و پیشرفت فناوری، از جمله کاهش هزینه های PV خورشیدی، باد و باتری ها، همراه با پیشرفت در توسعه راکتورهای هسته ای کوچک مدولار و استفاده از هیدروژن و آمونیاک در نیروگاه های با سوخت فسیلی است.

تحولات اخیر در خط مشی کشورها

چشم انداز سیاست، تعیین کننده کلیدی چشم انداز بخش برق است و در پرتو شرایط بازار و رویدادهای جهانی به تکامل خود ادامه می دهد. تعدادی از تحولات سیاستی اخیر وجود داشته است که بر چشم انداز عرضه برق تأثیر می گذارد. در طول یا پس از COP۲۶ در نوامبر ۲۰۲۱، چندین کشور دیگر متعهد شدند که به انتشار خالص صفر برسند، به عنوان مثال. اندونزی در سال ۲۰۶۰ یا قبل از آن و هند تا سال ۲۰۷۰. از سپتامبر ۲۰۲۲، ۸۳ کشور و اتحادیه اروپا اهداف خالص انتشار صفر را تعیین کرده بودند. اعضای G۷ همچنین متعهد شده اند که تا سال ۲۰۳۵ به طور کامل یا عمدتاً کربن زدایی بخش های برق خود را تضمین کنند و اقداماتی که برای این منظور انجام می دهند ممکن است به باز کردن مسیر برای سایر کشورها کمک کند (IEA, ۲۰۲۲b). تعداد کشورهای دارای سیاست های انرژی تجدیدپذیر از ۱۴۵ کشور در سال ۲۰۲۰ به ۱۵۶ کشور در سال ۲۰۲۱ افزایش یافت و روندی چند ساله را ادامه داد. تا پایان سال ۲۰۲۱، اکثر کشورهای جهان یک سیاست حمایتی از انرژی های تجدیدپذیر داشتند، با تمرکز بیشتر حمایت ها بر بخش برق و تلاش کمتر برای تسريع انرژی های تجدیدپذیر در بخش های ساختمان، حمل و نقل و صنعت. تعداد کل کشورهایی که اهداف کل اقتصاد را برای ۱۰۰٪ انرژی های تجدیدپذیر در نظر گرفته اند تا پایان سال ۲۰۲۱ به ۳۶ کشور افزایش یافته است که نسبت به ۳۲ کشور در سال قبل افزایش یافته است (REN۲۱, ۲۰۲۲).

تغییرات سیاستی و اطلاعاتی های اخیر در مورد تولید برق

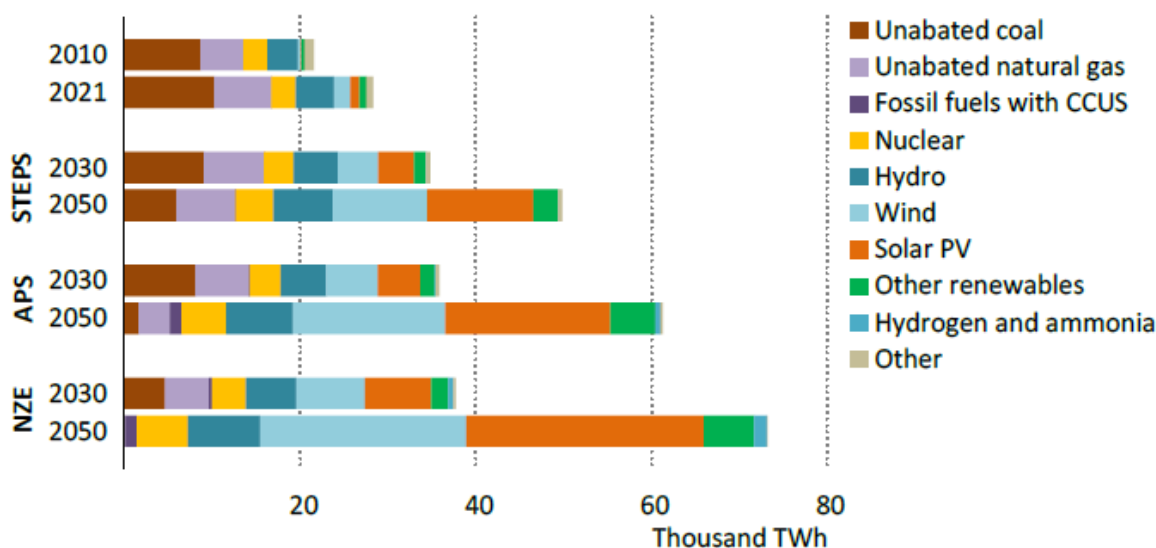
آلمان و چندین کشور اروپایی دیگر علاوه بر اقدام در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر، برای کاهش وابستگی خود به گاز طبیعی وارداتی از روسیه و تقویت امنیت انرژی، به نیروگاه‌های زغال‌سنگ بازگشته‌اند. این یک اقدام موقتی است: به نظر می‌رسد بحران فعلی گاز طبیعی در میان‌مدت به عزم کاهش اتکا به سوخت‌های فسیلی وارداتی به نام امنیت انرژی منجر شود. علاوه بر این، همه اعضای G7 متعهد شدند که «گام‌های ملموس و به‌موقع را در راستای هدف تسریع حذف تدریجی زغال‌سنگ داخلی» اولویت‌بندی کنند (شورای اروپا، ۲۰۲۲). تعداد فزاینده ای از کشورها برنامه های خود را برای حمایت از سرمایه گذاری جدید هسته ای اعلام کرده اند. برای مثال، در فوریه ۲۰۲۲، فرانسه اعلام کرد که قصد دارد از سال ۲۰۲۸ شش راکتور بزرگ جدید با هزینه حدود ۵۰ میلیارد یورو بسازد، با گزینه ای برای ساخت هشت راکتور دیگر تا سال ۲۰۵۰. چین قصد دارد به سرعت فعلی خود در ساخت راکتورهای هسته ای ادامه دهد. کره به تازگی سیاست حذف تدریجی هسته ای خود را تغییر داده است و اکنون از تمدید طول عمر تاسیسات موجود، از سرگیری ساخت و افزایش سهم هسته ای در تولید برق حمایت می‌کند. سایر تحولات اخیر سیاست بر طیفی از منابع انرژی کم انتشار تأثیر می‌گذارد. در ایالات متحده، قانون کاهش تورم بودجه و اعتبارات مالیاتی اضافی برای انگیزه دادن به منابع متعدد انرژی پاک، از جمله ذخیره انرژی، انرژی هسته ای، وسایل نقلیه انرژی پاک، جذب هیدروژن و کربن، استفاده و ذخیره سازی (CCUS) فراهم می‌کند. کانادا اخیراً یک اعتبار مالیاتی برای سرمایه گذاری در پروژه های جدید CCUS اعلام کرده است. برنامه های استفاده از هیدروژن و آمونیاک در بخش برق با سیاست ها یا اهداف تقویت شده در بسیاری از کشورها از جمله در اروپا، ژاپن، کره و هند پیشرفت کرده است (IEA, ۲۰۲۲c).

تولید برق براساس منبع

انرژی‌های تجدیدپذیر در درازمدت به منبع اصلی برق در سراسر جهان تبدیل می‌شوند. کل تولید برق از انرژی های تجدیدپذیر بیش از ۵۰۰ تراوات ساعت نسبت به سطح سال ۲۰۲۰ افزایش یافت و به رکورد بالای ۸۰۰۰ تراوات ساعت در سال ۲۰۲۱ رسید که عمدتاً ناشی از افزایش تولید PV خورشیدی و بادی است. در نتیجه، سهم انرژی های تجدیدپذیر در تولید برق جهانی با ۰.۲ درصد افزایش به حدود ۲۹ درصد برای اولین بار رسید. انرژی‌های تجدیدپذیر به سرعت در STEPS افزایش می‌یابند و سهم آنها از تولید تا سال ۲۰۳۰ به ۴۳ درصد و تا سال ۲۰۵۰ به ۶۵ درصد می‌رسد. پیش‌بینی می‌شود که انرژی‌های تجدیدپذیر بیشترین ظرفیت اضافه‌شده در هر منطقه را در طول دوره چشم‌انداز تشکیل دهند. تا حد زیادی، PV بادی و خورشیدی بزرگترین مشارکت کنندگان

در این توسعه هستند، و مجموع ظرفیت PV خورشیدی نصب شده به طور خاص از هر منبع دیگری در STEPS و APS از دهه ۲۰۳۰ به بعد بسیار بیشتر است. در STEPS، PV بادی و خورشیدی با هم هر سال رکوردهای جدیدی را تا سال ۲۰۳۰ ثبت می‌کنند و سپس تا سال ۲۰۵۰ به رشد سالانه قوی ادامه می‌دهند. PV خورشیدی و باد نقش مهم تری در APS ایفا می‌کنند: افزایش ظرفیت سالانه باد از ۹۵ گیگاوات در سال ۲۰۲۱ به ۲۱۰ گیگاوات در سال ۲۰۳۰ و ۲۷۰ گیگاوات در سال ۲۰۵۰ افزایش می‌یابد، در حالی که افزایش ظرفیت PV خورشیدی از ۱۵۱ گیگاوات در سال ۲۰۲۱ به ۳۷۰ گیگاوات در سال ۲۰۳۰ و ۶۰۰ گیگاوات در سال ۲۰۵۰. در سناریوی NZE، انرژی‌های تجدیدپذیر با سرعت بیشتری افزایش می‌یابند، با افزایش سهم آنها از کل تولید از ۲۹ درصد در سال ۲۰۲۱ به بیش از ۶۰ درصد در سال ۲۰۳۰ و نزدیک به ۹۰ درصد در سال ۲۰۵۰. افزایش عظیم سهم فتوولتائیک خورشیدی و باد در کل تولید در تمام سناریوها اساساً سیستم‌های برق را تغییر می‌دهند و تقاضا برای انعطاف‌پذیری سیستم برق را به طور قابل توجهی افزایش می‌دهند.

تولید جهانی برق بر اساس منبع و سناریو، ۲۰۱۰-۲۰۵۰

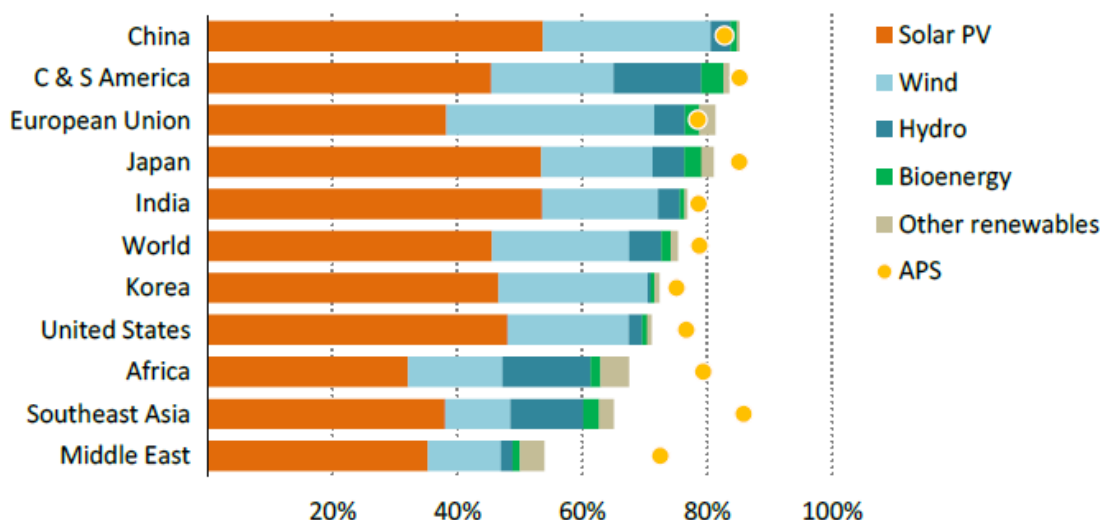


تولید برق از سوخت‌های فسیلی بدون کاهش تا سال ۲۰۳۰ به اوج خود می‌رسد، زیرا منابع کم‌آلاینده افزایش می‌یابد و انرژی‌های تجدیدپذیر بر عرضه برق در همه سناریوها تا سال ۲۰۵۰ غالب می‌شوند.

توجه: سایر انرژی‌های تجدیدپذیر عبارتند از: انرژی زیستی و زباله‌های تجدیدپذیر، زمین‌گرمایی، انرژی خورشیدی متمرکز و نیروی دریایی.

انرژی آبی و سایر انرژی‌های تجدیدپذیر قابل توزیع همچنان نقش مهمی در همه سناریوها ایفا می‌کنند. در مرحله STEPS، برق آبی بزرگترین منبع برق تجدیدپذیر باقی می‌ماند تا پس از سال ۲۰۳۰، زمانی که PV بادی و خورشیدی از آن پیشی بگیرد. در APS، برق آبی و سایر انرژی‌های تجدیدپذیر قابل توزیع مانند انرژی زیستی، انرژی زمین گرمایی و انرژی خورشیدی متمرکز (CSP) سریع‌تر افزایش می‌یابند تا به کاهش انتشار سریع‌تر بخش برق کمک کنند و سهم رو به رشد سریع تولید برق بادی و PV خورشیدی را یکپارچه کنند. نقش برق آبی برای کمک به ایجاد تعادل و پایداری سیستم برق، ممکن است تحت تأثیر رویدادهای مرتبط با آب و هوا باشد، که در سال گذشته دسترسی آن را در بسیاری از مناطق کاهش داده است، شبکه‌های برق را تحت فشار قرار داده و سؤالاتی در مورد انعطاف‌پذیری سیستم‌های برق ایجاد کرده است.

سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در کل ظرفیت اضافه شده بر اساس منطقه در STEPS، ۲۰۲۲-۲۰۵۰

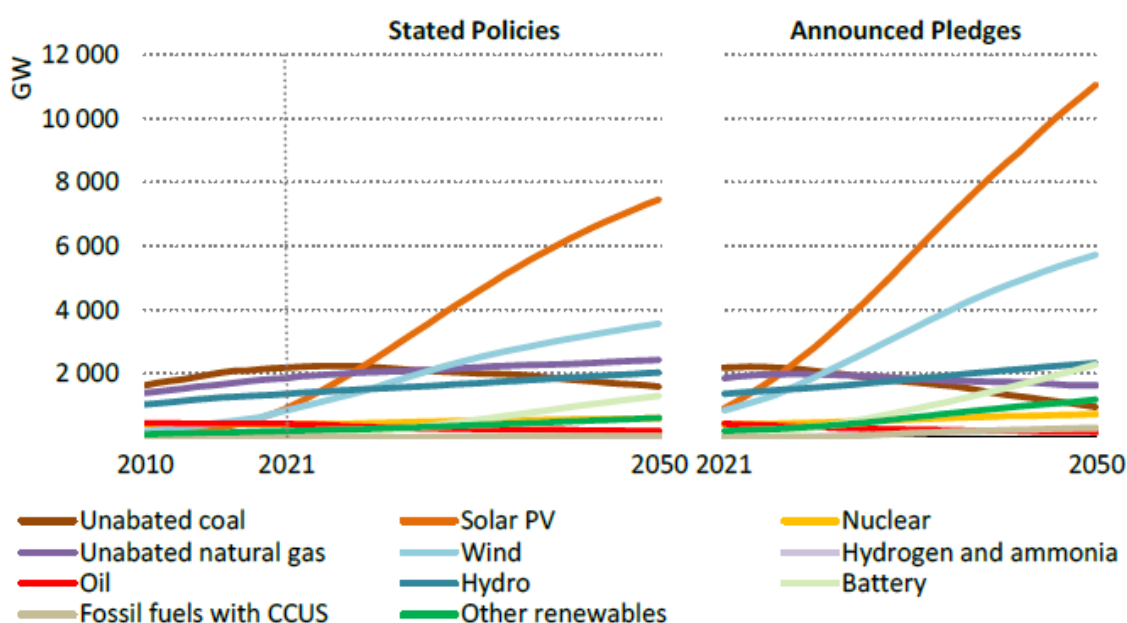


انرژی‌های تجدیدپذیر بیشترین ظرفیت افزوده‌شده در همه مناطق را به خود اختصاص می‌دهند، با رشد گسترده برای PV خورشیدی و باد در همه بازارها، و پس از آن در بسیاری از بازارها برق آبی قرار می‌گیرد.

تداوم نقش انرژی هسته‌ای در بخش برق به تصمیمات برای افزایش طول عمر راکتورهای موجود و موفقیت برنامه‌های ساخت راکتورهای جدید متکی است. در STEPS، هسته‌ای سهم خود را در حدود ۱۰ درصد در کل تولید برق حفظ می‌کند. این امر مستلزم تکمیل ۱۲۰ گیگاوات ظرفیت هسته‌ای جدید در دوره ۲۰۲۲-۳۰ و همچنین افزودن ۳۰۰ گیگاوات دیگر راکتورهای جدید (معادل تقریباً سه چهارم ناوگان فعلی جهانی) بین سال‌های ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۰ است. بیش از ۳۰ کشور در APS، حدود ۱۸ گیگاوات ظرفیت هسته‌ای جدید در طول دوره چشم‌انداز

اضافه می‌شود که بیش از یک چهارم بیشتر از STEPS است، اما سطح بالاتر تقاضای برق در این سناریو به این معنی است که سهم هسته‌ای از ترکیب تامین برق نزدیک به ۱۰ درصد باقی می‌ماند. در سناریوی NZE، موجی از تمدید طول عمر در اقتصادهای پیشرفته در دهه ۲۰۲۰ به محدود کردن انتشار جهانی کمک می‌کند و به طور متوسط ۲۴ گیگاوات ظرفیت هر سال بین سال‌های ۲۰۲۲ تا ۲۰۵۰ اضافه می‌شود، بیش از دو برابر ظرفیت انرژی هسته‌ای تا سال ۲۰۵۰. با این حال، ترکیب برق به دلیل رشد بسیار قوی تقاضای برق در سناریوی NZE به ۸ درصد در سال ۲۰۵۰ کاهش می‌یابد.

ظرفیت جهانی برق نصب شده بر اساس منبع و سناریو، ۲۰۱۰-۲۰۵۰



ظرفیت نصب شده فتوولتائیک خورشیدی و بادی تا سال ۲۰۵۰ فراتر از هر منبع دیگری خواهد بود و امروزه از انرژی زغال سنگ و گاز طبیعی پیشی گرفته است.

به طور مشابه، احتراق همزمان آمونیاک یا هیدروژن در STEPS بسیار محدود است و کمتر از ۰.۱٪ از کل تولید برق در سال ۲۰۵۰ را تشکیل می‌دهد. استثنا قابل توجه ژاپن است، جایی که برنامه‌هایی برای سوزاندن آمونیاک در نیروگاه‌های زغال سنگ در دست توسعه است. پیش‌بینی می‌شود که آمونیاک و هیدروژن در سال ۲۰۵۰ به

سهمی نزدیک به ۵ درصد از تولید برق برسد. ، کره و ایالات متحده، با هیدروژن به عنوان ابزاری برای کمک به دستیابی به اهداف کاهش انتشار دیده می‌شود. در سناریوی NZE، نزدیک به ۱۹۰ گیگاوات برای احیای هیدروژن یا آمونیاک تا سال ۲۰۳۰ بهینه‌سازی می‌شود، که تا سال ۲۰۵۰ به ۵۸۰ گیگاوات افزایش می‌یابد. با این حال، به دلیل هزینه بالا، این سوخت‌ها در درجه اول به عنوان منبع انعطاف‌پذیری برای تعادل خروجی PV باد و خورشید استفاده می‌شوند. بنابراین سهم کلی آنها در ترکیب جهانی عرضه برق حتی در APS (کمتر از ۱٪ در سال ۲۰۵۰) و سناریوی NZE (نزدیک به ۲٪ در سال ۲۰۵۰) محدود باقی می‌ماند. با این وجود، اندازه عظیم بخش برق، آن را به یکی از محرک‌های اصلی تقاضای جهانی هیدروژن تبدیل می‌کند. گاز طبیعی بدون کاهش، ۲۳ درصد از برق جهانی را در سال ۲۰۲۱ تامین کرد. پس از کاهش کوتاه مدت، تولید برق با سوخت گاز در مراحل STEPS افزایش یافت. اکنون انتظار می‌رود تولید برق با گاز تا سال ۲۰۵۰ به طور کلی در همان سطح باقی بماند. این نتیجه تغییر درک در مورد نقش گاز طبیعی که ناشی از بحران انرژی فعلی و رکورد قیمت گاز طبیعی در تمام بازارهای اصلی است. در سناریوی NZE، تولید گاز طبیعی در کوتاه مدت در نتیجه جایگزینی زغال سنگ به گاز اندکی افزایش می‌یابد، اما تا سال ۲۰۲۵ به اوج خود می‌رسد. با این حال، حتی با کاهش تولید، ظرفیت گاز طبیعی منبع حیاتی انرژی باقی می‌ماند.

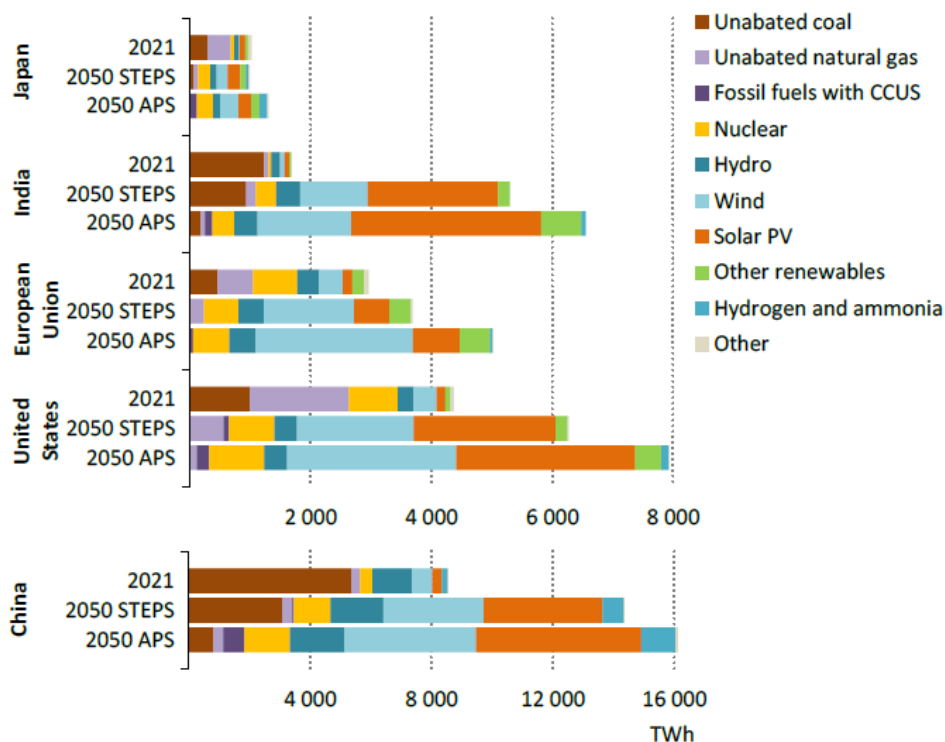
زغال سنگ بدون کاهش تقریباً نیمی از افزایش تقاضای برق را در سال ۲۰۲۱ برآورده کرد و سهم آن از کل تولید برق از ۳۶ درصد فراتر رفت. نیروگاه‌های زغال سنگ سوز در حال ساخت در آغاز سال ۲۰۲۲ بیش از ۱۷۵ گیگاوات ظرفیت در مرحله برنامه‌ریزی داشتند. در STEPS، ظرفیت نیروگاه زغال سنگ نشان‌دهنده این است و همچنان به رشد خود ادامه می‌دهد و تا سال ۲۰۲۵ به اوج خود می‌رسد. با این حال، پیش‌بینی می‌شود که تولید زغال سنگ وارد روند کاهشی شود و با نزدیک شدن به سال ۲۰۳۰ با سرعت بیشتری کاهش یابد. زغال سنگ ۲۶ درصد از تولید برق جهانی در سال ۲۰۳۰ را تشکیل می‌دهد که تا سال ۲۰۵۰ به ۱۲ درصد کاهش می‌یابد. بیشتر اقتصادهای پیشرفته سیاست‌های حذف تدریجی زغال سنگ را دنبال می‌کنند و از سال ۲۰۲۱ تا ۲۰۳۰ استفاده از زغال سنگ در بخش برق را ۶۰ درصد کاهش می‌دهند. استفاده از زغال سنگ در بازارهای نوظهور و اقتصادهای در حال توسعه تا سال ۲۰۳۰ تا ۳ درصد افزایش می‌یابد، اما سپس وارد نزولی بلندمدت می‌شود. زغال سنگ بیشترین تأثیر را در بین تمام سوخت‌ها از اجرای تعهدات اعلام شده توسط دولت‌ها می‌بیند. در APS، زغال سنگ از سال ۲۰۲۵ به بعد به شدت کاهش می‌یابد و سهم آن در تولید برق به ۲۳ درصد تا سال ۲۰۳۰ و تنها ۳ درصد در سال ۲۰۵۰ کاهش می‌یابد. در اقتصادهای پیشرفته، تولید زغال سنگ تا سال ۲۰۳۰ تقریباً ۸۰ درصد کاهش می‌یابد و به تدریج از بین می‌رود. ۲۰۵۰. در بازارهای نوظهور و اقتصادهای در حال توسعه، مصرف

بی‌وقفه زغال سنگ تا سال ۲۰۲۵ پیش از کاهش قابل توجهی ادامه می‌یابد، که عمدتاً ناشی از وعده‌های انتشار صفر خالص در چین، هند و اندونزی است. در سناریوی NZE، هیچ نیروگاه زغال سنگ سوزی فراتر از نیروگاه‌هایی که در حال ساخت هستند راه‌اندازی نمی‌شوند. سهم زغال سنگ در تولید برق جهانی به سرعت به ۱۲ درصد در سال ۲۰۳۰ کاهش می‌یابد و تا سال ۲۰۴۰ به صفر می‌رسد.

تولید برق منطقه ای

ترکیب تولید برق از منطقه ای به منطقه دیگر متفاوت است، که منعکس کننده منابع موجود، خط مشی و رقابت اقتصادی نسبی فناوری های مختلف تولید برق است. یک روند مشترک در همه مناطق، سهم رو به گسترش تولید PV بادی و خورشیدی است که عمدتاً ناشی از کاهش هزینه ها و حمایت از سیاست های قوی در بسیاری از کشورها است.

تولید برق بر اساس منبع، منطقه کلیدی و سناریو، ۲۰۲۱ و ۲۰۵۰



عرضه برق از سوخت های فسیلی بی وقفه در تمام بازارهای اصلی دور می شود، زیرا انرژی های تجدیدپذیر، هسته ای، هیدروژن، آمونیاک و جذب کربن افزایش می یابد.

در چین، تولید برق با سوخت زغال سنگ بیش از ۶۰ درصد از تولید برق را تشکیل می دهد و همچنان در حال گسترش است، اما در همه سناریوها به اوج نزدیک می شود. در STEPS، زغال سنگ قبل از سال ۲۰۳۰ شروع به کاهش می کند و تا سال ۲۰۵۰ بیش از ۴۰٪ از اوج خود کاهش می یابد. در APS، استفاده از زغال سنگ سریعتر کاهش می یابد و سهم آن از ترکیب تولید تا سال ۲۰۵۰ به ۹٪ کاهش می یابد، تقریباً نیمی از آن. از نیروگاههای مجهز به CCUS. به طور کلی، چین شاهد دگرگونی عمیقی در ترکیب تامین برق خود در طول دوره تا سال ۲۰۵۰ است که گامهایی به سوی آن در چهاردهمین برنامه پنج ساله تا سال ۲۰۲۵ تعیین شده است. در APS، سهم منابع کم انتشار به ۷۶ درصد در STEPS و نزدیک به ۹۵ درصد در APS افزایش می یابد، از ۳۴ درصد امروز. تا کنون، مهم ترین رشد مربوط به PV بادی و خورشیدی است. در STEPS، این دو فناوری ۸۰ درصد از کل ظرفیت اضافی نصب شده بین سالهای ۲۰۲۱ تا ۲۰۵۰ را تشکیل می دهند. با بزرگترین برنامه ساخت جدید جهان، انرژی هسته ای نیز به طور قابل توجهی افزایش می یابد: سناریو STEPS ساخت بیش از ۱۲۰ گیگاوات انرژی اضافی را پیش بینی می کند. ظرفیت هسته ای بیش از ۵۰ گیگاوات است که امروز عملیاتی است.

در هند، چالش اصلی این است که چگونه تقاضای فزاینده برق را با انرژی های تجدیدپذیر و هسته ای در مقیاس کافی برآورده کنیم تا استفاده از تولید بی وقفه زغال سنگ را کاهش دهیم، که تقریباً سه چهارم عرضه برق امروزی را فراهم می کند. هم در STEPS و هم در APS، پیش بینی می شود که تولید زغال سنگ به صورت مطلق به افزایش خود ادامه دهد و در حدود سال ۲۰۳۰ به اوج خود برسد، اگرچه سهم آن در تولید برق کاهش می یابد. گسترش انرژی های تجدیدپذیر ابزار اصلی تامین رشد تقاضا و محدود کردن استفاده از زغال سنگ است، PV خورشیدی و باد نیز نقش مهمی را ایفا می کند. APS نشان می دهد که تحقق تعهدات فعلی به طور کامل خواستار گسترش مداوم انرژی های تجدیدپذیر و افزایش ناوگان هسته ای هند است تا امکان تقریباً کامل تولید برق بدون سوخت زغال سنگ تا سال ۲۰۵۰ فراهم شود و در عین حال قابلیت اطمینان شبکه نیز حفظ شود. در ایالات متحده، بخش برق به دور شدن از زغال سنگ ادامه می دهد. قانون کاهش تورم از استقرار سریع PV بادی و خورشیدی، در میان سایر فناوری ها پشتیبانی می کند، که منجر به کاهش طولانی مدت مصرف گاز طبیعی نیز می شود. در STEPS، زغال سنگ تقریباً تا سال ۲۰۵۰ از ترکیب تولید برق حذف می شود و سهم آن از نزدیک به ۲۳ درصد امروز به زیر ۱ درصد کاهش می یابد. در عین حال، رشد قوی در انرژی های تجدیدپذیر منجر به اوج گیری تولید با سوخت گاز قبل از سال ۲۰۳۰ و سپس کاهش سریع آن می شود. ایالات متحده جاه طلبی خود

را برای تولید برق بدون انتشار خالص در حدود سال ۲۰۳۵ از طریق استقرار سریع انرژی‌های تجدیدپذیر، CCUS، هیدروژن و آمونیاک همراه با توسعه انرژی هسته‌ای، از جمله راکتورهای کوچک مدولار، دنبال می‌کند. در اتحادیه اروپا، تاکید بر امنیت انرژی و کاهش وابستگی به گاز طبیعی وارداتی انتظار می‌رود که استقرار انرژی‌های تجدیدپذیر را تسریع کند. در STEPS، سهم ترکیبی PV بادی و خورشیدی در ترکیب تولید از ۱۸٪ امروز به ۴۲٪ در سال ۲۰۳۰ و ۵۶٪ در سال ۲۰۵۰ افزایش می‌یابد، در حالی که PV بادی و خورشیدی بیش از ۷۰٪ از کل ظرفیت برق جدید نصب شده را تشکیل می‌دهند. در APS، گسترش کوتاه مدت و میان مدت انرژی‌های تجدیدپذیر حتی سریع تر است. در درازمدت، اتحادیه اروپا به سمت یک سیستم برق تحت سلطه باد خشکی و فراساحلی حرکت می‌کند که هر دو بیش از ۴۰ درصد از کل تولید در سال ۲۰۵۰ در STEPS و بیش از ۵۰ درصد در سناریوی APS و NZE را تشکیل می‌دهند.

یافته های کلیدی چشم انداز برق

- تقاضای جهانی برق تا سال ۲۰۳۰ به میزان ۵۹۰۰ تراوات ساعت در سناریوی سیاست های بیان شده (STEPS) و بیش از ۷۰۰۰ TWh در سناریوی تعهدات اعلام شده (APS) تا سال ۲۰۳۰ افزایش می یابد، که معادل افزایش سطح تقاضای فعلی در ایالات متحده و اتحادیه اروپا است. در اقتصادهای پیشرفته، حمل و نقل بزرگترین عامل افزایش تقاضای برق است زیرا سهم بازار خودروهای برقی از حدود ۸ درصد در سال ۲۰۲۱ به ۳۲ درصد در STEPS و تقریباً ۵۰ درصد در APS تا سال ۲۰۳۰ افزایش می یابد. در بازارهای نوظهور و اقتصادهای در حال توسعه، رشد جمعیت و افزایش تقاضا برای سرمایه‌گذاری به افزایش تقاضای برق کمک می کند. در چین، مالکیت تهویه مطبوع تا سال ۲۰۳۰ حدود ۴۰ درصد نسبت به سطوح فعلی در STEPS و APS افزایش می یابد.

- اخیراً استفاده از زغال سنگ در بخش برق در بسیاری از کشورها در واکنش به افزایش تقاضا، قیمت بالای گاز طبیعی و نگرانی‌های امنیت انرژی افزایش یافته است، اما انتظار می‌رود این امر موقتی باشد. حتی در مراحل STEPS، زغال سنگ از ۳۶ درصد تولید در سال ۲۰۲۱ به ۲۶ درصد در سال ۲۰۳۰ و ۱۲ درصد در سال ۲۰۵۰ کاهش می‌یابد که منعکس کننده رشد انرژی‌های تجدیدپذیر، به رهبری PV خورشیدی و باد است. در APS، تعهدات شامل اهداف انتشار صفر خالص در ۸۳ کشور و اتحادیه اروپا، به موقع و به طور کامل برآورده می شود. این گذار انرژی پاک را تسریع می کند. انرژی های تجدیدپذیر در تولید برق از ۲۸ درصد در سال ۲۰۲۱ به حدود ۵۰ درصد در سال ۲۰۳۰ و ۸۰ درصد در سال ۲۰۵۰ افزایش می یابد. زغال سنگ به ۳ درصد در سال ۲۰۵۰ کاهش می یابد. افزایش ظرفیت فتوولتائیک خورشیدی از

۱۵۱ گیگاوات (GW) در سال ۲۰۲۱ به ۳۷۰ گیگاوات در سال ۲۰۳۰ و تقریباً ۶۰۰ گیگاوات در سال ۲۰۵۰ افزایش می‌یابد، در حالی که افزایش ظرفیت باد در سال ۲۰۳۰ به ۲۱۰ گیگاوات و در سال ۲۰۵۰ به ۲۷۵ گیگاوات افزایش می‌یابد.

- سیستم‌های برق در سال گذشته با چالش‌های متعددی برای مقرون به صرفه بودن و امنیت مواجه بودند. تخمین می‌زنیم که شرایط بازار و بحران انرژی میانگین جهانی هزینه تامین برق را تقریباً ۳۰ درصد در سال ۲۰۲۲ افزایش می‌دهد. اتحادیه اروپا به دنبال سه برابر شدن قیمت عمده فروشی برق در نیمه اول سال ۲۰۲۲ نسبت به سال قبل با فشارهای خاصی مواجه است. این عمدتاً نتیجه بی‌سابقه قیمت‌های گاز طبیعی است، اما همچنین نشان‌دهنده قیمت‌های بالاتر زغال سنگ، نفت و CO_2 است که با کاهش در دسترس بودن انرژی هسته‌ای و آبی تشدید می‌شود. اقدامات برای کاهش مصرف انرژی، کاهش پیش‌بینی شده در قیمت سوخت، راه‌اندازی مجدد برنامه‌ریزی شده هسته‌ای و اصلاحات احتمالی طراحی بازار، همگی کمک‌های بالقوه آینده را ارائه می‌کنند. خطرات مرتبط با آب و هوا، از جمله موج گرما، خشکسالی، سرمای شدید و رویدادهای شدید آب و هوایی، شبکه‌های برق را تحت فشار قرار داده و باعث قطعی برق در سراسر جهان شده است.

- بخش برق ۱۳ گیگاتن دی اکسید کربن در سال ۲۰۲۱ منتشر کرد که بیش از یک سوم از انتشار CO_2 مرتبط با انرژی جهانی را تشکیل می‌داد. انتشار CO_2 بخش برق در آینده نزدیک در همه سناریوهای کاهش شدید ۴۰٪ در STEPS و بیش از ۸۰٪ در APS تا سال ۲۰۵۰ به اوج خود می‌رسد. در سناریوی NZE، انتشار خالص از برق تا سال ۲۰۴۰ به صفر می‌رسد. در اقتصادهای پیشرفته انتشارات بخش برق از سال ۲۰۰۷ با افزایش موقت در سال ۲۰۲۱ به دلیل بهبود کووید-۱۹ کاهش یافته است و ۵ درصد در سال در STEPS و ۱۴ درصد در APS کاهش یافته است. در بازارهای نوظهور و اقتصادهای در حال توسعه، انتشار به زودی به اوج خود می‌رسد و سپس سالانه بیش از ۱٪ در STEPS تا سال ۲۰۵۰ و ۶٪ در APS کاهش می‌یابد سرمایه‌گذاری بیشتر در بخش برق این کاهش‌ها را ممکن می‌سازد، که از میانگین سالانه ۸۶۰ میلیارد دلار در سال‌های ۲۰۱۷-۲۰۲۱ به حدود ۱.۲ تریلیون دلار در سال‌های ۲۰۲۲-۲۰۵۰ در STEPS، ۱.۶ تریلیون دلار در APS و ۲.۱ تریلیون دلار در سناریوی NZE افزایش یافته است.

- انعطاف پذیری سیستم سنگ بنای امنیت برق است. تغییر الگوهای تقاضا و افزایش سهم فتوولتائیک خورشیدی و باد نیاز به انعطاف پذیری در APS تا سال ۲۰۳۰ را دو چندان می‌کند و تا سال ۲۰۵۰ آنها را تقریباً چهار برابر می‌کند. نیازهای انعطاف پذیری نیز در مراحل STEPS به سرعت افزایش می‌یابد، جایی که تا سال ۲۰۵۰ بیش از سه برابر می‌شود. امروزه، انعطاف‌پذیری سیستم برق عمدتاً توسط

زغال‌سنگ، گاز طبیعی و برق آبی بدون وقفه ارائه می‌شود، اما سیستم‌های فردا به طور فزاینده‌ای به باتری‌ها، واکنش تقاضا، انرژی زیستی و سایر انرژی‌های تجدیدپذیر قابل ارسال، سوخت‌های فسیلی با جذب کربن، هیدروژن و آمونیاک متکی خواهند بود.

- شبکه‌های برق ستون فقرات سیستم‌های برق هستند و برای حمایت از انتقال انرژی نیاز به گسترش و نوسازی دارند. طول کل شبکه حدود ۹۰ درصد از سال ۲۰۲۱ تا ۲۰۵۰ در STEPS و ۳۰ درصد دیگر در APS افزایش می‌یابد. سرمایه‌گذاری سالانه در STEPS از حدود ۳۰۰ میلیارد دلار در سال‌های اخیر به ۵۵۰ میلیارد دلار در سال ۲۰۳۰ افزایش می‌یابد و به طور متوسط تا سال ۲۰۵۰ به ۵۸۰ میلیارد دلار در سال می‌رسد. در APS، سرمایه‌گذاری بیشتر به ۶۳۰ میلیارد دلار در سال ۲۰۳۰ و ۸۳۰ میلیارد دلار در سال ۲۰۵۰ افزایش می‌یابد. با این حال، تحویل پروژه‌های پیچیده ممکن است یک دهه یا بیشتر طول بکشد، که در بیشتر موارد دو برابر توسعه زیرساخت‌های شارژ خودروهای برقی است.
- تقاضای مواد معدنی حیاتی مرتبط با بخش برق از ۷ میلیون تن در سال ۲۰۲۱ به ۱۱ میلیون تن در سال ۲۰۳۰ و ۱۳ میلیون تن در سال ۲۰۵۰ در مراحل STEPS در نتیجه افزایش استقرار انرژی‌های تجدیدپذیر، ذخیره‌سازی باتری و شبکه‌ها افزایش می‌یابد. در سناریوهای APS و NZE بسیار سریع‌تر رشد می‌کند و تا سال ۲۰۵۰ به ۲۰ میلیون تن در سال می‌رسد. مس برای شبکه‌ها، سیلیکون برای PV خورشیدی، عناصر خاکی کمیاب برای موتورهای توربین بادی و لیتیوم برای ذخیره‌سازی باتری، محوری خواهند بود. مواد معدنی حیاتی جزء کلیدی چشم‌انداز امنیت انرژی و برق هستند.

۲-۲- چشم‌انداز سوخت‌های مایع

وضعیت بازارهای نفت امروز به سختی می‌تواند متفاوت از آنچه در سال ۲۰۲۰ بود باشد. دو سال پیش، قرنطینه‌های اعمال شده در پاسخ به همه‌گیری کووید-۱۹ باعث عرضه بیش از حد نفت شد که منجر به سقوط قیمت‌ها به میانگین ۴۴ دلار در بشکه شد. امروزه عرضه جهانی در تلاش است تا با تقاضا همگام شود و بسیاری از تولیدکنندگان در برابر محدودیت‌های ظرفیت و تهاجم روسیه به اوکراین به شدت بر تنگنای بازار تاکید می‌کنند. استفاده جهانی نفت در معرض فشارهای شدید متناقضی است. برخی از بخش‌ها، به‌ویژه هوانوردی، هنوز در حال بهبودی از شوک ناشی از همه‌گیری هستند. سایرین، مانند بخش شیمیایی، در سراسر جهان قوی باقی مانده‌اند. حمل و نقل جاده‌ای که به طور سنتی مرکز مصرف نفت بوده است، دستخوش تغییرات ساختاری شده است. تقریباً از هر ده خودروی سواری که در سال ۲۰۲۱ در سراسر جهان فروخته می‌شد، یک خودروی برقی بود. در بخش عرضه، سوال عمده در کوتاه مدت مربوط به روسیه و میزانی است که تحریم‌های شدیدتر باعث کاهش تولید می‌شود. در پشت این موضوع، مجموعه‌ای از سؤالات استراتژیک برای سایر تولیدکنندگان، از جمله

اعضای سازمان کشورهای صادرکننده نفت (اوپک)، در مورد اینکه چه میزان از درآمدهای بادآورده فعلی را در دارایی‌های تولید جدید در مقیاس بزرگ سرمایه‌گذاری خواهند کرد، نهفته است. در حال حاضر واکنش تولیدکنندگان نسبت به افزایش قیمت‌ها نسبتاً خاموش بوده است. انتظار می‌رود سرمایه‌گذاری بالادستی در سال ۲۰۲۲ حدود ۱۰ درصد افزایش یابد، اما این میزان بسیار پایین‌تر از سطح سرمایه‌گذاری قبل از همه‌گیری در سال ۲۰۱۹ است و بیشتر این افزایش به جای افزایش فعالیت، ناشی از تورم هزینه است. بحران جهانی انرژی همچنین پالایشگاه را مورد توجه قرار داده است، جایی که کسری ظرفیت موجود منجر به افزایش قیمت فرآورده‌های نفتی در سال ۲۰۲۲ حتی بیشتر از قیمت نفت خام شد. و در بخش سوخت‌های زیستی، جایی که قیمت‌های بالاتر نفت معمولاً تولیدات جدید را تشویق می‌کند، اما اختلال در زنجیره تامین مواد غذایی و قیمت‌های بالای کود، تصویر را پیچیده‌تر می‌کند. از اینجا به کجا می‌رویم؟ این فصل به سه سناریو برای راهنمایی نگاه می‌کند. مثل همیشه، آنها پاسخ‌های متفاوتی به این سوال می‌دهند. در سناریوی سیاست‌های بیان شده (STEPS)، رشد قوی تقاضای نفت منجر به تقاضای ۱۰۲ میلیون بشکه در روز در سال ۲۰۳۰ می‌شود. در سناریوی تعهدات اعلام شده (APS)، تقاضا به زودی به اوج خود می‌رسد و در سال ۲۰۳۰ به ۹۳ میلیون بشکه در روز کاهش می‌یابد. در سناریوی انتشارات صفر خالص تا سال ۲۰۵۰ (NZE)، تقاضا به سرعت به ۷۵ میلیون بشکه در روز در سال ۲۰۳۰ کاهش می‌یابد.

عرضه و تقاضای جهانی سوخت‌های مایع بر اساس سناریو (mb/d)

	STEPS				APS		NZE	
	2010	2021	2030	2050	2030	2050	2030	2050
Road transport	36.5	40.5	41.9	39.0	37.8	17.3	27.5	1.3
Aviation and shipping	9.9	9.9	14.0	18.1	12.8	9.5	10.0	2.0
Industry and petrochemicals	17.2	20.5	23.7	25.5	21.5	18.1	20.1	13.4
Buildings and power	12.4	11.4	9.3	7.0	8.3	3.7	6.5	0.6
Other sectors	11.2	12.2	13.6	12.5	12.6	8.6	11.1	5.6
World oil demand	87.2	94.5	102.4	102.1	93.0	57.2	75.3	22.8
Liquid biofuels	1.2	2.2	3.4	5.3	5.5	9.2	5.7	5.7
Low-emissions hydrogen-based fuels	-	-	0.0	0.2	0.2	3.2	0.9	5.6
World liquids demand	88.4	96.7	105.8	107.6	98.7	69.5	81.9	34.1
Conventional crude oil	66.8	60.1	62.5	62.6	56.8	31.0	44.2	12.6
Tight oil	0.7	7.4	10.9	9.9	9.7	6.7	9.2	1.6
Natural gas liquids	12.7	18.2	20.9	19.3	19.2	13.9	16.4	6.1
Extra-heavy oil and bitumen	2.6	3.7	4.4	6.2	4.1	3.4	3.3	2.0
Other production	0.6	0.9	1.2	1.4	1.0	0.3	0.3	0.0
World oil production	83.4	90.3	99.9	99.3	90.7	55.3	73.5	22.2
OPEC share	40%	35%	36%	43%	36%	43%	36%	52%
World processing gains	2.2	2.3	2.5	2.8	2.3	1.9	1.8	0.6
World oil supply	85.5	92.6	102.4	102.1	93.0	57.2	75.4	22.8
IEA crude oil price (USD[2021]/barrel)	96	69	82	95	64	60	35	24

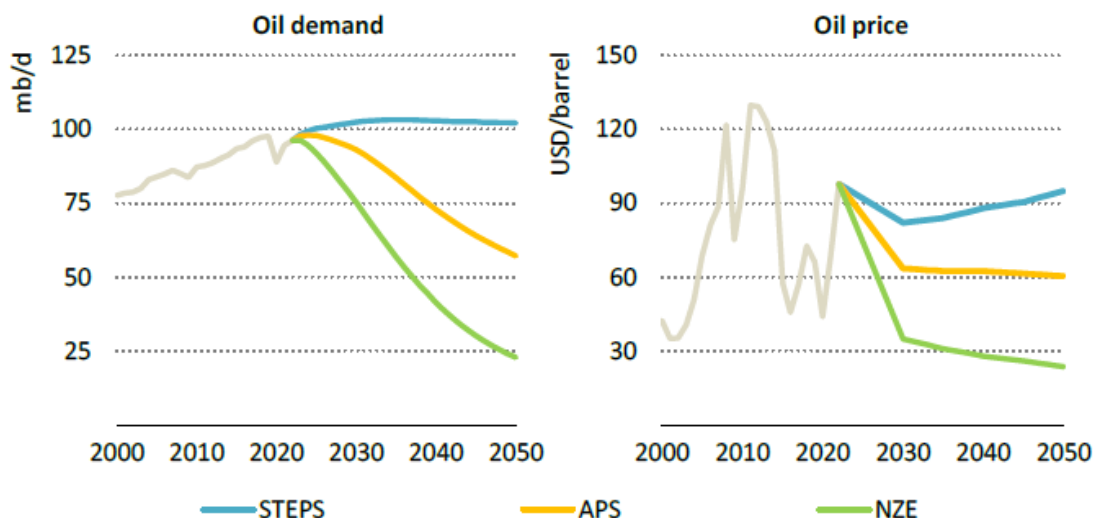
Notes: mb/d = million barrels per day; STEPS = Stated Policies Scenario, APS = Announced Pledges Scenario; NZE = Net Zero Emissions by 2050 Scenario. Other production includes coal-to-liquids, gas-to-liquids, additives and kerogen oil. Historical supply and demand volumes differ due to changes in stocks. Liquid biofuels and low-emissions hydrogen-based liquid fuels are expressed in energy equivalent volumes of gasoline and diesel, reported in million barrels of oil equivalent per day. See Annex C for definitions.

در مراحل اولیه، تقاضای جهانی نفت تا سال ۲۰۲۳ از سطح سال ۲۰۱۹ فراتر می‌رود، زیرا قیمت‌های بالای نفت مانع از آن نشده است. تقاضا در اواسط دهه ۲۰۳۰ با ۱۰۳ میلیون بشکه در روز به اوج خود می‌رسد و سپس تا سال ۲۰۵۰ اندکی کاهش می‌یابد. رشد مستمری در استفاده از نفت برای حمل و نقل هوایی و کشتیرانی، به عنوان خوراک پتروشیمی و به عنوان سوخت در کامیون‌های سنگین وجود دارد، اما از اواسط دهه ۲۰۳۰، کاهش استفاده از نفت در سایر بخش‌ها، به‌ویژه در خودروهای سواری، ساختمان‌ها و تولید برق بیش از حد جبران شده است. فرض بر این است که تولید روسیه در کوتاه مدت ۲ میلیون بشکه در روز به دلیل تحریم‌های اروپا و ایالات متحده کاهش می‌یابد و در دراز مدت بسیار کمتر از پیش‌بینی‌های انجام شده قبل از تهاجم روسیه به اوکراین است. بیشترین افزایش تولید تا سال ۲۰۳۰ مربوط به ایالات متحده، اعضای خاورمیانه اوپک، گویان و برزیل است. سهم اوپک از تولید نفت از ۳۵ درصد در سال ۲۰۲۱ به ۳۶ درصد در سال ۲۰۳۰ و ۴۳ درصد در سال ۲۰۵۰ افزایش می‌یابد. عرضه سوخت‌های زیستی مایع تا سال ۲۰۵۰ بیش از دو برابر می‌شود و همچنین افزایش اندکی در انتشار کم وجود دارد.

سوخت‌های مبتنی بر هیدروژن

سرمایه‌گذاری بالادستی نفت از سطوح فعلی افزایش می‌یابد تا ضرر عرضه را جبران کند و تقاضای فزاینده را برآورده کند و با متعادل شدن مجدد بازارها، قیمت نفت از سطوح بسیار بالا در سال ۲۰۲۲ به حدود ۸۲ دلار در هر بشکه در سال ۲۰۳۰ کاهش می‌یابد. در APS، اقدامات سیاستی قوی‌تر منجر می‌شود که تقاضای جهانی نفت در اواسط دهه ۲۰۲۰ به اوج خود برسد، درست بالاتر از سطح تقاضا در سال ۲۰۱۹، قبل از اینکه در سال ۲۰۳۰ به ۹۳ میلیون بشکه در روز کاهش یابد. سپس تقاضا بین سال‌های ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۰ حدود ۴۰ درصد کاهش می‌یابد و خودروهای سواری، حمل‌ونقل جاده‌ای و صنعت بیشترین کاهش را دارند. استفاده از نفت به عنوان خوراک پتروشیمی بین سال‌های ۲۰۲۱ تا ۲۰۵۰ به میزان ۰.۹ میلیون بشکه در روز افزایش می‌یابد و این یکی از محدود مناطقی است که تقاضای نفت در این سناریو افزایش می‌یابد. کاهش تقاضا کار جبران کاهش کوتاه مدت تولید نفت روسیه را آسان می‌کند، اما از سال ۲۰۳۰ به بعد به طور اجتناب‌ناپذیری منجر به کاهش تولید در تقریباً همه کشورهای تولیدکننده می‌شود. قیمت نفت در سال ۲۰۳۰ به کمتر از ۶۵ دلار در هر بشکه کاهش می‌یابد و پس از آن با کاهش تقاضا به آرامی به کاهش خود ادامه می‌دهد.

تقاضای جهانی نفت و قیمت نفت خام بر اساس سناریو



اوج تقاضا در اواسط دهه ۲۰۳۰ در STEPS، در اواسط دهه ۲۰۲۰ در APS، و کاهش تقاضا براساس سیاست در سناریوی NZE به معنای آینده‌ای کاملاً متفاوت برای بازارهای نفت است.

در سناریوی NZE، تقاضای نفت هرگز به سطح ۲۰۱۹ باز نمی‌گردد. تقاضا بین سال‌های ۲۰۲۱ تا ۲۰۳۰ هر سال به طور متوسط ۲.۵ درصد کاهش می‌یابد و از سال ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۰ هر سال کمتر از ۶ درصد کاهش می‌یابد. کاهش مصرف نفت در حمل‌ونقل جاده‌ای به‌ویژه قابل توجه است و فرض می‌کنیم که سیاست‌گذاران فشار جهانی قوی به سمت جایگزین‌های پاک‌تر را الزامی می‌کنند. هیچ خودروی جدیدی با موتورهای احتراق داخلی پس از سال ۲۰۳۵ فروخته نمی‌شود و تقریباً تمام کامیون‌های فروخته شده از سال ۲۰۴۰ از برق یا هیدروژن استفاده می‌کنند. تلاش جهانی برای افزایش بازیافت پلاستیک، این نرخ را از ۱۷ درصد در سال ۲۰۲۱ به ۵۴ درصد در سال ۲۰۵۰ می‌رساند. حدود ۱۱ میلیون بشکه معادل نفت سوخت مایع کم‌آلاینده در سال ۲۰۵۰، عمدتاً در حمل و نقل هوایی و کشتیرانی مصرف می‌شود. حتی با کاهش سریع تقاضای نفت در سناریوی NZE، نیاز به سرمایه‌گذاری مستمر در دارایی‌های تولیدی موجود وجود دارد، اما این کاهش به اندازه کافی شدید است تا از نیاز به هرگونه میادین متعارف جدید با مدت زمان طولانی جلوگیری شود. قیمت نفت به حدود ۳۵ دلار برای هر بشکه در سال ۲۰۳۰ و به ۲۴ دلار برای هر بشکه در سال ۲۰۵۰ کاهش می‌یابد.

روندهای منطقه ای

تقاضای سوخت مایع بر اساس منطقه و سناریو (mb/d)

	2010	2021	STEPS			APS		
			2030	2040	2050	2030	2040	2050
North America	22.2	21.4	20.5	17.8	16.2	18.2	10.8	6.9
United States	17.8	17.7	16.7	14.1	12.6	15.0	8.4	5.0
Central and South America	5.5	5.3	5.5	5.8	5.8	4.8	3.5	2.4
Brazil	2.3	2.4	2.4	2.5	2.4	2.0	1.4	0.9
Europe	13.9	12.4	10.9	8.6	7.1	9.2	4.7	2.7
European Union	10.6	9.2	7.7	5.8	4.5	6.5	3.1	1.7
Africa	3.3	3.8	5.0	6.7	8.5	4.9	5.8	6.1
South Africa	0.5	0.5	0.6	0.7	0.7	0.5	0.4	0.3
Middle East	7.1	7.7	8.9	10.4	10.9	8.0	8.4	7.9
Eurasia	3.2	4.1	4.2	4.5	4.5	4.1	4.0	3.9
Asia Pacific	25.0	33.3	38.2	38.7	36.7	35.1	28.1	20.6
China	8.8	15.1	16.2	14.3	12.5	15.2	11.0	7.6
India	3.3	4.7	6.7	8.4	8.3	5.9	5.4	3.9
Japan	4.2	3.3	2.7	2.1	1.7	2.4	1.3	0.7
Southeast Asia	4.0	4.9	6.7	7.4	7.4	6.0	5.2	3.9
International bunkers	7.1	6.6	9.3	10.4	12.4	8.6	7.5	6.8
World oil	87.2	94.5	102.4	102.8	102.1	93.0	72.9	57.2
Liquid biofuels	1.2	2.2	3.4	4.6	5.3	5.5	8.7	9.2
Low-emissions hydrogen-based fuels	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	1.2	3.2
World liquids	88.4	96.7	105.8	107.5	107.6	98.7	82.8	69.5

چند سال اخیر برای بازارهای نفت سال‌های بسیار پرنوسانی بوده است. تقاضای نفت در سال ۲۰۲۰ نزدیک به ۹ میلیون بشکه در روز کاهش یافت و در سال ۲۰۲۱ حدود ۵.۵ میلیون بشکه در روز افزایش یافت. تقاضا در سال ۲۰۲۱ تنها در چند کشور از جمله چین، لهستان، سوئد و قزاقستان از سطح سال ۲۰۱۹ پیشی گرفت. مصرف نفت در خودروهای سواری در سال ۲۰۲۱ حدود ۵ درصد کمتر از سطح جهانی قبل از همه‌گیری بود و در حمل و نقل هوایی حدود ۳۰ درصد کمتر بود. قیمت نفت در طول سال ۲۰۲۱ به طور پیوسته افزایش یافت و در نیمه اول سال ۲۰۲۲ به دنبال تهاجم روسیه به اوکراین به ۱۰۵ دلار در هر بشکه رسید. تعدادی از کشورها، از جمله

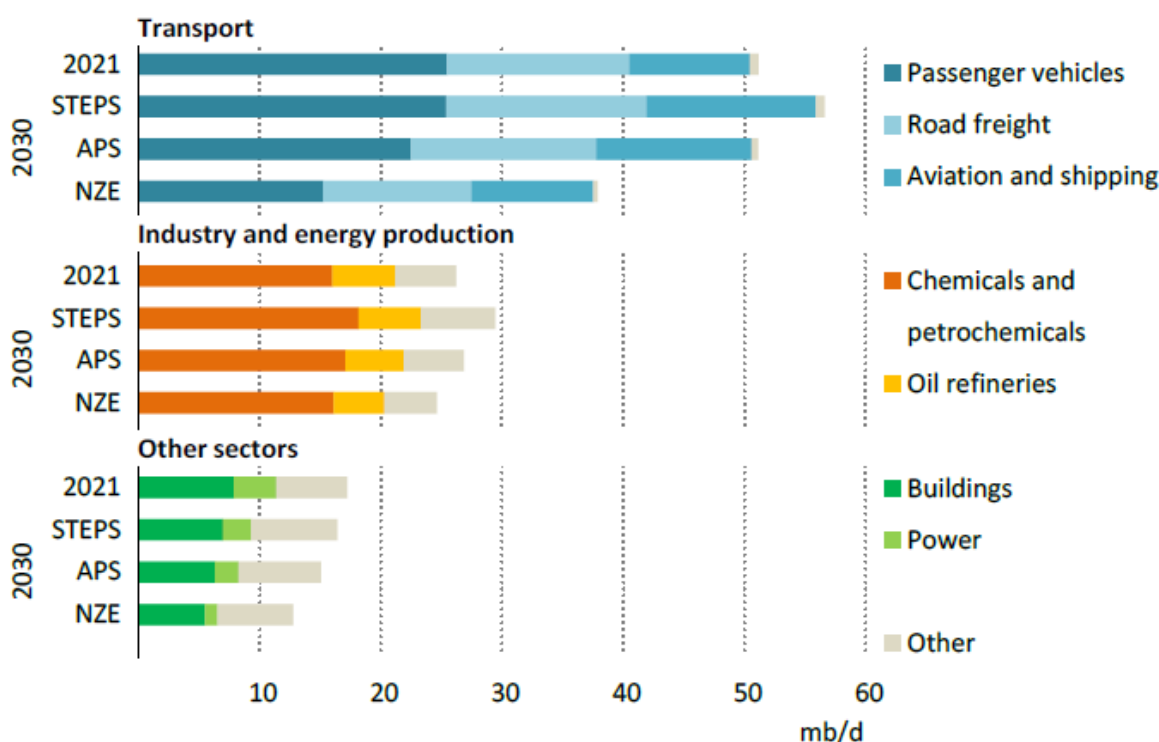
ایالات متحده و اندونزی، شاهد افزایش بیش از ۳۰ درصدی قیمت بنزین بین سال‌های ۲۰۱۹ تا نیمه اول سال ۲۰۲۲ بوده‌اند و قیمت بنزین در پمپ بنزین در بیش از ۲۰ کشور از ۲ دلار در لیتر فراتر رفته است. چندین دولت اقداماتی را برای کاهش قیمت‌ها در پمپ بنزین ارائه کرده‌اند، به عنوان مثال با کاهش مالیات و عوارض غیر مستقیم. آژانس بین‌المللی انرژی یک برنامه ۱۰ نقطه‌ای برای کاهش مصرف نفت (IEA, ۲۰۲۲a) برای مصرف‌کنندگان در اقتصادهای پیشرفته تنظیم کرد که می‌تواند به سرعت تقاضای نفت را حدود ۲.۷ میلیون بشکه در روز کاهش دهد تا به کاهش انقباض فعلی بازار کمک کند. علیرغم فشارها و عدم قطعیت‌های فزاینده، تقاضای جهانی نفت قرار است در سال ۲۰۲۲ به میزان ۱۰۷ میلیون بشکه در روز افزایش یابد، زیرا فعالیت‌های اقتصادی و حمل و نقل بهبود یافته است.

در STEPS، تقاضای نفت تا سال ۲۰۲۳ از سطوح ۲۰۱۹ فراتر می‌رود و در سال ۲۰۳۰ به ۱۰۲ میلیون بشکه در روز افزایش می‌یابد، که چین، هند و آسیای جنوب شرقی مجموعاً بیش از ۶۰ درصد از افزایش تقاضای جهانی را تشکیل می‌دهند. در اقتصادهای پیشرفته، تقاضا تا سال ۲۰۳۰ به میزان ۳ میلیون بشکه در روز کاهش می‌یابد، عمدتاً به دلیل کاهش در حمل و نقل جاده‌ای، و تنها تعداد کمی از کشورها شاهد افزایش تقاضا از سطح ۲۰۱۹ هستند. در بازارهای نوظهور و اقتصادهای در حال توسعه، تقاضا تا سال ۲۰۳۰ به میزان ۸ میلیون بشکه در روز افزایش می‌یابد، زیرا ناوگان خودرویی گسترش می‌یابد و استفاده از نفت به عنوان خوراک پتروشیمی به سرعت افزایش می‌یابد. تقاضا در سراسر جهان در اواسط دهه ۲۰۳۰ به اوج خود می‌رسد زیرا کاهش در اقتصادهای پیشرفته (کاهش ۱۰ میلیون بشکه در روز از سال ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۰) فقط از رشد در بازارهای نوظهور و اقتصادهای در حال توسعه (۶ میلیون بشکه در روز افزایش) و انبارهای بین‌المللی (۳ میلیون بشکه در روز) بیشتر است. در APS، تقاضای جهانی نفت در اواسط دهه ۲۰۲۰ با ۹۸ میلیون بشکه در روز به اوج خود می‌رسد. برق‌رسانی سریع‌تر در بخش‌های حمل‌ونقل و ساختمان به دولت‌ها کمک می‌کند تا به تعهدات اقلیمی خود عمل کنند، در حالی که استفاده از نفت برای مواد اولیه پتروشیمی کندتر از STEPS رشد می‌کند. تقاضای نفت در اقتصادهای پیشرفته بین سال‌های ۲۰۲۱ تا ۲۰۳۰ حدود ۷.۵ میلیون بشکه در روز کاهش می‌یابد و در بازارهای نوظهور و اقتصادهای در حال توسعه ۴ میلیون بشکه در روز افزایش می‌یابد. در سناریوی NZE، اقدام سیاستی قوی در سراسر جهان به این معنی است که تقاضای جهانی نفت هرگز به سطح سال ۲۰۱۹ بازمی‌گردد و بین سال‌های ۲۰۲۱ تا ۲۰۳۰ نزدیک به ۲۰ میلیون بشکه در روز کاهش می‌یابد. کاهش ۱۵ میلیون بشکه در روز در تقاضا در اقتصادهای پیشرفته تا سال ۲۰۳۰ وجود دارد. کاهش ۵ میلیون بشکه در روز در بازارهای نوظهور و اقتصادهای در حال توسعه.

روند تقاضا تا سال ۲۰۳۰

امروزه ۱.۳ میلیارد خودروی سواری در جاده‌ها وجود دارد و تقریباً ۲۵ درصد از تقاضای جهانی نفت در سال ۲۰۲۱ را تشکیل می‌دهند. علیرغم قیمت‌های بالای بنزین و گازوئیل، تقاضا در سال ۲۰۲۲ کمی افزایش می‌یابد زیرا اقتصاد جهان از همه‌گیری کووید-۱۹ بهبود می‌یابد. چشم‌انداز تا ۲۰۳۰ بسته به سناریو متفاوت است: تقاضا در STEPS به طور کلی ثابت است و در APS تقریباً ۳ میلیون بشکه در روز کاهش می‌یابد. فروش خودروهای الکتریکی در APS سریع‌تر از STEPS رشد می‌کند و این عامل حدود ۵۰ درصد از تفاوت بین این دو سناریو در سال ۲۰۳۰ است. بهبود مصرف سوخت قوی‌تر در APS ۲۵ درصد دیگر از تفاوت را به خود اختصاص می‌دهد. در سناریوی NZE، ۶۰ درصد خودروهای فروخته شده در سراسر جهان در سال ۲۰۳۰ الکتریکی هستند و تقاضای نفت حدود ۹.۵ میلیون بشکه در روز کاهش می‌یابد.

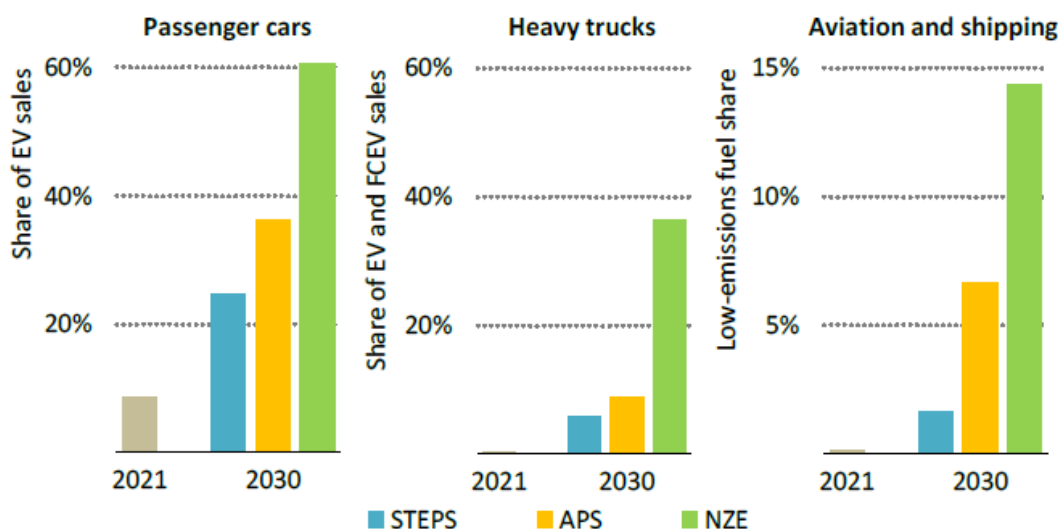
تقاضای نفت بر اساس بخش و سناریو تا سال ۲۰۳۰



حمل‌ونقل جاده‌ای همچنان مهم‌ترین بخش برای تقاضای نفت است و بیشترین تغییرات را تا سال ۲۰۳۰ شاهد است.

امروزه بیش از ۱۵ درصد تقاضای جهانی نفت را حمل و نقل جاده ای تشکیل می دهد. افزایش تقاضا برای حمل و نقل بار باعث می شود تقاضای نفت ۱.۵ میلیون بشکه در روز تا سال ۲۰۳۰ در STEPS و ۰.۳ میلیون بشکه در روز در APS افزایش یابد، علیرغم افزایش جذب کامیون های سنگین الکتریکی و سلول سوختی و سوخت های زیستی مایع. سناریوی NZE شاهد کاهش ۳ میلیون بشکه در روز تقاضا تا سال ۲۰۳۰ است. هوانوردی و کشتیرانی هر دو افزایش تقاضای نفت را در سال ۲۰۲۱ تجربه کردند. در حمل و نقل هوایی، مصرف نفت به ۵ میلیون بشکه در روز افزایش یافت، اما این میزان همچنان ۳۰ درصد کمتر از سال ۲۰۱۹ بود. در کشتیرانی، تجارت دریایی به شدت از پایین ترین سطح خود در سال ۲۰۲۰ بازگشت و مصرف نفت به حدود ۵ میلیون بشکه در روز در سال ۲۰۲۱ افزایش یافت. به این معنی که هر دو بخش در سال ۲۰۲۱ به طور کلی از مقادیر معادل نفت استفاده کردند. همه سناریوها افزایش مورد انتظار در تجارت و سفر را در نظر می گیرند که از رشد ۳۵ درصدی اندازه اقتصاد جهانی تا سال ۲۰۳۰ ناشی می شود. در STEPS، این منجر به افزایش ۴ میلیون بشکه در روز در استفاده از نفت در حمل و نقل هوایی و کشتیرانی تا سال ۲۰۳۰ می شود. در APS، سیاست های مختلف - از جمله طرح اتحادیه اروپا ReFuelEU و اهداف افزایش استفاده از سوخت های هوانوردی پایدار در ایالات متحده - این افزایش را تا سال ۲۰۳۰ به ۳ میلیون بشکه در روز کاهش دهید. در سناریوی NZE، با تغییر رفتار رشد آهسته فعالیت در هوانوردی و جذب سوخت های مایع کم آلاینده افزایش می یابد، تقاضا فقط تا سال ۲۰۳۰ به طور جزئی افزایش می یابد.

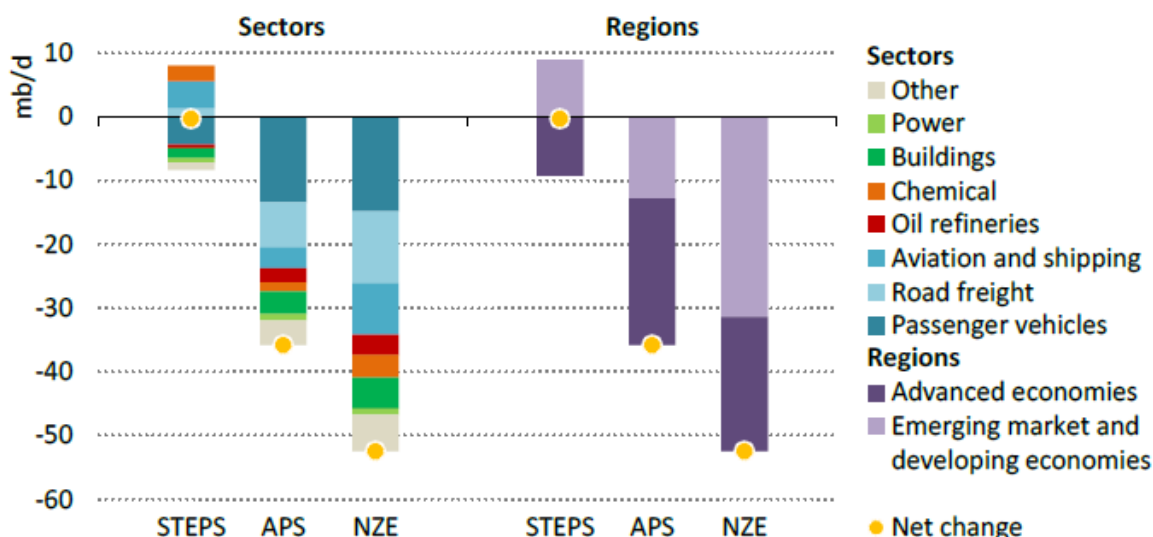
رشد جایگزین های نفت در حمل و نقل بر اساس سناریو تا سال ۲۰۳۰



دور شدن از استفاده از نفت در همه حالت‌های حمل‌ونقل در STEPS و APS مشهود است، اما این موارد بسیار کمتر از آنچه برای دستیابی به اهداف اقلیمی که در سناریوی NZE لازم است فاصله دارند.

بخش شیمیایی تنها بخشی بود که مصرف نفت در آن در سال ۲۰۲۰ افزایش یافت و اکنون حدود ۱۵ درصد از تقاضای جهانی نفت را به خود اختصاص داده است. تعداد فزاینده ای از کشورها سیاست هایی را برای کاهش پلاستیک های یکبار مصرف و بهبود سطح بازیافت معرفی کرده یا اعلام کرده اند، اما با این وجود تقاضا در مراحل STEPS بین سال های ۲۰۲۱ تا ۲۰۳۰ بیش از ۲ میلیون بشکه در روز و بیش از ۱ میلیون بشکه در روز در APS رشد می کند. در سناریوی NZE، تقاضا فقط تا سال ۲۰۳۰ به دلیل تقویت استراتژی‌های استفاده مجدد و بازیافت پلاستیک در سطح جهان، با حمایت سیاست‌های هدفمند که منجر به تقاضای سرانه پلاستیک بسیار پایین‌تر می‌شود، تا سال ۲۰۳۰ افزایش می‌یابد. امروزه بخش ساختمان تنها کمتر از ۱۰ درصد مصرف نفت را به خود اختصاص می دهد. تقاضا در اقتصادهای پیشرفته کاهش می یابد زیرا تعداد فزاینده ای از کشورها فروش دیگ های بخار سوخت فسیلی جدید را ممنوع کرده اند. با این حال قرار است در بازارهای نوظهور و اقتصادهای در حال توسعه در نتیجه افزایش تقاضا برای (LPG) به ویژه برای پخت و پز در آسیا و آفریقا رشد کند. مصرف خالص نفت در ساختمان ها در سطح جهانی تقریباً ۱ میلیون بشکه در روز در STEPS، ۱.۵ میلیون بشکه در روز در APS و نزدیک به ۲.۵ میلیون بشکه در روز در سناریوی NZE کاهش می یابد. کاهش سناریوی NZE حتی با وجود دسترسی جهانی به پخت و پز تمیز تا سال ۲۰۳۰ رخ می دهد. مصرف نفت برای تولید برق از سال ۲۰۱۰ حدود ۳۰ درصد کاهش یافته است و در حال حاضر حدود ۳.۵ میلیون بشکه در روز است که کشورهای خاورمیانه ۴۰ درصد از این کل را تشکیل می دهند. با رشد قوی در انرژی های تجدیدپذیر، تقاضا تا سال ۲۰۳۰ در STEPS یک سوم، در APS ۴۵٪ و در سناریوی NZE ۷۰٪ کاهش می یابد.

تغییر در تقاضای نفت بر اساس سناریو، ۲۰۳۰-۲۰۵۰



تقاضای نفت در STEPS نسبت به اوج خود در سال ۲۰۳۵ فقط اندکی کاهش می‌یابد. در APS به شدت کاهش می‌یابد زیرا تعهدات آب و هوایی فعلی به موقع و به طور کامل برآورده می‌شوند

در مراحل STEPS، تقاضای جهانی نفت در سال ۲۰۳۵ به حدود ۱۰۳ بشکه در روز کاهش یافت و سپس تا سال ۲۰۵۰ حدود ۱ میلیون بشکه در روز کاهش یافت. کاهش تقاضا در حمل و نقل جاده‌ای، ساختمان‌ها و برق پس از سال ۲۰۳۰ با رشد مواد اولیه، حمل و نقل هوایی و کشتیرانی جبران می‌شود. تا سال ۲۰۵۰، حمایت از سیاست و کاهش هزینه باتری به این معنی است که حدود ۴۰ درصد از خودروها و ۱۰ درصد از کامیون‌های سنگین در جاده‌ها، خودروهای برقی یا سلول سوختی هستند. اقدامات کارایی و استفاده از سوخت‌های جایگزین، رشد استفاده از نفت در کشتیرانی و هوانوردی را محدود می‌کند. بین سال‌های ۲۰۳۰ و ۲۰۵۰، فعالیت کشتیرانی بین‌المللی جهانی دو برابر می‌شود در حالی که مصرف نفت تا ۲۵ درصد افزایش می‌یابد و فعالیت هوانوردی بین‌المللی دو سوم افزایش می‌یابد در حالی که مصرف نفت تا ۴۰ درصد افزایش می‌یابد. استفاده از نفت به عنوان خوراک پتروشیمی بین سال‌های ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۰ به میزان ۲.۵ میلیون بشکه در روز افزایش می‌یابد زیرا رشد در بازارهای نوظهور و اقتصادهای در حال توسعه بیشتر از تلاش‌ها برای کاهش و بازیافت پلاستیک است. در APS، تقاضای نفت بین سال‌های ۲۰۳۰ و ۲۰۵۰ تقریباً ۴۰ درصد کاهش می‌یابد و به ۵۷ میلیون بشکه در روز در سال ۲۰۵۰ می‌رسد. دستیابی به تعهدات آب و هوایی ملی منجر به کاهش شدید استفاده از نفت در حمل‌ونقل می‌شود و این توسط اهداف خودروهای الکتریکی سازندگان پشتیبانی می‌شود. بیش از ۷۰ درصد خودروهای سواری در

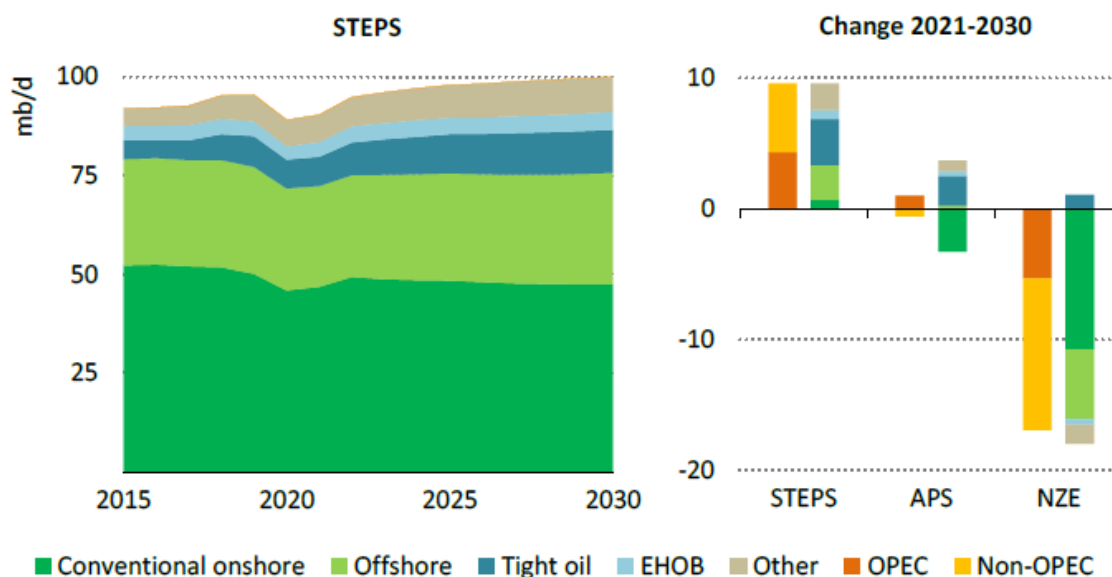


جاده ها در سال ۲۰۵۰ خودروهای الکتریکی یا سلول سوختی هستند و ۴۰ درصد از کامیون های سنگین نیز همینطور است. در بخش هوانوردی و کشتیرانی، سازمان بین‌المللی هوانوردی غیرنظامی از شرکت‌های هواپیمایی بین‌المللی می‌خواهد که رشد انتشار گازهای گلخانه‌ای بالاتر از سطح ۲۰۱۹ را جبران کنند (ایکائو، ۲۰۲۰)، و سازمان بین‌المللی دریانوردی هدفی را در نظر دارد تا انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از حمل و نقل دریایی را تا سال ۲۰۵۰ (نسبت به سطوح سال ۲۰۰۸) حداقل به نصف کاهش دهد (IMO, ۲۰۱۸). دستیابی به این اهداف در APS منجر به کاهش ۲۵ درصدی استفاده از نفت در حمل و نقل هوایی و کشتیرانی بین سال‌های ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۰ می‌شود. استفاده از نفت به عنوان ماده اولیه پتروشیمی نیز در نتیجه تلاش‌های قوی‌تر برای استفاده مجدد و بازیافت پلاستیک‌ها، بین سال‌های ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۰ اندکی کاهش می‌یابد. در سناریوی NZE، تلاش‌های شدید سیاستی برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای منجر به کاهش متوسط سالانه ۶ درصدی تقاضای نفت بین سال‌های ۲۰۳۰ و ۲۰۵۰ می‌شود و تقاضا در سال ۲۰۵۰ به کمتر از ۲۵ میلیون بشکه در روز کاهش می‌یابد. سه چهارم آن به عنوان خوراک پتروشیمی و در سایر فرآیندهایی که نفت در آنها احتراق نمی‌شود، مانند روان کننده ها، واکس های پارافین و آسفالت استفاده می‌شود. ۱۰٪ دیگر در حمل و نقل هوایی و حمل و نقل استفاده می‌شود. در سال ۲۰۵۰ حدود ۱۰ میلیون بشکه در روز از سوخت های مایع کم آلاینده مصرف می‌شود. بیشتر این سوخت در حمل و نقل هوایی و کشتیرانی استفاده می‌شود که در آن سوخت های مایع کم آلاینده ۸۰ درصد از کل سوخت های مایع مورد استفاده در سال ۲۰۵۰ را تشکیل می‌دهند. سهم نفت در کل مصرف نهایی به ۲۰ درصد در حمل و نقل هوایی و ۱۵ درصد در کشتیرانی کاهش می‌یابد.

تولید نفت بر اساس سناریو (mb/d)

	2010	2021	STEPS			APS		
			2030	2040	2050	2030	2040	2050
North America	14.2	24.4	28.6	27.0	24.6	25.8	19.2	14.7
Canada	3.5	5.6	6.2	6.4	5.5	5.4	4.1	3.2
United States	7.8	16.8	20.7	18.6	16.7	18.8	14.0	10.7
Central and South America	7.4	5.9	9.0	10.1	11.4	8.3	7.7	6.5
Brazil	2.2	3.0	4.5	4.3	5.1	4.4	3.8	3.3
Guyana	0.0	0.1	1.6	2.0	1.1	1.4	1.5	1.0
Venezuela	2.8	0.6	0.8	1.4	2.7	0.7	1.2	1.3
Europe	4.4	3.6	3.1	2.2	1.3	2.7	1.3	0.6
Norway	2.1	2.0	2.0	1.3	0.6	1.9	1.0	0.5
United Kingdom	1.4	0.9	0.6	0.4	0.3	0.5	0.2	0.1
Africa	10.2	7.4	7.0	6.4	6.1	5.8	4.0	2.9
Angola	1.8	1.2	0.9	0.8	0.9	0.8	0.6	0.5
Nigeria	2.5	1.7	1.3	1.3	1.3	1.2	0.9	0.7
Middle East	25.4	27.9	33.9	38.2	40.4	31.2	27.5	22.9
Iraq	2.4	4.1	4.6	5.5	6.2	4.6	3.7	2.7
Iran	4.2	3.4	3.9	4.6	5.0	3.7	4.0	2.8
Kuwait	2.5	2.7	3.3	3.4	3.5	3.0	2.6	2.3
Saudi Arabia	10.0	11.0	13.5	14.8	15.9	12.3	10.9	10.0
United Arab Emirates	2.8	3.6	4.8	5.4	5.5	4.1	3.2	2.5
Eurasia	13.4	13.7	11.9	10.8	10.6	11.2	7.6	5.4
Russia	10.4	10.9	8.8	7.7	7.7	8.5	5.5	3.9
Asia Pacific	8.4	7.4	6.3	5.4	4.8	5.7	3.5	2.2
China	4.0	4.0	3.6	3.1	2.7	3.3	1.9	1.1
Conventional crude oil	66.8	60.1	62.5	62.5	62.6	56.8	41.9	31.0
Tight oil	0.7	7.4	10.9	11.3	9.9	9.7	8.3	6.7
United States	0.6	6.9	9.9	9.7	8.6	8.8	7.8	6.2
Natural gas liquids	12.7	18.2	20.9	19.9	19.3	19.2	15.9	13.9
Canada oil sands	1.6	3.4	3.9	3.8	3.7	3.5	2.8	2.2
Other production	1.6	1.3	1.7	2.6	3.8	1.6	1.8	1.6
Total	83.4	90.3	99.9	100.1	99.3	90.7	70.7	55.3
OPEC share (%)	40%	35%	36%	40%	43%	40%	40%	43%

تولید نفت در مراحل و تغییر بر اساس سناریو، ۲۰۲۱-۲۰۳۰



نفت تایت ایالات متحده، نفت تولید شده توسط اعضای اوپک، و نفت جدید برزیل و گویان در آبهای عمیق، همه نقش مهمی در برآوردن افزایش تقاضای کوتاه مدت در STEPS و APS دارند.

قیمت های بالای نفت و نگرانی ها در مورد امنیت انرژی، کشورهای سراسر جهان را به ارزیابی مجدد اثرات اقتصادی، سیاسی و اقلیمی ناشی از تامین منابع جدید عرضه نفت داخلی سوق داده است. در پی همه گیری و سطوح پایین سرمایه گذاری در سال های اخیر، خط لوله محدودی از منابع جدید در دست توسعه و منابع کشف شده در دسترس برای توسعه وجود دارد. منابع جدید نفتی کشف شده در سال ۲۰۲۱ به پایین ترین سطح خود از دهه ۱۹۳۰ رسیده است. دسترسی به تامین مالی چالش برانگیز بوده است، زنجیره تامین گسترده شده است و هزینه ها در سراسر صنعت در حال افزایش است. در STEPS، ۸ میلیون بشکه در روز رشد تقاضا تا سال ۲۰۳۰ و ۶ میلیون بشکه در روز کاهش تولید در میادین بالغ وجود دارد. بیش از ۸۰ درصد از این شکاف از طریق افزایش تولید در کشورهای عضو اوپک خاورمیانه، نفت تایت ایالات متحده و توسعه آب های عمیق برزیل و گویان تامین می شود. فرض بر این است که با اعمال تحریم های اروپا و آمریکا، تولید روسیه حدود ۲ میلیون بشکه در روز کاهش می یابد، اما با ایجاد مسیرهای جدید به بازارهای خارج از اروپا، علیرغم ادامه تحریم ها، این کاهش تثبیت می شود. وضعیت بین المللی در تعدادی دیگر از دارندگان منابع اصلی مشمول تحریم ها، به ویژه ایران و ونزوئلا، به تدریج عادی می شود و تولید این کشورها تا سال ۲۰۳۰ افزایش می یابد.

در APS، تقاضای جهانی نفت تا سال ۲۰۳۰ به سطح ۲۰۲۱ کاهش می‌یابد، اما کاهش میادین بالغ به این معنی است که تا سال ۲۰۳۰ به افزایش تولید بیش از ۸ میلیون بشکه در روز در جاهای دیگر نیاز است. کشورهایی که متعهد به انتشار خالص صفر هستند، تلاش می‌کنند تا انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از عملیات داخلی نفت و گاز خود را به حداقل برسانند و این باعث افزایش هزینه‌های تامین مالی و تولید آنها می‌شود. کشورهایی که تعهد انتشار صفر خالص ندارند نیز تحت فشار قرار می‌گیرند تا انتشارات مربوط به نفت و گاز را کاهش دهند زیرا مصرف کنندگان در بازارهای صادراتی شروع به تمایز واردات بر اساس شدت انتشار تولید می‌کنند. این منجر به کاهش ۲۵ درصدی میانگین شدت انتشار جهانی تولید نفت تا سال ۲۰۳۰ در APS در مقایسه با کاهش ۱۵ درصدی در STEPS می‌شود. در سناریوی NZE، کاهش تقاضا بدون نیاز به توسعه پروژه‌های طولانی مدت جدید برآورده می‌شود. سرمایه‌گذاری مداوم در میادین موجود وجود دارد و این شامل برخی از توسعه‌های کم هزینه در میادین موجود می‌شود، به عنوان مثال از طریق استفاده از حفاری افقی، افزایش ضریب بازیافت نفت و حفاری نفت تایت، برای اطمینان از اینکه عرضه سریعتر از کاهش تقاضا کاهش نمی‌یابد. همچنین سرمایه‌گذاری برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از تولید نفت و گاز وجود دارد و میانگین جهانی شدت انتشار تولید نفت تا سال ۲۰۳۰ بیش از ۵۰ درصد کاهش می‌یابد.

در ایالات متحده، تولید نفت در STEPS تا سال ۲۰۳۰ کمتر از ۴ میلیون بشکه در روز افزایش می‌یابد و کل تولید ایالات متحده در سال ۲۰۳۰ حدود ۵۰ درصد بیشتر از بزرگترین تولیدکننده بعدی (عربستان سعودی) است. اپراتورهای نفت تایت بازده را بر رشد تولید تهاجمی ترجیح دهند، اما قیمت‌های بالا در کوتاه مدت باعث افزایش حفاری می‌شود. نفت تایت و (NGLs) حاصل از میادین شیل تقریباً تمام افزایش تولید ایالات متحده را تا سال ۲۰۳۰ به خود اختصاص می‌دهند. در APS، قیمت‌های نفت و گاز پایین‌تر به معنای افزایش کمتر نفت تایت و NGLهای ناشی از شیل است، اما تولید ایالات متحده همچنان تا سال ۲۰۳۰ ۲ میلیون بشکه در روز افزایش می‌یابد.

در روسیه، تولید نفت در STEPS با اعمال تحریم‌ها تا سال ۲۰۳۰ تا ۲ میلیون بشکه در روز کاهش می‌یابد. روسیه از سال ۲۰۱۴ تحت تحریم بوده است اما محدودیت‌های مالی و فناوری اکنون بسیار سخت‌تر شده است. با حذف دسترسی به فناوری‌ها، تخصص خدمات میدان نفتی، تجهیزات و دارایی‌ها، روسیه برای حفظ تولید در میادین موجود و توسعه میادین بزرگ جدید در قطب شمال، نفت تایت و سایر مناطق دریایی تلاش می‌کند. در APS، قیمت‌های پایین‌تر و فرصت‌های صادراتی کمتر به این معناست که تولید روسیه در سال ۲۰۳۰ حدود ۲.۵ میلیون بشکه در روز کمتر از سال ۲۰۲۱ است.

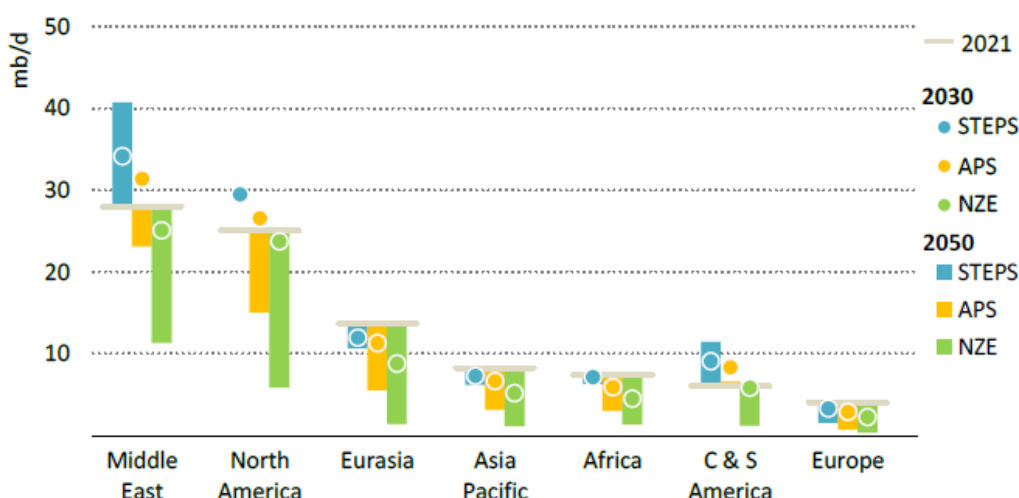
در کانادا، تولید نفت ۰.۶ میلیون بشکه در روز تا سال ۲۰۳۰ در STEPS افزایش می‌یابد. این افزایش ناشی از پروژه‌های نفت و قیر فوق سنگین (EHOB) است که در حال حاضر در حال توسعه است و از افزایش تولید نفت تایید است. هیچ پروژه جدید EHOB در مقیاس بزرگ برای توسعه در STEPS تایید نشده است، اما برخی از توسعه‌های مقیاس کوچکتر پروژه‌های موجود وجود دارد. در APS، تلاش‌ها برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای داخلی ناشی از عملیات نفت و گاز افزایش یافته است و کل تولید تا سال ۲۰۳۰ اندکی کاهش می‌یابد.

در اروپا، تولید ۰.۵ میلیون بشکه در روز در STEPS و ۰.۸ میلیون بشکه در روز در APS در سال ۲۰۳۰ کاهش می‌یابد. بهره‌برداری از میدان‌های جدید در نروژ به این معنی است که تولید آن تا اواسط دهه ۲۰۲۰ افزایش می‌یابد قبل از اینکه تا سال ۲۰۳۰ به سطوح فعلی کاهش یابد. انگلیس شاهد مقداری سرمایه‌گذاری داخلی است، اما تولید در سال ۲۰۳۰ ۰.۲ میلیون بشکه در روز کمتر از اکنون در STEPS و APS است.

عربستان سعودی اخیراً بیش از ۱۸ میلیارد دلار برای افزایش ظرفیت میادین بری و مرجان خود سرمایه‌گذاری کرده است و قرار است سرمایه‌گذاری‌های بیشتری انجام دهد. همراه با اقداماتی برای رفع تنگناها، این هزینه منجر به افزایش تولید از حدود ۱۱ میلیون بشکه در روز در سال ۲۰۲۱ به ۱۳ میلیون بشکه در روز در STEPS (که ۱۱ میلیون بشکه در روز نفت خام است) و به ۱۲ میلیون بشکه در روز در APS تا ۲۰۳۰ می‌رسد. عراق تقریباً تولید خود را در طول دهه ۲۰۱۰ دو برابر کرد، اما از زمان کاهش قیمت نفت در سال ۲۰۱۴، مشکلاتی در تأمین آب کافی برای تزریق، و اختلافات سیاسی از سرمایه‌گذاری کم رنج برد. در نتیجه، نتوانسته است تولید را مطابق با منابع بزرگ خود گسترش دهد. سناریوها فرض می‌کنند که روابط داخلی عادی شده است، پیشرفت در تأمین آب برای بازیافت نفت حاصل شده است و تولید حدود ۰.۵ میلیون بشکه در روز تا سال ۲۰۳۰ در هر دو مرحله STEPS و APS افزایش می‌یابد. امارات متحده عربی در سال ۲۰۲۲ سرمایه‌گذاری خود را به ۲۰ میلیارد دلار افزایش داده است. تولید ۱.۲ میلیون بشکه در روز تا سال ۲۰۳۰ در STEPS از میادین خشکی و فراساحلی (از جمله گسترش میدان نفتی زقوم علیا) افزایش می‌یابد. ایران در نتیجه تحریم‌های بین‌المللی با محدودیت‌هایی در تولید خود مواجه است. سناریوها عادی سازی تدریجی روابط در طول زمان و افزایش تولید ۰.۳-۰.۵ میلیون بشکه در روز تا سال ۲۰۳۰ در STEPS و APS را فرض می‌کند. ونزوئلا با عدم اطمینان سیاسی و مشکلات اقتصادی مواجه است. سناریوها عادی سازی تدریجی وضعیت بین‌المللی و افزایش جزئی تولید در STEPS و APS را فرض می‌کند.

برزیل در سال‌های اخیر سرمایه‌گذاری هنگفتی در میدان‌های بزرگ خود در آب‌های عمیق انجام داده است و اعلام کرده است که قصد دارد سرمایه‌گذاری سالانه را بین سال‌های ۲۰۲۱ تا ۲۰۲۶ تقریباً دوبرابر کند. تعدادی از پروژه‌های توسعه‌ای آن از تأخیر و افزایش هزینه‌ها رنج برده‌اند، اما این پروژه‌ها به‌طور پیوسته مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند. در هر دو سناریو STEPS و APS، تولید کل با ۱.۴ میلیون بشکه در روز رشد می‌کند و در سال ۲۰۳۰ به حدود ۴.۴ میلیون بشکه در روز می‌رسد. گویان در سال‌های اخیر شاهد چندین اکتشاف بزرگ در آب‌های عمیق بوده است و شرکت‌ها به دنبال توسعه سریع این اکتشافات بوده‌اند. تولید در میدان لیزا آن در سال ۲۰۱۹ تنها چهار سال پس از کشف آن آغاز شد و همچنان در حال افزایش است. تولید کلی در STEPS و APS حدود ۱.۵ میلیون بشکه در روز تا سال ۲۰۳۰ افزایش می‌یابد. آرژانتین به دنبال گسترش تولید از میدان‌های نفتی تایت خود بوده است و دولت محدودیت‌های کنترل سرمایه را برای تشویق سرمایه‌گذاری داخلی کاهش داده است. تولید کل در مراحل STEPS و APS اندکی افزایش می‌یابد زیرا افزایش تولید نفت تایت با کاهش تولید نفت مرسوم جبران می‌شود. اعضای آفریقایی اوپک از سال ۲۰۱۰ تا کنون شاهد کاهش ۳۰ درصدی تولید بوده‌اند و تولید در آنگولا و نیجریه با مشکلات فنی و عملیاتی مواجه شده است. هر دو کشور اکنون در حال توسعه میدان‌های آب‌های عمیق جدید هستند، اما جبران کاهش از میدان‌های موجود بعید به نظر می‌رسد زیرا سرمایه‌گذاری در عرضه از سال ۲۰۱۶ در مقایسه با دوره ۲۰۱۰-۲۰۱۵، ۴۵ درصد کمتر بوده است. بر این اساس، تولید اعضای آفریقایی اوپک بین سال‌های ۲۰۲۱ تا ۲۰۳۰ به میزان ۱ میلیون بشکه در روز در STEPS و ۲ میلیون بشکه در روز در APS کاهش می‌یابد.

تغییرات تولید نفت بر اساس منطقه و سناریو، ۲۰۲۱-۲۰۵۰



افزایش در خاورمیانه و آمریکای مرکزی و جنوبی کاهش را در نقاط دیگر STEPS پس از ۲۰۳۰ جبران کرد. هر دو سناریوی APS و NZE در همه مناطق کاهش می‌یابند

در مراحل STEPS، تقاضا بین سال‌های ۲۰۳۰ و ۲۰۵۰ تا حد زیادی ثابت باقی می‌ماند. در نتیجه، سرمایه‌گذاری در عرضه جدید عمدتاً برای جبران کاهش اساسی در منابع تولید موجود مورد نیاز است. بیشترین کاهش تولید تا سال ۲۰۵۰ در آمریکای شمالی است. از آنجایی که مولدترین مناطق نفتی ایالات متحده کاهش می‌یابد، تولید ایالات متحده بین سال‌های ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۰ به میزان ۴ میلیون بشکه در روز کاهش می‌یابد. بدون پروژه‌های جدید در مقیاس بزرگ، تولید EHOB در کانادا در این دوره شروع به کاهش می‌کند. تولید جهانی آب‌های عمیق به ۹.۵ میلیون بشکه در روز در سال ۲۰۳۵ افزایش می‌یابد، با حمایت تولید جدید برزیل و گویان، قبل از اینکه در سال ۲۰۵۰ به حدود ۷.۵ میلیون بشکه در روز کاهش یابد. تولید در روسیه بین سال‌های ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۰ کمی بیش از ۱ میلیون بشکه در روز کاهش می‌یابد. اعضای اوپک تولید خود را بین سال‌های ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۰ به میزان ۷ میلیون بشکه در روز افزایش دهند تا کاهش تولید در جاهای دیگر را جبران کند. یک سوم افزایش تولید اوپک مربوط به عربستان سعودی است که ونزوئلا ۲۵ درصد و عراق ۱۰ درصد دیگر را تامین می‌کنند. کاهش تولید اعضای آفریقایی اوپک وجود دارد. سهم اوپک از بازار جهانی نفت به ۴۳ درصد رسیده است که بالاترین میزان از سال ۱۹۷۹ است.

در APS، تقاضا به طور متوسط بین سال‌های ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۰ هر سال حدود ۲.۵ درصد کاهش می‌یابد و این بدان معناست که سطوح بسیار پایین‌تری از تولید جدید نسبت به STEPS مورد نیاز است. بیشترین کاهش تولید در این دوره در ایالات متحده اتفاق می‌افتد (۸.۵ میلیون بشکه در روز) زیرا میادین متعارف بالغ می‌شوند و قیمت‌های پایین‌تر به معنای سرمایه‌گذاری کمتر در نفت و گاز شیل است. همچنین در روسیه (۴.۵ میلیون بشکه در روز) و کانادا (۲ میلیون بشکه در روز) کاهش وجود دارد. در میان اعضای اوپک، عراق و عربستان سعودی بیشترین کاهش را داشتند. تولید کلی اوپک کمتر از ۹ میلیون بشکه در روز کاهش می‌یابد، اما سهم او از بازار همچنان به ۴۳ درصد در سال ۲۰۵۰ افزایش می‌یابد.

در سناریوی NZE، تقاضا بین سال‌های ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۰ به‌طور میانگین هر سال حدود ۶ درصد کاهش می‌یابد. بر این اساس، تولید در همه مناطق کاهش می‌یابد و قیمت نفت به سطوح بسیار پایین (۲۵ دلار آمریکا در هر بشکه در سال ۲۰۵۰) کاهش می‌یابد. تولید نفت به‌طور فزاینده‌ای در کشورهای غنی از منابع متمرکز شده است که دلیل آن وسعت زیاد و نرخ کاهش آهسته میادین موجود است. سهم اوپک از یک بازار بسیار کوچکتر نفت در

سال ۲۰۵۰ به ۵۲ درصد افزایش می‌یابد که بالاتر از هر مقطع دیگری در تاریخ بازارهای نفت است. ترکیبی از کاهش تقاضا و قیمت پایین نفت منجر به کاهش شدید درآمد و تولید ناخالص داخلی در بسیاری از تولیدکنندگان سوخت فسیلی می‌شود، از جمله برخی که درآمدهای حاصل از فروش نفت و گاز اغلب سهم زیادی از مخارج عمومی برای خدمات ضروری را پوشش می‌دهند. قیمت نفت در سناریوی NZE در اصل برای برخی از تولیدکنندگان کم‌هزینه برای پوشش هزینه‌های توسعه میادین جدید کافی است، اما فرض می‌کنیم که آنها این کار را انجام نمی‌دهند زیرا این امر حتی منجر به قیمت‌های پایین‌تر می‌شود و ممکن است نوسانات بیشتر بازار را که به مقاومت این کشورها در برابر چنین انقباض شدید درآمد بستگی دارد، نوید دهد.

تجارت نفت

تجارت نفت بر اساس منطقه و سناریو

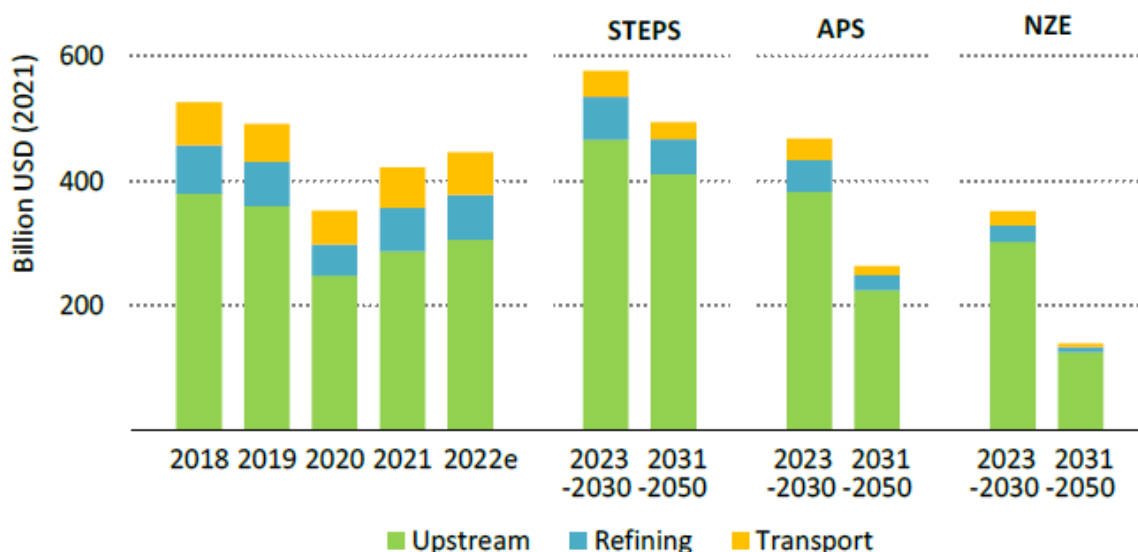
	STEPS						APS			
	Net imports (mb/d)			Share of demand			Net imports (mb/d)		Share of demand	
	2021	2030	2050	2021	2030	2050	2030	2050	2030	2050
Net importer in 2021										
China	12.3	13.0	10.6	78%	75%	76%	12.2	6.9	75%	82%
European Union	9.7	8.9	5.7	93%	95%	92%	7.6	2.0	95%	93%
Other Asia Pacific	6.4	10.0	13.5	70%	82%	87%	9.3	7.9	83%	87%
Japan and Korea	5.8	5.5	4.1	96%	98%	98%	5.0	2.3	98%	97%
India	4.1	6.2	8.0	87%	89%	92%	5.4	3.8	90%	90%
Other Europe	0.3	0.9	2.2	7%	25%	67%	0.7	0.9	21%	60%
	Net exports (mb/d)			Share of production			Net exports (mb/d)		Share of production	
	2021	2030	2050	2021	2030	2050	2030	2050	2030	2050
Net exporter in 2021										
Middle East	19.6	24.3	28.5	70%	72%	71%	22.4	14.4	72%	63%
Russia	7.2	5.3	4.4	66%	61%	58%	5.1	1.0	60%	27%
Africa	3.4	1.7	n.a.	46%	25%	n.a.	0.6	n.a.	11%	n.a.
North America	2.5	7.9	7.7	10%	27%	31%	7.3	7.5	28%	51%
Caspian	2.0	2.0	1.4	72%	66%	49%	1.8	0.4	64%	26%
Central & South America	0.4	3.1	5.0	8%	34%	44%	3.1	3.8	37%	59%

در STEPS، ممنوعیت واردات اتحادیه اروپا از روسیه و تحریم‌های اعمال شده بر روسیه با هم منجر به تغییر جهت‌گیری عمده در تجارت نفت می‌شود. صادرات خالص نفت روسیه تا سال ۲۰۳۰ ۲۵ درصد و تا سال ۲۰۵۰ بیش از ۶۰ درصد کاهش می‌یابد. خاورمیانه برای کمک به جبران این کاهش، صادرات خود را افزایش می‌دهد و سهم آن از بازارهای صادراتی جهانی از ۵۲ درصد در سال ۲۰۲۱ به ۶۰ درصد در سال ۲۰۵۰ می‌رسد. آمریکای شمالی با پیشی گرفتن از روسیه به دومین منطقه بزرگ صادرکننده نفت جهان در اواسط دهه ۲۰۲۰ تبدیل می‌شود. چین تا سال ۲۰۵۰ بزرگترین واردکننده نفت جهان باقی‌مانده است، اگرچه واردات آن به اوج خود می‌رسد و از سال ۲۰۳۰ به بعد اندکی کاهش می‌یابد. واردات نفت هند بین سال‌های ۲۰۲۱ تا ۲۰۵۰ دو برابر می‌شود. علیرغم عرضه فراوان نفت خام، کشورهای آمریکای مرکزی و جنوبی و آفریقا به دلیل کمبود ظرفیت پالایش داخلی به طور فزاینده‌ای محصولات نفتی را وارد می‌کنند.

در APS، تعدادی از کشورها از جمله تولیدکنندگان بزرگ مانند ایالات متحده و برزیل تقاضا را سریعتر از عرضه کاهش می‌دهند و این به آنها امکان می‌دهد صادرات را بیش از STEPS افزایش دهند. این به معنای سهم کمتری از بازار برای تولیدکنندگان در خاورمیانه است و سهم آنها از بازارهای صادراتی در سال ۲۰۵۰ کمتر از STEPS است. واردات چین در سال ۲۰۵۰ حدود یک سوم کمتر از STEPS است. واردات هند در دهه ۲۰۳۰ به اوج خود می‌رسد و تا سال ۲۰۵۰ کمتر از سطح فعلی است. در سناریوی NZE، واردات نفت به طور کلی کاهش می‌یابد. در سال ۲۰۵۰ همچنان حدود ۱۰ میلیون بشکه در روز نفت در سطح جهان معامله می‌شود که بیشتر آن به شکل صادرات از خاورمیانه و آمریکای شمالی به مراکز تقاضا در منطقه آسیا و اقیانوسیه است.

سرمایه گذاری در نفت

میانگین سرمایه گذاری سالانه در نفت بر اساس سناریو



سرمایه گذاری نفت تا سال ۲۰۳۰ در APS به طور کلی با سطوح مشاهده شده در سال های اخیر مطابقت دارد. تقاضای بسیار کمتر در سناریوی NZE را می توان بدون پروژه های طولانی مدت جدید برآورده کرد

انتظار می رود کل سرمایه گذاری نفت در سال ۲۰۲۲ به حدود ۴۵۰ میلیارد دلار افزایش یابد که حدود ۲۵ درصد بیشتر از سال ۲۰۲۰ است. پس از سال ها ثبات نسبی، تورم هزینه ها به شدت در نتیجه افزایش هزینه های مواد، هزینه های بالادستی را به شدت افزایش داده است، و این به طور قابل توجهی تأثیر مخارج بالاتر بر سطوح فعالیت را کاهش داده است. در STEPS، متوسط سرمایه گذاری سالانه نفت تا سال ۲۰۳۰ ۵۸۰ میلیارد دلار است که ۳۰ درصد بیشتر از میانگین سال ۲۰۱۸ است. پاسخگویی به افزایش تقاضای نفت تا سال ۲۰۳۰ و همچنین جبران کاهش منابع عرضه موجود، مستلزم میانگین سالانه سرمایه گذاری نفتی بالادستی ۴۷۰ میلیارد دلاری تا سال ۲۰۳۰ است. بین سال های ۲۰۲۲ تا ۲۰۵۰، سرمایه گذاری تجمعی در بالادستی نفت ۱۲ تریلیون دلار است و ۲.۵ تریلیون دلار دیگر نیز در حمل و نقل و پالایش سرمایه گذاری شده است. سرمایه گذاری تجمعی انرژی پاک تا سال ۲۰۵۰ به ۶۰ تریلیون دلار می رسد.

در APS، مجموع میانگین سرمایه گذاری سالانه نفت تا سال ۲۰۳۰، ۴۷۰ میلیارد دلار است که تقریباً مشابه سطوح پنج سال گذشته است. اگرچه تقاضا در اواسط دهه ۲۰۲۰ به اوج خود می رسد، کاهش تولید در منابع

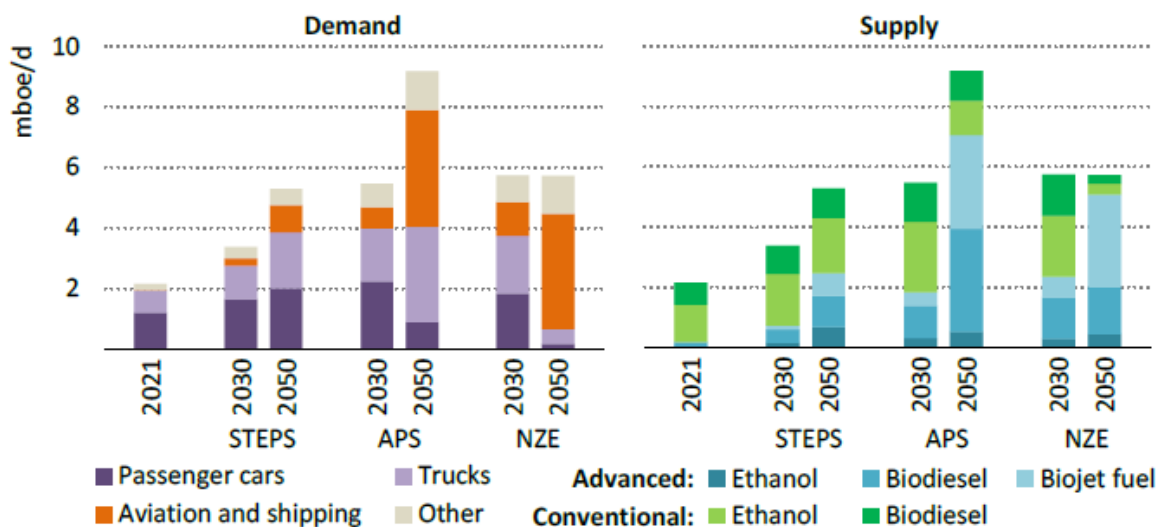
عرضه موجود به این معنی است که سرمایه گذاری در میادین جدید و موجود مورد نیاز است و متوسط سرمایه گذاری سالانه بالادستی نفت ۳۸۰ میلیارد دلار است. سرمایه‌گذاری تجمعی بالادستی نفت بین سال‌های ۲۰۲۲ تا ۲۰۵۰، ۷.۵ تریلیون دلار است و ۱.۵ تریلیون دلار دیگر در حمل و نقل و پالایش نفت سرمایه‌گذاری شده است. این سطوح سرمایه گذاری با سرمایه گذاری تجمعی در انرژی پاک تا سال ۲۰۵۰ که در مجموع به ۹۵ تریلیون دلار می‌رسد، کاهش می‌یابد.

در سناریوی NZE، سرمایه گذاری سالانه نفت به طور متوسط حدود ۳۵۰ میلیارد دلار تا سال ۲۰۳۰ است. افزایش در استقرار فناوری انرژی پاک به این معنی است که تقاضای نفت با سرعتی سریع کاهش می‌یابد و این امکان برآورده شدن تقاضا را بدون اکتشاف نفت جدید یا توسعه پروژه‌های طولانی مدت فراهم می‌کند. کاهش سرمایه‌گذاری نفت تا این سطح به نتیجه بسیار متفاوتی منجر می‌شود، اگر پیش از - یا به جای - افزایش عظیم در هزینه‌های انرژی پاک و در نتیجه کاهش تقاضای نفت که در این سناریو وجود دارد، انجام شود.

سوخت‌های زیستی مایع

امروزه بیش از ۸۰ کشور دستورات ترکیب سوخت زیستی مایع را دارند. کاهش قیمت نفت در سال ۲۰۲۰ و تغییر در اولویت‌های دولت پس از همه‌گیری به این معنی است که تعدادی از اهداف و برنامه‌ها به تعویق افتاده یا کاهش یافته است، از جمله در اندونزی، مالزی، تایلند و برزیل (IEA، ۲۰۲۱). قیمت سوخت‌های زیستی از سال ۲۰۲۰ به دلیل افزایش هزینه‌های خوراک و انرژی ناشی از تهاجم روسیه به اوکراین و سایر اختلالات در تولید جهانی فرآورده، دو برابر شده است. در نیمه اول سال ۲۰۲۲، قیمت سوخت‌های زیستی معمولی به طور متوسط ۲۷۰ دلار به ازای هر بشکه معادل نفت در ایالات متحده (حدود ۷۰ دلار بالاتر از میانگین قیمت بنزین ایالات متحده در پمپ بنزین) و ۳۳۵ دلار در اروپا (مشابه با میانگین قیمت بنزین اروپا در پمپ بنزین) بود. قیمت سوخت‌های زیستی پیشرفته از سال ۲۰۲۰ تا کنون ۷۰ درصد افزایش یافته است و تا کنون به طور متوسط بین ۳۵۰ تا ۴۰۰ دلار آمریکا در سال ۲۰۲۲ بوده است.

تقاضا و عرضه سوخت زیستی مایع بر اساس سناریو



استفاده از سوخت های زیستی مایع در همه سناریوها افزایش می یابد و تا سال ۲۰۳۰ در سناریوهای APS و NZE بیش از دو برابر می شود.

در مراحل STEPS، تقاضا برای سوخت های زیستی مایع از ۲.۲ میلیون بشکه در روز در سال ۲۰۲۱ به ۳.۴ میلیون بشکه در روز در سال ۲۰۳۰ و ۵.۳ میلیون بشکه در روز در سال ۲۰۵۰ افزایش می یابد. این عمدتاً ناشی از ترکیب دستورات برای خودروهای سواری است که منجر به افزایش استفاده از اتانول می شود که با استفاده از مواد اولیه پیشرفته تولید می شود. خودروهای سواری ۵۰ درصد از کل سوخت های زیستی مایع در سال ۲۰۳۰ و تقریباً ۴۰ درصد در سال ۲۰۵۰ مصرف می کنند. اتانول ۵۵ درصد از کل تولید سوخت های زیستی را در سال ۲۰۳۰ تشکیل می دهد که از ۶۰ درصد امروز کاهش یافته است.

در APS، تقاضا برای سوخت های زیستی مایع با استفاده بسیار بیشتر از سوخت های زیستی مایع در حمل و نقل جاده ای در ایالات متحده، چین، هند و کانادا به ۵.۵ میلیون بشکه در روز در سال ۲۰۳۰ افزایش می یابد. پس از سال ۲۰۳۰، افزایش فروش خودروهای الکتریکی به این معنی است که سوخت های زیستی مایع تقاضای ثابت در حمل و نقل جاده ای دارند و سهم بسیار بیشتری در حمل و نقل هوایی و کشتیرانی استفاده می شود. در سال ۲۰۵۰، کل مصرف سوخت های زیستی مایع بیش از ۹ میلیون بشکه در روز است که ۷۵ درصد آن را سوخت های زیستی پیشرفته تشکیل می دهد. حدود ۴۰٪ از این کل در حمل و نقل هوایی و کشتیرانی مصرف می شود و سوخت های زیستی مایع کمی بیش از ۲۵٪ از کل سوخت مصرفی در حمل و نقل هوایی را تامین می کنند.



در سناریوی NZE، تقاضا برای سوخت‌های زیستی مایع به ۵.۷ میلیون بشکه در روز در سال ۲۰۳۰ افزایش می‌یابد و سپس تا سال ۲۰۵۰ در این سطح باقی می‌ماند. نفوذ بالای خودروهایی برقی و کامیون‌ها منجر به کاهش قابل توجه مصرف سوخت‌های زیستی در حمل و نقل جاده‌ای پس از سال ۲۰۳۰ و بیشتر می‌شود. از عرضه محدود انرژی زیستی پایدار موجود در قالب انرژی زیستی جامد در تولید برق و در کاربردهای صنعتی که در آن برق‌رسانی چالش برانگیز است استفاده می‌شود. در نتیجه، تقاضا برای سوخت‌های زیستی مایع در سال ۲۰۵۰، ۴۰ درصد کمتر از APS است. در سناریوی NZE، حدود ۹۰ درصد از سوخت‌های زیستی مایع تولید شده در سال ۲۰۵۰ سوخت‌های زیستی پیشرفته و ۷۵ درصد در حمل و نقل هوایی و کشتیرانی مصرف می‌شود. بیش از ۴۰ درصد از سوخت مورد استفاده در حمل و نقل هوایی در سال ۲۰۵۰ به شکل سوخت‌های زیستی مایع است.

حمایت سیاستی برای سوخت‌های زیستی مایع پیشرفته مورد نیاز است

بیش از ۹۰ درصد از سوخت‌های زیستی مایع تولید شده امروزی، سوخت‌های زیستی «مرسوم» هستند که از محصولات غذایی تولید می‌شوند. این مواد اولیه شامل اتانول نیشکر، اتانول مبتنی بر نشاسته، متیل استر اسید چرب، روغن گیاهی مستقیم و روغن گیاهی هیدرولیکی شده تولید شده از روغن نخل، کلزا یا روغن سویا است. علاقه فزاینده‌ای به استفاده از مواد اولیه جایگزین وجود دارد که می‌تواند از نگرانی‌های بالقوه پایداری مرتبط با برخی از سوخت‌های زیستی مرسوم جلوگیری کند. این سوخت‌های زیستی پیشرفته از مواد غیرغذایی تولید می‌شوند، کاهش زیادی در انتشار گازهای گلخانه‌ای (GHG) در چرخه زندگی در مقایسه با سوخت‌های فسیلی ایجاد می‌کنند، و مستقیماً با محصولات غذایی و خوراک برای زمین‌های کشاورزی رقابت نمی‌کنند یا اثرات نامطلوب پایداری ایجاد نمی‌کنند. تولید سوخت‌های زیستی مایع پیشرفته در همه سناریوها افزایش می‌یابد، اما به شدت به موارد زیر بستگی دارد:

- توسعه مقادیر کافی مواد اولیه پایدار مانند زباله‌های جامد شهری، کاه گندم و محصولات غیر غذایی. این امر مستلزم سیاست‌ها و مقررات جامع مدیریت زباله برای افزایش جمع‌آوری، دسته‌بندی و پیش تصفیه، همراه با یک سیستم گواهی‌نامه قوی برای اطمینان از پایداری مواد اولیه است.

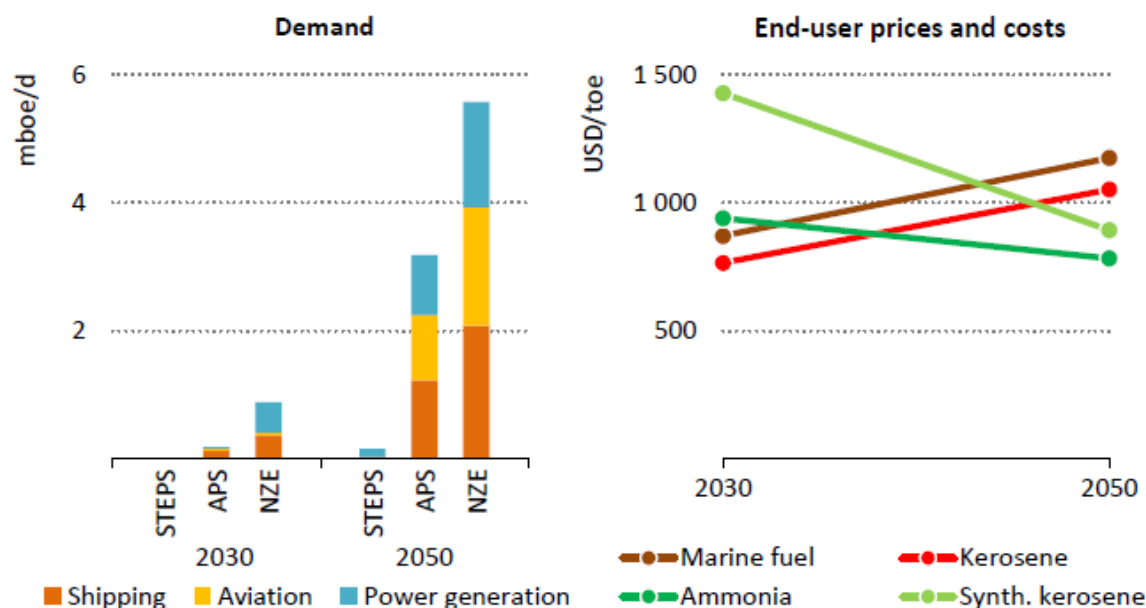
- ثبات نظارتی برای حمایت از سرمایه‌گذاری‌های بلندمدت مورد نیاز برای افزایش تولید. امروزه تعداد تولیدکنندگان سوخت‌های زیستی پیشرفته اندک است و سرمایه‌گذاران جدید به سیاست‌ها و برنامه‌ها نیاز دارند تا بتوانند پتانسیل بازار را ارزیابی کنند.

سوخت های مایع مبتنی بر هیدروژن با انتشار کم

سوخت‌های مایع مبتنی بر هیدروژن با انتشار کم شامل آمونیاک، متانول و سایر هیدروکربن‌های مایع مصنوعی ساخته شده از هیدروژن با شدت انتشار بسیار کم هستند. آنها جایگزینی برای استفاده از نفت ارائه می‌دهند، اغلب می‌توانند از زیرساخت‌های موجود و تجهیزات احتراق استفاده کنند، و انتظار می‌رود برای به دست آوردن سهم بازار در بخش‌هایی مانند حمل و نقل هوایی و کشتیرانی که در غیر این صورت برای کاهش تقاضای نفت تلاش می‌کنند. با این حال، آنها در حال حاضر هزینه‌های تولید بالایی دارند، از زیرساخت‌های توانمند محدود رنج می‌برند، می‌توانند تلفات انرژی زیادی از تولید تا مصرف داشته باشند، و در برخی موارد باید با دقت بیشتری نسبت به سوخت‌های مایع سنتی مدیریت شوند.

جذب آتی سوخت‌های مایع مبتنی بر هیدروژن با آلاینده‌گی کم به‌طور اساسی به یافتن راه‌هایی برای کاهش هزینه‌های تولید بستگی دارد. انرژی تجدیدپذیر ارزان‌تر و جذب، استفاده و ذخیره‌سازی کربن (CCUS) تفاوت بزرگی ایجاد می‌کند، اما پروژه‌های اختصاصی نیز برای بهبود فناوری‌های تولید هیدروژن و آمونیاک با انتشار کم و کاهش تلفات بازده در سراسر زنجیره ارزش مورد نیاز است. اخیراً در این جبهه پیشرفت‌هایی حاصل شده است. بزرگترین شرکت تولید برق در ژاپن، JERA، در سال ۲۰۲۲ مناقصه‌ای برای حداکثر ۰.۵ میلیون تن آمونیاک کم‌آلاینده (حدود ۵ هزار بشکه معادل نفت در روز) برای جایگزینی ۲۰ درصد از زغال سنگ در یک واحد نیروگاه بزرگ از سال ۲۰۲۷ مناقصه صادر کرد. مرسک، یک شرکت کشتیرانی پیشرو، ۱۹ کشتی کانتینری با سوخت متانول را راه‌اندازی کرده است و در حال مطالعه چگونگی اطمینان از اینکه متانول مورد استفاده آنها از زیست توده پایدار تولید می‌شود، است. در آلمان، یک کارخانه ۳۵۰ تنی در سال برای تولید نفت سفید مصنوعی در سال ۲۰۲۲ در کنار یک کارخانه متان مصنوعی موجود و منبع CO₂ ناشی از ارتقاء بیوگاز افتتاح شد.

تقاضای سوخت مایع مبتنی بر هیدروژن با آلاینده‌گی کم بر اساس سناریو و کاهش شکاف هزینه با محصولات نفتی در سناریوی NZE



افزایش سریع تقاضا برای سوخت های مایع مبتنی بر هیدروژن به کاهش هزینه ها از طریق صرفه جویی در مقیاس و نوآوری کمک می کند، در حالی که قیمت محصولات نفتی افزایش می یابد.

در STEPS، تا سال ۲۰۳۰ مصرف سوخت های مبتنی بر هیدروژن در سطح جهان محدود است که نشان دهنده سطح پایین حمایت سیاست فعلی برای استفاده از آنها است. در APS، پیشرفت بیشتری حاصل شده است، با ۰.۲ میلیون بشکه در روز از سوخت های مبتنی بر هیدروژن کم انتشار که در سطح جهان برای حمل و نقل در سال ۲۰۳۰ استفاده می شود. در سناریوی NZE، این رقم به ۰.۴ میلیون بشکه در روز می رسد که بیشتر آن در حمل و نقل استفاده می شود. دستیابی به سطوح استفاده مشاهده شده در سناریوی APS و NZE به سوخت و انرژی زیستی نیاز دارد، برای مثال با تبدیل بیواتانول به اتیلن، می تواند به کاهش انتشار گازهای گلخانه ای و وابستگی به نفت کمک کند، اما در حال حاضر گران هستند و به مقادیر زیادی انرژی زیستی پایدار نیاز دارند. احتمالاً تغییرات منطقه‌ای بزرگی در هزینه‌های تولید سوخت‌های مبتنی بر هیدروژن با انتشار کم وجود دارد و تجارت بین‌المللی به همکاری بین‌المللی در مورد استانداردها بستگی دارد.

پیشرفت بین ۲۰۳۰ و ۲۰۵۰ بدیهی است که به طور اساسی به آنچه تا سال ۲۰۳۰ به دست می آید بستگی دارد، از جمله به استقرار، نوآوری و صرفه جویی در مقیاس که به کاهش شکاف هزینه فراورده های نفتی و همچنین

استانداردها کمک می‌کند. در سناریوی NZE، گام‌هایی که تا سال ۲۰۳۰ برداشته می‌شود، پایه محکمی برای آینده ایجاد می‌کند. با در نظر گرفتن هزینه CO_2 ، هزینه تولید سوخت‌های مبتنی بر هیدروژن کم آلاینده در سناریوی NZE کمتر از قیمت سوخت دریایی در دهه ۲۰۳۰ در تعدادی از مناطق و کمتر از قیمت سوخت هواپیمایی در منطقه است. دهه ۲۰۴۰ تقریباً ۶ میلیون بشکه در روز از سوخت‌های مایع مبتنی بر هیدروژن با انتشار کم در سال ۲۰۵۰ مصرف می‌شود که تقریباً به طور مساوی بین حمل و نقل هوایی، تولید برق و کشتیرانی تقسیم می‌شود. این متکی بر تولید ۱۲۰ میلیون تن هیدروژن کم آلاینده است که با ۱.۲ تراوات ظرفیت انرژی تجدیدپذیر (معادل ۷۰ درصد ظرفیت نصب شده جهانی خورشیدی و بادی امروز) و همچنین ۰.۵ گیگاتن (Gt) CO_2 در سال از ظرفیت CCUS تغذیه می‌شود.

آیا پروژه‌های جدید نفتی متعارف پاسخی به بحران انرژی امروزی هستند؟

در سال‌های اخیر، در شرایطی که بازار تضمین شده است، عرضه نفت نسبتاً سریع افزایش یافته است، عمدتاً به دلیل توانایی تولید نفت تایت ایالات متحده و همچنین وجود ظرفیت مازاد اوپک. اما اکنون سؤالاتی در مورد اینکه آیا روندهای اخیر برای این مسیرها راهنمای خوبی برای آینده خواهد بود پرسیده می‌شود. اپراتورهای نفتی تایت در حال حاضر بیشتر بر بازدهی تمرکز دارند تا رشد تولید کوتاه مدت، و ارائه دهندگان خدمات میدان نفتی برای سرمایه‌گذاری مجدد در زنجیره‌های تامین نفت تایت مردد هستند. بسیاری از اعضای اوپک در تلاش برای افزایش تولید هستند و تصور ظرفیت مازاد اوپک نیز در معرض محدودیت‌های سیاسی است. در اینجا به بررسی ترکیبی از عوامل می‌پردازیم که می‌تواند شکاف بین عرضه و تقاضا را پر کند و به تعادل بازار جهانی نفت کمک کند. دریافتیم که زمان طولانی پروژه‌های مرسوم به این معنی است که پروژه‌های متعارف جدید بعید است که کمکی در مقیاس بزرگ به بحران انرژی کنند. با نگاهی فراتر به چند سال آینده، نیاز به پروژه‌های متعارف جدید برای ایجاد تعادل در بازار، منوط به چشم‌انداز تقاضا است که بسته به سناریو بسیار متفاوت است. در STEPS، ترکیبی از کاهش اساسی در منابع موجود تولید و افزایش تقاضا به این معنی است که پروژه‌های متعارف جدیدی برای اطمینان از تطابق روان بین عرضه و تقاضا مورد نیاز است. در APS تقاضا کمتر است و نیاز کمتری به پروژه‌های متعارف جدید وجود دارد. در سناریوی NZE، کاهش تقاضای سوخت فسیلی می‌تواند از طریق سرمایه‌گذاری مستمر در دارایی‌های تولیدی موجود بدون نیاز به میادین جدید نفتی طولانی مدت تامین شود.

میانگین سالانه سرمایه گذاری بالادستی نفت بر اساس سناریو

	STEPS			APS		NZE	
	2021	2022-30	2031-50	2022-30	2031-50	2022-30	2031-50
Existing fields	142	216	191	212	137	243	120
New fields	94	189	171	117	62	18	0
Tight oil	70	62	50	53	25	42	5
Total	305	466	411	382	225	302	126

یافته های کلیدی

- بازار نفت امروز با ابهامات بزرگ کوتاه مدت و بلندمدت دست و پنجه نرم می کند. اگرچه چین می تواند با خروج از قرنطینه های مجدد، استفاده از نفت را افزایش دهد. تحریم های روسیه و کاهش ظرفیت مازاد بر کفایت عرضه سایه افکنده است. با توجه به احتمال تغییرات ساختاری در استفاده از نفت در دهه های آینده، قیمت های بالا یک درآمد بادآورده تاریخی برای صنعت نفت و گاز ایجاد می کند، که با تردید در مورد اینکه چگونه می توان این سرمایه گذاری را به بهترین نحو انجام داد، همراه است.
- سناریوها دیدگاه های متفاوتی را در مورد قدرت این تغییرات و پیامدهای آنها ارائه می دهند. در سناریوی سیاست های بیان شده (STEPS)، تقاضای جهانی نفت تا سال ۲۰۲۳ با وجود قیمت های بالا، مجدداً افزایش یافته و از سطح ۲۰۱۹ فراتر می رود. تقاضا در اواسط دهه ۲۰۳۰ با ۱۰۳ میلیون بشکه در روز به اوج خود رسید. در سناریوی تعهدات اعلام شده (APS)، اقدامات سیاستی قوی تر، اوج تقاضای نفت را تا اواسط دهه ۲۰۲۰ به جلو می برد. در سناریوی انتشارات صفر خالص تا سال ۲۰۵۰ (NZE)، اقدام جهانی سریعتر برای کاهش انتشار به این معنی است که تقاضای نفت هرگز به سطح سال ۲۰۱۹ باز نمی گردد و تا سال ۲۰۳۰ به ۷۵ میلیون بشکه در روز کاهش می یابد.
- حدود ۱۰ درصد از خودروهای فروخته شده در سال ۲۰۲۱ برقی بودند. این میزان در STEPS به ۲۵٪ و در سناریوی NZE به ۶۰٪ تا سال ۲۰۳۰ افزایش می یابد. کامیون های سنگین برقی و سلول سوختی برای به دست آوردن سهم بازار در STEPS تلاش می کنند، اما آنها ۳۵٪ از کامیون های فروخته شده در سال ۲۰۳۰ در سناریوی NZE را تشکیل می دهند. تقاضای نفت حمل و نقل

جاده‌ای بین سال‌های ۲۰۲۱ تا ۲۰۳۰ در ۱,۵ STEPS میلیون بشکه در روز افزایش می‌یابد، اما در سناریوی NZE ۱۳ میلیون بشکه در روز کاهش می‌یابد.

- حمل و نقل هوایی و کشتیرانی در سال ۲۰۲۱ روزانه ۱۰ میلیون بشکه نفت مصرف کردند که ۲۰ درصد کمتر از قبل از همه‌گیری کووید-۱۹ است. در STEPS، رشد اقتصادی باعث افزایش تجارت و مسافرت می‌شود و تقاضا بین سال‌های ۲۰۲۱ تا ۲۰۳۰ به میزان ۴ میلیون بشکه در روز رشد می‌کند. در APS، اقداماتی برای افزایش استفاده از سوخت‌های جایگزین و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای برای دستیابی به اهداف اقلیمی دولت‌ها انجام شده است. اهداف تعیین‌شده توسط سازمان‌های صنعتی، و تقاضا تا سال ۲۰۳۰ به میزان ۳ میلیون بشکه در روز افزایش می‌یابد. در سناریوی NZE، تغییرات رفتار و افزایش سوخت‌های مایع کم‌انتشار به این معنی است که تقاضای نفت به سختی تا سال ۲۰۳۰ افزایش می‌یابد.

- بخش شیمیایی تنها بخشی بود که مصرف نفت در آن در سال ۲۰۲۰ افزایش یافت و قرار است در هر سناریو سهم فزاینده‌ای از مصرف نفت را به خود اختصاص دهد. در حال حاضر حدود ۷۰ درصد نفت مورد استفاده به عنوان خوراک پتروشیمی برای تولید پلاستیک استفاده می‌شود. تعدادی از کشورها سیاست‌هایی را برای ممنوعیت یا کاهش پلاستیک‌های یکبار مصرف، بهبود نرخ بازیافت و ترویج مواد اولیه جایگزین اعلام می‌کنند. میانگین جهانی نرخ بازیافت پلاستیک از سطح فعلی ۱۷ درصد به ۲۷ درصد در سال ۲۰۵۰ در STEPS، ۵۰ درصد در APS و ۵۴ درصد در سناریوی NZE افزایش می‌یابد.

- در STEPS، افزایش تقاضا و کاهش تولید از منابع تولید موجود به این معنی است که پروژه‌های مرسوم بالادستی جدید برای اطمینان از تعادل عرضه و تقاضا مورد نیاز است. سالانه حدود ۴۷۰ میلیارد دلار سرمایه‌گذاری بالادستی تا سال ۲۰۳۰ به طور متوسط هزینه می‌شود که ۵۰ درصد بیشتر از سرمایه‌گذاری در سال‌های اخیر است. در APS، تقاضا کمتر است، اما هنوز نیاز به پروژه‌های متعارف جدید وجود دارد، و سالانه ۳۸۰ میلیارد دلار به طور متوسط تا سال ۲۰۳۰ سرمایه‌گذاری می‌شود. در سناریوی NZE، کاهش تقاضای سوخت فسیلی را می‌توان بدون نیاز به توسعه میادین نفتی جدید، اما با سرمایه‌گذاری مستمر در دارایی‌های موجود، تامین کرد و این به طور متوسط سالانه ۳۰۰ میلیارد دلار سرمایه‌گذاری بالادستی تا سال ۲۰۳۰ نیاز دارد.

- تأثیر همه‌گیری کووید-۱۹ و سطح پایین سرمایه‌گذاری در سال‌های اخیر به این معنی است که منابع جدید در دست توسعه کمی هستند و منابع کشف‌شده کمی برای توسعه در دسترس

هستند. منابع جدید نفتی کشف شده در سال ۲۰۲۱ به پایین‌ترین سطح خود از دهه ۱۹۳۰ رسیده است. پیامدهای این امر بسته به سناریو متفاوت است. در STEPS، بیشترین افزایش تولید تا سال ۲۰۳۰ مربوط به نفت تایت ایالات متحده، اعضای خاورمیانه اوپک، گویان و برزیل است.

- قیمت‌های بالای نفت و نگرانی‌های امنیت انرژی، برخی کشورها را تشویق می‌کند تا پرونده صدور مجوزهای اکتشاف برای پروژه‌های جدید نفتی داخلی را دوباره بررسی کنند. بعید است که چنین مجوزهایی در کوتاه مدت هیچ کمکی را به همراه داشته باشند: در گذشته به طور متوسط ۲۰ سال طول می‌کشید تا از مجوز اکتشاف جدید به شروع تولید منتقل شود. پروژه‌هایی با زمان کوتاه‌تر و دوره‌های بازپرداخت سریع - مانند نفت تایت و پروژه‌هایی برای افزایش تولید از میدین موجود - کاندیدهای بهتری برای جبران کمبودهای کوتاه‌مدت در عرضه هستند. آنها نقش مهمی در همه سناریوها دارند.

- ظرفیت جهانی پالایش در سال ۲۰۲۱ برای اولین بار در بیش از ۳۰ سال گذشته کاهش یافت. با بازگشت تقاضا در سال ۲۰۲۲ و کاهش صادرات محصولات نفتی از روسیه و چین، سود پالایشگاهی به بالاترین حد خود رسید. در مراحل STEPS، افزایش تقاضا برای گازوئیل و نفت سفید به این معنی است که بازارها احتمالاً برای چند سال بسیار محدود باقی خواهند ماند. در APS، اقدامات سیاستی قوی برای مهار تقاضا به طور قابل توجهی این تنگنا را کاهش می‌دهد. سناریوی APS و NZE تغییرات عمده‌ای را در ترکیب تقاضای فرآورده مشاهده می‌کنند که پالایشگاه‌ها را ملزم می‌کند تا پیکربندی‌های پالایشگاهی و مدل‌های تجاری را تطبیق دهند و سرمایه‌گذاری سنگین‌تری در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، هیدروژن و سوخت‌های زیستی انجام دهند.

- اختلال در زنجیره تامین مواد غذایی و قیمت بالای کود به معنای افزایش هزینه‌های سوخت زیستی مایع است. در عین حال، تمرکز فزاینده بر تضمین پایداری منجر به توجه بیشتر به سوخت‌های زیستی مایع پیشرفته شده است که مستقیماً با محصولات غذایی و خوراک رقابت نمی‌کنند و از اثرات نامطلوب پایداری جلوگیری می‌کنند. سوخت‌های زیستی مایع از ۲.۲ میلیون بشکه معادل نفت در روز در سال ۲۰۲۱ به ۳.۴ میلیون بشکه معادل نفت در روز در STEPS، ۵.۵ میلیون بشکه معادل نفت در روز در APS و ۵.۷ میلیون بشکه معادل نفت در روز در سناریوی NZE در سال ۲۰۳۰ رشد می‌کنند.

- سوخت‌های مایع مبتنی بر هیدروژن با آلاینده‌گی کم، جایگزینی برای نفت هستند، اما در حال حاضر هزینه‌های تولید بالایی دارند و از زیرساخت‌های توانمند محدود رنج می‌برند. توسعه و استقرار

پروژه‌های جدید در دهه آینده برای کاهش هزینه‌ها و بهبود عملکرد ضروری است تا این سوخت‌ها بتوانند نقش مهمی در آینده ایفا کنند.

۳-۲- چشم‌انداز سوخت‌های گازی

تقاضای جهانی برای گاز طبیعی بهتر از تقاضا برای سایر سوخت‌های فسیلی در سال اول همه‌گیری کووید-۱۹ بود و سپس در سال ۲۰۲۱ به میزان ۵ درصد افزایش یافت که دو برابر نرخ رشد متوسط آن در دهه گذشته بود. کمبود پروژه‌های جدید، افزایش تقاضای مرتبط با آب و هوا، قطع LNG و کاهش صادرات روسیه، تعادل عرضه جهانی گاز را از اواسط سال ۲۰۲۱ تشدید کرد و فشار رو به رشدی بر قیمت‌ها وارد کرد. تهاجم روسیه به اوکراین در فوریه ۲۰۲۲ تأثیر زیادی بر توازن گازی شکننده جهانی داشت. تلاش‌های اتحادیه اروپا برای پر کردن ذخایر گاز قبل از زمستان با توقف راهبردی روسیه در عرضه گاز و چشم‌انداز کمبود احتمالی عرضه که سطوح بالایی از نوسانات بازار و قیمت‌های فوق‌العاده بالا را به همراه دارد، روبرو شده است. فشارها بر عرضه گاز همچنین منجر به کمبود انرژی در چندین بخش از کشورهای در حال توسعه که متکی به گاز وارداتی هستند، به ویژه پاکستان و بنگلادش شده است. در همین حال، بازارهای بزرگ رشد گاز مانند هند و چین واردات LNG خود را در سال ۲۰۲۲ به شدت کاهش داده‌اند.

در APS، اتحادیه اروپا انرژی پاک را دوبرابر می‌کند و سالانه ۶۵ میلیارد دلار هزینه می‌کند تا تقاضای گاز طبیعی را تا سال ۲۰۳۰ تا ۶۰ درصد کاهش دهد. این سرمایه‌گذاری‌ها در طول زمان با هزینه‌های بسیار کمتر واردات گاز جبران می‌شود. در سناریوی سیاست‌های بیان‌شده (STEPS)، تقاضای گاز طبیعی با نرخ متوسط ۰.۴ درصد در سال بین سال‌های ۲۰۲۱ و ۲۰۳۰ افزایش می‌یابد، که بسیار کمتر از میانگین نرخ رشد ۲.۲ درصدی بین سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۲۱ است. تقاضا در سال ۲۰۳۰ به ۴۴۰۰ میلیارد مترمکعب می‌رسد و تا سال ۲۰۵۰ در همین سطح باقی می‌ماند. محرک‌های مختلفی منجر به تجدیدنظر نزولی در STEPS امسال در مقایسه با چشم‌انداز جهانی انرژی در سال ۲۰۲۱ شده است. فشار عرضه جهانی منجر به ثبت قیمت‌های بالای گاز در چندین بازار گاز در سراسر جهان شده است و انتظار نمی‌رود که تعادل تا اواسط دهه، زمانی که صادرات بزرگ LNG جدید آغاز شود، کاهش یابد. این امر چشم‌انداز رشد تقاضا را در چندین بازار نوظهور گاز در آسیا کاهش داده و تلاش‌های اروپا برای کاهش تقاضای گاز را تسریع می‌کند. افزایش سریع‌تری در استقرار انرژی‌های تجدیدپذیر، جذب بیشتر گزینه‌های انعطاف‌پذیری دیگر در بخش برق، و تسریع در بهره‌وری وجود دارد که به‌ویژه با تصویب قانون کاهش تورم در ایالات متحده افزایش یافته است. همراه با تعدیل نزولی برای رشد تولید ناخالص داخلی، تقاضای جهانی گاز تا سال ۲۰۵۰ ۷۵۰ میلیارد متر مکعب کمتر از سطح پیش‌بینی‌شده در سال ۲۰۲۱ است.

وضعیت تولید و تقاضای جهانی گاز براسا سناریو، میلیارد متر مکعب

			STEPS		APS		NZE	
	2010	2021	2030	2050	2030	2050	2030	2050
Total gas demand	3 351	4 248	4 456	4 661	4 069	3 568	3 666	2 681
Natural gas demand	3 329	4 213	4 372	4 357	3 874	2 661	3 268	1 159
Power	1 345	1 633	1 590	1 469	1 422	880	1 177	119
Industry	701	882	1 003	1 116	891	644	802	213
Buildings	757	886	890	852	737	372	486	-
Transport	108	147	159	172	126	58	99	12
Low-emissions H ₂ production inputs	-	1	10	32	41	266	145	566
Other	417	664	720	717	658	441	559	248
Natural gas abated with CCUS	2	12	24	74	103	420	223	738
Losses from low-emissions H ₂ production	-	-	3	10	13	82	45	175
Natural gas production	3 274	4 149	4 372	4 355	3 878	2 660	3 264	1 178
Conventional gas	2 768	2 964	2 962	3 025	2 731	2 016	2 292	827
Unconventional gas	506	1 185	1 410	1 329	1 147	644	972	351
Natural gas trade	641	878	944	991	833	497	667	224
LNG	275	450	559	649	545	324	443	153
Pipeline	366	428	385	342	288	173	224	71
Low-emissions H ₂ demand	-	1	21	81	100	752	299	1 509
Power	-	-	1	2	14	63	91	200
Industry	-	-	7	20	36	248	84	451
Buildings	-	-	-	3	6	30	10	40
Transport	-	-	2	25	11	158	38	396
Input for H ₂ based fuels	-	-	1	11	19	229	60	395
Other	-	1	10	20	15	24	16	27
Low-emissions H ₂ production	.	1	21	81	100	752	299	1509
Fossil fuel-based (with CCUS)	-	1	8	25	29	192	103	406
Electrolytic	-	-	13	56	70	557	195	1 097
Bioenergy-based	-	-	-	-	1	4	1	7
Biogas demand	22	35	70	244	123	339	199	404
Biogas	21	27	46	102	58	142	59	138
Biomethane	1	8	24	143	65	197	140	267

در سناریوی تعهدات اعلام شده (APS)، تقاضای جهانی گاز طبیعی به زودی به اوج خود می‌رسد و تا سال ۲۰۳۰ تقریباً ۱۰ درصد کمتر از سال ۲۰۲۱ است. افزایش خالص تقاضا در بازارهای نوظهور و اقتصادهای در حال توسعه بین سال‌های ۲۰۲۱ و ۲۰۳۰ بیش از حد جبران شده است. با کاهش در اقتصادهای پیشرفته، که در آن گاز به تدریج با انرژی‌های تجدیدپذیر جایگزین می‌شود و با افزایش بهره‌وری، به ویژه در بخش ساختمان، جبران می‌شود.

شود. اتحادیه اروپا تقاضای گاز طبیعی خود را تا سال ۲۰۳۰ نزدیک به ۴۵ درصد کاهش می‌دهد و کار کاهش وابستگی به واردات روسیه را آسان می‌کند. تا سال ۲۰۵۰، تقاضای جهانی گاز طبیعی ۴۰ درصد کمتر از سطح سال ۲۰۲۱ است. گازهای کم انتشار - هیدروژن، بیوگازها و متان مصنوعی - تا سال ۲۰۵۰ به بیش از ۱۰۰۰ میلیارد متر مکعب می‌رسد که تقریباً یک سوم کل تقاضای سوخت گازی را تشکیل می‌دهد. در سناریوی انتشار صفر خالص تا سال ۲۰۵۰، تقاضای گاز طبیعی در سال ۲۰۳۰ بیش از ۹۰۰ میلیارد متر مکعب کمتر از سال ۲۰۲۱ است که حدود ۲۰ درصد کاهش یافته است. تا سال ۲۰۵۰، گاز طبیعی کمتر از ۱۵ درصد از کل تقاضا برای سوخت‌های گازی را برآورده می‌کند. گازهای کم انتشار بیش از ۷۰ درصد از کل تقاضای سوخت گازی و گاز طبیعی مورد استفاده برای مقاصد غیر احتراق یا مجهز به جذب، استفاده و ذخیره کربن (CCUS) را تشکیل می‌دهند. حدود ۵۰۰ میلیارد متر مکعب گاز طبیعی با CCUS برای تولید هیدروژن کم انتشار در سال ۲۰۵۰ استفاده می‌شود که حدود ۲۵ درصد از کل نیاز هیدروژن را تامین می‌کند. تجارت بین منطقه‌ای گاز طبیعی در STEPS بین سال‌های ۲۰۲۱ تا ۲۰۳۰ به میزان ۶۵ میلیارد متر مکعب افزایش می‌یابد، نرخ رشدی که یک پنجم سطوح پنج سال گذشته است. به طور متوسط سالانه ۲۰ میلیارد متر مکعب از ظرفیت جدید صادرات LNG بین سال‌های ۲۰۲۲ و ۲۰۲۴ مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد که بسیار کمتر از نرخ تاریخی حدود ۳۵ میلیارد متر مکعب در سال است. واردات LNG به اتحادیه اروپا تا سال ۲۰۲۵ دو برابر شده و به بیش از ۱۵۰ میلیارد متر مکعب می‌رسد که به جبران کاهش بیش از ۱۰۰ میلیارد مترمکعبی خط لوله روسیه به اتحادیه اروپا کمک می‌کند. ال‌ان‌جی بین سال‌های ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۰ ۹۰ میلیارد مترمکعب افزایش می‌یابد، حتی اگر کل تقاضای جهانی گاز در مدت مشابه اندکی کاهش یابد. در APS، تجارت جهانی گاز در اواسط دهه ۲۰۲۰ به اوج خود می‌رسد و در سال ۲۰۵۰ به ۴۷۰ میلیارد مترمکعب کاهش می‌یابد، یعنی نیمی از سطح سال ۲۰۲۱. در سناریوی NZE، تجارت جهانی گاز خیلی زودتر به اوج می‌رسد و در سال ۲۰۵۰ به کمتر از ۳۰۰ میلیارد متر مکعب می‌رسد.

تقاضای منطقه ای گاز بر اساس سناریو (معادل میلیارد متر مکعب)

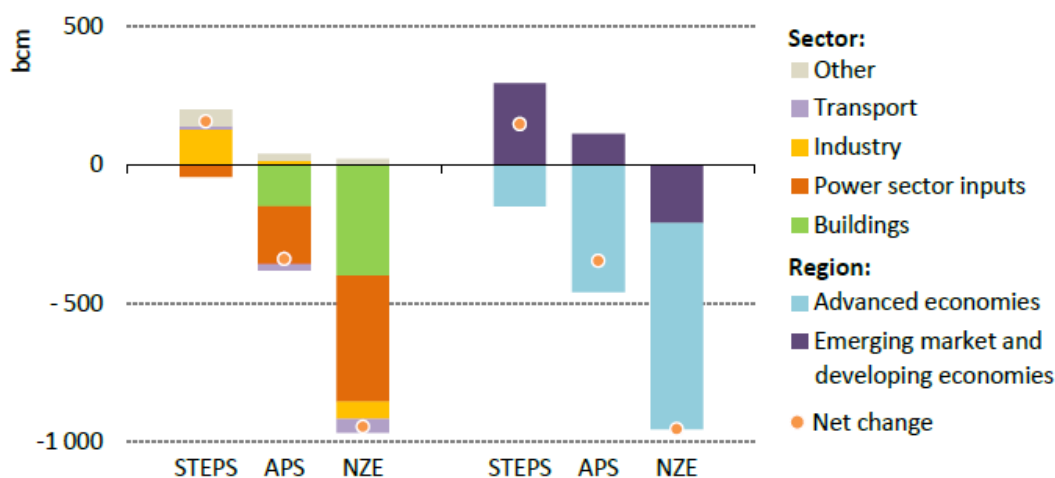
	2010	2021	STEPS		APS	
			2030	2050	2030	2050
North America	835	1 106	1 118	820	933	396
United States	678	871	864	575	716	252
Central and South America	147	161	159	179	141	96
Brazil	29	42	34	37	28	17
Europe	698	625	511	395	394	122
European Union	446	421	340	235	242	45
Africa	105	172	215	292	189	193
North Africa	85	132	155	182	137	120
Middle East	391	567	689	833	638	582
Eurasia	578	662	626	635	587	532
Russia	472	543	498	470	470	424
Asia Pacific	576	920	1 043	1 173	983	731
China	110	368	443	442	406	238
India	64	66	115	170	110	102
Japan	95	103	64	43	57	17
Southeast Asia	150	162	203	272	194	177
International bunkers	0	0	11	30	8	8
World natural gas	3 329	4 213	4 372	4 357	3 874	2 661
World low-emissions gases	22	36	91	326	223	1 091
World total gases	3 351	4 248	4 456	4 661	4 069	3 568

روند تقاضا تا سال ۲۰۳۰

بخش صنعت باعث رشد کل تقاضای گاز طبیعی در مراحل STEPS می شود و ۹۰ درصد از رشد کلی بین سال های ۲۰۲۱ تا ۲۰۳۰ را به خود اختصاص می دهد. با این حال، بسیاری از بخش های صنعتی به تغییرات قیمت گاز حساس هستند و قیمت های تعادلی بالاتر گاز باعث کاهش نزدیک به ۳۰ درصدی می شود. تقاضای گاز طبیعی در صنعت بین سال های ۲۰۲۱ تا ۲۰۳۰ در APS ۲ درصد و در سناریو NZE ۷ درصد کاهش می یابد. حدود ۳۵ میلیارد مترمکعب از سوئیچینگ زغال سنگ به گاز، تقاضای صنعت در APS را افزایش می دهد، به

دلیل قیمت‌های بالاتر کربن و فشار سیاست برای تغییر فن‌آوری‌های کم‌آلاینده. بخش ساختمان در تمامی سناریوها شاهد کاهش تقاضا برای گاز طبیعی در اقتصادهای پیشرفته است. در STEPS، شتاب سریع در بهبود بهره‌وری و پذیرش گسترده پمپ‌های حرارتی، تقاضای گاز طبیعی را در اقتصادهای پیشرفته بین سال‌های ۲۰۲۱ تا ۲۰۳۰ به میزان ۶۵ میلیارد متر مکعب کاهش می‌دهد. در APS، نرخ کاهش سه برابر می‌شود و مصرف گاز در ساختمان‌ها کاهش می‌یابد. ۱۷۰ میلیارد مترمکعب بین سال‌های ۲۰۲۱ و ۲۰۳۰، یا ۳۰ درصد تقاضا در سال ۲۰۲۱. اما این کاهش‌ها تا حدی با افزایش در بازارهای نوظهور و اقتصادهای در حال توسعه جبران می‌شود. در سطح جهانی، استفاده از گاز طبیعی در بخش ساختمان در مراحل STEPS تا سال ۲۰۳۰ ثابت می‌ماند، در APS تا ۱۷ درصد کاهش می‌یابد و در سناریوی NZE ۴۵ درصد کاهش می‌یابد. بخش برق شاهد کاهش اندکی تقاضای گاز طبیعی حدود ۳ درصد در مراحل بین سال‌های ۲۰۲۱ و ۲۰۳۰ است. در اقتصادهای پیشرفته، مصرف گاز در بخش برق بیش از ۱۰۰ میلیارد متر مکعب کاهش می‌یابد، در حالی که در بازارهای نوظهور و اقتصادهای در حال توسعه حدود ۶۵ میلیارد متر مکعب افزایش می‌یابد. در APS، رشد سریع‌تر انرژی‌های تجدیدپذیر به این معنی است که نیروگاه‌های گاز طبیعی بیشتری به تامین‌کنندگان انعطاف‌پذیر تولید برق منتقل می‌شوند، به این معنی که گاز کمتری در بخش برق مصرف می‌شود، حتی اگر ظرفیت اضافی برای اهداف انعطاف‌پذیری اضافه شود. تغییر زغال سنگ به گاز محدود است زیرا تقاضا به طور مستقیم به انرژی‌های تجدیدپذیر یا سایر گزینه‌های کم انتشار تغییر می‌کند. این اثر در سناریوی NZE آشکارتر است، جایی که تقاضای گاز بخش برق تا سال ۲۰۳۰ به میزان ۴۵۰ میلیارد مترمکعب یا ۲۵ درصد از سطوح سال ۲۰۲۱ کاهش می‌یابد.

تغییر در تقاضای گاز طبیعی بر اساس بخش، منطقه و سناریو، ۲۰۲۱-۲۰۳۰



بخش حمل و نقل در حال حاضر ۳.۵ درصد از تقاضای جهانی گاز طبیعی را تشکیل می‌دهد که حدود نیمی از آن، ۷۰ میلیارد متر مکعب، برای وسایل نقلیه جاده‌ای است. بازارهای ناپایدار گاز طبیعی، شتاب سیاست پشت استفاده از آن به عنوان سوخت در حمل و نقل جاده‌ای را کاهش داده است. با این وجود، چندین کشور در حال بررسی استفاده از بیومتان به عنوان سوخت حمل و نقل هستند. استفاده از گاز طبیعی در حمل و نقل قرار است تا سال ۲۰۳۰ در STEPS به میزان ۱۲ میلیارد متر مکعب افزایش یابد که عمدتاً به دلیل افزایش تقاضا در کشتیرانی است. خاورمیانه به دلیل رشد سرانه مصرف گاز طبیعی بین سال‌های ۲۰۲۱ تا ۲۰۳۰ در STEPS، حدود ۱۳۰ متر مکعب سرانه، که ناشی از رشد استفاده از گاز در نیروگاه‌ها، صنعت و تاسیسات نمک‌زدایی است، متمایز است. این کاهش تقریباً معادل در مصرف سرانه گاز در اروپا را جبران می‌کند که ناشی از کاهش تقریباً ۲۰ درصدی مصرف گاز در ساختمان‌ها و کاهش ۳۰ درصدی در بخش برق است. تقاضا در خاورمیانه در APS نسبتاً انعطاف پذیر است و بین سال‌های ۲۰۲۱ تا ۲۰۳۰ ۷۰ میلیارد متر مکعب در مقایسه با ۱۲۰ میلیارد متر مکعب در STEPS افزایش یافته است.

در ایالات متحده - بزرگترین مصرف کننده گاز طبیعی جهان - رشد متوسطی در تقاضای گاز طبیعی تا اواسط دهه ۲۰۲۰ وجود دارد و پس از آن تقاضا شروع به کاهش می‌کند. قانون کاهش تورم باعث افزایش استقرار انرژی‌های تجدیدپذیر، بهبود اقدامات بهره‌وری انرژی و کاهش هزینه پمپ‌های حرارتی می‌شود و تقاضای گاز طبیعی در بخش برق و ساختمان را حدود ۴۵ میلیارد مترمکعب کاهش می‌دهد. استفاده از گاز طبیعی در صنعت و سایر بخش‌ها در مدت مشابه افزایش می‌یابد و تقاضای کلی را تقریباً در همان سطح در سال ۲۰۳۰ باقی می‌گذارد. در APS، کل تقاضای گاز طبیعی با نرخ حدود ۲ درصد در سال بین سال‌های ۲۰۲۱ تا ۲۰۳۰ کاهش می‌یابد و مصرف گاز در انرژی نزدیک به ۹۰ میلیارد مترمکعب کاهش می‌یابد.

در چین، تقاضای گاز طبیعی در STEPS بین سال‌های ۲۰۲۱ تا ۲۰۳۰ به میزان ۲ درصد در سال افزایش می‌یابد، که بسیار کمتر از میانگین نرخ رشد سالانه ۱۲ درصدی بین سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۱ است. تغییر زغال‌سنگ به گاز که در دهه ۲۰۱۰ آغاز شد، ادامه دارد. در سال ۲۰۲۰، اما با سرعت متوسط تر. سهم گاز در بخش مسکونی از ۱۲ درصد در سال ۲۰۲۱ به ۱۶ درصد تا سال ۲۰۳۰ افزایش می‌یابد که به کاهش مصرف زغال سنگ کمک می‌کند. اکثر رشد تقاضای صنعتی از طریق برق تامین می‌شود، اما استفاده از گاز طبیعی در صنعت هنوز حدود ۳۵ میلیارد متر مکعب افزایش می‌یابد (در مقایسه با ۷۵ میلیارد متر مکعب از سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۰). در APS، تقاضای گاز طبیعی در چین بین سال‌های ۲۰۲۱ تا ۲۰۳۰ کمتر از ۱ درصد در سال افزایش می‌یابد. در هند، تقاضای گاز طبیعی در STEPS تا سال ۲۰۳۰ به ۱۱۵ میلیارد مترمکعب می‌رسد. گاز کمتر از ۵ درصد از افزایش

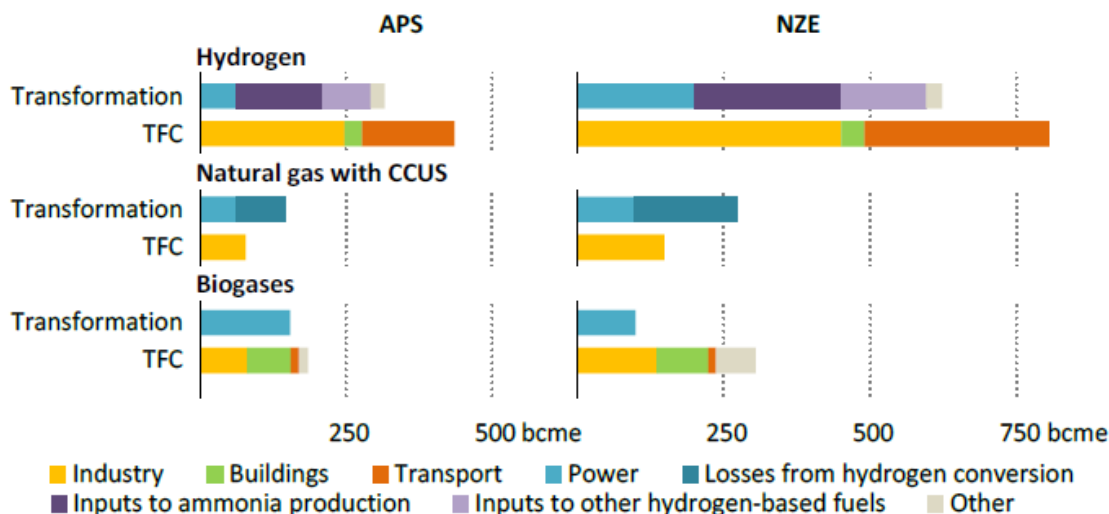
تولید برق را تامین می کند، اما این برای افزایش تقاضا تا ۱۰ میلیارد متر مکعب کافی است. استفاده از گاز در حمل و نقل، از جمله گاز طبیعی و بیومتان، بیش از دو برابر افزایش یافته و تا سال ۲۰۳۰ به بیش از ۱۰ میلیارد متر مکعب می رسد. در آسیای جنوب شرقی، تقاضای گاز طبیعی در STEPS و APS با نرخ در حدود ۲ درصد در سال افزایش می یابد و تا سال ۲۰۳۰ به حدود ۲۰۰ میلیارد مترمکعب می رسد. تولید برق بیش از نیمی از افزایش تقاضا را تشکیل می دهد در حالی که صنعت بیشتر مابقی را تشکیل می دهد.

روند تقاضا پس از ۲۰۳۰

در مراحل STEPS، تقاضای گاز طبیعی به آرامی از حدود ۲۲ درصد تقاضای جهانی انرژی در سال ۲۰۳۰ به ۲۰ درصد در سال ۲۰۵۰ کاهش می یابد. رشد گاز طبیعی در صنعت، حدود ۱۲۰ میلیارد متر مکعب، بیش از ۹۰ درصد کاهش تقاضای ناشی از رشد را جبران می کند. انرژی های تجدید پذیر و کاهش سوئیچینگ زغال سنگ به گاز. گاز طبیعی همچنین پس از سال ۲۰۳۰ سهم بازار را در گرمایش فضاها و مسکونی از دست می دهد. گرمایش حرارتی خورشیدی نیز در دهه ۲۰۳۰ جایگاه خود را به دست می آورد و استفاده از گاز برای تامین آب گرم را جایگزین می کند. تا سال ۲۰۵۰، تقاضای جهانی گاز طبیعی حدود ۴۴۰۰ میلیارد متر مکعب یا تقریباً همان میزان تقاضا در سال ۲۰۳۰ است. در APS، سهم گاز طبیعی در ترکیب انرژی جهانی از ۲۳ درصد در سال ۲۰۲۱ به ۱۵ درصد تا سال ۲۰۵۰ کاهش می یابد. بیشتر این کاهش پس از سال ۲۰۳۰ رخ می دهد و کاهش ۲ درصدی تقاضای گاز طبیعی در سال بین سال های ۲۰۳۰ و ۲۰۴۰ است. قابل مقایسه با زغال سنگ بین سال های ۲۰۲۱ و ۲۰۳۰. گازهای کم انتشار در APS حدود ۳۵ درصد از کل تقاضای سوخت گازی در صنعت تا سال ۲۰۵۰ و همچنین حدود ۲۰ درصد از کل تقاضای سوخت گازی در بخش های نیرو و ساختمان را برآورده می کنند. حدود ۸۰ میلیارد مترمکعب از گاز طبیعی که در کارخانه های صنعتی مصرف می شود، مجهز به CCUS است که عمدتاً در تولید مواد پتروشیمی و کانی های غیرفلزی است. حدود ۲۵۰ میلیارد مترمکعب هیدروژن در صنعت مصرف می شود. حدود ۳۴۰ میلیارد مترمکعب بیوگاز در سال ۲۰۵۰ در تمام بخش ها استفاده می شود.

جریان گاز برای پاسخگویی به تقاضای سوخت‌های کم‌آلاینده بر اساس بخش در سناریوی APS و NZE،

۲۰۵۰



در سناریوی NZE، تقاضای گاز طبیعی در سال ۲۰۵۰ ۷۰ درصد کمتر از سال ۲۰۲۱ است. تقاضا با نرخ محدود ۵ درصد در سال پس از سال ۲۰۳۰ کاهش می‌یابد (زغال سنگ در مدت مشابه ۸ درصد در سال کاهش می‌یابد). در سال ۲۰۵۰، ۱۹۰ میلیارد مترمکعب گاز طبیعی در بخش‌های غیر احتراقی مانند مواد شیمیایی، ۱۰۰ میلیارد مترمکعب در نیروگاه‌های مجهز به جذب و ذخیره‌سازی کربن، بیش از ۵۶۰ میلیارد مترمکعب با CCUS برای تولید هیدروژن و ۱۵۰ میلیارد مترمکعب دیگر استفاده می‌شود. با CCUS در صنعت کل تولید هیدروژن تا سال ۲۰۵۰ به بیش از ۱۵۰۰ میلیارد مترمکعب می‌رسد. بیش از ۲۵ درصد از هیدروژن تولید شده در سال ۲۰۵۰ به سوخت‌های مبتنی بر هیدروژن مانند آمونیاک، متانول و هیدروکربن‌های مصنوعی تبدیل می‌شود. بقیه به طور مستقیم در صنعت، حمل و نقل و ساختمان استفاده می‌شود. بیوگاز تا سال ۲۰۵۰ به بیش از ۴۰۰ میلیارد مترمکعب می‌رسد. حدود ۶۵٪ بیومتان است که عمدتاً به شبکه‌های گاز یا در ظروف به عنوان bio-CNG عمدتاً برای استفاده در بخش حمل و نقل تزریق می‌شود. سهم کلی گازهای کم انتشار در کل سوخت‌های گازی از کمتر از ۱ درصد امروزی به بیش از ۷۰ درصد می‌رسد.



خاک گاز ایران

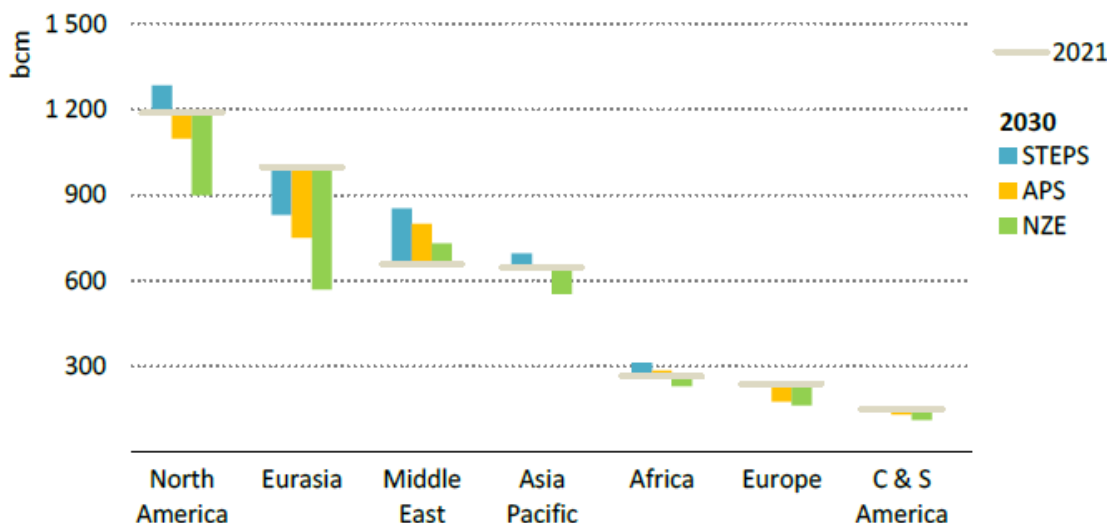


موسسه مطالعات بین‌المللی انرژی
(وابسته به وزارت نفت)

تولید گاز طبیعی براساس سناریو (میلیارد متر مکعب)

	2010	2021	STEPS		APS	
			2030	2050	2030	2050
North America	811	1 189	1 283	1 017	1 098	485
Canada	156	189	189	200	154	87
Mexico	51	31	31	34	31	34
United States	604	969	1 063	784	913	364
Central and South America	160	151	149	195	133	95
Argentina	41	41	53	107	51	60
Brazil	16	25	25	38	19	11
Europe	341	239	247	208	177	65
European Union	148	51	39	34	17	2
Norway	110	119	126	78	80	20
Africa	203	265	313	369	285	239
Algeria	85	103	103	65	97	39
Egypt	57	72	74	58	74	50
Mozambique	3	4	23	83	14	43
Nigeria	33	44	51	57	48	41
Middle East	463	660	853	1 030	798	690
Iran	144	236	248	319	245	154
Iraq	5	12	32	44	29	28
Qatar	121	169	247	326	236	225
Saudi Arabia	73	100	150	191	148	189
Eurasia	807	998	831	857	751	654
Azerbaijan	17	33	35	24	35	29
Russia	657	793	633	612	584	483
Turkmenistan	45	90	91	155	73	100
Asia Pacific	488	648	694	678	636	432
Australia	53	151	165	150	154	121
China	96	200	250	285	228	120
India	51	32	48	78	47	53
Indonesia	86	58	57	38	50	33
Rest of Asia Pacific	203	206	174	126	156	106
World	3 274	4 149	4 372	4 355	3 878	2 660

تغییر در تولید گاز طبیعی بر اساس سناریو، ۲۰۲۱-۲۰۳۰



کاهش شدید تولید گاز روسیه در همه سناریوها وجود دارد، در حالی که خاورمیانه پویاترین رشد عرضه است. آمریکای شمالی بیشترین تنوع را بین سناریوها مشاهده می‌کند.

در STEPS، خاورمیانه بزرگترین منبع رشد عرضه در کوتاه مدت است. منابع جدید زیربنای توسعه میدان پارس شمالی در قطر است، جایی که عمدتاً برای صادرات در نظر گرفته شده است، و همچنین افزایش ۶۰ میلیارد مترمکعبی تولید گاز غیرهمراه که رشد تقاضای داخلی در ایران، عربستان سعودی و امارات متحده عربی را برآورده می‌کند. در APS، تولید گاز طبیعی با رشد انعطاف‌پذیر تقاضای داخلی و افزایش تجارت LNG پشتیبانی می‌شود.

در ایالات متحده، کل تولید گاز در مراحل STEPS از ۹۷۰ میلیارد متر مکعب در سال ۲۰۲۱ به کمی بیش از ۱۰۵۰ میلیارد متر مکعب در سال ۲۰۳۰ افزایش می‌یابد. این نرخ رشد ۱٪ در سال بسیار کمتر از ۵٪ مشاهده شده در دهه قبل است. این منابع اضافی بیش از جبران کاهش تولید گاز مرسوم است. حدود ۵۵ میلیارد مترمکعب یا بیش از نیمی از رشد خالص تولید، به شکل LNG صادر می‌شود. در APS، حتی با کاهش ۷ درصدی تولید گاز به زیر سطح سال ۲۰۲۱ به دلیل کاهش تقاضای داخلی، صادرات LNG از امروز تا ۴۵ میلیارد متر مکعب افزایش می‌یابد، تقریباً به اندازه STEPS. در کانادا، تولید گاز غیر متعارف بین سال‌های ۲۰۲۱ تا ۲۰۳۰ بیش از ۵۰ میلیارد متر مکعب افزایش می‌یابد که بیش از ۴۰ درصد آن به صورت LNG صادر می‌شود. به طور کلی، تولید گاز آمریکای شمالی بیشترین تفاوت را بین سناریوها مشاهده می‌کند. عرضه در STEPS تا سال ۲۰۳۰ بیش از ۹۰ میلیارد متر مکعب افزایش می‌یابد، اما در سناریوی NZE ۳۴۰ میلیارد متر مکعب کاهش می‌یابد.

در روسیه، تولید گاز در تمام سناریوها کاهش می‌یابد. در STEPS، ۱۵۵ میلیارد متر مکعب در سال در سال ۲۰۳۰ نسبت به سال ۲۰۲۱ کمتر است. در APS، ۲۱۰ میلیارد متر مکعب کمتر است، که تولید را به ۵۹۰ میلیارد متر مکعب در سال می‌رساند، سطحی که آخرین بار در سال ۲۰۰۲ مشاهده شد. تلاش‌های روسیه برای تنوع بخشیدن به بازارهای صادراتی خود با موفقیت متفاوتی همراه بوده است. تحویل به چین در مراحل STEPS از ۱۰ میلیارد مترمکعب در سال ۲۰۲۱ به ۵۰ میلیارد مترمکعب در سال ۲۰۳۰ افزایش می‌یابد. این امر عمدتاً از طریق افزایش خط لوله برق سیبری که حدود ۳۸ میلیارد مترمکعب در سال تحویل می‌دهد و توسط میادین چایاندینسکویه و کوویکتینسکویه تامین می‌شود به دست می‌آید. سیبری شرقی روسیه و چین در اوایل سال ۲۰۲۲ بر سر خط لوله جدیدی به توافق رسیدند که تا ۱۰ میلیارد متر مکعب تولید از ساخالین به شمال شرق چین را هدایت کند. با این حال، به طور کلی، افزایش ارسال گاز طبیعی روسیه به چین با خط لوله کمتر از نیمی از کاهش صادرات به اروپا تا سال ۲۰۳۰ را پوشش می‌دهد. در برخی از میادین بالغ در سیبری غربی که در حال حاضر به اروپا خدمات می‌دهند، مانند اورنگوی و یامبورگ، تولید به تدریج کاهش می‌یابد. کاهش استخراج گاز، بهره‌وری میدان و فشار خط لوله مورد نیاز برای پشتیبانی از جریان گاز طبیعی در فواصل طولانی را کاهش می‌دهد. در سناریوی APS و NZE، سطوح پایین‌تر تقاضا برای گاز طبیعی این مشکلات را تشدید می‌کند.

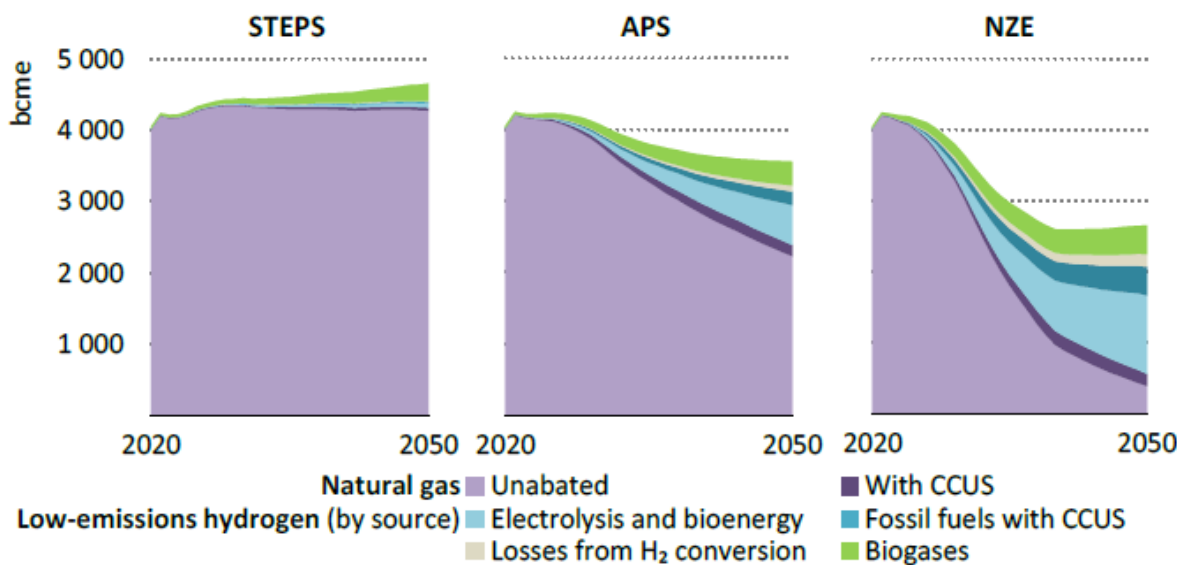
تلاش‌های اروپا برای تضمین عرضه برای جابجایی گاز روسیه باعث رشد کوتاه‌مدت در مصر و بخش‌هایی از جنوب صحرای آفریقا، به‌ویژه در جمهوری کنگو می‌شود، جایی که انتظار می‌رود پروژه LNG با ظرفیت ۴.۵ میلیارد متر مکعب در سال در سال ۲۰۲۳ آغاز شود. اواسط دهه ۲۰۲۰، نروژ دومین میدان گازی بزرگ خود، فاز ۳ اورمن لانگ را که تا ۴۰ میلیارد متر مکعب گاز قابل بازیافت دارد، به همراه میادین جدید کوچکتر از جمله Tommeliten A گسترش می‌دهد. با این حال، کاهش تولید از حوضه‌های بالغ به این معنی است که تولید گاز نروژ قبل از ۲۰۳۰ در هر سناریو به اوج خود می‌رسد.

جدیدترین برنامه پنج ساله چین (۲۰۲۱-۲۰۲۵) بر تقویت تولید داخلی گاز طبیعی از جمله گاز شیل، متان در بستر زغال سنگ، گاز تایت و سایر منابع غیرمتمعارف متمرکز است. تا سال ۲۰۳۰، چین در هر سناریو در کنار ایالات متحده، روسیه، ایران و قطر در پنج تولیدکننده بزرگ گاز طبیعی ظاهر می‌شود.

در هند، دولت اخیراً دو برابر شدن مساحت مجوز خود برای اکتشاف نفت و گاز را اعلام کرد. با این حال، بعید است که این امر در این دهه به حجم قابل توجهی کمک کند. در مرحله STEPS، تولید گاز بیش از ۱۵ میلیارد مترمکعب افزایش می‌یابد که حجم افزایشی آن عمدتاً از حوضه ساحلی کریشنا-گوداواری است که حدود یک سوم

رشد تقاضای داخلی را پوشش می‌دهد. رشد تولید تا سال ۲۰۳۰ در APS مشابه است. در سایر نقاط آسیا، تولید گاز در اندونزی و مالزی تا سال ۲۰۳۰ در STEPS ثابت باقی می‌ماند و بیش از ۱۰ درصد در APS کاهش می‌یابد، با سرمایه‌گذاری‌های اخیر بالادستی تا حد زیادی با کاهش تولید از میادین در حال بلوغ جبران می‌شود. در استرالیا، تولید گاز تا سال ۲۰۳۰ در ۸ STEPS درصد افزایش می‌یابد و در APS با سهم افزایشی متان و گاز شیل معمولی، ثابت می‌ماند. در آفریقا، تولید در STEPS بین سال‌های ۲۰۲۱ تا ۲۰۳۰ حدود ۲۰ درصد افزایش می‌یابد که بیشتر حجم افزایشی آن از موزامبیک می‌آید. در APS، تولید گاز کمتر از ۱۰ درصد افزایش می‌یابد. رشد بسیار کمی در تجارت خالص و افزایش کمتری در تقاضای داخلی نسبت به STEPS وجود دارد. تولید گاز در آمریکای مرکزی و جنوبی در STEPS تا حد زیادی ثابت باقی می‌ماند، با افزایش عرضه از ترینیداد و توباگو (Matapal و Colibri، حدود ۳ میلیارد متر مکعب) و آرژانتین (Vaca Muerta، ۱۲ میلیارد متر مکعب). این کاهش تا حد زیادی با کاهش در کشورهای دیگر مانند بولیوی، ونزوئلا و پرو جبران می‌شود. در APS، تولید گاز تا سال ۲۰۳۰ ۱۲ درصد کمتر از سطح سال ۲۰۲۱ است.

تامین کل سوخت گازی بر اساس سناریو

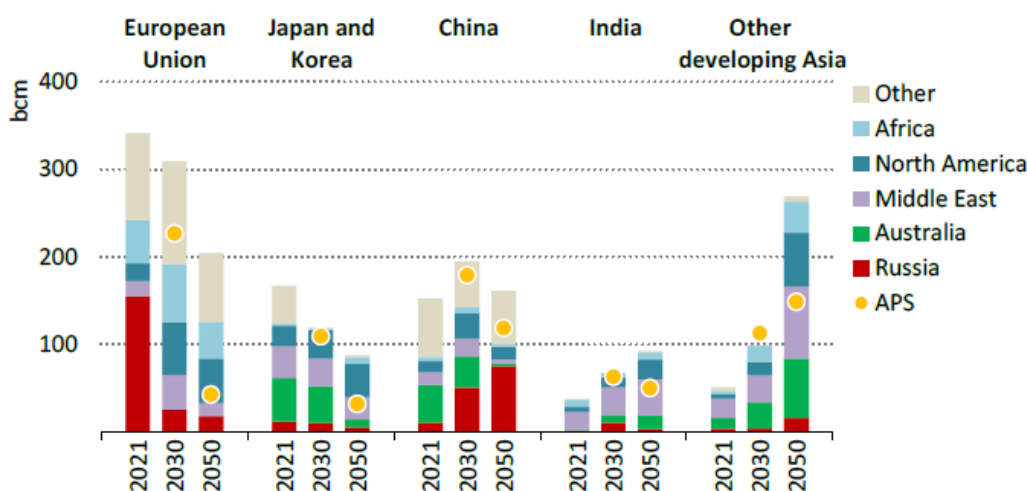


در STEPS، تولید گاز طبیعی بین سال‌های ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۰ ثابت می‌ماند. تولید گاز شیل در آمریکای شمالی تا حد زیادی بدون تغییر باقی می‌ماند و در خاورمیانه و آمریکای مرکزی و جنوبی مقداری رشد وجود دارد.

تولیدکنندگان جدید گاز در آفریقا، مانند موزامبیک، تانزانیا و سنگال، شاهد افزایش دیر هنگام تولید صادراتی هستند که زیربنای رشد ۱۱۰ میلیارد مترمکعبی است. تولید کلی در روسیه بین سال‌های ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۰ به میزان ۲۵ میلیارد مترمکعب کاهش می‌یابد. عرضه جهانی گاز طبیعی در APS بین سال‌های ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۰ بیش از ۱۲۰۰ میلیارد مترمکعب کاهش می‌یابد، به سطوحی که قبل از انقلاب گاز شیل مشاهده می‌شد. در سناریوی NZE، تولید گاز جهانی با نرخ ۵ درصد در سال کاهش می‌یابد و تا سال ۲۰۵۰ به کمتر از ۱۱۰۰ میلیارد مترمکعب می‌رسد.

تولید گازهای کم انتشار در هر دو سناریوی APS و NZE افزایش می‌یابد. در APS، گازهای کم انتشار تا سال ۲۰۵۰ به نزدیک به ۱۱۰۰ میلیارد مترمکعب در مکعب می‌رسد، که معادل بیش از ۲۵ درصد تقاضای جهانی گاز طبیعی در سال ۲۰۲۱ است. بیوگاز از حدود ۳۵ میلیارد مترمکعب امروزی تا سال ۲۰۵۰ به نزدیک به ۳۴۰ میلیارد مترمکعب افزایش می‌یابد. بیش از ۴۰ درصد بیومتان و بیوگاز در منطقه آسیا و اقیانوسیه تولید می‌شود. عرضه هیدروژن کم آلاینده تا سال ۲۰۵۰ به حدود ۷۵۰ میلیارد متر مکعب در APS و بیش از ۱۵۰۰ میلیارد متر مکعب در سناریوی NZE می‌رسد. بیشتر هیدروژن کم انتشار در داخل کشور تولید و استفاده می‌شود، اما تجارت جهانی گازهای مبتنی بر هیدروژن کم انتشار در سناریوی NZE از اواسط دهه ۲۰۲۰ شروع به افزایش می‌کند و تا سال ۲۰۵۰ به حدود ۲۴۰ میلیارد مترمکعب در سال می‌رسد.

تغییر در تجارت خالص گاز طبیعی در مناطق منتخب در APS و STEPS



نیاز کوتاه مدت اروپا به واردات گاز غیرروسی منجر به ایجاد تعادل مجدد در جریان جهانی گاز و افزایش رقابت برای LNG با بازارهای گاز در حال ظهور در آسیا می‌شود.

در STEPS، تجارت جهانی گاز طبیعی با نرخ متوسط سالانه کمتر از ۱٪ در سال از سال ۲۰۲۱ تا ۲۰۳۰ در مقایسه با ۳٪ بین سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۲۱ افزایش می‌یابد. نرخ سریعت‌تر از تجارت کلی، با بیش از ۲٪ در سال. با کاهش نزدیک به ۹۰ درصدی گاز خط لوله روسیه به اتحادیه اروپا، یا ۱۳۰ میلیارد متر مکعب بین سال‌های ۲۰۲۱ تا ۲۰۳۰، رقابت بین اروپا و آسیا برای LNG داغ می‌شود و این فرض مرسوم که اروپا به‌عنوان بازار متعادل کننده عرضه جهانی LNG عمل می‌کند، را زیر سوال می‌برد. حدود ۸۵ درصد از رشد عرضه جهانی LNG تا سال ۲۰۳۰ در STEPS از ایالات متحده و خاورمیانه سرچشمه می‌گیرد. ایالات متحده به زودی از روسیه پیشی می‌گیرد و به بزرگترین صادرکننده گاز طبیعی جهان تبدیل می‌شود. صادرات LNG ایالات متحده نسبت به سال ۲۰۲۱ ۶۰ درصد افزایش یافته و تا سال ۲۰۳۰ به ۱۵۰ میلیارد متر مکعب می‌رسد که حدود ۶۰ میلیارد متر مکعب آن به اتحادیه اروپا منتقل می‌شود. در سال ۲۰۳۰، اتحادیه اروپا ۶۵ میلیارد متر مکعب اضافی LNG در STEPS در مقایسه با سال ۲۰۲۱ وارد می‌کند، در حالی که واردات LNG در کره و ژاپن ۵۰ میلیارد متر مکعب کاهش یافته است. بازارهای نوظهور و اقتصادهای در حال توسعه در آسیا ۸۰ میلیارد متر مکعب LNG اضافی وارد می‌کنند که واردات آن در جاهای دیگر ثابت است.

سهام روسیه از گاز تجارت جهانی از تقریباً یک سوم در سال ۲۰۲۱ به کمتر از ۱۵ درصد در STEPS تا سال ۲۰۳۰ کاهش می‌یابد. افزایش جریان خط لوله روسیه به چین کمتر از یک سوم کاهش تحویل به اتحادیه اروپا را پوشش می‌دهد. از آنجایی که چین دارای حداقل نیازهای واردات اضافی فراتر از آنچه در حال حاضر قرارداد است، روسیه تنها می‌تواند تا سال ۲۰۴۰ حدود ۲۵ میلیارد متر مکعب در سال را از میدین گازی سیبری غربی خود از طریق یک خط لوله اضافی به چین هدایت کند. گسترش ظرفیت LNG در روسیه به دلیل تحریم‌ها محدود شده است. برخی از پروژه‌ها متوقف می‌شوند، در حالی که برخی دیگر شاهد تاخیرهای قابل توجهی در تاریخ راه اندازی هستند. تا سال ۲۰۳۰ حدود ۱۰ میلیارد مترمکعب ظرفیت جدید صادرات LNG در روسیه اضافه می‌شود که مجموع ظرفیت صادرات را به ۴۵ میلیارد متر مکعب در سال می‌رساند، اما این میزان بسیار کمتر از آنچه روسیه تا آن تاریخ برای رسیدن به هدف اعلام شده خود یعنی ۲۰۰ میلیارد متر مکعب ظرفیت در سال تا ۲۰۳۵ نیاز دارد، است.

در چین - در حال حاضر بزرگترین واردکننده گاز طبیعی جهان - واردات ۳۵ درصد رشد تقاضا را بین سال‌های ۲۰۲۱ تا ۲۰۳۰ در مراحل STEPS برآورده می‌کند. سهم گاز خط لوله در کل واردات گاز آن از ۲۵ درصد در سال ۲۰۲۱ به ۴۵ درصد در سال ۲۰۳۰ افزایش می‌یابد، زیرا تحویل از روسیه از طریق خط لوله Power of Siberia و خط لوله برنامه ریزی شده ۱۰ میلیارد مترمکعبی خاور دور افزایش می‌یابد. تا سال ۲۰۵۰، چین تقریباً یک چهارم کل تجارت گاز از راه دور را در اختیار دارد.

حدود ۶۵ میلیارد متر مکعب در سال ظرفیت گازی LNG در چین در دست ساخت است که به ظرفیت موجود ۱۰۰ میلیارد متر مکعب در سال اضافه می‌کند. از آغاز سال ۲۰۲۱، چین همچنین حدود ۷۵ میلیارد مترمکعب در سال قرارداد اضافی LNG در دوره تا سال ۲۰۳۰ منعقد کرده است. تمام این انقباضات و توسعه زیرساخت‌ها به انتظارات رشد تقاضای قوی بستگی دارد، در حالی که در STEPS تقاضا به حدود ۲ درصد در سال بین ۲۰۲۱ و ۲۰۳۰ کاهش می‌یابد. با ادامه رشد تولید داخلی، تقاضای LNG کندتر از عرضه قراردادی رشد می‌کند و بنابراین برخی از قراردادهای انعطاف‌پذیر واردات LNG چین (حدود ۴۵ میلیارد متر مکعب در سال) به بازارهای دیگر منحرف می‌شود و برخی از محدودیت‌های عرضه LNG جهانی در اواسط دهه ۲۰۲۰ را کاهش می‌دهد.

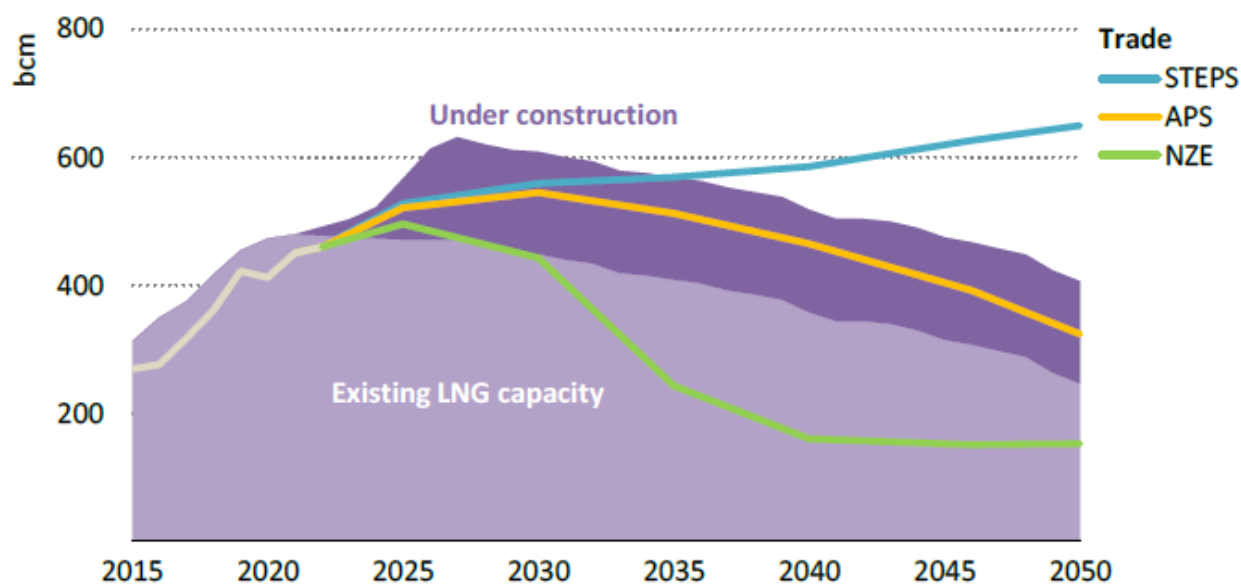
در هند، واردات گاز دو برابر شده و تا سال ۲۰۳۰ به ۷۰ میلیارد مترمکعب می‌رسد. رشد پس از آن تعدیل می‌شود و واردات تا سال ۲۰۵۰ به ۹۰ میلیارد مترمکعب می‌رسد. بازارهای عمده گاز باقیمانده در بازارهای نوظهور و اقتصادهای در حال توسعه در آسیا، عمدتاً در آسیای جنوب شرقی، پاکستان و بنگلادش، بین سال‌های ۲۰۲۱ تا ۲۰۵۰ بیش از ۲۵۰ میلیارد مترمکعب رشد می‌کنند.

در STEPS، ۲۴۰ میلیارد متر مکعب در سال ظرفیت صادرات LNG تا سال ۲۰۵۰ بیش از آنچه در حال حاضر وجود دارد یا در دست ساخت است، مورد نیاز است. تجارت بین منطقه ای LNG در STEPS از سال ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۰ ۱۵ درصد افزایش می‌یابد و تا سال ۲۰۵۰ به ۶۵۰ میلیارد مترمکعب می‌رسد. آفریقای شرقی منبع اصلی رشد عرضه LNG است و صادرات بین سال‌های ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۰ نزدیک به ۸۰ میلیارد متر مکعب افزایش یافته است که بیش از جبران کاهش در سایر بخش‌های آفریقا است.

در APS، تجارت جهانی گاز بین سال‌های ۲۰۲۱ تا ۲۰۳۰ اندکی کاهش می‌یابد که ناشی از کاهش سریع‌تر گاز خط لوله و رشد کندتر تقاضای LNG در بازارهای نوظهور و اقتصادهای در حال توسعه آسیا است. تجارت جهانی LNG در حدود ۵۵۰ میلیارد متر مکعب قبل از سال ۲۰۳۰ به اوج خود می‌رسد و سپس تا سال ۲۰۵۰ به ۳۲۰ میلیارد متر مکعب کاهش می‌یابد که حدود ۳۰ درصد کمتر از سطح سال ۲۰۲۱ است. تجارت خط لوله بین

منطقه ای از حدود ۴۳۰ میلیارد متر مکعب امروز به کمتر از ۲۰۰ میلیارد متر مکعب در سال ۲۰۵۰ کاهش می یابد، به این معنی که تجارت کلی گاز طبیعی ۴۵ درصد کمتر از سال ۲۰۲۱ است. در بازارهای نوظهور گاز طبیعی در آسیا، حجم واردات در APS تا سال ۲۰۵۰ در مقایسه با STEPS حدود ۴۰ درصد کمتر است، زیرا نقش گاز به عنوان سوخت انتقالی تا حد زیادی به این دهه محدود شده است. در سناریوی NZE، تجارت جهانی LNG در اواسط دهه ۲۰۲۰ به اوج خود می رسد و سپس تا سال ۲۰۳۰ به سطح ۲۰۲۱ کاهش می یابد، قبل از اینکه تا سال ۲۰۵۰ به شدت به ۱۵۰ میلیارد متر مکعب کاهش یابد. در این سناریو، دیگر نیازی به ساخت ظرفیت اضافی فراتر از آنچه وجود دارد یا کمتر است وجود ندارد.

ظرفیت موجود و در دست ساخت LNG و کل تجارت بین منطقه ای LNG بر اساس سناریو، ۲۰۱۵-۲۰۵۰



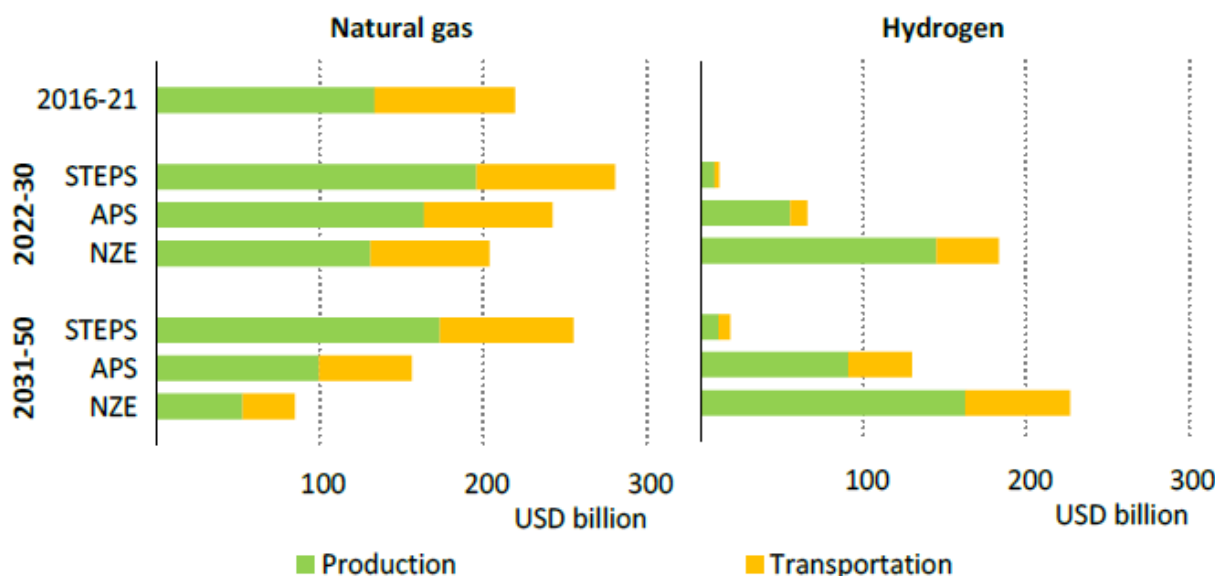
سرمایه گذاری

در STEPS، حدود ۳۰۰ میلیارد دلار سرمایه در سال بین سالهای ۲۰۲۲ تا ۲۰۵۰ برای گاز طبیعی هزینه می شود. حدود ۳۰ میلیارد دلار دیگر نیز برای زیرساخت های LNG، عمدتاً برای ظرفیت جدید مایع سازی، هزینه می شود. در APS، رشد کل هزینه های سرمایه گذاری کندتر است و سرمایه گذاری تا سال ۲۰۵۰ به نصف سطح ۲۰۲۱ کاهش می یابد. در سناریوی NZE، سرمایه گذاری بالادستی در گاز طبیعی به حفظ عرضه در میادین موجود و به حداقل رساندن شدت انتشار تولید محدود می شود. کل هزینه های حمل و نقل گاز طبیعی بین سال های

۲۰۲۲ و ۲۰۳۰ بین سناریوی STEPS و NZE مشابه است و سطح هزینه های حمل و نقل به معنای میانگین کل سرمایه گذاری در گاز طبیعی در سناریوی NZE در سال های ۲۰۲۲ تا ۳۰ است که به طور کلی مشابه سطوح در سال ۲۰۲۱ است.

کاهش شدید سرمایه گذاری گاز طبیعی در سناریوی NZE پس از سال ۲۰۳۰ با افزایش موازی در سرمایه گذاری در هیدروژن کم انتشار همراه است. این رقم در سناریوی NZE تا سال ۲۰۵۰ به بیش از ۲۲۰ میلیارد دلار افزایش می یابد که به طور کلی معادل کاهش سرمایه گذاری در گاز طبیعی در مدت مشابه است. اکثر سرمایه گذاری ها در هیدروژن با انتشار کم از تولید هیدروژن از دستگاه های الکترولیز حمایت می کند (به طور متوسط ۱۵۰ میلیارد دلار بین سال های ۲۰۵۰-۲۰۳۰، که شامل سرمایه گذاری در تامین برق اختصاصی با انتشار کم می شود)، اما همچنین شامل هزینه سوخت های فسیلی مجهز به CCUS می شود. (به طور متوسط ۲۰ میلیارد دلار در سال). سرمایه گذاری باقی مانده در خطوط لوله جدید، کشتیرانی و زیرساخت های بندری است. در سناریوی NZE، حدود ۱۵ درصد هیدروژن تا سال ۲۰۵۰ در شبکه های گاز طبیعی ترکیب می شود و این نیاز به سرمایه گذاری نسبتاً جزئی در زیرساخت گاز طبیعی دارد. تولید هیدروژن در سناریوی NZE در مقایسه با گاز طبیعی نسبتاً سرمایه بر است و به دو برابر سطح سرمایه گذاری در هر واحد انرژی معادل نیاز دارد.

میانگین سرمایه گذاری سالانه گاز طبیعی و هیدروژن بر اساس سناریو



چشم انداز گاز طبیعی در اتحادیه اروپا پس از حمله روسیه به اوکراین

کاهش عرضه پس از تهاجم روسیه به اوکراین، بخش گاز طبیعی در اتحادیه اروپا را دچار آشفتگی کرده است. تحویل از روسیه به اتحادیه اروپا در نیمه اول سال ۲۰۲۲ تقریباً ۴۰ درصد کاهش یافت و روسیه به دلیل امتناع خریدار از پذیرش تغییر یکجانبه در سیستم پرداخت، قراردادهای عرضه را برای چندین کشور اتحادیه اروپا فسخ کرد. صادرات به شرکت های تابعه سابق گازپروم در آلمان متوقف شده است و واردکنندگان بزرگی مانند آلمان و ایتالیا در حال برنامه ریزی برای خروج گاز روسیه در طول دهه ۲۰۲۰ هستند. اتحادیه اروپا با طرح RePowerEU خود، فرآیندی را برای از بین بردن وابستگی ساختاری به واردات انرژی از روسیه که طی چندین دهه ساخته شده است، به راه انداخته است. در طول زمستان پیش رو، میزان عرضه گاز روسیه به اروپا ممکن است به جای سیاست های اروپایی، توسط اهداف سیاسی خود روسیه دیکته شود و خطر کمبود احتمالی عرضه و سهمیه بندی را افزایش دهد. با این حال، در این بخش، فراتر از رویدادهای کوتاه مدت نگاه می‌کنیم تا چالش‌ها و عدم قطعیت‌های بلندمدت اتحادیه اروپا را بررسی کنیم، زیرا این اتحادیه به دنبال کاهش نقش گاز طبیعی در ترکیب انرژی و در عین حال تنوع بخشیدن به منابع خود است.

نقش گاز طبیعی و به ویژه میزان وابستگی به گاز روسیه در سراسر اتحادیه اروپا به طور قابل توجهی متفاوت است. در حال حاضر حدود ۴۰ درصد از کل فضای مسکونی و تقاضای گرمایش آب اتحادیه اروپا و ۳۰ درصد از نیاز سوخت پخت و پز آن توسط گاز طبیعی تامین می‌شود. گاز همچنین ۲۰ درصد از کل تولید برق را تامین می‌کند و ۲۵ درصد از تقاضای انرژی صنعتی آن را تامین می‌کند و نقش بزرگی در بخش هایی مانند مواد شیمیایی، منسوجات و تولید مواد غذایی ایفا می‌کند. گزینه‌های جایگزینی برای گاز طبیعی، عامل تعیین‌کننده‌ای در توانایی کوتاه‌مدت اتحادیه اروپا برای تطبیق با کمبودهای احتمالی عرضه است. استفاده از گاز طبیعی در کالاها و خدمات مشتق از صنایع مختلف تجسم یافته است، به این معنی که اثرات توقف عرضه می‌تواند زنجیره‌های ارزش بخش‌های مختلف صنعتی و خدمات را تحت تأثیر قرار دهد. این امر ارزیابی جایگزینی را به روشی ساده بسیار دشوار می‌کند.

در APS، اهداف اتحادیه اروپا در بسته Fit for ۵۵ به طور کامل برآورده شده و در برخی موارد از آنها فراتر رفته است. تسریع اقدامات کلیدی، مانند استقرار سریع انرژی های تجدیدپذیر در بخش برق و بهره‌وری انرژی، به این معنی است که اهداف کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای (GHG) برآورده شده و واردات گاز طبیعی روسیه از اتحادیه اروپا قبل از سال ۲۰۳۰ به پایان می‌رسد.

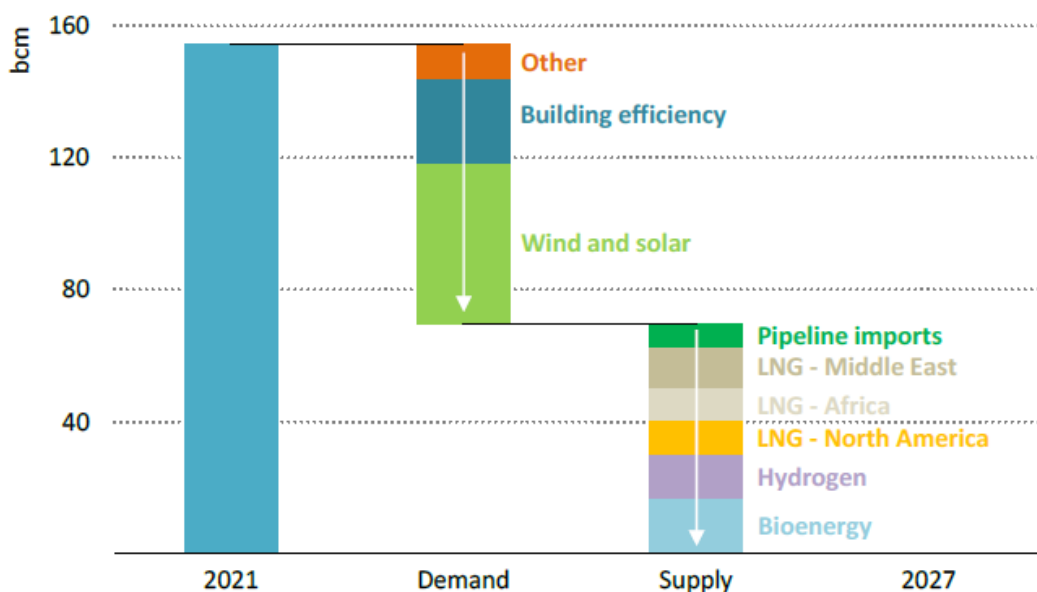


تقاضای گاز طبیعی در اتحادیه اروپا از سال ۲۰۲۱ تا ۲۰۳۰ در APS ۱۸۰ میلیارد متر مکعب کاهش می‌یابد که به طور متوسط ۶ درصد در سال کاهش می‌یابد. استفاده از گاز در بخش برق در این دوره با سرعت بیشتری نسبت به استفاده از زغال سنگ در اتحادیه اروپا از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰ کاهش می‌یابد. انرژی‌های تجدیدپذیر به طور موازی افزایش می‌یابد، به ویژه ظرفیت بادی و خورشیدی که ۶۰۰ گیگاوات (GW) افزایش می‌یابد. تا سال ۲۰۳۰، در حالی که زغال سنگ ۱۰۰ گیگاوات کاهش می‌یابد. مقاوم‌سازی ساختمان‌ها تقریباً سه برابر از نرخ فعلی کمتر از ۱ درصد در سال است و ۴۰ میلیون پمپ حرارتی مستقر شده‌اند (معادل نصب در تقریباً یک سوم ساختمان اتحادیه اروپا). این اقدامات در کنار هم به کاهش ۴۵ درصدی استفاده از گاز در ساختمان‌ها از سال ۲۰۲۱ تا ۲۰۳۰ کمک می‌کند یا تقریباً دو برابر سرعت کاهش مصرف نفت در بخش گرمایش مسکونی اتحادیه اروپا در دهه ۱۹۸۰ است. تقاضای گاز طبیعی در صنعت حدود ۴ میلیارد متر مکعب در سال کاهش می‌یابد که سریعتر از کاهشی است که در سال ۲۰۲۰ بلافاصله پس از شروع همه‌گیری کووید-۱۹ مشاهده شد. بیشتر این در صنایع انرژی بر مانند فولاد و مواد شیمیایی است که با نرخ‌های بالاتر برقی شدن جبران می‌شود.

سهم گاز روسیه در کل تقاضای گاز طبیعی و سهم گاز در تقاضای بخشی توسط کشورهای عضو اتحادیه اروپا و بریتانیا، ۲۰۲۱

Market size	Country	Russian share	Share of gas in sectoral demand		
			Power	Industry	Buildings
>20 bcm	Germany*	46%	20%	31%	38%
	United Kingdom	3%	43%	32%	55%
	Italy*	41%	51%	31%	50%
	France*	20%	9%	31%	29%
	Netherlands**	36%	58%	30%	59%
	Spain	11%	31%	38%	22%
10-20 bcm	Poland**	46%	9%	28%	19%
	Belgium	7%	30%	28%	41%
	Romania	6%	28%	37%	34%
5-10 bcm	Hungary	78%	37%	30%	50%
	Austria*	74%	21%	34%	20%
	Czech Republic*	67%	13%	24%	30%
	Portugal	10%	40%	23%	12%
<5 bcm	Slovak Republic*	76%	20%	28%	40%
	Ireland	0%	52%	42%	22%
	Denmark**	60%	11%	30%	13%
	Greece	39%	29%	23%	9%
	Bulgaria**	100%	15%	34%	5%
	Croatia	0%	32%	51%	22%
	Finland**	68%	8%	6%	1%
	Lithuania**	50%	17%	59%	11%
	Latvia*	100%	48%	11%	13%
	Sweden	14%	1%	5%	1%
	Slovenia	12%	7%	34%	9%
	Luxembourg	25%	27%	44%	36%
	Estonia**	46%	9%	21%	9%

عوامل کاهش عرضه گاز طبیعی از روسیه به اتحادیه اروپا در APS



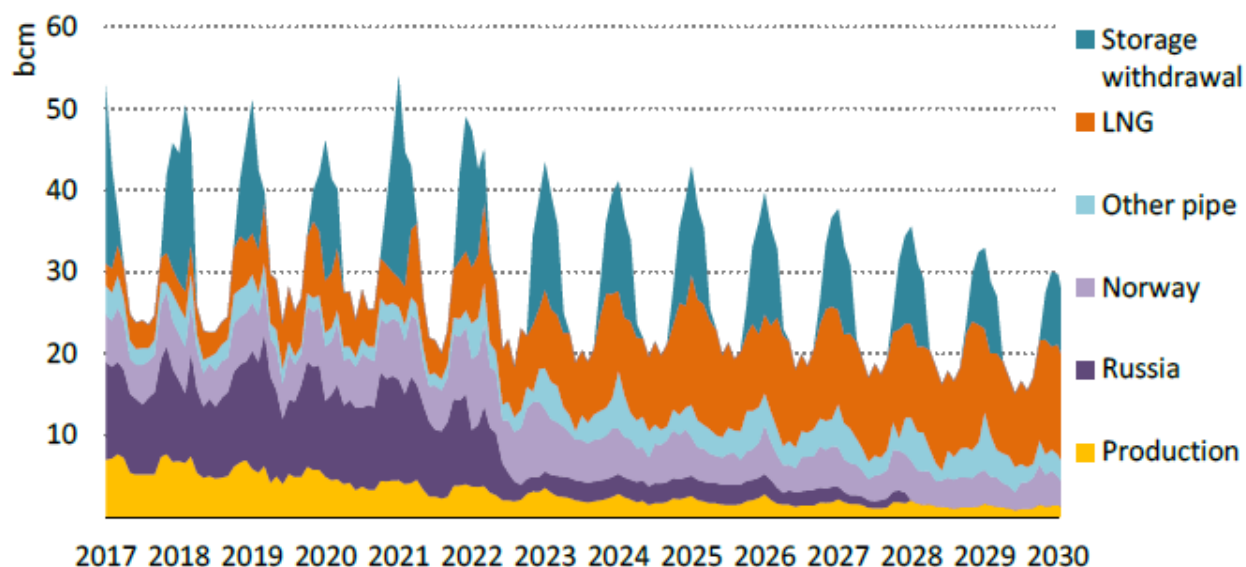
ترکیبی از اقدامات عرضه و تقاضا برای اتحادیه اروپا لازم است تا اتکای خود به گاز روسیه را تا قبل از سال ۲۰۳۰ به صفر برساند.

در سمت عرضه، تحویل از روسیه به تدریج قبل از سال ۲۰۳۰ در APS به صفر می‌رسد. به موازات آن، خریداران گاز اروپایی، محموله‌های LNG را به تاسیسات موجود به حداکثر می‌رسانند و در عین حال تسهیلات جدیدی را برای واردات LNG توسعه می‌دهند (برنامه‌های اعلام‌شده مجموعاً ۱۲۰ میلیارد متر مکعب در سال ظرفیت جدید، که حدود ۴۰ میلیارد متر مکعب در سال مربوط به واحدهای ذخیره‌سازی شناور و گازی‌سازی مجدد است). واردات LNG به طور متوسط ۱۴۰ میلیارد متر مکعب در سال در دوره ۲۰۲۲-۲۷ است که تقریباً ۶۰ درصد از نیازهای واردات غیرروسی اتحادیه اروپا را برآورده می‌کند. به طور متوسط سالانه حدود ۴۰ میلیارد متر مکعب LNG از ایالات متحده وارد می‌شود. واردات گاز از نروژ به حدود ۶۰ میلیارد متر مکعب در سال کاهش می‌یابد. برخی از خطوط لوله اضافی از الجزایر و آذربایجان وجود دارد.

بخشی از منابع اتحادیه اروپا در تابستان برای ایجاد ظرفیت ذخیره‌سازی استفاده می‌شود. در APS، حجم مورد نیاز چرخه تزریق و برداشت ذخیره‌سازی گاز اتحادیه اروپا کاهش می‌یابد، زیرا با تغییرات فصلی تقاضا کاهش

می‌یابد و LNG سهم بیشتری از تقاضا را برآورده می‌کند: خالص ۴۰ میلیارد متر مکعب ذخیره‌سازی در طول زمستان در سال ۲۰۳۰ در APS برداشت می‌شود. در مقایسه با میانگین برداشت خالص ۶۵ میلیارد متر مکعب بین سال‌های ۲۰۱۶ و ۲۰۲۱. با این حال، مقدار گاز ذخیره شده و در نهایت برداشت شده در سال ۲۰۳۰ به عنوان سهمی از تقاضای گاز باقیمانده در سال ۲۰۲۱ مشابه است، به این معنی که ذخیره سازی همچنان نقشی حیاتی در امنیت عرضه ایفا می‌کند. و رویدادهای غیرمنتظره همچنان می‌توانند مشکلاتی را ایجاد کنند. برای مثال، زمستان‌های سردتر از حد انتظار یا عدم ارائه کاهش هدفمند تقاضای گاز طبیعی در ساختمان‌ها، فصلی بودن تقاضا را افزایش می‌دهد: در غیاب ذخیره‌سازی کافی، این امر اتکا به LNG را افزایش می‌دهد که احتمالاً قیمت‌ها را بالا می‌برد.

تراز عرضه ماهانه گاز طبیعی اتحادیه اروپا در APS



گاز روسیه به تدریج به نفع LNG حذف می‌شود. فصلی بودن تقاضای گاز اتحادیه اروپا کاهش می‌یابد، اما ذخیره‌سازی گاز همچنان یک دارایی حیاتی برای امنیت عرضه است.

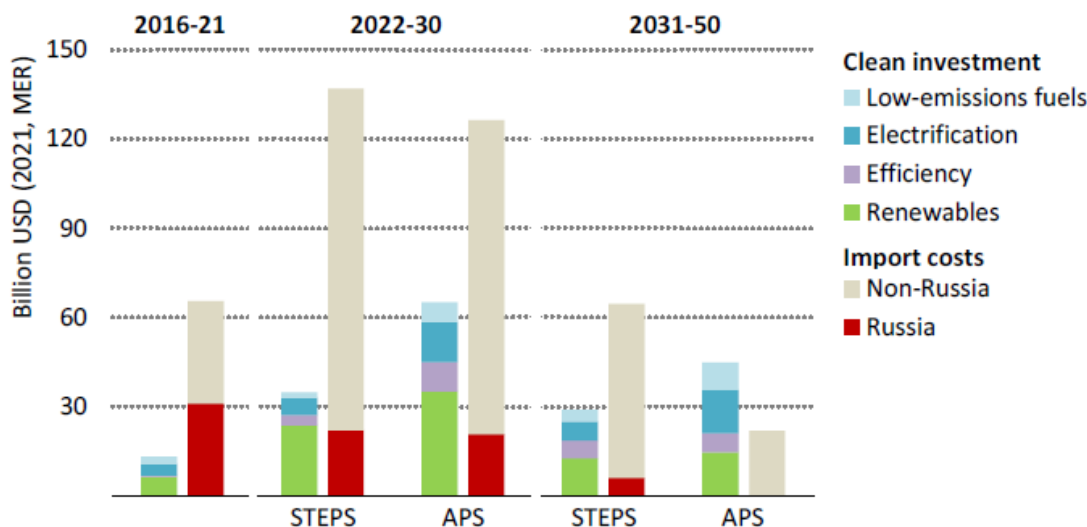
ارزیابی هزینه های سرمایه گذاری انتقال از گاز روسیه

طرح RePowerEU سرمایه گذاری های مورد نیاز برای کاهش اتکای اتحادیه اروپا به واردات انرژی روسیه را مشخص می کند. بسیاری از اقدامات مبتنی بر بسته ۵۵ Fit for است که شامل اهداف سرمایه گذاری جاه طلبانه نیز می شود. در APS، سرمایه گذاری در انرژی های پاک در اتحادیه اروپا به طور متوسط بین سال های ۲۰۲۲ تا ۲۰۳۰ حدود ۳۶۰ میلیارد دلار در سال است که ۸۰ درصد نسبت به سطوح متوسط در پنج سال گذشته افزایش یافته است. از طریق تجزیه بخشی دقیق هزینه ها، سهم سرمایه گذاری انرژی پاک در کاهش تقاضای گاز طبیعی را ارزیابی کرده ایم (متمایز از کاهش تقاضا برای نفت یا زغال سنگ، یا تامین تقاضای جدید برای انرژی ناشی از جمعیت یا رشد اقتصادی). محاسبات نشان می دهد که حدود یک پنجم کل سرمایه گذاری در انرژی پاک در اتحادیه اروپا منجر به کاهش تقاضای گاز طبیعی در APS می شود. دسته های اصلی سرمایه گذاری که به این کاهش کمک می کنند عبارتند از مقاوم سازی ساختمان ها، برق رسانی خدمات انرژی که در غیر این صورت از گاز طبیعی استفاده می کنند (عمدتاً از طریق خرید گسترده پمپ های حرارتی برای استفاده در ساختمان ها) و اقداماتی که منجر به جایگزینی گاز با انرژی های تجدیدپذیر در بخش برق یا افزایش سرمایه گذاری در سوخت های کم آلاینده مانند بیومتان و هیدروژن می شود.

مجموع هزینه این اقدامات به طور متوسط ۶۵ میلیارد دلار در سال در دوره ۲۰۲۲-۳۰ است، که تقریباً دو برابر مبالغ هزینه شده در STEPS است. با این حال، سرمایه گذاری های اضافی برای گذار از گاز طبیعی در APS منجر به هزینه های واردات بسیار پایین تر در بلندمدت می شود که تقریباً ۴۵ میلیارد دلار در سال کمتر از STEPS از سال ۲۰۳۱ تا ۲۰۵۰ است. علاوه بر این، بخش بزرگی از هزینه های انتقال به مشاغل خانگی و صنایع خدماتی اختصاص می یابد. درآمد صادرات گاز روسیه به اتحادیه اروپا در دوره ۲۰۲۱-۲۰۱۶ در حدود ۳۰ میلیارد دلار در سال قبل از سال ۲۰۳۰ در APS به صفر کاهش می یابد. روسیه نمی تواند بیشتر درآمدهای از دست رفته ناشی از کاهش عرضه گاز به اروپا را بازیابی کند.

میانگین سرمایه گذاری سالانه در انرژی پاک برای انتقال گاز طبیعی در اتحادیه اروپا و هزینه های واردات گاز،

۲۰۱۶-۵۰



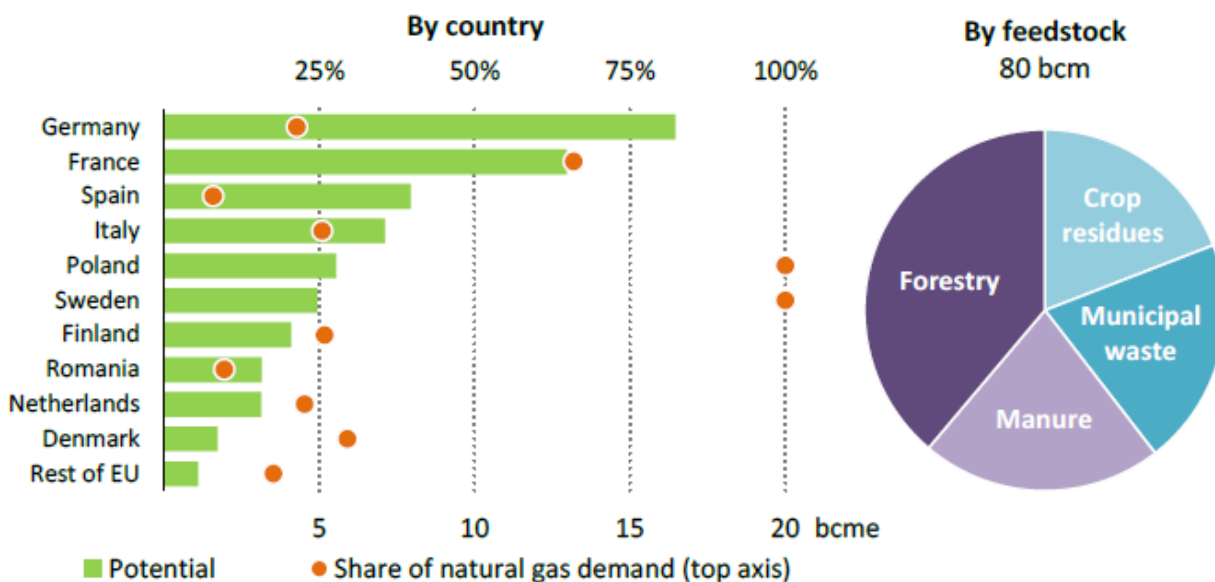
در APS، ۶۵ میلیارد دلار سرمایه گذاری در سال برای کاهش تقاضای گاز طبیعی در اتحادیه اروپا تا ۱۸۰ میلیارد متر مکعب تا سال ۲۰۳۰ مورد نیاز است، مبلغی که در طول زمان با کاهش هزینه های واردات گاز جبران می شود.

افزایش مقیاس بیومتان

اتحادیه اروپا از افزایش مقیاس بیومتان حمایت می کند، جایی که پتانسیل قابل توجهی در سراسر منطقه وجود دارد. در حال حاضر حدود ۳ میلیارد مترمکعب بیومتان و ۹ میلیارد متر مکعب بیوگاز تولید می شود (بیشتر آن به طور مستقیم در تولید برق و حرارت محلی مصرف می شود). رشد تولید بیومتان که در طرح RePowerEU پیش بینی شده است، نشان دهنده نرخ رشد متوسط سالانه ۳۵ درصدی از سال ۲۰۲۲-۳۰ در مقایسه با ۲۰ درصد در سال های ۲۰۲۱-۲۰۱۵ است.

تجزیه و تحلیل آژانس بین المللی انرژی نشان می دهد که ۳۵ میلیارد متر مکعب بیومتان می تواند در اتحادیه اروپا با قیمت کمتر از ۲۰ دلار در میلیون بی تی یو تولید شود. این کمتر از میانگین قیمتی است که از ژوئیه ۲۰۲۱ مشاهده شده است، اما بسیار بالاتر از میانگین دهه گذشته است. با این حال، هزینه های تزریق به خطوط لوله یا هزینه های فشرده سازی و مایع سازی را شامل نمی شود.

پتانسیل بیومتان در اتحادیه اروپا تا سال ۲۰۳۰ در مقایسه با سهم تقاضای گاز طبیعی در سال ۲۰۲۱



تا سال ۲۰۳۰ می‌توان تا ۸۰ میلیارد متر مکعب بیومتان به طور پایدار در اتحادیه اروپا تولید کرد. برخی از کشورها پتانسیل بیش از تقاضای فعلی گاز طبیعی خود را دارند

آیا گاز طبیعی هنوز یک سوخت انتقالی در بازارهای نوظهور و اقتصادهای در حال توسعه آسیا است؟

مورد سنتی گاز طبیعی در بازارهای نوظهور و اقتصادهای در حال توسعه این است که یک منبع انعطاف‌پذیر و همه‌کاره از انرژی قابل ارسال است که از تولید سریع انرژی‌های تجدیدپذیر حمایت می‌کند و در عین حال انتقال از زغال‌سنگ را پشتیبانی می‌کند. گاز را می‌توان در بخش برق به عنوان پشتیبان انرژی‌های تجدیدپذیر و کمک به تعادل شبکه‌ها در زمان واقعی استفاده کرد. زغال‌سنگ، نفت یا زیست توده برای گرمای فرآیند مورد استفاده در صنایع کوچک و متوسط نیز می‌تواند به تدریج با گاز طبیعی جایگزین شود، که مزایایی مانند راندمان بهبود یافته و هوای پاک‌تر را به همراه دارد و در عین حال هزینه عملیات را به طور انعطاف‌پذیر کاهش می‌دهد. سرمایه‌گذاری در شبکه‌های انتقال و توزیع می‌تواند به گاز اجازه دهد تا تقاضا برای سوخت پخت و پز و گرمایش آب را برآورده کند. در بخش‌های معتدل‌تر کشورهای در حال توسعه، گاز طبیعی می‌تواند به تامین نیازهای فصلی انرژی نیز کمک کند.

فشارهای موجود بر روی عرضه جهانی گاز طبیعی که از سال ۲۰۲۱ در حال ظهور بوده است، این گزاره‌ها را مورد تردید قرار داده است. افزایش قیمت LNG ناشی از تقاضای بالا در اروپا، عرضه را از بازارهای حساس به قیمت مانند پاکستان و بنگلادش دور کرده و منجر به کمبود در بخش برق و تخریب تقاضای صنعتی در این کشورها شده است. اگرچه برخی از بازارها به دلیل قراردادهای عرضه درازمدت با تعهدات حجم ثابت و قیمت‌هایی که به نفت مرتبط است تا حدودی از نوسانات محافظت شده‌اند، می‌توان انتظار داشت که قیمت گاز برای مصرف کنندگان نهایی در بازارهای نوظهور آسیا حدود ۵۵ درصد افزایش یابد. در سال ۲۰۲۲ در مقایسه با میانگین پنج ساله. در بازارهای نوظهور فضای مالی محدودی برای حفظ مداخلاتی وجود دارد که مصرف‌کنندگان را از قیمت‌های بالاتر محافظت می‌کند، مانند سقف افزایش تعرفه‌ها یا یارانه‌ها برای قبوض با هدف خانواده‌های کم درآمد، و بنابراین افزایش قیمت‌ها که در سال ۲۰۲۲ مشاهده شد، هزینه‌های برق را افزایش داده است. همچنین طیف گسترده‌ای از محصولات و فرآیندهای صنعتی، تورم را تحریک می‌کند و بحران هزینه زندگی را تشدید می‌کند.

آیا بازارهای نوظهور گاز در آسیا می‌توانند از طریق واردات به رشد خود ادامه دهند؟

در سال ۲۰۱۰، بازارهای نوظهور و اقتصادهای در حال توسعه در آسیا، در مجموع، صادرکنندگان خالص گاز بودند. تولید ثابت یا رو به کاهش در میدین گاز بالغ در کشورهایی مانند اندونزی و مالزی، همراه با رشد شدید تقاضا در چین و هند، به این معناست که واردات گاز به سرعت افزایش یافته و تا سال ۲۰۲۱ ۳۰ درصد از کل تقاضای گاز را پوشش می‌دهد. در APS، وابستگی به واردات بیشتر می‌شود. تا سال ۲۰۳۰ به بیش از ۴۰ درصد میرسد. رشد تقاضا در بازارهای نوظهور و اقتصادهای در حال توسعه در آسیا مستلزم افزایش زیادی در واردات گاز و سرمایه گذاری مرتبط در پایانه‌های LNG و شبکه‌های گاز داخلی است.

این اتکای فزاینده به واردات گاز طبیعی - به ویژه LNG - اخیراً با قیمت‌های بالا به چالش کشیده شده است. حدود ۲۰۰ میلیارد متر مکعب در سال ظرفیت واردات LNG موجود در منطقه وجود دارد (که ۴۵ درصد آن در چین است). ۱۲۰ میلیارد مترمکعب دیگر در سال در دست ساخت است. برای برآورده ساختن الزامات APS، تا سال ۲۰۳۰ به ۸۵ میلیارد متر مکعب در سال ظرفیت واردات نیاز است. با این حال، تا به امروز، تازه واردان بالقوه به بازار LNG، مانند فیلیپین و ویتنام، هنوز نتوانسته‌اند درازمدت ایمن باشند. کشورهایی مانند اندونزی، میانمار و ویتنام تلاش می‌کنند تا واحدهای ذخیره‌سازی شناور و گازی‌سازی مجدد را که ارزان‌تر و سریع‌تر از پایانه‌های زمینی ساخته می‌شوند و می‌توانند به‌طور انعطاف‌پذیر به مناطقی که نیاز به تامین گاز کوتاه‌مدت دارند هدایت

شوند، منعقد کنند. با این حال، فراخوان اروپا از این واحدها برای تامین کوتاه مدت LNG زنجیره تامین و رقابت را افزایش داده است.

تقاضای گاز طبیعی چقدر انعطاف پذیر است؟

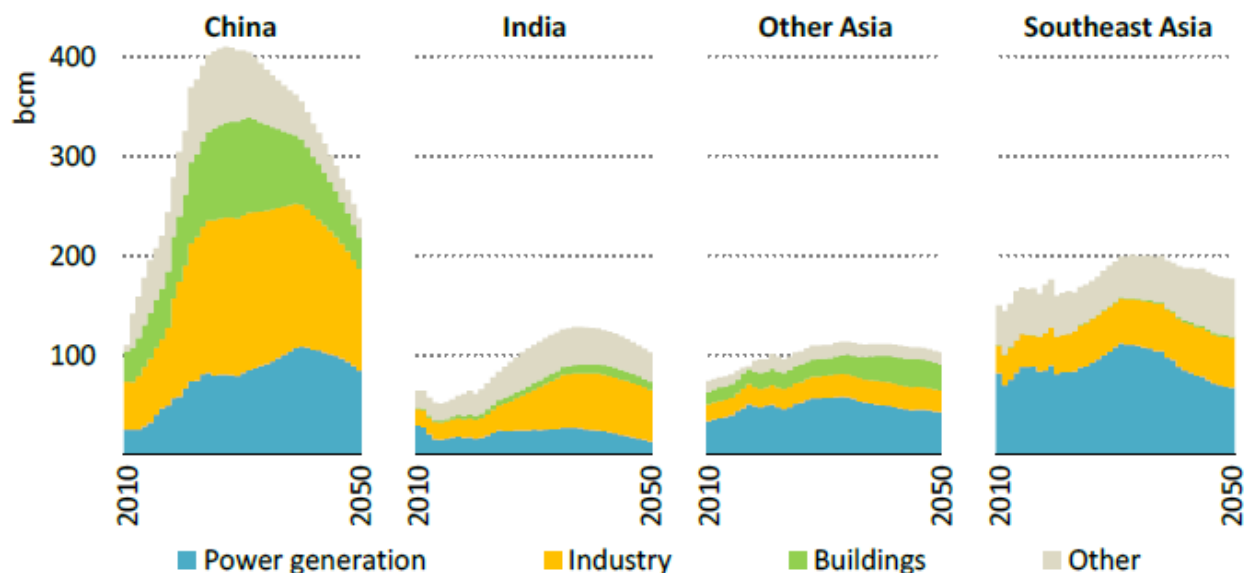
می توان به تلاطم فعلی بازار نگاه کرد و ادعا کرد که تقاضای گاز طبیعی در اقتصادهای نوظهور و در حال توسعه در آسیا ممکن است حداقل برای دهه آینده کاملاً انعطاف پذیر باشد. در APS، گاز طبیعی تقریباً ۲۰ درصد از رشد کل تقاضای انرژی در این اقتصادها را بین سال‌های ۲۰۲۱ تا ۲۰۳۰ برآورده می‌کند - درصدی بالاتر از دهه قبل. اگرچه زغال سنگ به طور گسترده به عنوان جایگزین ارزان تر و در دسترس تر برای گاز طبیعی در چندین بخش از آسیا تلقی می‌شود، اما پویایی عرضه آن به دلیل فقدان سرمایه‌گذاری بالادستی و محدودیت‌های دسترسی به منابع مالی به چالش کشیده می‌شود. قیمت‌ها نیز بالاتر رفته اند: قیمت واردات زغال سنگ حرارتی در سال ۲۰۲۰ به طور متوسط حدود ۶۰ دلار در هر تن بود، اما در سال ۲۰۲۱ دو برابر شد و سپس دوباره به میانگین حدود ۲۰۰ دلار در تن در نیمه اول سال ۲۰۲۲ افزایش یافت.

میزان اثرات افزایش قیمت گاز طبیعی نیز بین کشورها و بخش‌ها بسیار متفاوت است. گاز خانگی ارزان تر گاهی اوقات به گروه‌های مصرف‌کننده خاصی تخصیص می‌یابد، مانند هند، یا با قیمتی تنظیم می‌شود که بدون توجه به تغییرات در قیمت‌های عمده‌فروشی، مانند اندونزی، در حداکثر سقف تعیین می‌شود. از طریق تصمیمات تعرفه‌ای و رژیم‌های مالیاتی مختلف، قیمت گاز طبیعی می‌تواند کمتر از هزینه واردات یا تولید باشد و تقاضا را در بخش‌های خاصی مانند بخش‌هایی از بخش توزیع گاز شهری هند انعطاف‌پذیر نگه دارد.

علیرغم اینکه نیروگاه‌های گازسوز بیشتر در معرض تغییرات قیمت گاز عمده‌فروشی هستند، آنها همچنان یک نوع نیروگاه حرارتی نسبتاً ارزان برای ساخت باقی می‌مانند و می‌توانند به طور انعطاف پذیر کار کنند. در سال ۲۰۲۱، تصمیمات نهایی سرمایه‌گذاری برای ظرفیت جدید گازسوز به ۲۰ گیگاوات رسید، ۱۵ درصد بالاتر از میانگین پنج ساله، و رشد تا سال ۲۰۲۲ قوی باقی ماند. اگرچه چشم انداز تغییر زغال سنگ به گاز تحت تأثیر قیمت‌های بالاتر گاز قرار گرفته است. از نظر فنی ممکن است، برای مثال، یک سوم تولید برق با سوخت زغال سنگ در آسیای جنوب شرقی با ظرفیت انرژی گازی موجود جایگزین شود. انجام این کار از انتشار حدود ۱۲۰ میلیون تن CO₂، معادل ۲۲ درصد از انتشار گازهای گلخانه‌ای از نیروگاه‌های زغال سنگ در جنوب شرقی آسیا جلوگیری می‌کند (IEA, ۲۰۲۲c).

در APS، حدود ۹۰ گیگاوات ظرفیت جدید تولید برق با سوخت گاز طبیعی در بازارهای نوظهور و اقتصادهای در حال توسعه آسیا بین سال‌های ۲۰۲۱ تا ۲۰۳۰ وارد مدار می‌شود که بیش از ۲۰ درصد افزایش داشته است. تولید برق با سوخت گاز طبیعی با سرعت کمی کمتر از ظرفیت تولید افزایش می‌یابد و تا سال ۲۰۳۰ به ۱۲۰۰ تراوات ساعت یا ۲۵ درصد بیشتر از سال ۲۰۲۱ می‌رسد. استفاده از گاز طبیعی در این راه مستلزم قراردادهای انعطاف پذیر برای تامین LNG و سرمایه گذاری اضافی در ذخیره سازی گاز است. در چین، ۱۵ میلیارد متر مکعب ظرفیت ذخیره سازی معادل کمتر از ۵ درصد مصرف سالانه گاز است، علیرغم افزایش فصلی تقاضا (اگرچه برنامه های بلندپروازانه ای برای افزایش ظرفیت ذخیره سازی به ۵۰ تا ۶۰ میلیارد متر مکعب تا سال ۲۰۲۵ وجود دارد). تأسیسات ذخیره سازی گاز در مقیاس بزرگ عملاً در اکثر نقاط دیگر آسیا وجود ندارد. افزایش جمعیت و رشد اقتصادی قوی باعث افزایش مصرف گاز طبیعی در بازارهای نوظهور و اقتصادهای در حال توسعه آسیا در دهه آینده، به ویژه در صنعت، علیرغم خطرات کوتاه مدت ناشی از فشار عرضه اخیر می‌شود. با کاهش قیمت ها از اواسط دهه ۲۰۲۰، این بازارها شاهد افزایش قابل توجهی در استفاده از گاز طبیعی تا سال ۲۰۳۰ در نتیجه تغییر زغال سنگ به گاز هستند و این به کشورهایی با اهداف انتشار خالص صفر کمک می‌کند تا به سرعت از زغال سنگ دور شوند. در APS، تقاضای گاز در صنعت در بازارهای گاز در حال ظهور در آسیا، به جز چین، بیش از ۶۰ درصد در سال ۲۰۵۰ بیشتر از سال ۲۰۲۱ است.

تقاضای گاز طبیعی در بازارهای نوظهور و اقتصادهای در حال توسعه در آسیا در APS



در APS، تقاضای گاز طبیعی قبل از سال ۲۰۴۰ در بازارهای نوظهور و اقتصادهای در حال توسعه آسیا به اوج خود می‌رسد.

با این حال، در نهایت، چشم انداز گاز طبیعی در بازارهای نوظهور و اقتصادهای در حال توسعه در آسیا مدت زمان محدودی دارد. اگرچه مسیر متفاوت است، تقاضا در تمام بازارهای نوظهور گاز در آسیا قبل از سال ۲۰۴۰ در APS به اوج خود می‌رسد. سهم گاز طبیعی در کل تولید برق در سال‌های آینده ثابت باقی می‌ماند، اما پس از آن تا سال ۲۰۵۰ به کمتر از ۵ درصد کاهش می‌یابد زیرا سایر منابع انعطاف‌پذیری سیستم برق در قیمت کاهش می‌یابند و برای جایگزینی گاز وارد عمل می‌شوند.

پس از سال ۲۰۳۰، رشد تقاضای گاز طبیعی در APS به دلایلی کاهش می‌یابد. انرژی‌های تجدیدپذیر تمام رشد تولید برق بین سال‌های ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۰ را برآورده می‌کنند، در حالی که برق و استفاده مستقیم از انرژی‌های تجدیدپذیر تمام رشد تقاضای انرژی در بخش ساختمان‌ها را برآورده می‌کند. به استثنای شمال چین، بازارهای رو به رشد گاز در آسیا نیاز قابل توجهی به گرمایش فصلی در ساختمان‌ها ندارند، و برق و گرمایش مبتنی بر خورشید جایگزینی رقابتی برای استفاده از گاز در خانه‌ها برای پخت و پز و آب گرم است. بین سال‌های ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۰ در صنعت، رشد برق و سوخت‌های کم‌آلاینده مانند هیدروژن به کاهش سهم گاز طبیعی در کل تقاضا به زیر ۹ درصد کمک می‌کند. جمعیت و رشد اقتصادی تقاضای گاز طبیعی را برای مدتی افزایش می‌دهد، اما انرژی‌های تجدیدپذیر، سوخت‌های کم‌آلاینده و برق‌رسانی تقاضای گاز را در بلندمدت کاهش می‌دهند.

یافته‌های کلیدی چشم انداز گاز

- استدلال‌های سنتی به نفع گاز طبیعی بر نقش آن به عنوان یک شریک قابل اعتماد برای گذار انرژی پاک و توانایی آن برای پر کردن شکاف به وجود آمده از کاهش زغال سنگ و نفت متمرکز شده است. اینها در حال حاضر با بازتاب جهانی اقدامات روسیه در اروپا در حال آزمایش هستند. در بحبوحه بحران جهانی انرژی، اکنون سؤالات اساسی در مورد گاز طبیعی مطرح می‌شود: چگونه می‌توان در حال حاضر و در آینده عرضه را تضمین کرد و با چه قیمتی؟
- عمق و شدت بحران امروز منجر به نگرانی‌هایی در مورد هزینه و در دسترس بودن گاز طبیعی در آینده شده است که اعتماد به قابلیت اطمینان آن را خدشه‌دار کرده و ایده استفاده از آن به عنوان سوخت انتقالی را مختل کرده است. در نتیجه، دوران رشد سریع جهانی تقاضای گاز طبیعی رو به پایان است. در سناریوی سیاست‌های بیان‌شده (STEPS)، تقاضا بین سال‌های ۲۰۲۱ تا ۲۰۳۰ کمتر از ۵ درصد افزایش

می‌یابد، در مقایسه با افزایش ۲۰ درصدی بین سال‌های ۲۰۱۱ و ۲۰۲۰. سپس از سال ۲۰۳۰ در حدود ۴۴۰۰ میلیارد متر مکعب تا ۲۰۵۰، با رشد در بازارهای نوظهور و اقتصادهای در حال توسعه که با کاهش در اقتصادهای پیشرفته جبران می‌شود. در سناریوی تعهدات اعلام شده (APS)، تقاضا به زودی به اوج خود می‌رسد و تا سال ۲۰۳۰ ۱۰ درصد کمتر از سطح سال ۲۰۲۱ است.

- تقاضای جهانی گاز طبیعی در سال ۲۰۵۰ در STEPS ۷۵۰ میلیارد مترمکعب کمتر از سطح پیش بینی شده در سال گذشته است. نیمی از این بازنگری نزولی ناشی از دور شدن سریعتر از مصرف بی‌وقفه گاز طبیعی در اقتصادهای پیشرفته است. ایالات متحده به تنهایی یک سوم کل بازنگری نزولی را به خود اختصاص داده است: قانون اخیر کاهش تورم آن برای تسریع استقرار انرژی‌های تجدیدپذیر در بخش برق و ارائه پشتیبانی قوی‌تر از کارایی و پمپ‌های حرارتی در ساختمان‌ها تنظیم شده است. دیگر تجدیدنظر نزولی عمده مربوط به بازارهای نوظهور حساس به قیمت و اقتصادهای در حال توسعه است، جایی که قیمت‌های بالای گاز طبیعی به این معنی است که اکنون چشم‌اندازهای جایگزینی زغال سنگ به گاز ضعیف‌تر شده است.

- صادرات گاز خط لوله روسیه به اتحادیه اروپا در سال گذشته به نصف کاهش یافت و در مجموع در سال ۲۰۲۲ به ۷۵ میلیارد مترمکعب رسید. این صادرات تا سال ۲۰۳۰ در STEPS ۶۰ میلیارد متر مکعب دیگر کاهش یافت و در APS به صفر رسید. (LNG) اضافی و گاز خط لوله غیرروسی نقش مهمی در جبران کمبود در هر دو سناریو دارند، اما APS شاهد افزایش شدیدی در افزایش ظرفیت باد و خورشیدی و فشار بیشتر برای مقاوم‌سازی ساختمان‌ها و نصب پمپ‌های حرارتی است: این کمک می‌کند تا تقاضای گاز طبیعی اتحادیه اروپا بین سال‌های ۲۰۲۱ تا ۲۰۳۰ به میزان ۴۰ درصد یا ۱۸۰ میلیارد متر مکعب کاهش یابد. هزینه سرمایه‌گذاری سالانه ۶۵ میلیارد دلاری در طول زمان با کاهش هزینه‌های واردات گاز جبران می‌شود.

- تلاش اروپا برای کاهش وابستگی به واردات روسیه و کمبود پروژه‌های جدید صادرات گاز به این معنی است که قیمت گاز طبیعی در مناطق واردکننده طی چند سال آینده در STEPS و APS، به‌ویژه در اروپا، بالا باقی می‌ماند. در سناریوی NZE، کاهش سریع تقاضا در همه مناطق فشارهای وارده بر عرضه جهانی را کاهش می‌دهد و قیمت واردات گاز به سرعت کاهش می‌یابد. قیمت‌ها در مراحل STEPS و APS از اواسط دهه ۲۰۲۰ به تدریج کاهش می‌یابد، زیرا تقاضای گاز کاهش می‌یابد و پروژه‌های عرضه جدید در حال ساخت در حال اجرا هستند. کاهش تقاضای داخلی در ایالات متحده فرصت‌هایی را برای صادرات

بیشتر LNG ایجاد می‌کند. در هر دو سناریو STEPS و APS، ایالات متحده به زودی از روسیه پیشی می‌گیرد و به بزرگترین صادرکننده گاز طبیعی جهان تبدیل می‌شود.

- رشد تقاضای گاز طبیعی در چین به طور قابل توجهی در مراحل STEPS کاهش می‌یابد و بین سال‌های ۲۰۲۱ تا ۲۰۳۰ به ۲ درصد در سال کاهش می‌یابد، در مقایسه با نرخ رشد متوسط ۱۲ درصد در سال بین سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۲۱. حجم زیادی از LNG برای پانزده سال آینده منعقد شده است. همراه با عرضه مورد انتظار از خطوط لوله موجود و پروژه‌های داخلی جدید، این موارد بیش از نیازهای تقاضای چین در مراحل STEPS تا سال ۲۰۳۵ را پوشش می‌دهد.

- قیمت بالای گاز چشم‌انداز جایگزینی زغال سنگ به گاز را کاهش داده است. در بازارهای نوظهور و در حال توسعه در آسیا، قراردادهای بلندمدت واردات گاز با قیمت‌های شاخص نفت، حمایت نسبی از مصرف‌کنندگان را در برابر قیمت‌های بالا و نوسان گاز فراهم می‌کند و در برخی موارد این امر توسط یارانه‌های داخلی تقویت می‌شود. رشد جمعیت و توسعه اقتصادی قوی پایه‌ای قوی برای رشد فراهم می‌کند: تقاضای گاز در APS در این بازارهای نوظهور آسیا با ۲۰ درصد افزایش به ۱۲۰ میلیارد متر مکعب در سال ۲۰۳۰ می‌رسد. حدود ۷۰ درصد از این رشد توسط LNG وارداتی تامین می‌شود.

- افزایش تقاضای گاز طبیعی در بخش‌هایی از آسیا در کنار تلاش‌های اتحادیه اروپا برای واردات گاز غیرروسی، در همه سناریوها تا اواسط دهه ۲۰۲۰، زیربنای رشد تقاضای LNG است. اما پس از آن، واگرایی‌های شدیدی وجود دارد. در STEPS، ۲۴۰ میلیارد مترمکعب در سال ظرفیت صادرات تا سال ۲۰۵۰ بیش از پروژه‌هایی که در حال ساخت هستند و بالاتر مورد نیاز است. در APS، فقط پروژه‌های در حال ساخت مورد نیاز است. در سناریوی NZE، کاهش شدید تقاضای گاز طبیعی در سطح جهان به این معنی است که حتی این پروژه‌ها در بسیاری از موارد دیگر ضروری نیستند. این یک معضل کلیدی را برای سرمایه‌گذارانی که پروژه‌های LNG بزرگ و سرمایه‌بر را در نظر می‌گیرند برجسته می‌کند: چگونه می‌توان رشد تقاضای کوتاه‌مدت قوی را با تقاضای بلندمدت نامشخص اما احتمالاً رو به کاهش تطبیق داد.

- هیچ گزینه آسانی برای روسیه در جستجوی بازارهای جدید برای گازی که به اروپا صادر می‌کرد وجود ندارد. تحریم‌ها چشم‌انداز پروژه‌های جدید LNG روسیه را تضعیف می‌کند و مسافت طولانی تا بازارهای جایگزین، اتصال خط لوله جدید را دشوار می‌کند. در APS، سهم روسیه از گاز تجارت بین‌المللی که در سال ۲۰۲۱ ۳۰ درصد بود، تا سال ۲۰۳۰ به کمتر از ۱۵ درصد کاهش می‌یابد و درآمد خالص آن از

صادرات گاز (درآمد منهای هزینه‌ها) از ۷۵ میلیارد دلار در سال ۲۰۲۱ به ۲۵ میلیارد دلار در سال ۲۰۳۰ کاهش می‌یابد.

- چشم انداز گازهای کم انتشار روشن به نظر می‌رسد. در APS، تولید هیدروژن کم انتشار از سطوح پایین امروزی به بیش از ۳۰ میلیون تن در سال ۲۰۳۰ افزایش می‌یابد. این معادل بیش از ۱۰۰ میلیارد متر مکعب گاز طبیعی است. APS همچنین شاهد افزایش تولید بیومتان است که منعکس کننده اهداف بلندپروازانه ای است که اکنون ایجاد شده است. دولت ها نقش هماهنگ کننده کلیدی در رشد گازهای کم انتشار دارند، به ویژه در تعیین استانداردها و تضمین تقاضای قابل اعتماد و بلندمدت. در حال حاضر، ۲۴ میلیون تن در سال پروژه هایی که به دنبال صادرات هیدروژن یا سوخت های مبتنی بر هیدروژن هستند، پیش از برنامه ریزی برای زیرساخت های واردات مربوطه در حال اجرا هستند.

۴-۲- چشم انداز سوخت های جامد

تحولات اخیر ضربه ای به این ایده وارد کرده است که تقاضای جهانی زغال سنگ ممکن است به زودی کاهش یابد. کاهش تقاضای زغال سنگ در سال ۲۰۲۰ با یک بازگشت قوی در سال ۲۰۲۱ بیش از حد جبران شد و آن را به بالاترین حد خود نزدیک کرد. در اقتصادهای پیشرفته که استفاده از زغال سنگ در حال کاهش بوده است، تقاضا نزدیک به ۱۰ درصد افزایش یافته است. در بازارهای نوظهور و اقتصادهای در حال توسعه که بیش از ۸۰ درصد مصرف جهانی زغال سنگ امروزی را به خود اختصاص می دهند، تقاضا ۵ درصد افزایش یافت. تولید زغال سنگ در سال ۲۰۲۱ برای همگام شدن با یکی از بزرگترین افزایش سالانه تقاضا تلاش کرد. با تهاجم روسیه به اوکراین، بازارها بیشتر متحول شده اند. روسیه مسئول حدود نیمی از واردات زغال سنگ در اتحادیه اروپا در سال ۲۰۲۱ بود، اما این روابط تجاری با ممنوعیت اتحادیه اروپا بر واردات زغال سنگ روسیه پایان یافت. در همین حال، فرصت های کوتاه مدت تعویض سوخت برای کاهش فشار تقاضا وجود داشته است. نتیجه کلی این است که قیمت جهانی زغال سنگ در نیمه اول سال ۲۰۲۲ به بالاترین حد تاریخی رسید.

چشم انداز زغال سنگ و انرژی زیستی چیست؟

تقاضای جهانی زغال سنگ در سال ۲۰۲۱ به شدت افزایش یافت و به ۵۶۴۰ (Mtce) رسید زیرا اقتصادها پس از بیماری همه گیر بهبود یافتند و تولید برق با سوخت زغال سنگ در سال ۲۰۲۱ به بالاترین حد تاریخی رسید. چشم انداز زغال سنگ به شدت به قدرت عزم جهان برای مقابله با تغییرات آب و هوایی بستگی دارد. در سناریوی سیاست های بیان شده (STEPS)، تقاضای جهانی زغال سنگ تا سال ۲۰۵۰ حدود ۳۰ درصد کاهش می‌یابد،



اما در اقتصادهای پیشرفته این کاهش بسیار سریعتر است. در سناریوی تعهدات اعلام شده (APS)، تقاضای جهانی زغال سنگ تا سال ۲۰۳۰ ۲۰ درصد و تا سال ۲۰۵۰ ۷۰ درصد کاهش می‌یابد. تقاضا در اقتصادهای پیشرفته تا سال ۲۰۳۰ تا ۶۵ درصد کاهش می‌یابد زیرا استفاده از زغال سنگ در بخش‌های برق و صنعت به سرعت کاهش می‌یابد. تقاضای زغال سنگ در چین در اوایل دهه ۲۰۲۰ و در هند در اواخر دهه ۲۰۲۰ به اوج خود می‌رسد. در سناریوی NZE، تقاضای جهانی زغال سنگ تا سال ۲۰۳۰ با کاهش ۷۵ درصدی در اقتصادهای پیشرفته و کاهش ۴۰ درصدی در بازارهای نوظهور و اقتصادهای در حال توسعه، ۴۵ درصد کاهش می‌یابد. مصرف بی‌وقفه زغال سنگ بین سال‌های ۲۰۲۱ تا ۲۰۵۰ به میزان ۹۹ درصد کاهش می‌یابد و در سال ۲۰۵۰ کمتر از ۹۰ درصد از تولید برق با زغال سنگ از نیروگاه‌های مجهز به CCUS تامین می‌شود. چین تا حد زیادی تاثیرگذارترین بازار زغال سنگ در سراسر چشم‌انداز باقی می‌ماند.

زغال سنگ حرارتی عمدتاً برای گرما و برق مورد استفاده قرار می‌گیرد که به طور فزاینده‌ای با انرژی‌های تجدیدپذیر جایگزین می‌شود. کاهش زغال سنگ کک در همه سناریوها کمتر از زغال سنگ حرارتی است، زیرا زغال سنگ کک عمدتاً در فولادسازی استفاده می‌شود که جایگزین‌های کمتری در دسترس دارد. در APS، زغال سنگ حرارتی در نتیجه تلاش‌ها برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای از بخش برق تا سال ۲۰۳۰ کمی بیش از ۲۰ درصد کاهش می‌یابد، در حالی که کاهش زغال سنگ کک عمدتاً ناشی از تعویض سوخت و بهبود بهره‌وری انرژی است. در NZE، زغال سنگ حرارتی و زغال سنگ کک به سرعت تا سال ۲۰۳۰ کاهش می‌یابند.

تقاضای جهانی زغال سنگ، تولید و تجارت، و استفاده از انرژی زیستی جامد بر اساس سناریو (Mtce)

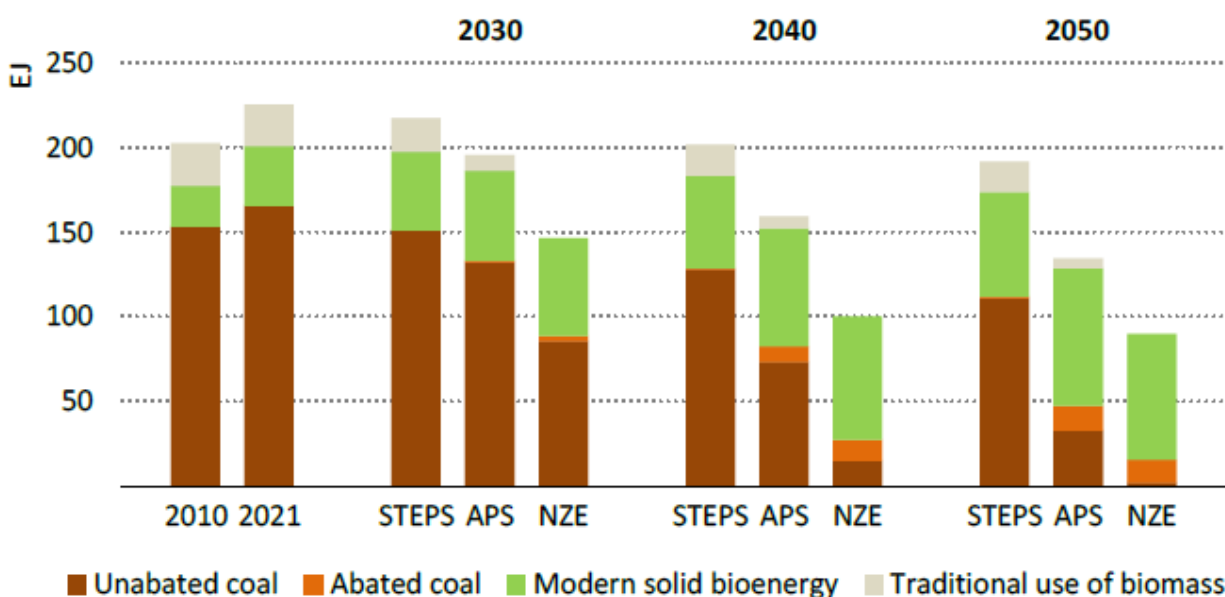
	2010	2021	STEPS		APS		NZE	
			2030	2050	2030	2050	2030	2050
World coal demand	5 220	5 644	5 149	3 828	4 539	1 613	3 024	539
Power	3 108	3 642	3 174	2 086	2 852	938	1 685	306
Industry	1 690	1 629	1 684	1 520	1 426	640	1 159	206
Other sectors	423	373	291	222	261	36	180	28
Share of demand with CCUS	0%	0%	0%	1%	1%	31%	3%	89%
Advanced economies	1 585	1 024	526	297	375	127	267	84
Emerging market and developing economies	3 636	4 620	4 623	3 532	4 164	1 486	2 762	455
World coal production	5 235	5 825	5 149	3 829	4 539	1 613	3 024	539
Steam coal	4 069	4 560	4 026	2 954	3 538	1 177	2 271	407
Coking coal	866	1 030	936	736	855	381	716	120
Peat and lignite	300	235	187	139	146	56	38	12
Advanced economies	1 512	1 124	729	590	522	186	362	99
Emerging market and developing economies	3 723	4 702	4 420	3 239	4 017	1 427	2 662	443
World coal trade	948	1 135	999	958	859	470	539	137
Trade as share of production	18%	19%	19%	25%	19%	29%	18%	25%
Coastal China steam coal price	142	155	81	67	66	56	52	44
Solid bioenergy (EJ)	49	60	66	80	62	87	58	74
Traditional use of biomass	25	24	20	18	9	6	-	-
Modern bioenergy and losses	24	36	46	62	53	81	58	74

در STEPS، تقاضای جهانی زغال سنگ از سال ۲۰۲۱ تا ۲۰۳۰ حدود ۱۰ درصد کاهش می‌یابد، با کاهش نزدیک به ۵۰ درصدی در اقتصادهای پیشرفته و افزایش جزئی در بازارهای نوظهور و اقتصادهای در حال توسعه. تولید زغال سنگ حرارتی تا سال ۲۰۳۰ بیش از ۱۰ درصد کاهش می‌یابد. کاهش در زغال سنگ کک کمتر است که عمدتاً به دلیل افزایش تولید فولاد در هند است.

اتحادیه اروپا واردات زغال سنگ از روسیه را متوقف کرده و واردات از منابع مختلف از جمله آفریقای جنوبی و کلمبیا را جایگزین آن می‌کند. این تغییر در منبع واردات در بحبوحه کاهش حدود ۵۰ درصدی کل واردات زغال سنگ توسط اتحادیه اروپا در دوره منتهی به سال ۲۰۳۰ صورت می‌گیرد. تا سال ۲۰۳۰، بیش از ۸۰ درصد

تجارت جهانی زغال سنگ در حوزه اقیانوس آرام انجام می‌شود. از حدود ۷۵ درصد در سال ۲۰۲۱. استفاده سنتی از زیست توده تا سال ۲۰۳۰ در نتیجه تلاش‌ها برای حرکت به سمت سوخت‌های آشپزی تمیزتر ۲۰ درصد کاهش می‌یابد، اما نزدیک به ۲ میلیارد نفر در سراسر جهان هنوز برای پخت و پز و گرمایش در سال ۲۰۳۰ به آن متکی هستند. استفاده از انرژی زیستی جامد مدرن ۳۰ درصد افزایش می‌یابد. بین سال‌های ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۰، استفاده از زغال سنگ در صنعت کمتر از ۱۰ درصد کاهش می‌یابد، اما استفاده از آن در بخش برق ۳۵ درصد کاهش می‌یابد زیرا نیروگاه‌های قدیمی‌تر زغال سنگ بازنشسته می‌شوند و ظرفیت تجدیدپذیرهای جدید در بسیاری از موارد به نیروگاه‌های جدید زغال سنگ ترجیح داده می‌شود.

تقاضای زغال سنگ و انرژی زیستی جامد بر اساس سناریو



تقاضای زغال سنگ کاهش می‌یابد و انرژی زیستی جامد مدرن در همه سناریوها افزایش می‌یابد، اما سرعت و مقیاس تغییر به طور چشمگیری متفاوت است.

در APS، تقاضای جهانی زغال سنگ تا سال ۲۰۳۰ ۲۰ درصد و تا سال ۲۰۵۰ ۷۰ درصد کاهش می‌یابد. تقاضا در اقتصادهای پیشرفته تا سال ۲۰۳۰ تا ۶۵ درصد کاهش می‌یابد زیرا استفاده از زغال سنگ در بخش‌های برق و صنعت به سرعت کاهش می‌یابد. تقاضای زغال سنگ در چین در اوایل دهه ۲۰۲۰ و در هند در اواخر دهه ۲۰۲۰ به اوج خود می‌رسد. استفاده سنتی از زیست توده تا سال ۲۰۳۰ بیش از ۶۰ درصد کاهش یافته است که عمدتاً در نتیجه کاهش در چین، هند، کنیا و نیجریه است. استفاده از انرژی زیستی جامد مدرن تا سال ۲۰۳۰ تا

۵۰ درصد و تا سال ۲۰۵۰ تا ۱۳۰ درصد افزایش می‌یابد، با افزایش زیادی در بخش برق و صنعت و در تبدیل سوخت‌های زیستی.

تقاضای زغال سنگ

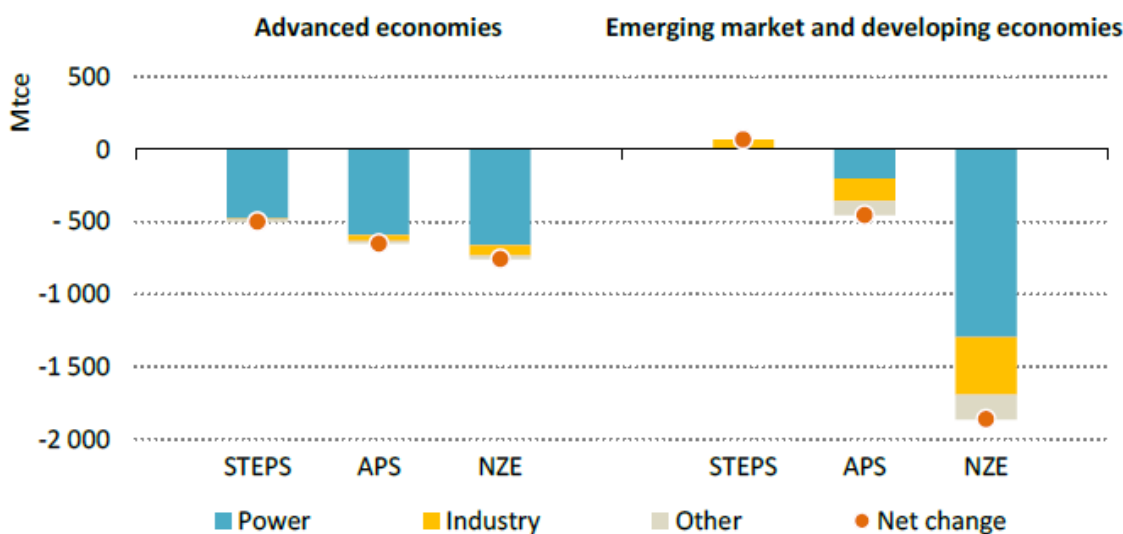
تقاضای زغال سنگ بر اساس منطقه و سناریو (Mtce)

	STEPS					APS		
	2010	2021	2030	2040	2050	2030	2040	2050
North America	768	389	107	50	42	80	37	30
United States	716	363	91	32	26	64	24	17
Central and South America	37	46	40	52	60	28	25	20
Brazil	21	25	23	27	29	16	14	12
Europe	539	369	229	176	167	157	99	72
European Union	360	238	125	69	56	79	35	20
Africa	156	152	148	132	131	119	59	30
South Africa	144	129	113	87	78	95	34	6
Middle East	5	5	8	11	12	7	8	9
Eurasia	203	222	172	158	160	162	131	121
Russia	151	166	114	104	102	113	100	95
Asia Pacific	3 513	4 460	4 444	3 816	3 258	3 986	2 449	1 332
China	2 565	3 157	2 974	2 342	1 866	2 691	1 603	789
India	399	614	773	738	671	704	420	243
Indonesia	45	102	136	164	160	124	90	41
Japan	165	143	103	87	62	97	58	35
Rest of Southeast Asia	76	166	201	243	263	171	138	110
World	5 220	5 644	5 149	4 394	3 828	4 539	2 808	1 613

چین بزرگترین کشور مصرف کننده زغال سنگ در جهان است. حدود ۵۵ درصد از مصرف جهانی زغال سنگ را تشکیل می‌دهد. تقاضای زغال سنگ در چین بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ به طور متوسط ۱۰۰ میلیون تن در سال افزایش یافت زیرا این کشور به سرعت بخش‌های برق و صنعت خود را گسترش داد. این معادل اضافه کردن مصرف زغال سنگ فعلی اندونزی در هر سال بود. تقاضای زغال سنگ در چین در سال ۲۰۲۰ دوباره حدود ۲

درصد افزایش یافت، علیرغم تأثیرات همه گیر کووید-۱۹، و ۴ درصد بیشتر در سال ۲۰۲۱. هند دومین مصرف کننده بزرگ زغال سنگ در جهان امروز است. بیش از ۱۰ درصد از مصرف جهانی زغال سنگ را تشکیل می دهد. تقاضای زغال سنگ در هند بین سال های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۹ به سرعت افزایش یافت، زیرا افزایش تقاضای برق عمدتاً از طریق انرژی زغال سنگ تامین می شد. استفاده از زغال سنگ در هند در سال ۲۰۲۰ به دلیل همه گیر شدن ۷ درصد کاهش یافت، اما در سال ۲۰۲۱ به میزان ۱۳ درصد افزایش یافت، بنابراین در حال حاضر از سطح ۲۰۱۹ فراتر رفته است. اقتصادهای پیشرفته در سال ۲۰۲۱ حدود ۱۰۰۰ میلیون تن زغال سنگ مصرف کردند که کمتر از ۲۰ درصد از تقاضای جهانی زغال سنگ را تشکیل می داد. سه چهارم این در بخش برق استفاده شد. تقاضا در سال ۲۰۲۰ حدود ۱۵ درصد کاهش یافت: سپس در سال ۲۰۲۱ با بازگشت اقتصادها پس از همه گیری، ۱۰ درصد افزایش یافت، اما کمتر از سطح سال ۲۰۱۹ باقی مانده است. روند تقاضا تا سال ۲۰۳۰

تغییر در تقاضای زغال سنگ بر اساس سناریو، ۲۰۲۱-۲۰۳۰



در اقتصادهای پیشرفته، PV خورشیدی و باد جایگزین سهم بزرگی از تولید برق با سوخت زغال سنگ در STEPS می شوند. استفاده از زغال سنگ در تولید برق بین سال های ۲۰۲۱ تا ۲۰۳۰ ۶۰ درصد کاهش می یابد. امروزه در اقتصادهای پیشرفته بیش از ۲۰۰ میلیون تن زغال سنگ در صنعت مصرف می شود و این میزان تا سال ۲۰۳۰ به طور کلی ثابت می ماند. در APS، تقاضا برای زغال سنگ در بخش برق در اقتصادهای پیشرفته تا سال ۲۰۳۰ تا سال ۲۰۳۰ ۸۰ درصد کاهش می یابد، زیرا انرژی های تجدیدپذیر بیشتر، عمدتاً خورشیدی PV و باد به کار گرفته می شوند. ظرفیت تولید زغال سنگ از ۵۲۰ گیگاوات در سال ۲۰۲۱ به ۲۱۰ گیگاوات در سال ۲۰۳۰

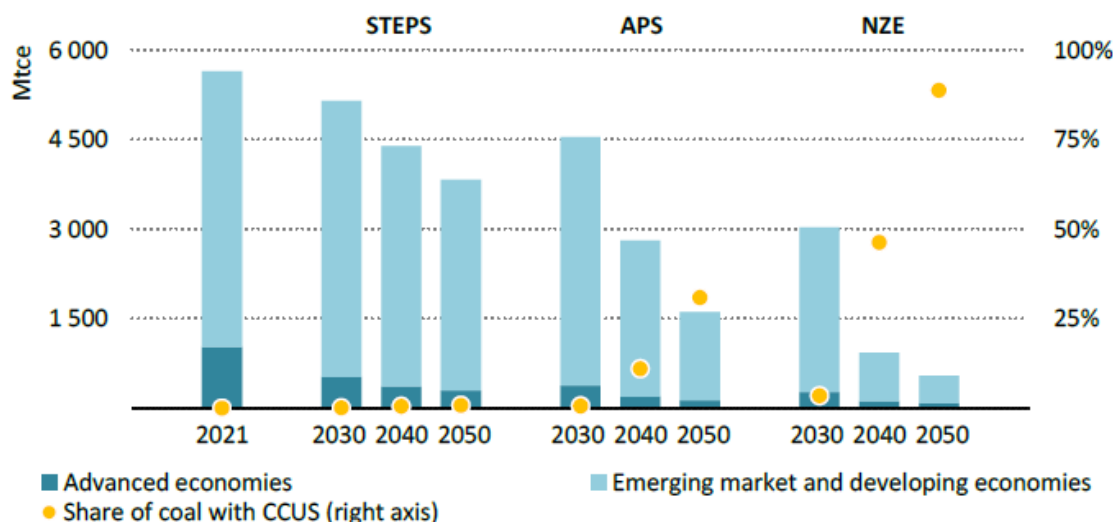
کاهش می‌یابد و نیروگاه‌های زغال سنگ سوز در سال ۲۰۳۰ عمدتاً برای ایجاد انعطاف پذیری استفاده می‌شوند: میانگین استفاده از آنها از ۵۰٪ به ۳۰٪ کاهش می‌یابد. در چین، حدود ۶۰ درصد از ۳۱۵۰ میلیون تن زغال سنگ مصرفی امروز در بخش برق و ۳۰ درصد در صنعت است. در مراحل STEPS، افزایش اندکی در تقاضای زغال سنگ تا اواخر دهه ۲۰۲۰ و به دنبال آن کاهش به حدود ۳۰۰۰ میلیون تن در سال ۲۰۳۰ وجود دارد. استفاده از زغال سنگ در تولید برق و در زیربخش‌های آهن و فولاد در اواخر دهه ۲۰۲۰ به عنوان تولید برق به اوج خود می‌رسد. استفاده از زغال سنگ در بخش ساختمان‌ها که کمتر از ۵ درصد از کل تقاضای امروزی را تشکیل می‌دهد، در پاسخ به سیاست‌های کاهش آلودگی هوا تا سال ۲۰۳۰ تا ۸۰ درصد کاهش یافته است. در APS، تقاضای زغال سنگ در چین در اواسط دهه ۲۰۲۰ به اوج خود می‌رسد و به ۲۷۰۰ میلیون تن در سال ۲۰۳۰ کاهش می‌یابد. استفاده از زغال سنگ در صنعت تا سال ۲۰۳۰ تا ۲۰٪ کاهش می‌یابد (در مقایسه با کاهش ۵٪ در STEPS) در نتیجه تعویض سوخت با گاز طبیعی، برق رسانی بیشتر و بهبود بهره‌وری انرژی. همچنین تلاش‌های زیادی برای کاهش مصرف زغال سنگ در بخش برق وجود دارد که تا سال ۲۰۳۰ ۱۰ درصد کاهش می‌یابد.

در هند، تقاضای زغال سنگ در STEPS تا سال ۲۰۳۰ ۲۵ درصد افزایش می‌یابد. رشد اقتصادی قوی تقاضای بیشتری برای تولید برق با سوخت زغال سنگ و استفاده از زغال سنگ برای تولید آهن، فولاد و سیمان به همراه دارد. در APS، تقاضای زغال سنگ در هند بین سال‌های ۲۰۲۱ تا ۲۰۳۰ کمتر از ۱۵ درصد افزایش می‌یابد که منعکس‌کننده افزایش استقرار انرژی‌های تجدیدپذیر، بهبود بهره‌وری انرژی، و نصب تجهیزات مبتنی بر گاز و برق در صنعت است. افزایش تقاضای زغال سنگ در بخش صنعت تقریباً نصف میزانی است که در STEPS مشاهده می‌شود و افزایش در بخش برق حدود ۲۰ درصد کمتر است. در آسیای جنوب شرقی، تقاضای زغال سنگ تا سال ۲۰۳۰ در STEPS نزدیک به ۳۰٪ و در APS فقط کمتر از ۱۰٪ افزایش می‌یابد. رشد به دلیل افزایش تقاضای برق از بخش‌های صنعت و ساختمان است. در آفریقا، تقاضای زغال سنگ به طور کلی تا سال ۲۰۳۰ در مراحل STEPS ثابت باقی می‌ماند: کاهش تقاضا در آفریقای جنوبی، که منجر به تغییر سوخت به جایگزین‌های کم‌آلاینده می‌شود، تا حد زیادی با افزایش در جاهای دیگر جبران می‌شود. در APS، استقرار بسیار گسترده‌تر انرژی‌های تجدیدپذیر در سراسر قاره منجر به کاهش ۲۰ درصدی تقاضای کل زغال سنگ تا سال ۲۰۳۰ می‌شود. در روسیه، تقاضای زغال سنگ در هر دو مرحله STEPS و APS تا سال ۲۰۳۰ تا ۳۰ درصد کاهش می‌یابد زیرا گاز طبیعی و انرژی‌های تجدیدپذیر جایگزین استفاده از زغال سنگ در تولید برق و صنعت می‌شوند. در منطقه

خزر، تقاضای زغال سنگ در STEPS نسبتاً ثابت باقی می‌ماند و تا سال ۲۰۳۰ در APS تنها ۱۰ درصد کاهش می‌یابد.

روند تقاضا پس از ۲۰۳۰

تقاضای جهانی زغال سنگ بر اساس منطقه و سناریو تا سال ۲۰۵۰



تقاضای جهانی زغال سنگ در هر سناریو تا سال ۲۰۵۰ کاهش می‌یابد، اما با سرعت‌های بسیار متفاوت.

در مراحل STEPS، تقاضای جهانی زغال سنگ بین سال‌های ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۰ به ۴۰۰۰ میلیون تن (یک کاهش ۲۵ درصدی) کاهش می‌یابد. تقاضا در اقتصادهای پیشرفته در این دوره ۴۵ درصد و در چین ۴۰ درصد کاهش یافته است. ظرفیت نیروگاه زغال سنگ سوز در چین از ۱۱۴۰ گیگاوات امروز به ۸۹۰ گیگاوات در سال ۲۰۵۰ کاهش یافته است و بهره‌برداری از ۵۰ درصد به ۴۰ درصد کاهش می‌یابد. در هند، تقاضای زغال سنگ در اوایل دهه ۲۰۳۰ به اوج خود می‌رسد و سپس به تدریج کاهش می‌یابد، عمدتاً به دلیل استقرار سریع انرژی‌های تجدیدپذیر در بخش برق. با این حال، کل تقاضای زغال سنگ در هند در سال ۲۰۵۰ هنوز حدود ۱۰ درصد بیشتر از سال ۲۰۲۱ است. تقاضای زغال سنگ در آسیای جنوب شرقی بین سال‌های ۲۰۲۱ تا ۲۰۵۰ ۶۰ درصد افزایش می‌یابد که عمدتاً ناشی از افزایش در بخش‌های برق و آهن و فولاد است.



در APS، تقاضای زغال سنگ پس از سال ۲۰۳۰ به سرعت کاهش می‌یابد، با کاهش ۶۵٪ در بخش برق تا سال ۲۰۵۰ و کاهش ۵۵٪ در استفاده از صنعت. تقاضا در چین بیش از ۱۰۰۰ میلیون تن در دهه ۲۰۳۰ کاهش می‌یابد، نرخ کاهشی که منعکس‌کننده نرخ افزایش آن بین سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۲۰ است. ظرفیت نیروگاه زغال سنگ چین در سال ۲۰۵۰ به ۸۵۰ گیگاوات کاهش می‌یابد و نرخ بهره‌برداری از آن به ۲۰٪ کاهش می‌یابد. در هند، تقاضای زغال سنگ در اواخر دهه ۲۰۲۰ به اوج خود می‌رسد و بین سال‌های ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۰ به میزان ۶۵ درصد کاهش می‌یابد. CCUS به طور فزاینده‌ای در طیف گسترده‌ای از بخش‌ها و مناطق در سراسر جهان استفاده می‌شود: حدود ۱۰ درصد نیروگاه‌های زغال سنگ سوز در سراسر جهان در سال ۲۰۴۰ به CCUS مجهز شده‌اند. و تقریباً ۲۰ درصد در سال ۲۰۵۰. در سناریوی NZE، تقاضای زغال سنگ به ۵۴۰ میلیون تن در سال ۲۰۵۰ کاهش می‌یابد که حدود ۹۰ درصد کمتر از سطح فعلی است. استفاده از زغال سنگ در این دوره ۹۹ درصد کاهش می‌یابد. حدود نیمی از ۶۰ میلیون تن باقیمانده مصرف بی‌وقفه زغال سنگ در سال ۲۰۵۰ در صنعت آهن و فولاد استفاده می‌شود.

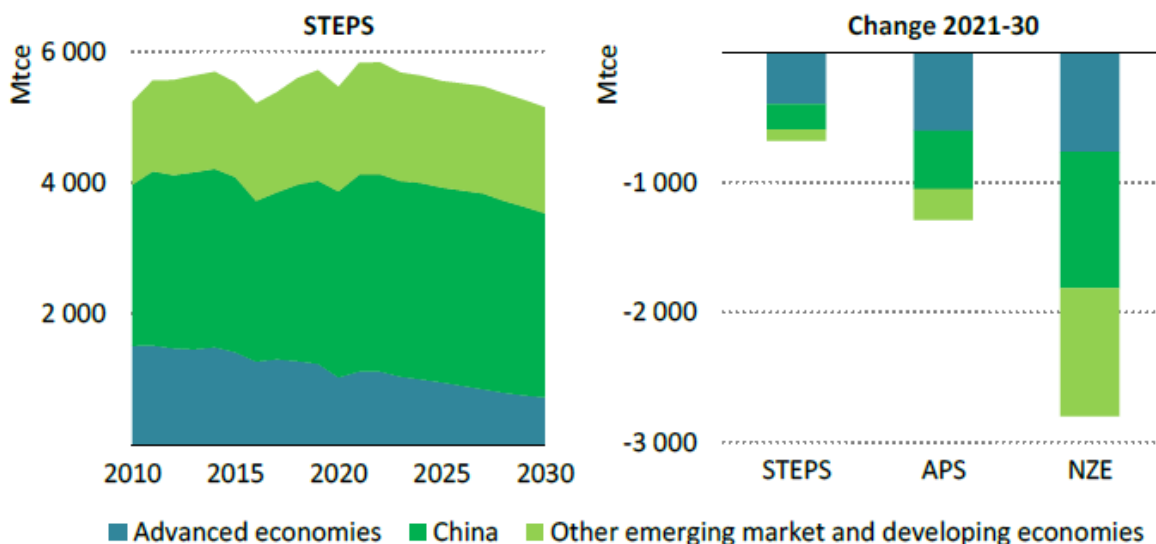
عرضه زغال سنگ

تولید زغال سنگ بر اساس منطقه و سناریو (Mtce)

	2010	2021	STEPS			APS		
			2030	2040	2050	2030	2040	2050
North America	818	478	188	105	106	138	57	32
United States	758	433	156	79	80	115	50	29
Central and South America	79	62	41	42	41	24	10	3
Colombia	73	58	37	38	37	22	10	3
Europe	331	200	126	80	59	79	27	20
European Union	220	138	71	29	10	46	10	8
Africa	210	212	188	158	171	162	87	47
South Africa	206	199	162	114	109	138	58	19
Middle East	1	1	1	1	1	0	0	0
Eurasia	309	444	323	307	274	292	245	216
Russia	238	371	265	250	215	239	212	187
Asia Pacific	3 487	4 428	4 282	3 701	3 177	3 843	2 382	1 295
Australia	352	421	408	425	419	304	255	138
China	2 461	3 004	2 808	2 228	1 776	2 554	1 522	733
India	304	447	546	508	436	509	251	109
Indonesia	266	438	393	405	402	364	247	210
Rest of Southeast Asia	52	60	67	70	72	59	52	53
World	5 235	5 826	5 149	4 395	3 829	4 539	2 808	1 613

در چین و هند، کمبود زغال سنگ ناشی از تنگناهای حمل و نقل منجر به قطع برق و تعطیلی کارخانه ها شد. سیاست‌هایی برای افزایش تولید داخلی و کاهش کمبود زغال سنگ اجرا شده است که با وجود شرکت‌های بزرگ تولیدی دولتی تسهیل شده است. در خارج از چین و هند، بیشتر تولید زغال سنگ اضافی در سال ۲۰۲۱ از معادن موجود یا معادن بازگشایی شده‌ای بود که در دوره‌هایی با قیمت‌های پایین فعالیت خود را متوقف کرده بودند: این بازتابی از سرمایه‌گذاری محدود در معادن جدید است که در سال‌های اخیر انجام شده است.

عرضه زغال سنگ در مراحل STEPS تا ۲۰۳۰ و تغییر بر اساس سناریو



تقاضای جهانی زغال سنگ در سناریوی NZE تا سال ۲۰۳۰ تا ۴۵ درصد کاهش می‌یابد و این بدان معناست که نیازی به عرضه از معادن زغال سنگ جدید یا افزایش طول عمر معدن نیست.

چین تولید زغال سنگ را برای چند سال در حدود سطح فعلی ۳۰۰۰ میلیون تن نگه می‌دارد، اما با کاهش تقاضای زغال سنگ به دلیل سهم فزاینده‌ای از انرژی‌های تجدیدپذیر، تولید به حدود ۲۸۰۰ میلیون تن در سال ۲۰۳۰ کاهش می‌یابد. در APS، تولید زغال سنگ از اواسط دهه ۲۰۲۰ با سرعت بیشتری کاهش می‌یابد و عرضه در سال ۲۰۳۰ حدود ۱۵ درصد کمتر از سطح سال ۲۰۲۱ است. هند در سال ۲۰۲۱ به دومین تولیدکننده بزرگ زغال سنگ جهان تبدیل شد. با پشت سر گذاشتن استرالیا و اندونزی، و این کشور قصد دارد تولید داخلی را بیش از ۱۰۰ میلیون تن از سطح فعلی تا سال ۲۰۲۵ افزایش دهد. عرضه زغال سنگ از حدود ۴۵۰ میلیون تن در سال ۲۰۲۱ به ۵۵۰ Mtce در سال ۲۰۳۰ در STEPS و کمی بیش از ۵۰۰ Mtce در APS افزایش می‌یابد.

اندونزی شاهد کاهش ۱۰ درصدی تولید زغال سنگ در دوره تا ۲۰۳۰ در STEPS و ۲۰ درصد در APS است. اندونزی در حال حاضر نزدیک به ۸۰ درصد تولید زغال سنگ خود را صادر می‌کند که تقریباً ۱۰۰ درصد زغال سنگ حرارتی است و صادرات در سال‌های منتهی به ۲۰۳۰ در هر دو STEPS و APS به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد. در ایالات متحده، کاهش تقاضای داخلی برای زغال سنگ و فرصت‌های محدود برای بهره‌برداری

از بازارهای صادراتی به این معنی است که تولید در سال ۲۰۳۰ حدود ۶۵ درصد کمتر از سال ۲۰۲۱ در STEPS و حدود ۷۵ درصد در APS کمتر است.

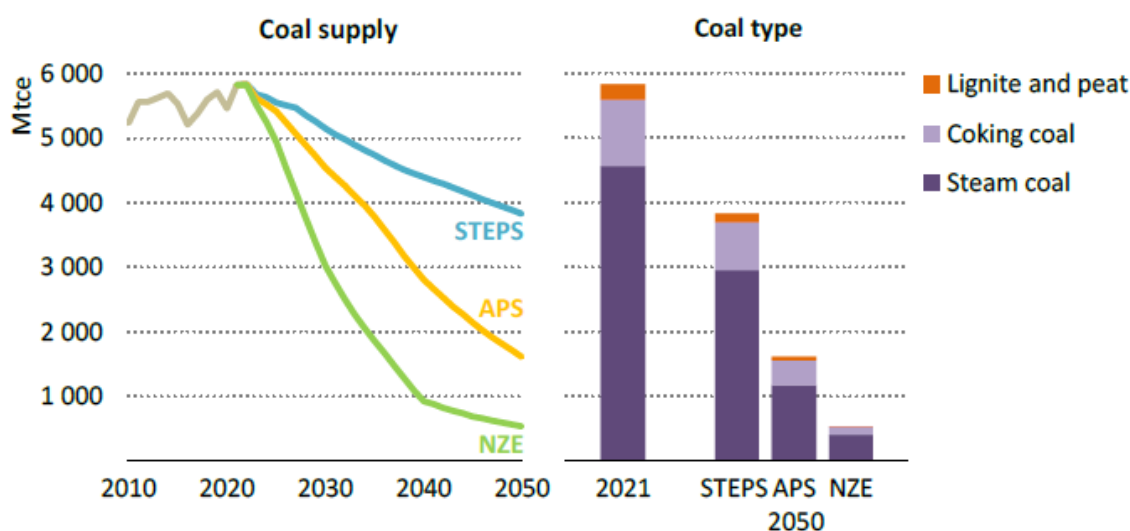
در استرالیا، تولید زغال سنگ بین سال‌های ۲۰۲۱ و ۲۰۳۰ در STEPS افزایش یافت و کاهش جزئی تقاضای داخلی تا حدی با افزایش صادرات جبران شد. در APS، تولید زغال سنگ آن در این دوره حدود ۲۵٪ کاهش می‌یابد. تولید زغال سنگ کک ثابت باقی می‌ماند و استرالیا تا سال ۲۰۳۰ هر سال حدود ۱۹۰ میلیون تن زغال سنگ کک صادر می‌کند. تولید زغال سنگ حرارتی در طول مدت مشابه با کاهش سریع تقاضا در کشورهای واردکننده کلیدی مانند ژاپن و کره، حدود ۴۰ درصد کاهش می‌یابد.

اروپا به دنبال جایگزینی واردات روسیه است، اما فرصت‌های محدودی برای تقویت تولید زغال سنگ بومی به روش‌هایی وجود دارد که با اهداف بلندمدت کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای سازگار باشد. عرضه به طور گسترده در راستای کاهش تقاضا کاهش می‌یابد و در STEPS تا سال ۲۰۳۰ حدود ۴۰ درصد و در APS بیش از ۵۵ درصد کاهش می‌یابد. کلمبیا با افزایش فعالیت‌های موجود و بازگشایی معادنی که در طول همه‌گیری کووید-۱۹ بسته شده بودند، در سال ۲۰۲۱ شاهد افزایش تولید زغال سنگ بود. بیش از ۸۰ درصد تولید آن را زغال سنگ حرارتی برای صادرات تشکیل می‌دهد که اروپا بازار اصلی آن است. همانطور که کشورهای اروپایی در حال گذار از تولید زغال سنگ هستند، تولید زغال سنگ در کلمبیا تا سال ۲۰۳۰ حدود ۳۵٪ در STEPS و ۶۰٪ در APS کاهش می‌یابد.

در سناریوی NZE، نیازی به معادن زغال سنگ جدید یا افزایش طول عمر معدن نیست. تولید زغال سنگ حرارتی تا سال ۲۰۳۰ ۵۰ درصد کاهش می‌یابد زیرا زغال سنگ به سرعت از بخش برق در همه کشورها حذف می‌شود. تولید زغال سنگ کک تا سال ۲۰۳۰ حدود ۳۰ درصد کاهش می‌یابد، کاهشی کمتر از زغال سنگ حرارتی، زیرا صنعت فولاد جایگزین‌های کمتری دارد.

روند عرضه پس از ۲۰۳۰

عرضه زغال سنگ بر اساس سناریو، ۲۰۱۰-۲۰۵۰



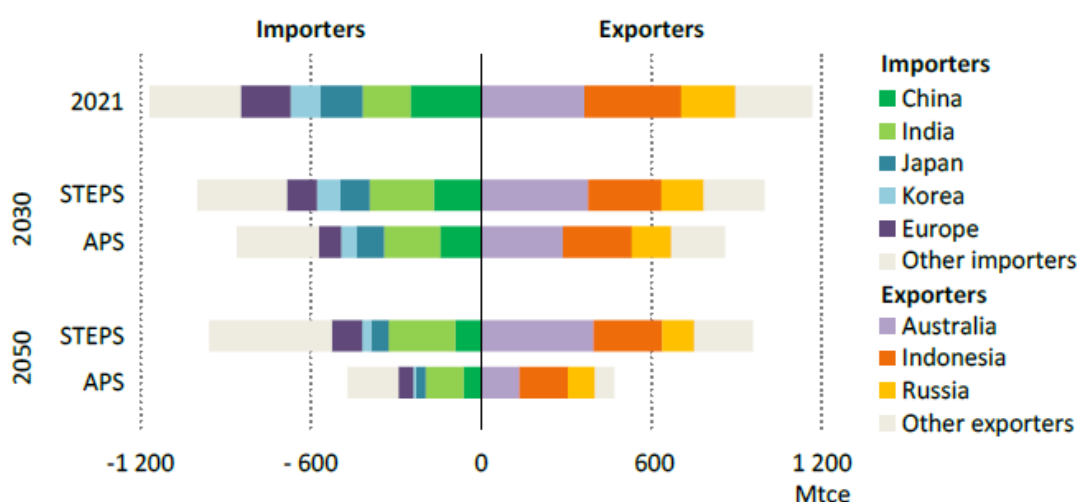
تولید زغال سنگ بین سال‌های ۲۰۲۱ و ۲۰۵۰ در STEPS حدود ۳۰ درصد، در APS ۷۰ درصد و در سناریوی NZE ۹۰ درصد کاهش می‌یابد. تولید زغال سنگ کک بسیار کمتر از زغال سنگ حرارتی کاهش می‌یابد.

در STEPS، عرضه جهانی زغال سنگ از سال ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۰ حدود ۲۵ درصد کاهش می‌یابد. چین تولید خود را حدود ۳۵ درصد کاهش می‌دهد. تولید در اندونزی به طور کلی بین سال‌های ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۰ ثابت است. در APS، عرضه جهانی زغال سنگ بین سال‌های ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۰ ۶۵ درصد کاهش می‌یابد. زغال سنگ حرارتی ۲۴۰۰ میلیون تن کاهش می‌یابد (۷۰ درصد کاهش) در نتیجه تلاش‌ها برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای از بخش برق، در حالی که زغال سنگ کک ۴۷۰ میلیون تن کاهش می‌یابد که منعکس کننده سوئیچینگ سوخت و بهبود بهره‌وری انرژی است. تولید در چین ۱۸۰۰ میلیون تن کاهش می‌یابد (۷۰ درصد کاهش): این نزدیک به دو سوم کاهش عرضه جهانی را شامل می‌شود. تولید در هند ۴۰۰ میلیون تن کاهش می‌یابد (۸۰ درصد کاهش). صادرکنندگان پیشرو، استرالیا و اندونزی، بین سال‌های ۲۰۳۰ و ۲۰۵۰ به ترتیب شاهد کاهش تولید به ترتیب حدود ۵۵ و ۴۰ درصد هستند.

در سناریوی NZE، تولید جهانی زغال سنگ بین سال‌های ۲۰۳۰ و ۲۰۵۰ ۸۰ درصد کاهش می‌یابد و به حدود ۱۰ درصد سطح تولید در سال ۲۰۲۱ می‌رسد، با تولید در سال ۲۰۵۰ به حدود ۴۱۰ میلیون تن زغال سنگ حرارتی و ۱۲۰ میلیون تن زغال سنگ کک.

تجارت زغال سنگ

برترین واردکنندگان و صادرکنندگان زغال سنگ بر اساس سناریو، ۲۰۲۱، ۲۰۳۰ و ۲۰۵۰



کاهش تقاضا در اقتصادهای پیشرفته و چین باعث کاهش ۲۵ درصدی تجارت زغال سنگ در APS تا سال ۲۰۳۰ و ۶۰ درصدی تا سال ۲۰۵۰ از سطح ۲۰۲۱ می‌شود.

منطقه آسیا و اقیانوسیه محرک اصلی تجارت بین‌المللی زغال سنگ است که بیش از سه چهارم واردات زغال سنگ جهانی را در سال ۲۰۲۱ به خود اختصاص داده است. چین بزرگترین واردکننده در سال ۲۰۲۱ (حدود ۲۵۰ میلیون تن) و پس از آن هند (حدود ۱۶۵ میلیون تن) بود. استرالیا و اندونزی دو صادرکننده اصلی زغال سنگ هستند که با هم ۶۰ درصد از صادرات زغال سنگ را در سال ۲۰۲۱ به خود اختصاص دادند. استرالیا به تنهایی بیش از نیمی از کل صادرات زغال سنگ کک را تامین کرد. روسیه سومین صادرکننده بزرگ زغال سنگ است. حدود نیمی از واردات زغال سنگ به اتحادیه اروپا در سال ۲۰۲۱ (حدود ۲۰٪ از کل تقاضای زغال سنگ اتحادیه اروپا) را تامین کرد. با این حال، تهاجم این کشور به اوکراین باعث شد اتحادیه اروپا از اوت ۲۰۲۲ ممنوعیت واردات زغال سنگ از روسیه را ممنوع کند.

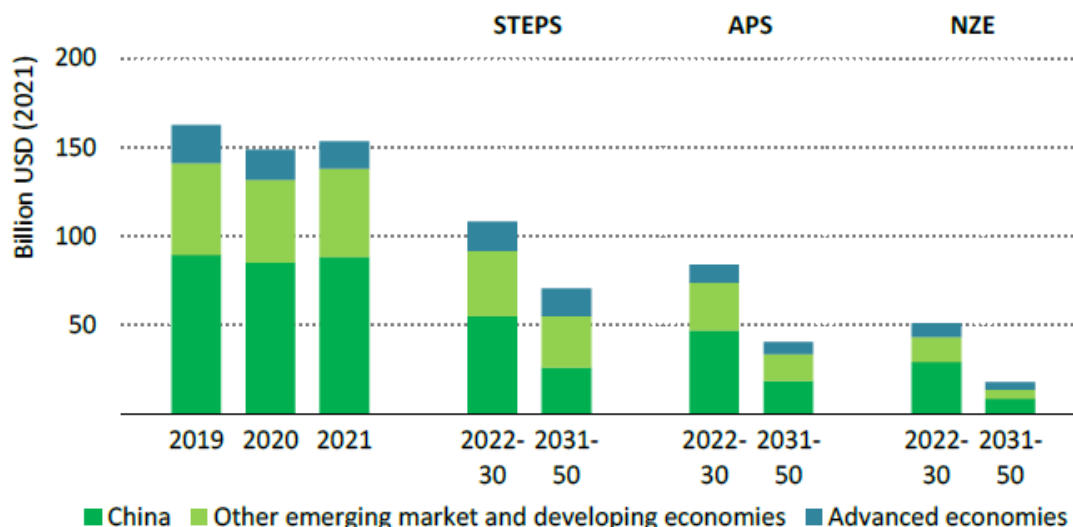


در STEPS، افزایش کوتاه مدت واردات به اتحادیه اروپا از آفریقای جنوبی، ایالات متحده و کلمبیا برای جایگزینی واردات از روسیه وجود دارد. با این حال، میزان زغال سنگ وارداتی توسط اتحادیه اروپا بین سال‌های ۲۰۲۱ تا ۲۰۳۰ حدود ۵۰ درصد کاهش می‌یابد و صادرات از آفریقای جنوبی و کلمبیا در این دوره بیش از ۳۰ درصد کاهش می‌یابد. هند در اواسط دهه ۲۰۲۰ به بزرگترین واردکننده جهان تبدیل شد: واردات آن تا سال ۲۰۳۰ ۳۵ درصد افزایش یافت در حالی که چین ۳۵ درصد کاهش یافت. در سال ۲۰۵۰، هند ۴۰ درصد بیشتر از سال ۲۰۲۱ زغال سنگ وارد می‌کند که بیشتر آن زغال سنگ کک است. این امر پویایی اقتصادهای صادرکننده را تغییر می‌دهد: صادرات استرالیا که عمدتاً زغال سنگ کک است، تا سال ۲۰۵۰ ۱۰ درصد افزایش می‌یابد، در حالی که اندونزی که عمدتاً صادرکننده زغال سنگ حرارتی است، شاهد کاهش ۳۰ درصدی صادرات است.

در APS، تجارت جهانی زغال سنگ تا سال ۲۰۳۰ تا ۲۵ درصد و تا سال ۲۰۵۰ ۶۰ درصد کاهش می‌یابد. در سال ۲۰۵۰، ۴۷۰ میلیون تن زغال سنگ وارد می‌شود، عمدتاً توسط کشورهای بین مراکز تولید و مصرف داخلی دارند. تولید با واردات تکمیل شود واردات زغال سنگ کک در هند تا سال ۲۰۳۰ با افزایش تولید فولاد ۴۰ درصد افزایش می‌یابد. با کاهش بازار زغال سنگ بخار، صادرات اندونزی تا سال ۲۰۳۰ ۳۰ درصد کاهش می‌یابد. استرالیا با کاهش کمتر از ۲۰ درصدی صادرات زغال سنگ تا سال ۲۰۳۰، وضعیت بهتری دارد، اگرچه صادرات آن بین سال‌های ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۰ حدود ۵۰ درصد کاهش می‌یابد زیرا استفاده از فناوری‌های انرژی پاک افزایش می‌یابد. در سناریوی NZE، تجارت جهانی زغال سنگ بین سال‌های ۲۰۲۱ تا ۲۰۵۰ به میزان ۹۰ درصد کاهش می‌یابد، زیرا فناوری‌های انرژی پاک به تدریج و به سرعت زغال سنگ را در سراسر سیستم انرژی جابجا می‌کنند.

سرمایه گذاری زغال سنگ

میانگین سرمایه‌گذاری سالانه در تامین زغال سنگ و تولید برق با سوخت زغال سنگ بر اساس سناریو



سرمایه‌گذاری در زغال سنگ در تمام سناریوها در این دهه کاهش می‌یابد

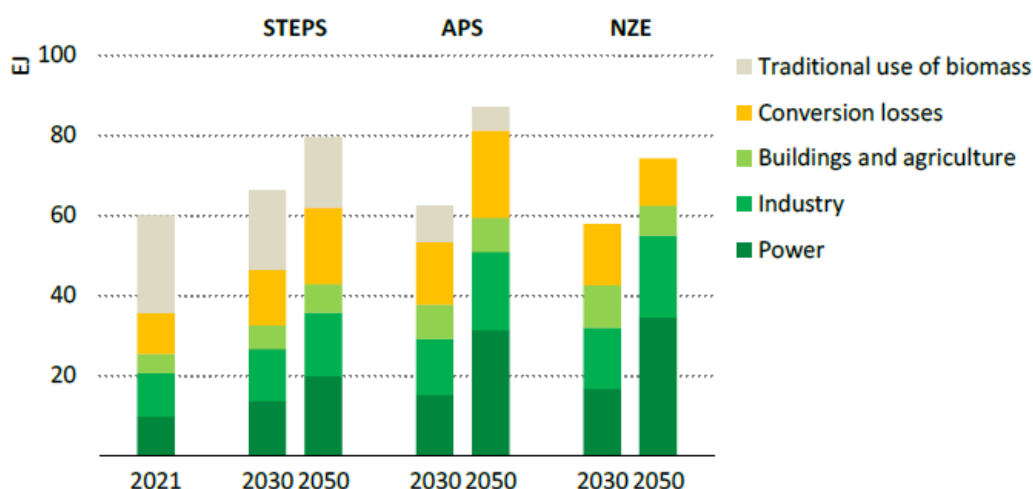
سرمایه‌گذاری در تولید زغال سنگ و تولید برق با سوخت زغال سنگ در سراسر جهان از سال ۲۰۱۵ تا کنون بیش از ۲۰ درصد کاهش یافته است. بیشترین سرمایه‌گذاری در سال‌های اخیر در چین و هند بوده است که با هم حدود ۷۰ درصد سرمایه‌گذاری جهانی در نیروگاه‌ها و تامین انرژی زغال سنگ را در سال ۲۰۲۱ تشکیل می‌دهند. سرمایه‌گذاری در عرضه زغال سنگ قرار است در آینده نزدیک در پاسخ به نگرانی‌های امنیت انرژی ناشی از تهاجم روسیه به اوکراین، بازگشت اخیر فعالیت‌های اقتصادی و افزایش تولید صنعتی در بازارهای نوظهور و اقتصادهای در حال توسعه افزایش یابد. در STEPS، ممنوعیت‌های برخی کشورها برای تامین مالی نیروگاه‌های جدید با سوخت زغال سنگ و پروژه‌های تامین در خارج از کشور همراه با سیاست‌های حذف زغال سنگ باعث می‌شود که میانگین سرمایه‌گذاری سالانه تا سال ۲۰۳۰ به میزان ۳۰ درصد نسبت به سطوح اخیر کاهش یابد.

در APS، کاهش بیشتری در هزینه‌ها، به ویژه در اقتصادهای پیشرفته وجود دارد. تا سال ۲۰۳۰، عملاً هیچ سرمایه‌گذاری زغال سنگ در اتحادیه اروپا وجود ندارد و اقتصادهای پیشرفته در آسیا به طور قابل توجهی سرمایه‌گذاری در زغال سنگ را کاهش می‌دهند. افزایش زیادی در سرمایه‌گذاری در CCUS وجود دارد که تا سال ۲۰۳۰ نیمی از کل سرمایه‌گذاری مربوط به زغال سنگ در تولید برق را تشکیل می‌دهد. در سناریوی NZE، نیازی به معادن زغال سنگ جدید یا افزایش طول عمر معدن نیست، و هیچ نیروگاه جدیدی با سوخت زغال سنگ تایید نشده است. میانگین سرمایه‌گذاری سالانه در زغال سنگ تا سال ۲۰۳۰ دو سوم کمتر از سال‌های اخیر است.

و باقی‌مانده سرمایه‌گذاری مربوط به زغال سنگ بر حفظ تولید در معادن موجود در حین پایان یافتن آنها و کاهش شدت انتشار آنها تا حد امکان متمرکز است.

بیوانرژی جامد

تقاضای انرژی زیستی جامد بر اساس سناریو



بیوانرژی جامد مدرن نقشی کلیدی در برآورده کردن وعده‌های انتشار خالص صفر ایفا می‌کند. استفاده سنتی از زیست توده به طور قابل توجهی در APS کاهش می‌یابد و در سناریوی NZE حذف می‌شود.

در سراسر جهان، حدود ۶۰ EJ (۲۰۰۰ Mtce) از انرژی زیستی جامد در سال ۲۰۲۱ استفاده شد. استفاده سنتی ناکارآمد از زیست توده برای پخت و پز و گرمایش در کشورهای در حال توسعه حدود ۲۵ EJ، عمدتاً در آفریقا (۵۰٪ از کل) و آسیا (۴۵٪) را به خود اختصاص داده است.

در STEPS، پیشرفت محدودی در دسترسی جهانی به پخت و پز تمیز وجود دارد و استفاده سنتی از زیست توده تا سال ۲۰۳۰ تنها ۲۰ درصد کاهش یافته است. در APS، تعهدات دولت‌ها در مورد اهداف آشپزی تمیز به موقع و به طور کامل محقق می‌شود. استفاده سنتی از زیست توده ۶۰ درصد از سطوح ۲۰۲۱ تا ۲۰۳۰ و حدود ۷۵ درصد تا سال ۲۰۵۰ کاهش می‌یابد. استفاده مدرن از انرژی زیستی جامد در تولید برق و مصرف نهایی تا سال ۲۰۳۰ ۵۰ درصد افزایش می‌یابد و تا سال ۲۰۵۰ بیش از دو برابر می‌شود. در سناریوی NZE، استفاده سنتی از زیست توده تا سال ۲۰۳۰ در سراسر جهان حذف می‌شود.

یافته های کلیدی چشم انداز سوخت های جامد

- تقاضای جهانی زغال سنگ در سال ۲۰۲۱ به شدت افزایش یافت و به ۵۶۴۰ میلیون تن رسید زیرا اقتصادها پس از بیماری همه گیر بهبود یافتند و تولید برق با سوخت زغال سنگ در سال ۲۰۲۱ به بالاترین حد خود رسید. هم چین و هم هند سرمایه گذاری در تولید داخلی زغال سنگ را افزایش داده اند، اما تولید جهانی برای همگام شدن با افزایش تقاضا تلاش کرد و باعث افزایش قیمت زغال سنگ شد. روسیه - سومین صادرکننده بزرگ زغال سنگ در جهان - و تهاجم این کشور به اوکراین، پویایی بازار زغال سنگ را پیچیده کرد و فشار بیشتری را بر قیمت ها وارد کرد.
- چشم انداز زغال سنگ به شدت به قدرت عزم جهان برای مقابله با تغییرات آب و هوایی بستگی دارد. در سناریوی سیاست های بیان شده (STEPS)، تقاضای زغال سنگ به تدریج کاهش می یابد. در سناریوی تعهدات اعلام شده (APS)، تا سال ۲۰۳۰ حدود ۲۰ درصد کمتر از سطح فعلی و تا سال ۲۰۵۰ ۷۰ درصد کاهش می یابد. تقاضای زغال سنگ در چین در اوایل دهه ۲۰۲۰ و در هند در اواخر دهه ۲۰۲۰ به اوج خود می رسد. در سناریوی انتشار خالص صفر تا سال ۲۰۵۰ (NZE)، تقاضا تا سال ۲۰۳۰ ۴۵ درصد و تا سال ۲۰۵۰ ۹۰ درصد کاهش می یابد.
- استفاده بسیار محدودی از جذب، استفاده و ذخیره کربن (CCUS) با زغال سنگ در مراحل STEPS وجود دارد. حدود ۵۰۰ میلیون تن زغال سنگ مصرف شده در سال ۲۰۵۰ به CCUS در هر دو سناریوی APS و NZE مجهز شده است که مربوط به حدود ۳۰ درصد تقاضای زغال سنگ در APS و بیش از ۸۰ درصد در سناریوی NZE در سال ۲۰۵۰ است. استفاده زغال سنگ در سناریو NZE بین ۲۰۲۱ و ۲۰۵۰ ۹۹ درصد کاهش می یابد.
- پس از ممنوعیت اتحادیه اروپا بر واردات روسیه، افزایش کوتاه مدت در مصرف زغال سنگ در اروپا از منابع مختلفی از جمله آفریقای جنوبی و کلمبیا تامین می شود. منطقه آسیا و اقیانوسیه بیش از سه چهارم واردات زغال سنگ جهان را در سال ۲۰۲۱ به خود اختصاص داده است و قرار است این سهم افزایش یابد. علیرغم تلاش ها برای افزایش تولید داخلی، هند در اواسط دهه ۲۰۲۰ به بزرگترین واردکننده زغال سنگ در جهان تبدیل شد، در حالی که، تا حد زیادی، چین بزرگترین تولیدکننده و مصرف کننده باقی مانده است. در APS، تجارت زغال سنگ تا سال ۲۰۵۰ ۶۰ درصد کاهش می یابد. در سناریوی NZE، ۹۰٪ کاهش می یابد.



- تقریباً ۲۵ اگزاژول (EJ) زیست توده معادل ۸۳۰ Mtce برای پخت و پز سنتی و گرمایش در سال ۲۰۲۱، عمدتاً در اقتصادهای در حال توسعه در آفریقا و آسیا استفاده شد. این میزان در STEPS تا سال ۲۰۳۰ ۲۰ درصد کاهش می‌یابد، که هنوز حدود ۲ میلیارد نفر را بدون دسترسی به آشپزی تمیز باقی می‌گذارد. در APS، استفاده سنتی از زیست توده تا سال ۲۰۳۰ بیش از ۶۰ درصد کاهش می‌یابد. در سناریوی NZE، دسترسی جهانی به پخت و پز تمیز تا سال ۲۰۳۰ حاصل می‌شود و استفاده سنتی از زیست توده به طور کامل حذف می‌شود.
- حدود ۳۵ EJ انرژی زیستی جامد مدرن در سال ۲۰۲۱ عمدتاً برای تولید گرما، برق و تبدیل به سوخت‌های زیستی مایع و گاز مصرف شد. این میزان تا سال ۲۰۳۰ در هر سناریو افزایش می‌یابد و در ۳۰ STEPS درصد، در ۵۰ APS درصد و در سناریوی NZE کمی بیش از ۶۰ درصد افزایش می‌یابد.