



اتاق بازرگانی، صنایع، معادن و کشاورزی تهران  
معاونت بررسی‌های اقتصادی

# چشم‌انداز بخش انرژی ۲۰۵۰

براساس گزارش بریتیش پترولیوم (BP)  
تهیه شده توسط فروغ کریمی امیرکیاسر  
مهر ۱۳۹۹





## ۳ سناریو احتمالی گزارش چشم‌انداز انرژی ۲۰۵۰

- در گزارش چشم‌انداز انرژی سال ۲۰۲۰، بریتیش پترولیوم (BP) سه سناریو کلیدی بررسی و براساس آنها مسیرهای گوناگونی برای سیستم انرژی جهان در سال ۲۰۵۰ ارائه می‌شود. شایان ذکر است، سناریوها به معنی پیش‌بینی اتفاقات آینده در بازار انرژی نیست، بلکه طیفی از تمامی نتایج احتمالی طی ۳۰ سال آتی را به تصویر می‌کشد.
- **سناریوی «گذار سریع»** مجموعه‌ای از خط‌مشی‌های سیاسی را به دنبال دارد که در نتیجه افزایش قابل توجه قیمت‌های کربن ایجاد شده و توسط اقدامات خاص بخش‌های هدف گذاری شده، مورد حمایت قرار می‌گیرد که در نتیجه آن، انتشار کربن ناشی از مصرف انرژی تا سال ۲۰۵۰ حدود ۷۰ درصد کاهش می‌یابد. این کاهش انتشار، همگام با سناریوهایی است که افزایش دمای کره زمین تا سال ۲۱۰۰ را کمتر از ۲ درجه سلسیوس بالاتر از سطوح پیش از صنعتی شدن، محدود می‌کند (نمودار ۱).

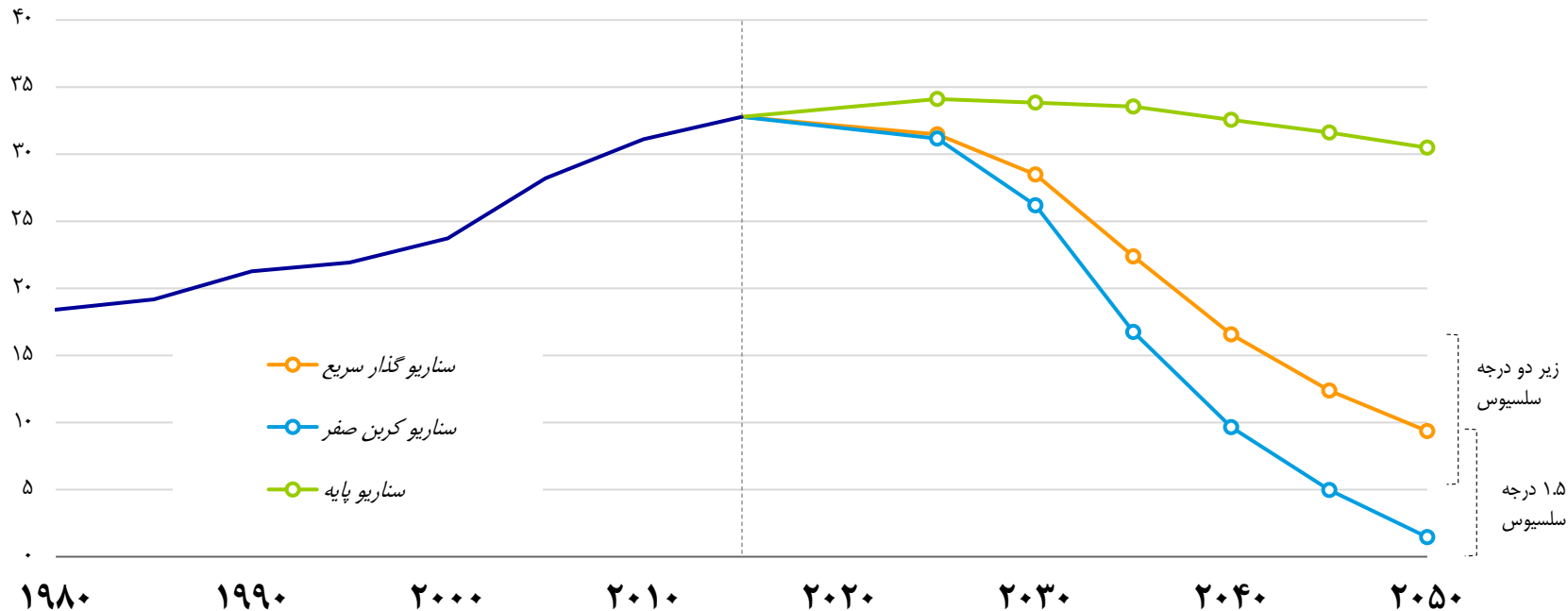


## ۳ سناریو احتمالی گزارش چشم‌انداز انرژی ۲۰۵۰

- **سناریوی «کربن صفر»** فرض می‌کند اقدامات سیاستی قرار داده شده در سناریوی «گذار سریع» با تغییرات قابل توجه در رفتارها و ترجیحات اجتماعی همراه شده که کاهش انتشار کربن را گذار سریع می‌کند. در این سناریو، انتشار کربن ناشی از مصرف انرژی تا سال ۲۰۵۰ بیش از ۹۵ درصد کاهش می‌یابد که تا حدود زیادی همراستا با سناریوهایی است که گرمایش جهانی را تا ۱.۵ درجه سلسیوس محدود می‌کند (نمودار ۱).
  - **سناریوی «پایه یا Business As Usual (BAU)»** فرض می‌کند که سیاست دولت‌ها، فناوری‌ها و ترجیحات اجتماعی همچنان به روش و سرعتی که در گذشته مشاهده شده ادامه می‌یابند. استمرار این روند بدین معنی است که انتشارات کربن در اواسط دهه ۲۰۲۰ به اوج خود می‌رسد. با این وجود، پیشرفت کمی در زمینه کاهش انتشار کربن ناشی از استفاده از انرژی ایجاد می‌شود؛ بطوریکه انتشار کربن در سال ۲۰۵۰ کمتر از ۱۰ درصد زیر سطح سال ۲۰۱۸ قرار دارد (نمودار ۱).
- تقاضای انرژی اولیه در سناریوی «گذار سریع» و «کربن صفر» حدود ۱۰ درصد و در سناریو «BAU» حدود ۲۵ درصد افزایش خواهد یافت.

گیگاتن دی اکسید کربن

نمودار ۱- میزان انتشار دی اکسید کربن ناشی از مصرف انرژی





bp



# تغییر ساختار تقاضای انرژی جهانی

**برق:** بخش نیرو نقش مهمی در سیستم انرژی جهان ایفا می‌کند. رشد تقاضای نهایی برق در هر سه سناریو تقریباً مشابه است و به طور متوسط سالانه ۲ درصد خواهد بود، به مانند اینکه تقاضا تا سال ۲۰۵۰ حدود ۸۰ درصد افزایش یابد. میزان برق‌رسانی سیستم انرژی در سناریو «گذار سریع» و «کربن صفر» بیشتر است. سهم برق از مصرف نهایی کل از بالای ۲۰ درصد در سال ۲۰۱۸ به ۴۵ درصد در سناریو «گذار سریع»، به بالای ۵۰ درصد در سناریو «کربن صفر»، و تنها ۳۴ درصد در سناریو «پایه» تا سال ۲۰۵۰ خواهد رسید (نمودار ۲).

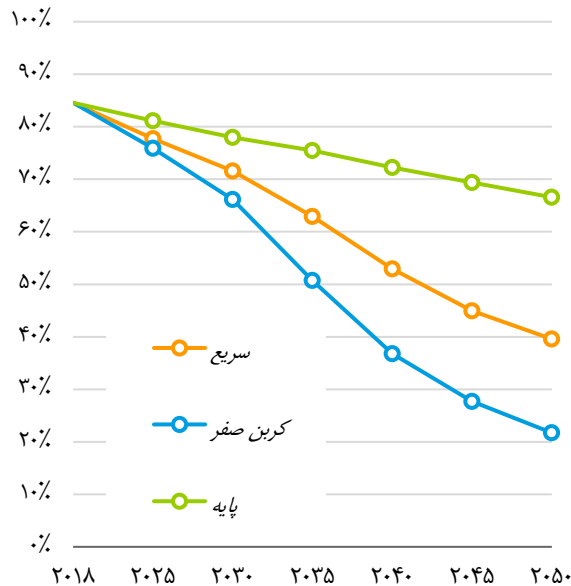
**تجدیدپذیرها:** با حرکت جهان به سمت منابع انرژی کم کربن، رشد مصرف انرژی اولیه طی افق چشم‌انداز عمدتاً ناشی از انرژی تجدیدپذیر خواهد بود. انرژی‌های تجدیدپذیر - از جمله بادی، خورشیدی، گرمایش زمینی، انرژی زیستی به استثنای برق آبی - در سناریو «گذار سریع» و «کربن صفر» ۱۰ برابر بیشتر می‌شود و سهم آن از مصرف انرژی اولیه از ۵ درصد در سال ۲۰۱۸ به بالای ۴۰ درصد در سال ۲۰۵۰ در سناریو «گذار سریع» و به تقریباً ۶۰ درصد در سناریو «کربن صفر» می‌رسد (نمودار ۲). اگرچه رشد تجدیدپذیرها در سناریو «پایه» کمتر مشاهده می‌شود، اما حدود ۹۰ درصد رشد مصرف کل انرژی اولیه طی ۳۰ سال آینده را شامل خواهد شد.

**سوخت‌های فسیلی:** طی افق ۲۰۵۰، سهم سوخت‌های فسیلی از مصرف انرژی اولیه کاهش خواهد یافت. این سهم از حدود ۸۵ درصد در سال ۲۰۱۸ به ۲۲ درصد در سال ۲۰۵۰ در سناریو «کربن صفر»، ۴۰ درصد در سناریو «گذار سریع» و ۶۷ درصد در سناریو «پایه» خواهند رسید (نمودار ۲).

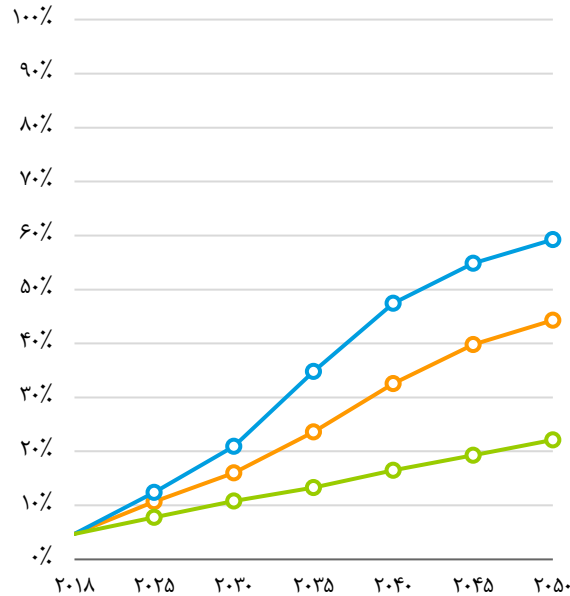
# تغییر ساختار تقاضای انرژی جهانی

## نمودار ۲- تغییر ساختار مصرف انرژی جهان

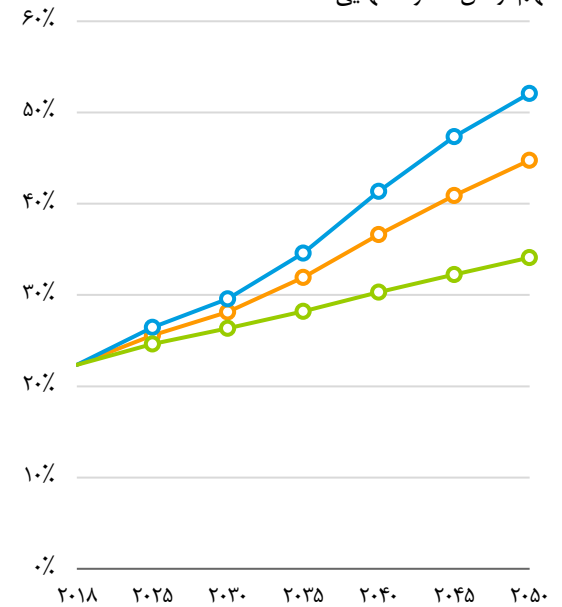
سوخت‌های فسیلی  
سهم از مصرف انرژی اولیه



تجدیدپذیرها  
سهم از مصرف انرژی اولیه



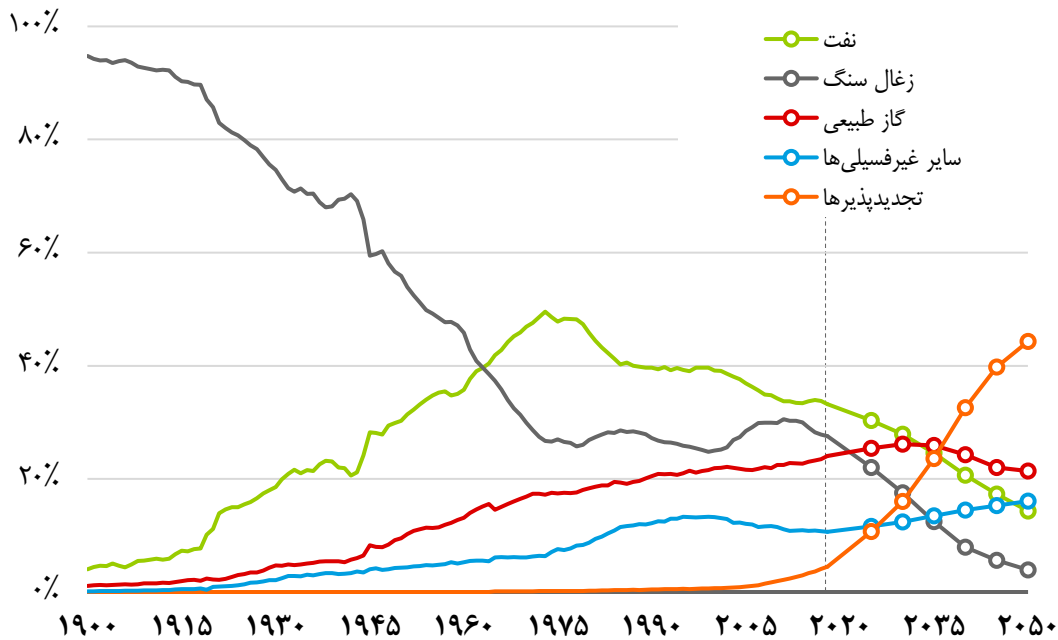
برق  
سهم از کل مصرف نهایی



# تغییر ساختار تقاضای انرژی جهانی



نمودار ۳- سهم از مصرف انرژی اولیه در سناریو «گذار سریع»



گذار به سمت سیستم انرژی کم‌کربن در سناریو «گذار سریع» منجر به تغییرهای ساختاری اساسی و تغییر شکل سیستم انرژی جهانی می‌شود.

جابه‌جایی قابل توجهی از هیدروکربن‌های سنتی (نفت، گاز طبیعی و ذغال سنگ) به سوخت‌های غیرفسیلی از جمله تجدیدپذیرها وجود دارد. ترکیب انرژی متنوع‌تر (نفت، گاز طبیعی، تجدیدپذیرها و ذغال سنگ) خواهد بود. با افزایش تنوع در ترکیب سوختی، رقابت مابین مصرف اشکال گوناگون انرژی بیشتر خواهد شد.

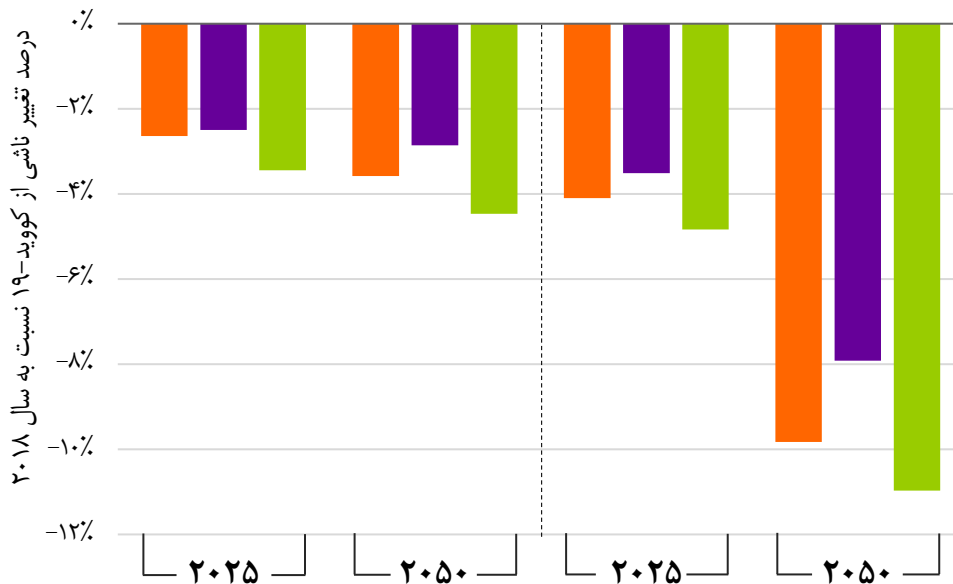
در سال ۲۰۱۸، نفت و زغال سنگ بیشترین سهم را از مصرف انرژی اولیه داشتند؛ این در حالی است که در سناریو «گذار سریع» انتظار می‌رود در سال ۲۰۵۰ تجدیدپذیرها حدود نیمی از کل مصرف انرژی اولیه جهان را به خود اختصاص دهند (نمودار ۳).

# اثرات بحران کووید-۱۹

## نمودار ۴- اثرات کووید-۱۹

مورد جایگزین: اثرات وسیع تر کووید-۱۹ اثر کووید-۱۹ بر سناریو «گذار سریع»

تقاضای نفت ■ انرژی اولیه ■ تولید ناخالص داخلی



در سناریوهای کلیدی، با کاهش محدودیت‌ها، فعالیت‌های اقتصادی طی چند سال آینده تاحدودی بهبود خواهند یافت؛ اما برخی اثرات باقی خواهد ماند سطح تولید ناخالص داخلی در سال ۲۰۲۵ حدود ۲.۵ درصد کمتر و در سال ۲۰۵۰ حدود ۳.۵ درصد کمتر خواهد شد. این اثرات، اقتصادهای نوظهور، مانند هند، برزیل و آفریقا را به طور نامتناسب‌تری تحت تاثیر قرار خواهد داد (نمودار ۴).

در سناریو «گذار سریع» انتظار می‌رود که اثر پاندمی منجر به کاهش ۲.۵ درصدی سطح تقاضای انرژی در سال ۲۰۲۵ و کاهش ۳ درصدی آن در سال ۲۰۵۰ شود. این اثر در تقاضای نفتی بیشتر مشاهده می‌شود؛ بطوریکه در سال ۲۰۲۵ تقاضای نفت ۳ میلیون بشکه در روز و در سال ۲۰۵۰، دو میلیون بشکه در روز کمتر است.

این ریسک وجود دارد که ضررهای اقتصادی ناشی از کووید-۱۹ ممکن است وسیع‌تر باشد؛ بخصوص اگر موج‌های بیشتر انتشار این ویروس مشاهده شود. با این احتمال، ممکن است سطح تولید ناخالص داخلی جهان تا سال ۲۰۲۵، ۴ درصد و تا سال ۲۰۵۰، ۱۰ درصد کاهش یابد.





## چشم‌انداز تقاضای نفت

در سه سناریو مورد بررسی، انتظار می‌رود مصرف نفت در دو سناریو «گذار سریع» و «کربن صفر» کاهش بیشتری را تجربه کند. تا سال ۲۰۵۰، مصرف نفت در سناریو «گذار سریع» افت حدود ۵۲ درصدی نسبت به سطح ۲۰۱۸ که معادل ۹۷ میلیون بشکه در روز است را تجربه می‌کند. این کاهش برای سناریو «کربن صفر»، ۷۵ درصد و در سناریو «پایه» حدود ۸ درصد پیش‌بینی شده است (نمودار ۵).

انتظار می‌رود در سال ۲۰۳۰، مصرف جهانی نفت بین ۸۷ میلیون بشکه در روز (سناریوی کربن صفر) تا ۹۷.۸ میلیون بشکه در روز (سناریوی پایه) متغیر باشد. به عبارتی بالاترین مصرف جهانی نفت در سناریوی پایه در سال ۲۰۳۰ خواهد بود و بعد از آن روند کاهشی مصرف در این سناریو مشابه سایر سناریوهای کربن صفر و گذار سریع کم، آغاز خواهد شد.

تا سال ۲۰۵۰، در سناریو «گذار سریع» عمده کاهش تقاضای نفت ناشی از کاهش تقاضا برای مصارف غیرحمل و نقلی خواهد بود. مصارف نفت در خودروهای مسافری و سایر حمل و نقل جاده‌ای نیز سهم قابل توجهی در کاهش تقاضای نفت در سناریوی «گذار سریع» در سال ۲۰۵۰ خواهند داشت (نمودار ۵).

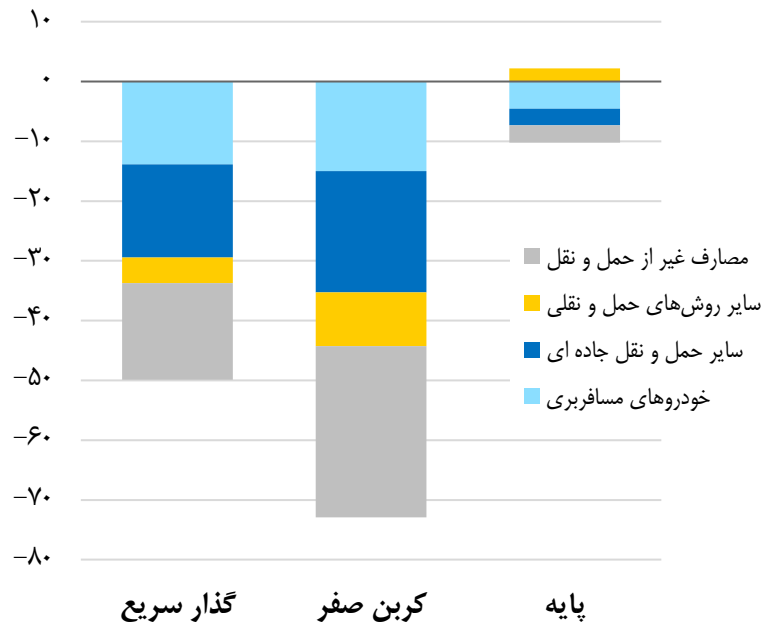
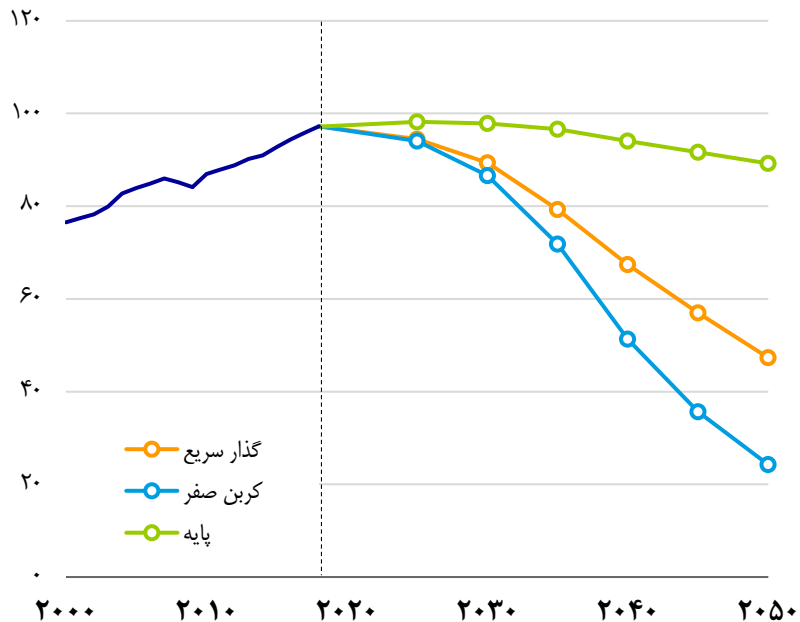
در سناریو «کربن صفر» سهم بزرگی از کاهش تقاضای نفت از کاهش مصارف غیرحمل و نقلی آن است. این در حالی است که در سناریو «پایه» کاهش مصرف نفت در خودروهای مسافری، هر چند ناچیز، بیشترین سهم را در کاهش تقاضای نفت در این سناریو خواهد داشت (نمودار ۵).

# چشم‌انداز تقاضای نفت

## نمودار ۵- کاهش تقاضای نفت در سال ۲۰۵۰

مصرف نفت (میلیون بشکه در روز)

تغییرات در تقاضای نفت، ۲۰۱۸ تا ۲۰۵۰ (میلیون بشکه در روز)

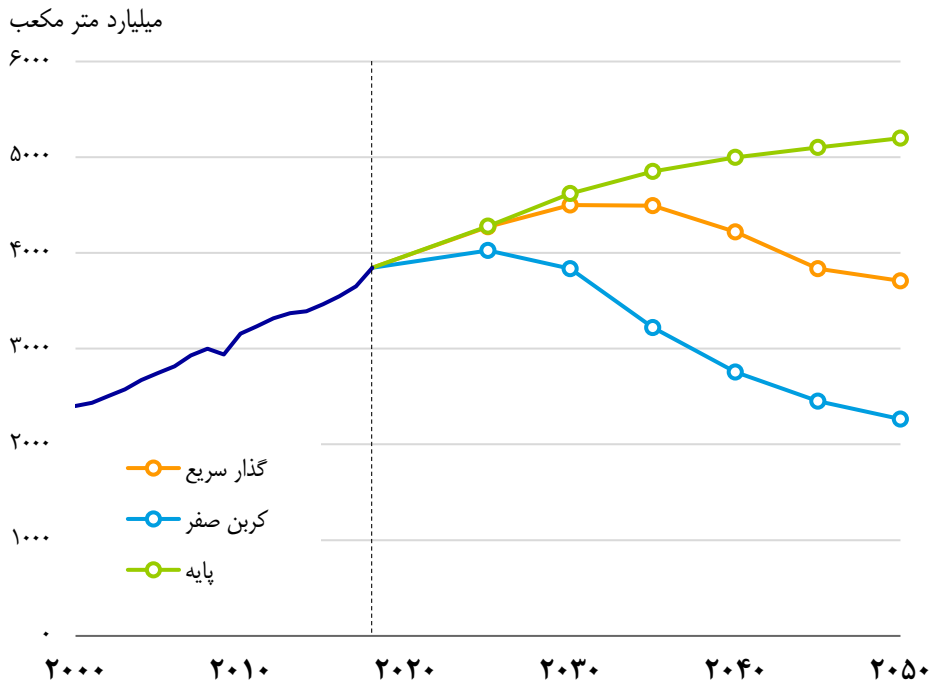


(۱) خودروهای مسافری از جمله دو یا سه چرخه‌ها مانند موتورسیکلت  
 (۲) سایر حمل و نقل جاده‌ای: کامیون و اتوبوس  
 (۳) سایر روش‌های حمل و نقلی: هوایی، دریایی و ریلی

# چشم‌انداز مصرف گاز طبیعی



## نمودار ۶- مصرف گاز طبیعی



- در سناریو «پایه»، مصرف گاز طبیعی به روند رو به رشد خود ادامه خواهد داد و تا سال ۲۰۵۰، حدود ۳۵ درصد بالاتر از سطح سال ۲۰۱۸ که معادل ۳۸۴ هزارمیلیاردمترمکعب است، قرار خواهد گرفت (نمودار ۶).

- در سناریو «گذار سریع» روند رو به رشد مصرف گاز طبیعی تا سال ۲۰۳۰ ادامه خواهد داشت؛ اما پس از آن روند کاهشی را در پیش خواهد گرفت؛ بطوریکه تا سال ۲۰۵۰ مصرف گاز طبیعی در این سناریو حدود ۳۵ درصد کمتر از سال ۲۰۱۸ خواهد بود (نمودار ۶).

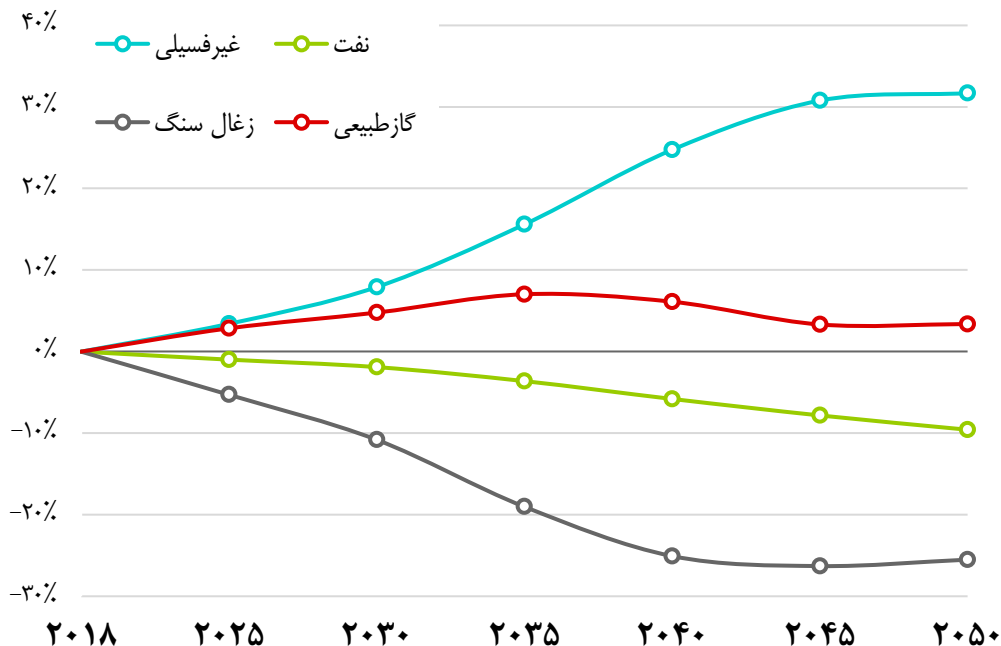
- در سناریو «کربن صفر»، مصرف گاز طبیعی از اواسط دهه ۲۰۲۰ شروع به کاهش می‌کند و با شیب تندی این روند ادامه می‌یابد؛ بطوریکه در سال ۲۰۵۰ مصرف گاز طبیعی جهان در این سناریو حدود ۴۱ درصد کمتر از سطح ۲۰۱۸ خواهد شد (نمودار ۶).



# نقش حمایتی گاز طبیعی



نمودار ۷- اختلاف در سهم‌های مصرف انرژی اولیه در سناریو «گذار سریع» در مقایسه یا سناریو «پایه» در هند و سایر کشورهای آسیایی\*



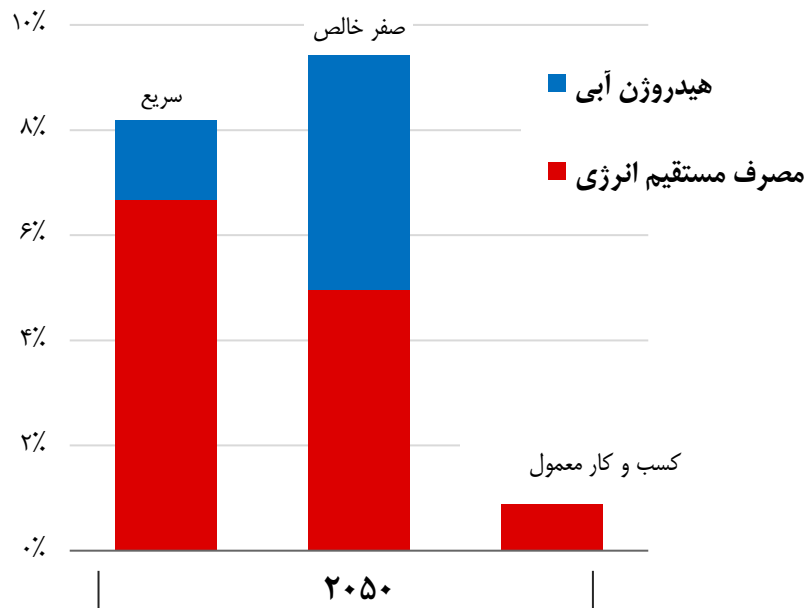
\* کشورهای آسیایی به غیر از چین و کشورهای OECD در آسیا

نقش گاز طبیعی در جهت حمایت از گذار از سمت زغال سنگ به سمت انرژی کم کربن، در هند و سایر کشورهای آسیا (کشورهای آسیایی به غیر از چین و کشورهای OECD در آسیا) کاملاً مشهود است. افت بیشتر سهم زغال سنگ در سناریو «گذار سریع» در مقایسه با سناریو «پایه» عمدتاً با رشد گذار سریع سوخت‌های غیرفسیلی، که ناشی از انرژی تجدیدپذیر است، جبران می‌شود. البته، با افزایش سرعت رشد مصرف منابع انرژی غیر فسیلی، این نقش حمایتی در اواخر افق چشم‌انداز محو می‌شود (نمودار ۷).



# گاز طبیعی به عنوان منبع انرژی با کربن نزدیک به صفر

نمودار ۸- گاز طبیعی به همراه \* CCUS به عنوان سهمی از انرژی اولیه



یکی دیگر از نقش‌های گاز طبیعی، زمانی است که به همراه فناوری CCUS به عنوان منبعی از نیروی کربن صفر به شمار می‌رود که یا از طریق منبع مستقیم انرژی برای بخش‌های نیرو و صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرد و یا به منظور تولید هیدروژن آبی به کار گرفته می‌شود.

این نقش گاز طبیعی در سناریو «گذار سریع»، نسبت به سناریو «پایه» شفاف‌تر است؛ بطوریکه در سناریو «گذار سریع»، تا سال ۲۰۵۰ گاز طبیعی به همراه CCUS حدود ۸ درصد مصرف انرژی اولیه را تشکیل می‌دهد، در حالی که در سناریو «پایه» این سهم تنها ۱ درصد است. عمده گاز طبیعی به همراه CCUS در سناریو «گذار سریع» به عنوان منبع مستقیم انرژی در بخش نیرو و صنعت مورد استفاده قرار می‌گیرد و سهم کمی از آن برای تولید «هیدروژن آبی» به کار می‌رود (نمودار ۸).

CCUS: جذب، استفاده و ذخیره کربن، فناوری مهمی در جهت کاهش انتشار گازهای آلوده است. در این فناوری دی‌اکسید کربن جذب می‌شود و برای مصارف دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرد.

هیدروژن آبی با استفاده از فناوری CCUS از گاز طبیعی استخراج می‌شود.



# انرژی تجدیدپذیر در بخش نیرو



انرژی تجدیدپذیر مورد استفاده در بخش نیرو - بادی، خورشیدی، زیست توده و زمین گرمایی - در سه سناریو به سرعت رشد خواهد داشت که ناشی از کاهش هزینه‌های تولید و اعمال سیاست‌های تشویقی گذار به سمت منبع انرژی کم کربن خواهد بود.

سرعت رشد مصرف انرژی تجدیدپذیر در سناریو «گذار سریع» و «کربن صفر»، بسیار بیشتر از رشد مصرف انرژی اولیه است؛ به ترتیب ۲۵۰ اگزاژوال و ۳۵۰ اگزاژول رشد دارد که حدوداً ۵ تا ۷ برابر بیشتر از رشد کل مصرف انرژی اولیه است (نمودار ۹).

سهم تجدیدپذیرها از مصرف انرژی اولیه از ۵ درصد در سال ۲۰۱۸ به ۴۵ درصد در سال ۲۰۵۰ در سناریو «گذار سریع» و به ۶۰ درصد در سناریو «کربن صفر» خواهد رسید (نمودار ۹).

رشد مصرف انرژی تجدیدپذیر عمدتاً ناشی از افزایش استفاده از انرژی خورشیدی و بادی است. طی ۳۰ سال آینده، هزینه‌های بهره‌برداری انرژی‌های بادی و خورشیدی در سناریو «گذار سریع» به ترتیب به ۳۰ درصد و ۶۵ درصد و در سناریو «کربن صفر» به ۳۵ درصد و ۷۰ درصد ارقام سال ۲۰۱۸ می‌رسد (نمودار ۹).



# انرژی تجدیدپذیر در بخش نیرو

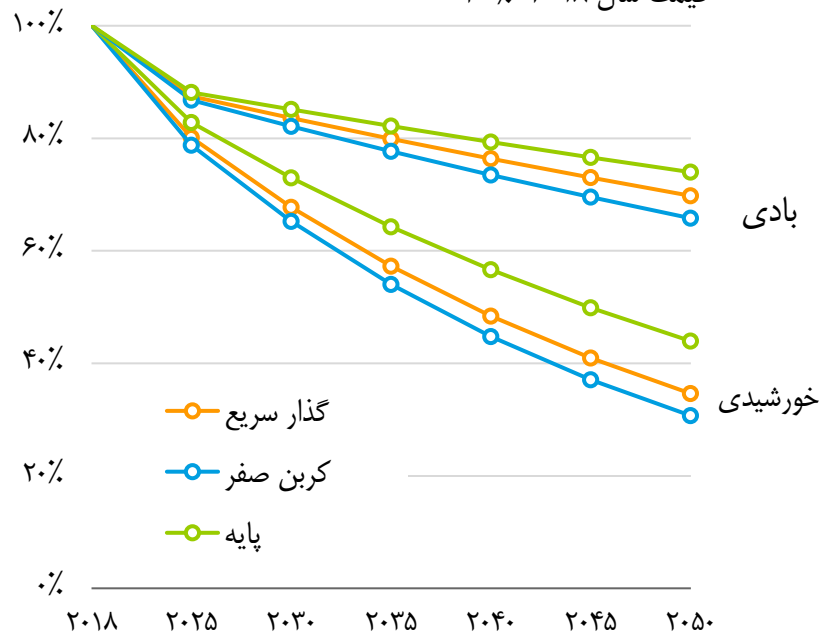
نمودار ۹

### انرژی تجدیدپذیر مورد استفاده در بخش نیرو



### هزینه انرژی بادی و خورشیدی به تفکیک سناریو

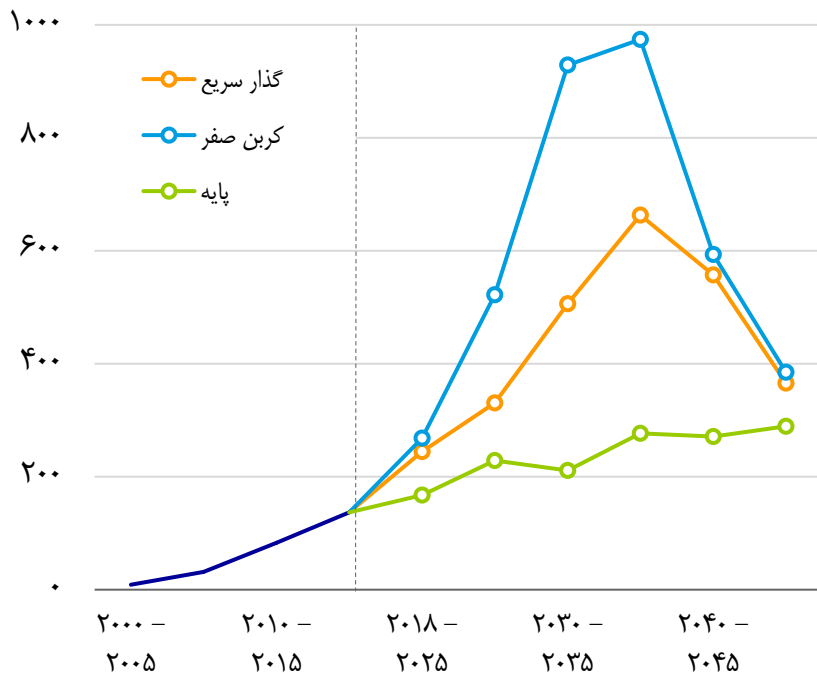
قیمت سال ۲۰۱۸ = ۱۰۰٪



# ظرفیت انرژی بادی و خورشیدی

نمودار ۱۰- متوسط افزایش سالانه ظرفیت بادی و خورشیدی

گیگاوات



اگرچه این رشد گذار سریع در ظرفیت بادی و خورشیدی نیازمند یک رشد گذار سریع در مخارج سرمایه‌گذاری است، اما وسعت آن تا حدودی با افت هزینه‌های توسعه انرژی بادی و خورشیدی جبران می‌شود.

رشد گذار سریع تولید نیروی بادی و خورشیدی در سناریو «گذر سریع» و «کربن صفر» در سال ۲۰۳۵ به بالاترین سطح خود می‌رسد و پس از آن، به دلیل هزینه‌های متناوب ساخت که در الگوهای مازاد ظرفیت منعکس می‌شود، روند کاهشی را طی می‌کند.

شتاب حاصل از ایجاد ظرفیت بادی و خورشیدی در سناریو «پایه» تدریجی‌تر و باثبات‌تر است؛ اگرچه که متوسط نرخ سالانه ساخت ظرفیت (۲۳۵ گیگاوات) طی افق چشم‌انداز همچنان نسبت به گذشته به طور قابل توجهی بالاتر است.





روند برق‌رسانی در جهان ادامه دارد و بخش نیرو نقش اساسی در سیستم تامین انرژی جهان ایفا می‌کند. رشد تقاضای نهایی برق در سه سناریو مشابه است که به طور متوسط کمتر از دو درصد در سال است و با این روند رشد تا سال ۲۰۵۰ به ۸۰ درصد می‌رسد. سطح برق‌رسانی در سیستم انرژی در سناریو «گذار سریع» و «کربن صفر» بیشتر است. سهم برق از کل مصرف نهایی از حدود ۲۰ درصد در سال ۲۰۱۸ به ۴۵ درصد در سال ۲۰۵۰ در سناریو «گذار سریع» و به بیش از ۵۰ درصد در سناریو «کربن صفر»، و ۳۴ درصد در سناریو «پایه» خواهد رسید (نمودار ۱۲).

انرژی مورد نیاز برای پاسخگویی به مصرف فزاینده برق برای مصرف نهایی، منبع اصلی تقاضای رو به رشد در هر سه سناریو است. در نتیجه، سهم انرژی اولیه که توسط بخش نیرو جذب شده، از ۴۳ درصد در سال ۲۰۱۸ به حدود ۶۰ درصد در سال ۲۰۵۰ در سناریو «گذار سریع» و «کربن صفر» و به حدود ۵۰ درصد در سناریو «پایه» می‌رسد.

عمده رشد تقاضای برق در هر سه سناریو توسط بازارهای نوظهور و پس از آن، آسیا در حال توسعه (چین، هند و سایر کشورهای آسیایی) و آفریقا هدایت می‌شود زیرا افزایش رفاه و سطح زندگی در این مناطق باعث افزایش مصرف برق خواهد شد.

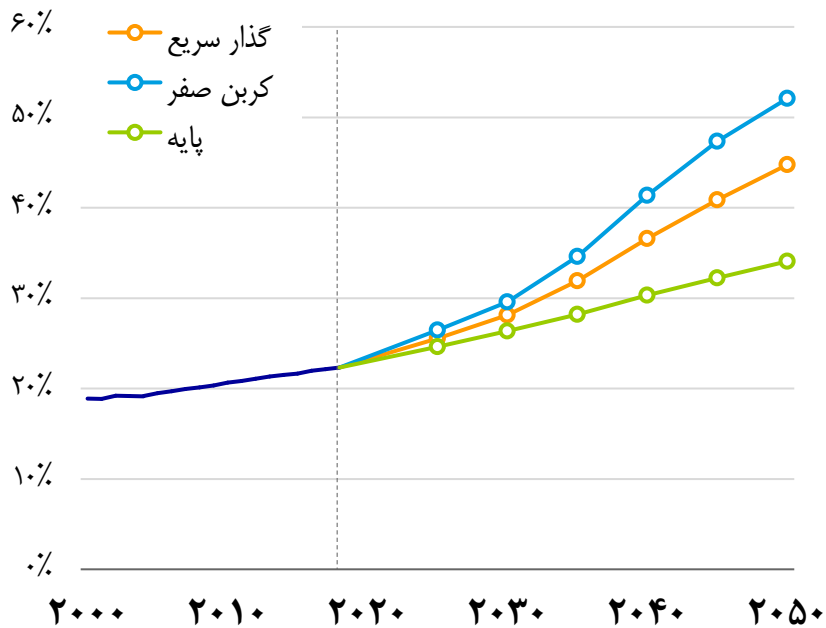
افزایش مصرف برق در سناریو «گذار سریع» و «کربن صفر» عمدتاً مبتنی بر سه بخش اقتصادی (صنعت، حمل و نقل و ساخت و ساز) است؛ بطوریکه برق مورد استفاده در بخش حمل و نقل با افزایش استفاده از خودروهای برقی در حمل و نقل جاده‌ای به شدت افزایش می‌یابد. در مقابل، منافع کمتر حاصل از کارایی انرژی در ساخت و ساز و صنعت در سناریو «پایه»، بدین معنی است که این بخش‌ها حدود ۸۰ درصد رشد تقاضای نیرو را شامل می‌شوند (نمودار ۱۲).



## نمودار ۱۲ - تقاضای برق

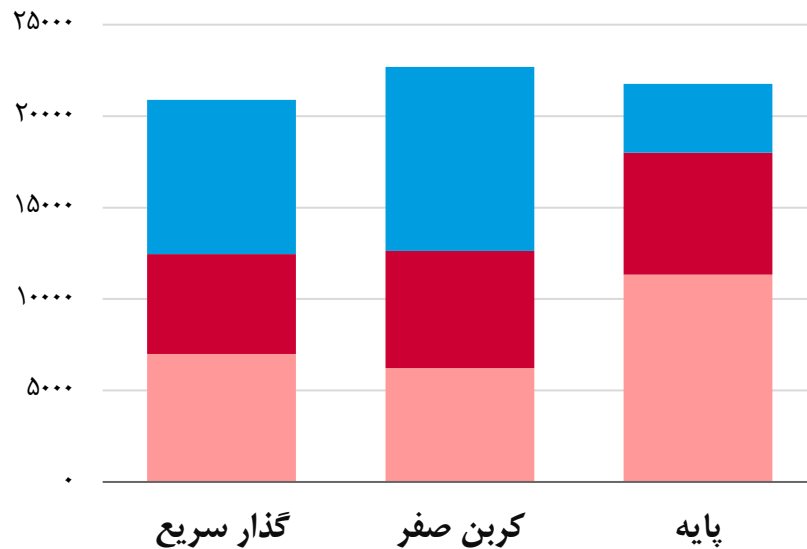
### سه‌م برق از مصرف نهایی کل

### تغییر تقاضای برق به تفکیک بخش، ۲۰۱۸ تا ۲۰۵۰



### تراوات ساعت

■ حمل و نقل ■ صنعت ■ ساخت و ساز





# تولید برق جهانی

رشد تولید نیرو در جهان تحت تاثیر انرژی‌های تجدیدپذیر قرار دارد. انرژی تجدیدپذیر، متاثر از انرژی بادی و خورشیدی (از جمله زیست توده و زمین گرمایی)، بیش از کل رشد تولید جهانی برق در سناریو «گذار سریع» و «کربن صفر» و حدود سه چهارم آن در سناریو «پایه» را تشکیل می‌دهد.

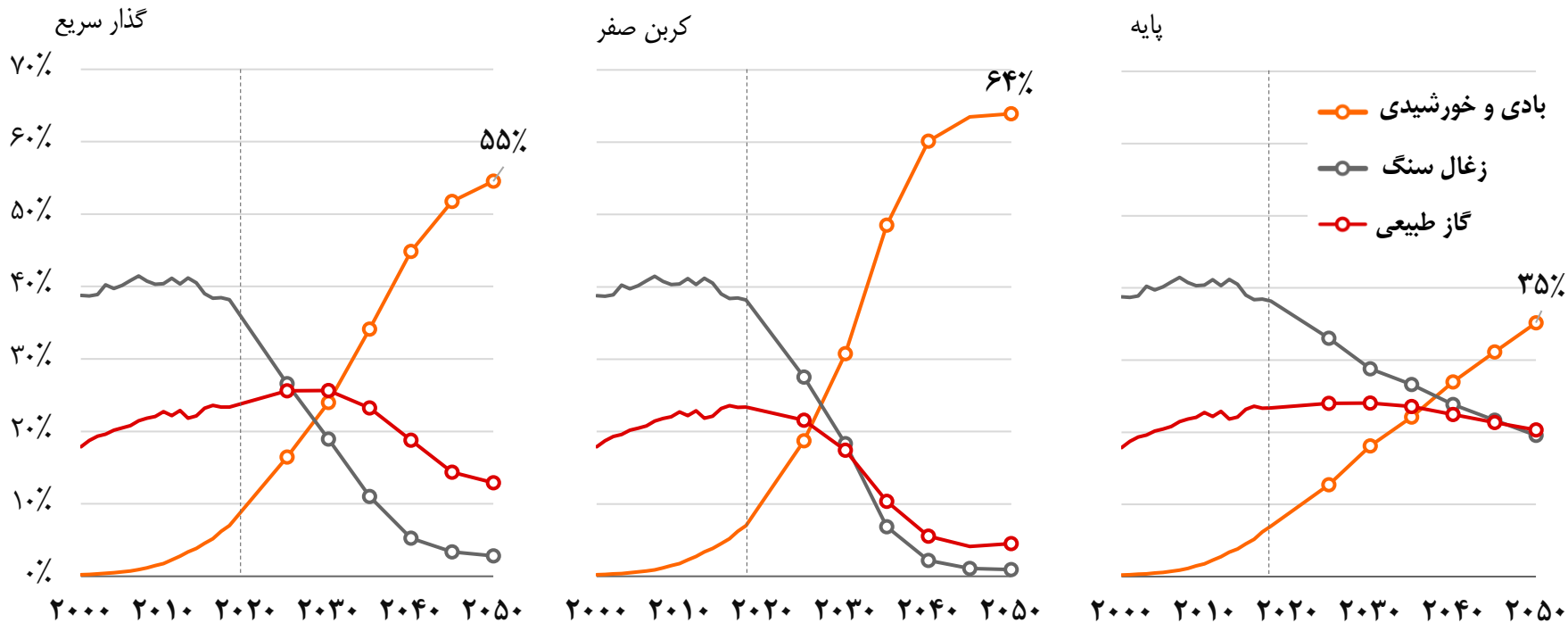
پیش‌بینی می‌شود سهم استفاده از انرژی خورشیدی و بادی در کل تولید برق جهان در سال ۲۰۵۰ در حالت سناریوی پایه به ۳۵ درصد، در سناریوی گذار سریع به ۵۵ درصد و در سناریوی کربن صفر به ۶۴ درصد برسد.

سوخت اصلی که باعث نابودی زمین می‌شود، زغال سنگ است. سهم تولید نیرو توسط زغال سنگ از تولید نیرو جهانی از ۳۸ درصد در سال ۲۰۱۸ به کمتر از ۳ درصد در سال ۲۰۵۰ در سناریو «گذار سریع» و «کربن صفر» و به ۲۰ درصد در سناریو «پایه» می‌رسد (نمودار ۱۳).

در سناریوی «گذار سریع» استفاده از گاز در بخش نیرو طی نیمه نخست چشم‌انداز با رشد همراه خواهد شد. با این وجود، پس از آن، با افزایش سرعت استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، سهم گاز از تولید نیرو جهان، روند کاهشی را طی می‌کند و در سال ۲۰۵۰ به سطحی نزدیک به ۲۰۱۸ می‌رسد. رشد اولیه گاز طبیعی در سناریو «کربن صفر» نسبت به سناریو «گذار سریع» در زمان کوتاه‌تری است ولی کاهش بعدی آن شدیدتر است. در مقابل، استفاده از گاز طبیعی در سناریو «پایه» با افزایش تقاضای نیرو، رشد می‌کند.



## نمودار ۱۳ - سهم منابع انرژی در تولید برق جهان





# مصرف و تولید هیدروژن



با گذار جهان به سمت سیستم انرژی کم‌کربن، استفاده از هیدروژن به عنوان یک حامل انرژی در سناریو «گذار سریع» و «کربن صفر» به طور قابل توجهی افزایش می‌یابد. رشد هیدروژن عمدتاً در نیمه دوم دوره چشم‌انداز متمرکز شده است؛ زیرا کاهش هزینه‌های فناوری، به همراه افزایش قیمت کربن، به آن اجازه می‌دهد تا به طور فزاینده‌ای در برابر سوخت‌های فعلی رقابت‌پذیر باشد.

تا سال ۲۰۵۰، هیدروژن حدود ۷ درصد کل مصرف انرژی نهایی در سناریو «گذار سریع» و حدود ۱۶ درصد در سناریو «کربن صفر» را تشکیل می‌دهد.

هیدروژن به عنوان یک منبع انرژی برای فرایندهای با درجه حرارت بالا، مانند بخش‌های فولاد، سیمان، پالایش و پتروشیمی، از مزیت بالایی در بخش صنعت برخوردار است. تا سال ۲۰۵۰، هیدروژن حدود ۱۰ درصد کل مصرف انرژی نهایی در صنعت در سناریو «گذار سریع» و حدود ۱۸ درصد را در سناریو «کربن صفر» تشکیل خواهد داد.

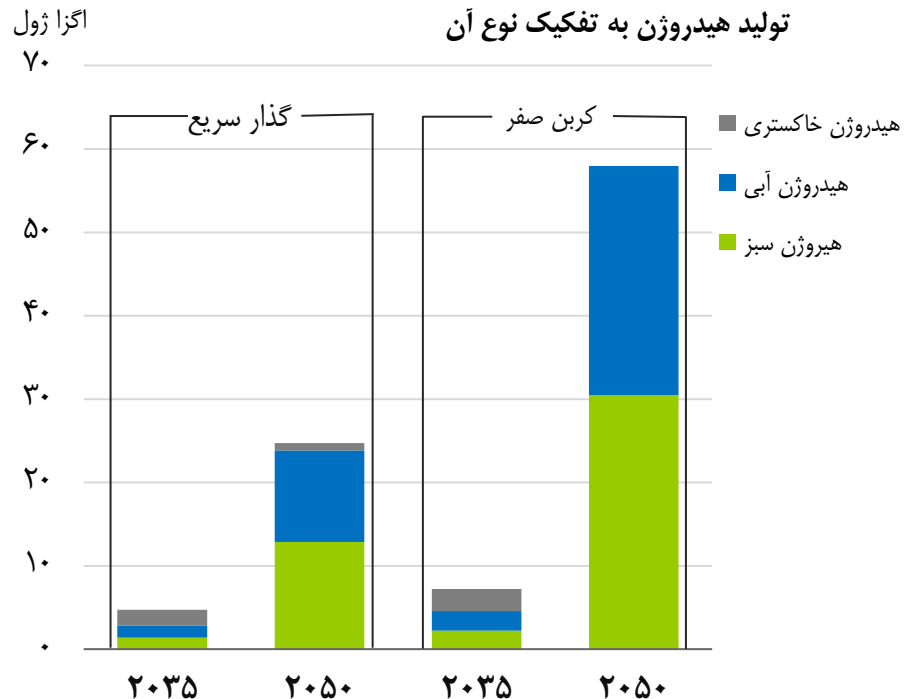
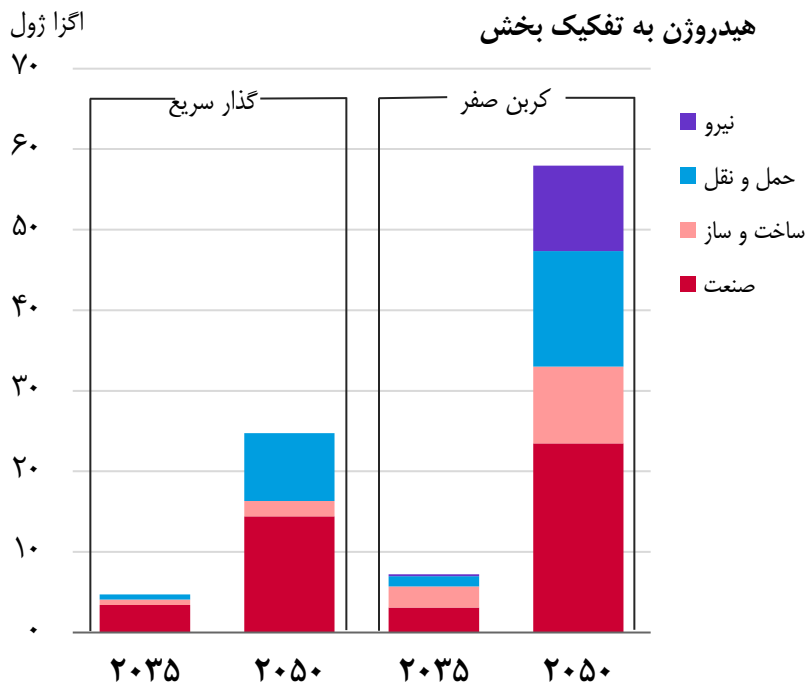
استفاده از هیدروژن در بخش حمل و نقل، عمدتاً مربوط به مسافت‌های طولانی، بخصوص کامیون‌های سنگین است؛ بطوریکه ۷ درصد میانگین مسافت طی شده توسط هر وسیله نقلیه (VKM) در سناریو «گذار سریع» و ۱۰ درصد در سناریو «کربن صفر» از طریق وسایل حمل و نقل مبتنی بر هیدروژن تامین می‌شود.

تولید هیدروژن در سناریو «گذار سریع» و «کربن صفر» عمدتاً هیدروژن آبی و سبز است. هیدروژن سبز با استفاده از انرژی تجدیدپذیر و از طریق الکترولیز تولید می‌شود. هیدروژن آبی از گاز طبیعی (یا زغال سنگ) استخراج می‌شود و کربن جانشین شده جذب و ذخیره می‌شود (CCUS).

توانایی بسیاری از کشورها برای تولید هیدروژن آبی یا سبز، به همراه هزینه‌های حمل و نقل نسبتاً بالا، بدین معنی است که اکثر هیدروژن نسبتاً به صورت محلی تولید شده‌اند. تا سال ۲۰۵۰، بالای ۹۵ درصد هیدروژن در سناریو «گذار سریع» و «کربن صفر» از هیدروژن سبز و آبی به میزان کاملاً مساوی تامین می‌شود.

# مصرف و تولید هیدروژن

نمودار ۱۴ - مصرف و تولید هیدروژن



هیدروژن خاکستری از گاز طبیعی (یا زغال سنگ)، بدون CCUS تولید می‌شود. هیدروژن آبی از گاز طبیعی (یا زغال سنگ)، به همراه CCUS تولید می‌شود. هیدروژن سبز با استفاده از انرژی تجدیدپذیر، توسط الکترولیز ساخته می‌شود.

# بیوانرژی در سناریو گذار سریع و کربن صفر

حدود نیمی از بیوانرژی تولید شده در سناریو «کربن صفر» به شکل زیست توده است که عمدتاً به عنوان ماده اولیه برای بخش نیرو و فرایندهای صنعتی با حرارت بالا مورد استفاده قرار می‌گیرد. حدود ۳۰ درصد دیگر بیوسوختها در حمل‌ونقل‌های مسافت بالا به کار گرفته می‌شود. مابقی آن بیومتان است که در تمامی بخش‌ها به عنوان جایگزین گاز طبیعی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در سناریوی «گذار سریع» نیز حدود نیمی از بیوانرژی تولید شده به زیست توده، ۲۱ درصد بیومتان و مابقی به بیوسوخت اختصاص خواهد داشت.

نمودار ۱۵- سهم از انرژی اولیه

