شماره بیست و یکم

موسسه مطالعات بین المللی انرژی
وابسته به وزارت نفت

شهریورماه ۱۴۰۱

ماهنامه تخصصی
فناوری های انرژی
EnerTech

۲۱

پژوهشکده مطالعات راهبردی فناوری انرژی

رویدادهای فناوری

۲ سخنی با مخاطب

۳ امکان سنجی احتمالاتی افزایش عرضه هیدروژن سبز
حوزه: نظم نوین آینده انرژی

۴ به کارگیری کاتالیست جدید برای تولید هیدروژن از آب دریا
حوزه: نظم نوین آینده انرژی

۵ آماده به کار شدن دو نیروگاه هسته ای در آلمان؛ سناریوی بازگشت
حوزه: نظم دوره گذار انرژی

۵ امکان سنجی راه اندازی کارخانه ی استحصال و بازیافت لیتیوم توسط تسلا
حوزه: نظم دوره گذار انرژی

۶ راکتورهای هسته ای کوچک مقیاس؛ رویکردی نوظهور و ریسک پذیر در حوزه انرژی
حوزه: نظم دوره گذار انرژی

۶ پروژه ی جدید CCS آلمان و نروژ
حوزه: نظم دوره گذار انرژی

۷ اجرای پروژه ی جداسازی در فشار بالا (Hi-Sep) پتروبراس برزیل برای بهبود کاهش شدت کربن
حوزه: نظم کنونی انرژی

گزارش های تحلیلی

۸ روندهای فناوری از دید مکنزی ۲۰۲۲؛ تاثیرسنجی صنعت نفت و گاز جمهوری اسلامی ایران
حوزه: نظم نوین آینده انرژی

۱۲ نقش مؤثر کاهش انتشار متان در تحقق اهداف کاهش انتشار
حوزه: نظم دوره گذار انرژی

۱۵ بررسی بودجه عمومی تحقیق و توسعه حوزه انرژی در کشورهای عضو IEA و راهکارهایی برای ایران
حوزه: نظم دوره گذار انرژی

۱۸ راهبرد فناورانه عمان در ازدیاد برداشت نفت (EOR)
حوزه: نظم کنونی انرژی

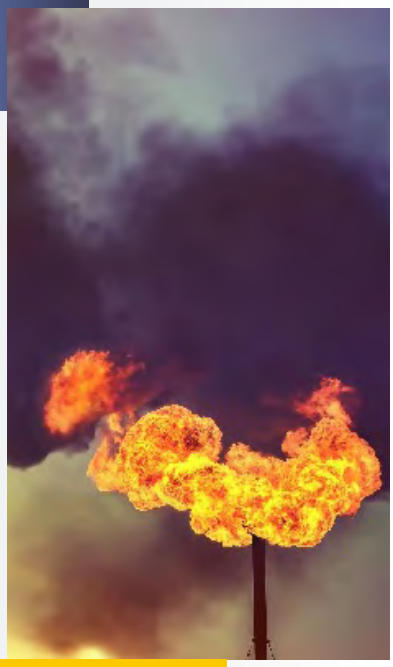
۲۱ ناترازی بنزین: چالش ها و راه حل ها
حوزه: نظم کنونی انرژی

۲۷ سیاست‌های نوین اروپا جهت مقابله با بحران انرژی؛ نگاه ویژه به نقش زغال سنگ
حوزه: نظم کنونی انرژی

شناسنامه :

مدیر مسئول: عقیل براتی
ناظران علمی: عرفان ریاحی
سردبیر: قاسم توتونچی
همکاران این شماره: اعظم محمدباقری، سیدصادق ضرغامی، بهاره فرهمندپور، مهدی کربلایی، قاسم توتونچی

هیات تحریریه: عقیل براتی، عباس زراء نژاد، امیرحسین هوشمند، امیرحسین فاکهی، سید صادق ضرغامی، غلامعلی رحیمی، قاسم توتونچی، اعظم محمدباقری، طاهر خرم روز، عباس یعقوبی، شیرین رضایی عدل
طراحی و صفحه آرایی: مرجان بهرامی، نازنین شاهین
ناشر: موسسه مطالعات بین المللی انرژی
تارنما: iies.ac.ir iies.mop.ir



سخنی با مخاطب؛

بنام خدا

با درود و عرض ادب

در این شماره از ماهنامه ی تخصصی، گزارش های تحلیلی با موضوعاتی مانند "روندهای فناوری در سال ۲۰۲۲ و تاثیرسنجی آن در نفت و گاز ایران"، "بررسی بودجه عمومی تحقیق و توسعه حوزه انرژی در کشورهای عضو IEA و راهکارهایی برای ایران"، "نقش مؤثر کاهش انتشار متان در تحقق اهداف کاهش انتشار"، "سیاست‌های نوین اروپا جهت مقابله با بحران انرژی؛ نگاه ویژه به نقش زغال سنگ"، "راهبرد فناورانه عمان در ازدیاد برداشت نفت (EOR)"، ناترازی بنزین: چالش‌ها و راه‌حل‌ها" و نیز رویدادهای اخیر حوزه فناوری انرژی تقدیم گردیده که امید است مورد توجه مخاطبان گرامی واقع شود.

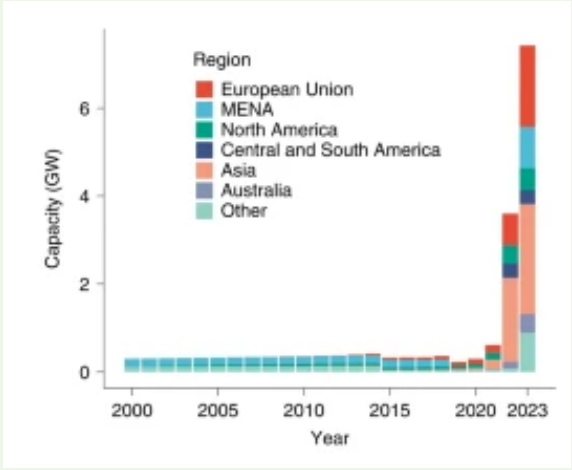
با آرزوی توفیق و سلامتی و شادکامی

سردبیر

امکان سنجی احتمالاتی افزایش عرضه هیدروژن سبز

هیدروژن سبز از دید تئوری جایگزینی ایده‌آل برای سوخت های فسیلی بوده و کاملاً بر اهداف جهانی کاهش انتشار کربن منطبق می باشد و کارشناسان، به آینده ی آن بسیار امیدوار هستند. در عین حال، گروه دیگری از محققین با نگاهی واقع بینانه اعتقاد دارند حتی اگر فناوری الکترولیز به موازات و هم تراز فناوری های خورشیدی و بادی پیشرفت و توسعه یابد و هزینه های آن کاهش یابد، در کوتاه مدت بازاری محدود و در دراز مدت، بازاری مبهم برای هیدروژن سبز متصور است.

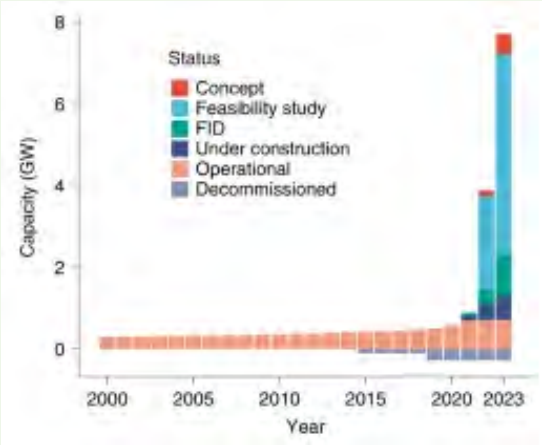
در نواحی مختلف جهان، اقدامات قابل توجهی در زمینه ی توسعه صنعت هیدروژن رخ داده که در طول زمان پیشرفت قابل توجهی داشته است (مطابق شکل ۱ خصوصاً در اروپا، آسیا، خاورمیانه و شمال آفریقا)



شکل ۱ : ظرفیت پروژه های هیدروژن سبز به مرور زمان در نواحی مختلف جهان

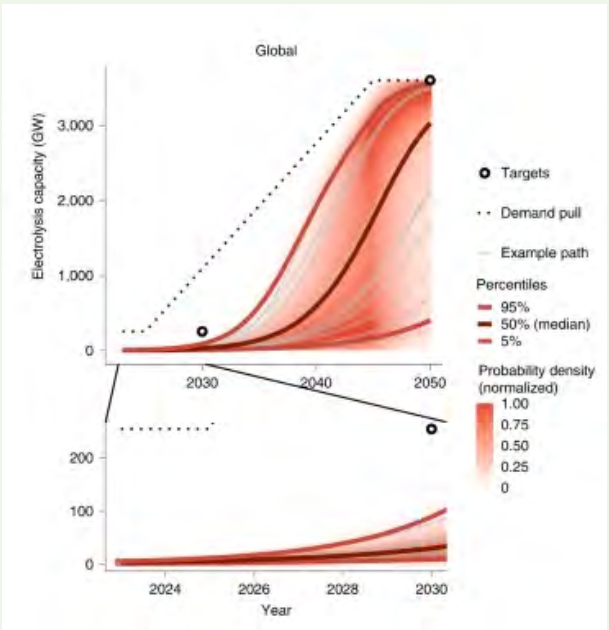
تحلیل وضعیت این پروژه ها نشان می دهد عمده ی آنها در مرحله ی طراحی مفهومی، مطالعات امکان سنجی و در حال ساخت هستند و میزان تاسیسات در حال بهره برداری، با رشد نسبتاً کمی روبرو است (شکل ۲).

آنها اعتقاد دارند به رغم اینکه هیدروژن سبز در کانون گفتمان انرژی پایدار قرار گرفته است، بعید به نظر می رسد تا انتهای سال ۲۰۳۰، هیدروژن سبز بیش از یک درصد سهم در سبد انرژی جهان داشته باشد. آنها افق سال ۲۰۴۰ را احتمالاً همراه با افزایش، اما به شدت غیرقطعی و مبهم تخمین می زنند و به ارقامی در بازه های ۳/۲ تا ۱۱ درصد سبد انرژی اروپا، و ۰/۷ الی ۳/۳ درصد سبد انرژی جهانی رسیده اند. این سهم اندک در آینده ی نزدیک و عدم قطعیت در



شکل ۲ : وضعیت پروژه های هیدروژن سبز به مرور زمان به تفکیک وضعیت

آینده ی دور، سرمایه گذاران را با تردید روبرو نموده است. لذا تخمین و تحلیل آینده ی فناوری الکترولیز، به عنوان پیش نیاز جدی هیدروژن سبز، با بیان احتمالاتی بیان می شود و مصداق بارزی از آینده پژوهی در حوزه ی فناوری است و معنی و تفسیر آن، رویکرد سناریوپردازی احتمالاتی فناوری پیش رو می باشد (شکل ۳).



شکل ۳: آینده پژوهی احتمالاتی در زمینه ظرفیت الکترولیز به عنوان پیش نیاز هیدروژن سبز

به کارگیری کاتالیست جدید برای تولید هیدروژن از آب دریا

هیدروژن بدون تولید کربن، بسیار پاک میسوزد و حامل و ذخیره‌ساز مناسب انرژی است، هرچند رویکرد تولید هیدروژن آبی، با رد پای کربن همراه است و تولید هیدروژن سبز و پاک، هنوز پر هزینه است. محققین بسیار بر تولید کاتالیست‌ها و کاتالیزورهایی متمرکز هستند که الکترولیز آب دریا یا آب شیرین به هیدروژن و اکسیژن را تسهیل کند. دانشمندان کاتالیستی متشکل از نیکل/مولیبدن/نیتروژن به همراه آهن بهینه شده روی فوم نیکل کشف کرده اند که تا حد زیادی استخراج هیدروژن از الکترولیز را بهبود می دهد و در عین حال برای الکترولیز آب دریا مناسب است. سیستم های الکترولیز مرسوم در آب شیرین عملکرد مطلوبی دارند. بدیهی است مواد رساناکننده ای به آب شیرین اضافه می شود اما آب دریا به دلیل داشتن املاح و نمک های رسوب دهنده روی الکترودها و ترکیبات کلری، به رغم رسانایی ایجاد مشکل می نمایند. همچنین حالت ژله‌ای حباب‌های هیدروژن در مجاورت الکترودها، مشکل جدی محسوب می شود.

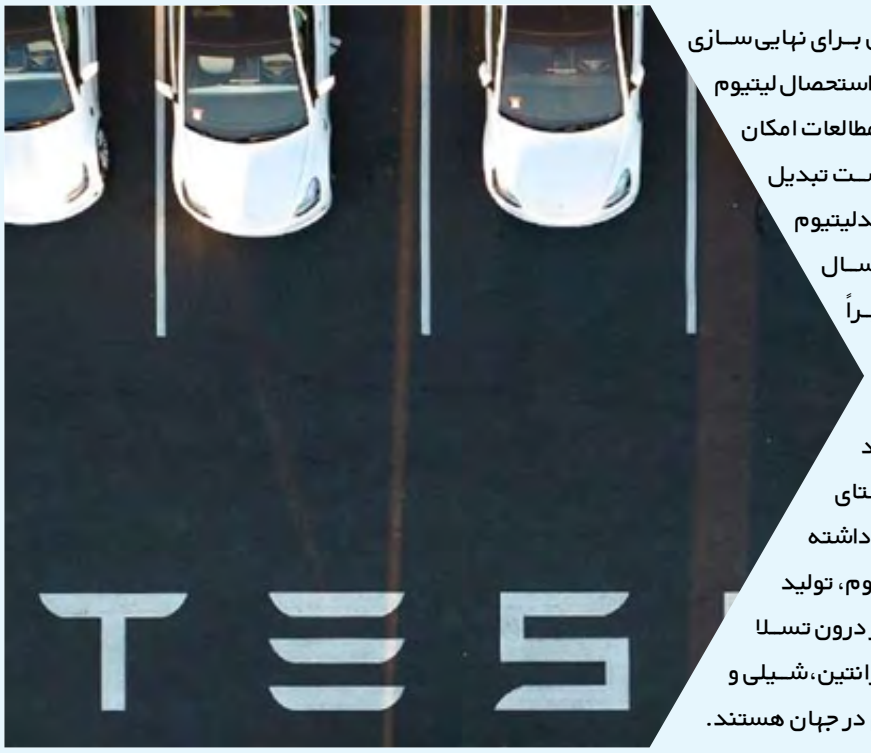
رویدادهای فناوری

نظم دوره گذار انرژی

آماده به کار شدن دو نیروگاه هسته ای در آلمان؛ سناریوی U-turn یا دوربرگردان

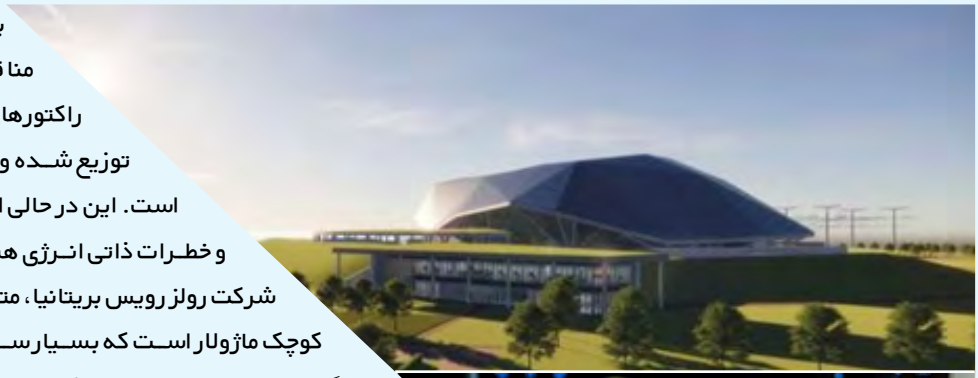
آلمان در راستای آمادگی مقابله با بحران گازی ناشی از روسیه، دو نیروگاه بزرگ هسته ای خود را به حالت آماده باش درآورد. این اقدام در تعارض جدی با خط مشی آنگلا مرکل در کاهش سهم برق هسته ای در سبد انرژی آلمان تلقی می گردد و در عین حال اجتناب ناپذیر است. هدف از راه اندازی این دو نیروگاه، تامین کمبود احتمالی انرژی در جنوب کشور بوده و بیانگر آن است که توسعه تجدیدپذیرها در آلمان متوازن نبوده و در شمال آن، توسعه ی بهتری یافته است. سیاست هسته ای زدایی آلمان بعد از فاجعه ی فوکوشیما به حدی جدی است که مسئولین به مردم این اطمینان را داده اند که میله های سوخت را تغذیه نکرده اند و هر زمان بحران انرژی ناشی از قطع گاز روسیه رفع گردد، امکان بازگشت از به کارگیری انرژی هسته ای وجود دارد. رویکردهای آلمان در قبال روسیه لحظه ای شده، به عنوان مثال، با اعلام مشکلات فنی که مانع از راه اندازی مجدد گاز در نورد استریم۱ توسط روسیه، بلافاصله سناریوی زغال سنگ سبز پررنگ ترشده و بسته های حمایتی در برابر افزایش قیمت های قبوض انرژی نیز برای مردم آلمان در راه است. فرانسه و ژاپن نیز در پی بحران انرژی جهانی، عدم اقبال خود به استفاده از انرژی هسته ای را اندکی تعدیل کرده اند.

امکان سنجی راه اندازی کارخانه ی استحصال بازیافت لیتیوم توسط تسلا



کارخانه خودروسازی تسلا در تلاش برای نهایی سازی معافیت مالیاتی جهت تاسیس یک واحد استحصال لیتیوم در تگزاس می باشد. پروژه در مرحله مطالعات امکان سنجی و مفهومی قرار دارد و مقرر است تبدیل ماده ی معدنی خام به هیدروکسیدلیتیوم قابل استفاده در صنعت باتری را از سال ۲۰۲۴ آغاز نماید. ایلان ماسک اخیراً نگرانی خود در خصوص قیمت فزاینده ی لیتیوم را ابراز نموده و مطرح شدن مطالعات امکان سنجی کارخانه تولید لیتیوم متعلق به تسلا، اقدامی در راستای همین نگرانی تلقی می شود. وی اعلام داشته که در صورت عدم تعدیل قیمت لیتیوم، تولید و استحصال آن به عنوان پیش نیاز در درون تسلا مد نظر قرار خواهد گرفت. چین، آرژانتین، شیلی و استرالیا، بازیگران اصلی صنعت لیتیوم در جهان هستند.

راکتورهای هسته ای کوچک مقیاس؛ رویکردی نوظهور و ریسک پذیر در حوزه انرژی



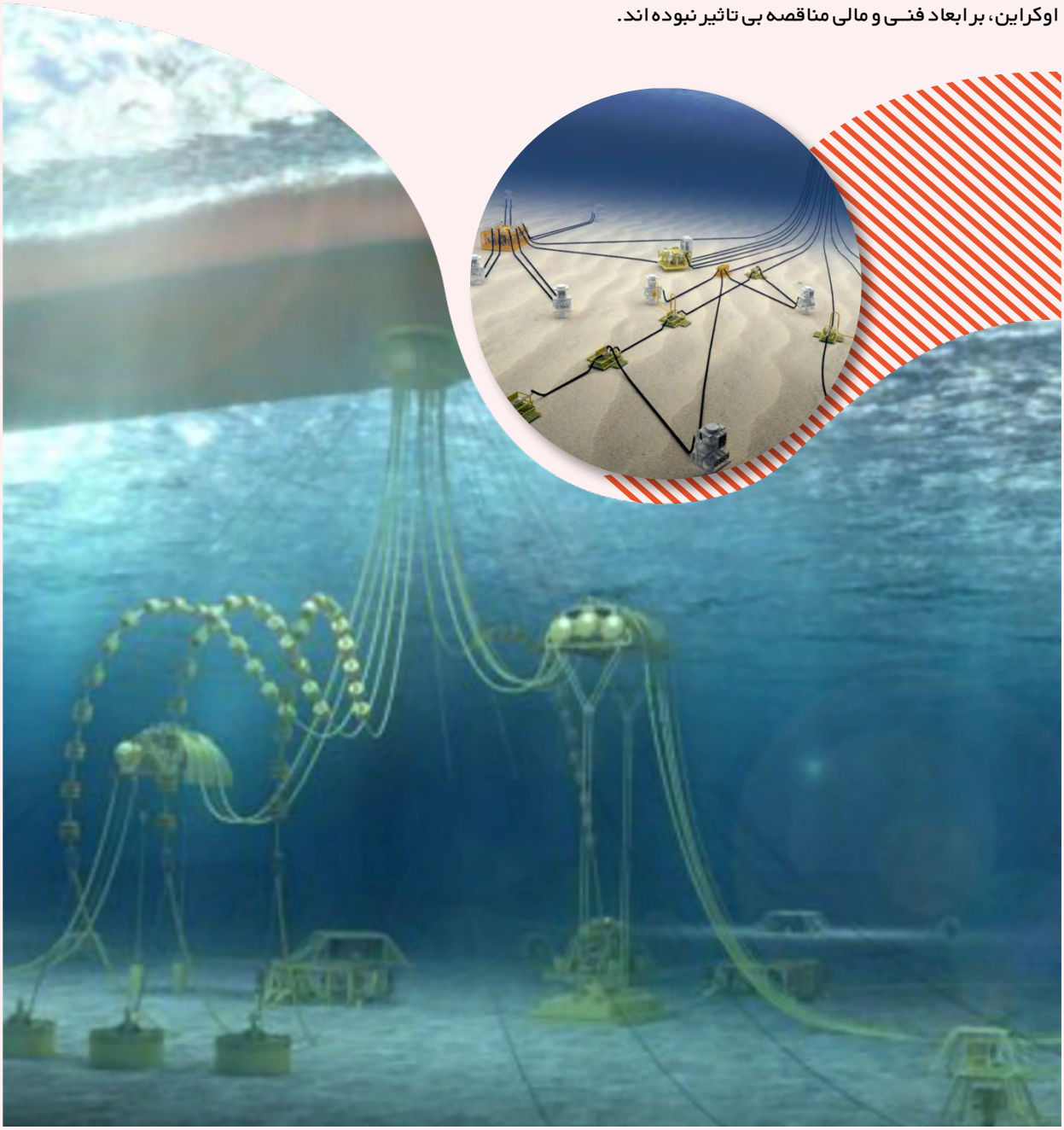
بحران انرژی ناشی از مناقشه اوکراین، بازار راکتورهای هسته ای کوچک مقیاس، توزیع شده و غیرمتمرکز را گرم تر کرده است. این در حالی است که این فناوری ریسک و خطرات ذاتی انرژی هسته ای را به همراه دارد. شرکت رولز رویس بریتانیا، متمرکز بر SMR یا راکتورهای کوچک ماژولار است که بسیار سریعتر و ارزانتر از راکتورهای بزرگ و متمرکز پیاده سازی می شود. اروپا در یک دوراهی جدی در زمینه ی انرژی هسته‌ای، (از جمله هسته ای ماژولار کوچک)، روبرو است. از طرفی بحران انرژی آن را الزام می نماید و از طرفی احتمال همیشگی جنگ بین کشورها و مصداق عینی گلوله باران نیروگاه هسته ای زاپورژیا در اوکراین توسط روسیه، بر نگرانی ها افزوده است. رولز رویس، ابراز داشته ساخت راکتورهای SMR در کارخانه صورت می گیرد و صرفاً مونتاژ آن پس از حمل به محل بهره برداری، به انجام می رسد. برای ساخت توان انرژی یکسان با نیروگاه مقیاس بزرگ، در رویکرد ماژولار زمان پنج سال و نیم نیاز است که حداقل دو سال کوتاهتر از نیروگاه هسته ای بزرگ مقیاس است. با این حال هنوز از نظر هزینه سرمایه گذاری، این نوع نیروگاه از نیروگاه بزرگ مقیاس گرانتر است.

پروژه ی جدید CCS آلمان و نروژ

آلمان و نروژ پروژه ی مشترکی را در زمینه جذب و ذخیره دی اکسید کربن در آلمان و تزریق به مخازن تاسیسات نفتی فلات قاره فراساحل نروژ، در نظر دارند. این دو کشور اعتقاد دارند چنین فعالیت هایی در زمینه ی کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، با مشارکت عمومی فرامرزی کشورها بیشتر تحقق خواهد یافت. این پروژه نیاز به ۵۶۰ مایل خط لوله دارد که هاب تجمیع دی اکسید کربن در شمال آلمان را (به عنوان بزرگ ترین تولید کننده ی کربن صنعتی در اروپا)، به درگاه دریافت ذخیره سازی نروژ، به عنوان بزرگ ترین جذب کننده ی اروپا متصل خواهد کرد و در سال ۲۰۳۲ راه اندازی خواهد شد. پیش بینی می شود ۲۰ تا ۴۰ میلیون تن، معادل حدود ۲۰% دی اکسید کربن تولیدی در آلمان قابلیت جذب داشته باشد.

اجرای پروژه ی جداسازی در فشار بالا (Hi-Sep) پتروبراس برزیل برای بهبود کاهش شدت کربن

پتروبراس تصمیم دارد کارایی فناوری Hi-sep یا جداسازی در فشار بالا را تا سال ۲۰۲۵ بهبود ببخشد تا نقش بیشتری در کاهش شدت کربن داشته باشد. این فناوری مبتنی بر جداسازی گاز همراه دارای محتوای دی اکسید کربن بالا با استفاده از پمپ های گریز از مرکز مستقر در زیر دریا است. پس از جداسازی، گاز با محتوای CO_2 بالا مجددا در مخزن تزریق شده و موجب افزایش نرخ برداشت نفت خام می شود. فناوری مذکور در برداشت نفت از میادین آبهای عمیق با ویژگی نسبت گاز به نفت بالا و نیز محتوای بالای CO_2 بکار رفته و با حذف فضا و امکانات مورد نیاز در واحد تصفیه گاز موجود در سطح آب و تزریق گاز در چاه، موجب ازدیاد برداشت، افزایش کارایی و کاهش شدت انتشار CO_2 می شود. مسئولین پتروبراس قبلاً افزایش کارایی ٤% را برای سامانه Hi-sep در نظر گرفته بودند که اکنون با اهدافی بلندپروازانه تر و چاه طلبانه، افزایش بازدهی ٦ الی ۷ درصد را به مناقصه ی بین المللی گذاشته اند. تداوم همه گیری کرونا و بحران اوکراین، بر ابعاد فنی و مالی مناقصه بی تاثیر نبوده اند.

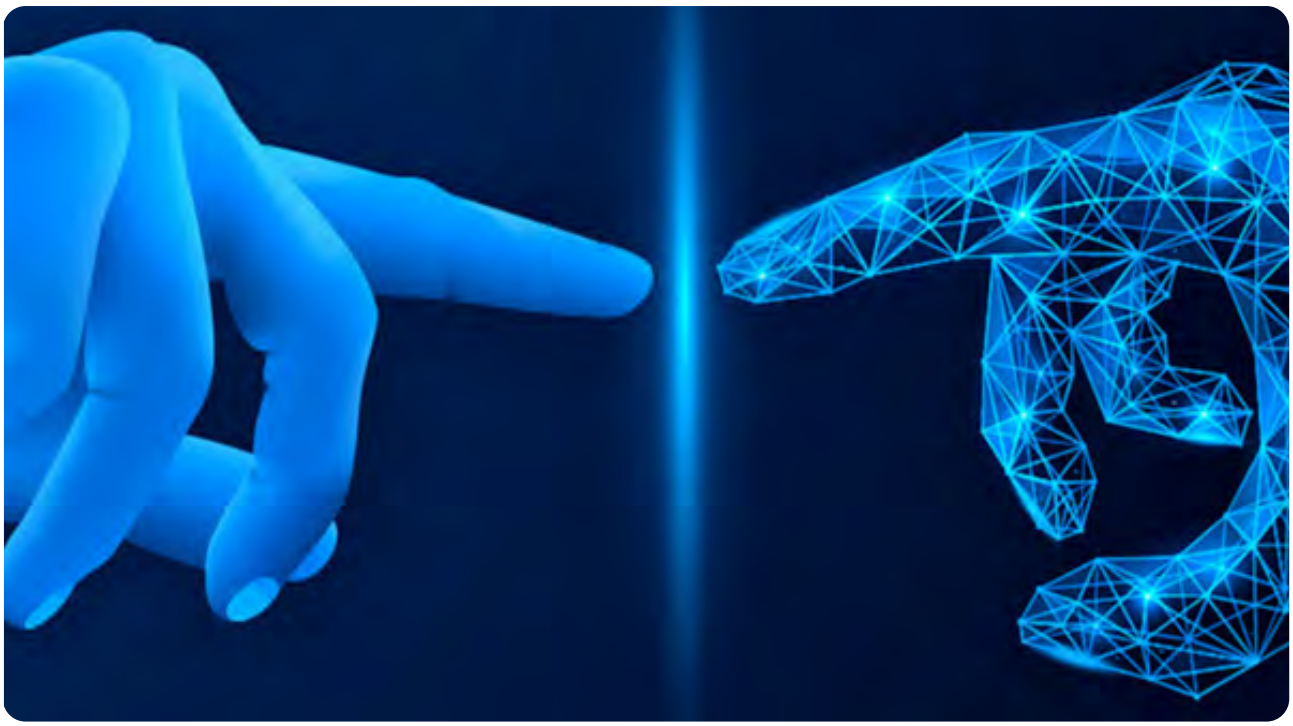


گزارش تحلیلی

نظم نوین آینده انرژی

روندهای فناوری از دید مکنزی ۲۰۲۲؛ تاثیرسنجی صنعت نفت و گاز جمهوری اسلامی ایران

قاسم توتونچی؛ پژوهشگر موسسه ی مطالعات بین المللی انرژی



مقدمه:

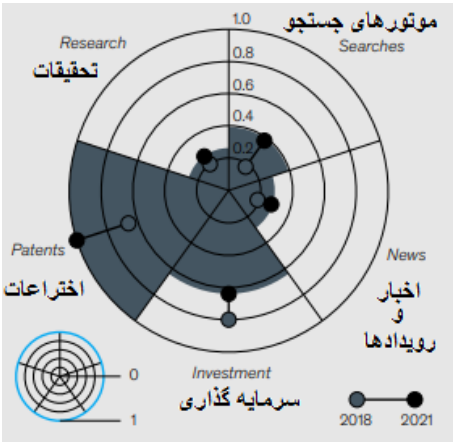
مکنزی با بیش از ۹۰ سال تجربه و شبکه‌ی جهانی نخبگان، یکی از کم‌نظیرترین مراکز رصد فناوری به منظور استخراج روندها و تکنولوژی‌های نوظهور، بسیج امکانات برای شروع تغییرات بزرگ، شکل دادن به راهبردها و فراهم کردن قابلیت‌ها برای حرکت اجرایی موفق است که به ۶۰ بازار و صنعت مختلف در بیش از ۱۰۰ کشور جهان اشراف اطلاعاتی و داده‌ای دارد. مکنزی در آگوست ۲۰۲۲ دورنمای خود از روندهای فناوری را منتشر کرد که به دو گروه موضوعی دوره ی سیلیکون (معطوف به حوزه دیجیتال و اواخر قرن ۲۰ و اوایل قرن ۲۱ میلادی) و مهندسی فردا (معطوف به آینده‌ی تکنولوژی های فیزیکی) قابل تقسیم بندی است. فناوری همچنان کاتالیزور تغییر در جهان است که دولت‌ها، صنایع، موسسات و مردم را دستخوش تغییر و تبدیل ساخته و سبک و سیاق زندگی در کره ی زمین را متغیر می سازد. تعالی نحوه‌ی زیستن و رفاه بیشتر همواره هدف اصلی بوده و به همین دلیل است که پیش‌بینی روند آتی فناوری و سوگیری تکنولوژی‌های نوظهور و رشد و افول آنها و تحقیقات و سرمایه گذاری و اختراعات و حتی بازاختراعات، همواره اشتیاق آور بوده است. مکنزی ۱۴ روند فناوری را منتشر نموده که در این گزارش به بررسی ۷ روند و اشتراک گیری با صنعت نفت ایران از حیث تاثیرپذیری پرداخته خواهد شد. معیارهای چندگانه‌ای مدنظر قرار گرفته است. میزان سرمایه گذاری صاحبان صنایع و توسعه دهندگان و شتاب دهندگان، میزان تحقیقات دانشگاهی، تعداد اختراعات ثبت شده، میزان توجه کاربران در موتورهای جستجو به گزاره های کلیدی فناوری و نیز حجم اخبار و رویدادهای منتشر شده پیرامون محورهای فناورانه از این دسته اند. این ۱۴ روند فناوری تک به تک بررسی خواهند شد. در ادامه مروری بر ۱۴ کلان روند برتر ۲۰۲۲ از دید مکنزی خواهیم داشت که ۷ روند آن در این شماره و مابقی در شماره بعد خواهد بود.

۱-ارتباطات، اتصال همبسته ی بهبود یافته و پیشرفته:

شبکه های ارتباطی با حداقل مصرف توان، پوشش فراگیر، بهره گیری از طیف بهینه، جغرافیای تحت پوشش حداکثری، تاخیر کمتر و سرعت بیشتر، ایمنی و امنیت سایبری بیشینه و خطای ناچیز، نظیر آنچه در 5G و شبکه های مبتنی بر ماهواره های LEO مدنظر است، کلان روند فناوری محسوب می شود. این روند فناوری در حوزه ی انرژی به عنوان زیرساختی برای اینترنت اشیاء نقش توانمندساز محوری خواهد داشت و تولید، مصرف و فروش توزیع شده ی غیرمتمرکز انرژی و مدیریت حمل و نقل را متاثر خواهد ساخت.

در صنعت نفت کشور، انواع سامانه های اندازه گیری و کنتورهای هوشمند، سامانه های مانیتورینگ، دیسپچینگ و مشابه آنها که به نحوی نظارت بر خط بلادرنگ و زمان حقیقی را نیاز دارند، نسلی نو را با بلوغ این کلان روند تجربه خواهد نمود و شبکه های سنسور، مانند سنسورهای مته های حفاری در عملیات و سامانه های پایشی در مقابله با قاچاق ارتقاء خواهند یافت.

نرخ پذیرش صنعتی این کلان روند ۴ از ۵ و سرمایه گذاری ۲۰۲۱ بالغ بر ۱۶۶ میلیارد دلار بوده است. در شکل ۱ امتیازات حوزه های پنج گانه سرمایه گذاری، اختراعات، تحقیقات، اخبار و رویداد و موتورهای جستجو مربوط به این کلان روند ایفاد شده است.



شکل ۱ : امتیازات حوزه های پنج گانه کلان روند ارتباطات، اتصال همبسته ی پیشرفته و بهبود یافته؛ نمونه ای از جذب بودجه ی موفق اختراعات بدون نیاز به پشتوانه ی تحقیقاتی

۲-هوش مصنوعی کاربردی:

یادگیری ماشینی و عمیق، بینایی ماشینی و پردازش زبان طبیعی و ... گزینه هایی هستند که به صورت شگرف بهره گیری سازمان ها از داده را افزایش داده و می دهند. تحلیل ها نشان می دهد ضریب نفوذ هوش مصنوعی کاربردی از ۵۰% در سال ۲۰۲۱ به میزان ۵۷% در سال ۲۰۲۲ افزایش داشته است. خودکار کردن برخی فعالیت‌ها و تصمیم سازی ها از اهمّ امتیازات هوش مصنوعی کاربردی است. پسوند کاربردی، از بار تخیلی موضوع در چند دهه‌ی قبل می کاهد. در صنعت انرژی، هوش مصنوعی در بهینه سازی تولید و مصرف و تشخیص عیب سنسوری قبل از عمیق‌تر شدن ایراد کاربرد اساسی دارد.

صنعت نفت ایران می تواند از هوش مصنوعی در بینایی ماشینی حین حفاری، حل مسائل پیچیده ی زمین شناسی و تخمین عرضه و تقاضای آینده و دورنمای نفت بهره ببرد.

نرخ پذیرش صنعتی این کلان روند ۴ از ۵ و سرمایه گذاری ۲۰۲۱ بالغ بر ۱۶۵ میلیارد دلار بوده است. در شکل ۲ امتیازات حوزه های پنج گانه سرمایه گذاری، اختراعات، تحقیقات، اخبار و رویداد، موتورهای جستجو مربوط به این کلان روند ایفاد شده است.

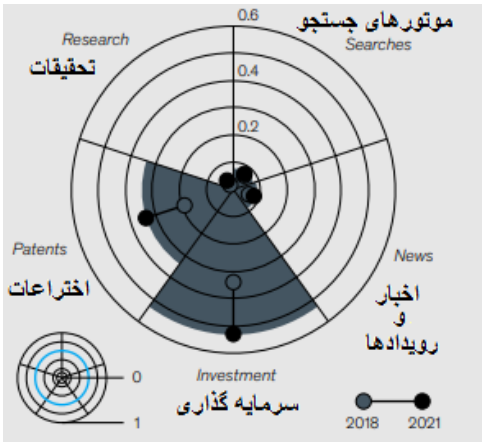
شکل ۲ : امتیازات حوزه های پنج گانه کلان روند هوش مصنوعی کاربردی؛ تحقیقات، اختراعات و سرمایه را به خود فرا می خواند.

۳-محاسبات ابری و لبه:

بدیهی است پردازش توزیع شده مزایای خود را داراست؛ اما پر هزینه خواهد بود و تجمیع و یکپارچه سازی ذخیره سازی داده و پردازش قوی متمرکز، مشروط بر اینکه مزایای پردازش بلادرنگ، بدون تاخیر، زمان حقیقی و سریع در لبه ی شبکه را داشته باشد، کلان روند فناوری است.

صنعت نفت ایران که اکنون بر ساختارهای دیتاسنتر فعلی اتکاء دارد، با مطرح شدن بیش از پیش اینترنت اشیاء و مکانیزم‌ها و دستگاه های مستقر بر لبه ی شبکه در کاربردهایی مانند تخصیص سوخت و یارانه و سامانه های هوشمند توزیع سهمیه یارانه، مخاطب مستقیم این کلان روند فناوری خواهد بود. هر کاربردی که کاربر آن با دستگاه مستقر بر لبه ی شبکه مانند گوشی همراه یا رایانه ی شخصی فعالیت می‌کند، در آینده مرتبط با این کلان روند فناوری خواهد بود.

نرخ پذیرش صنعتی این کلان روند ۴ از ۵ و سرمایه گذاری آسان طی‌سال ۲۰۲۱ بالغ بر ۱۳۶ میلیارد دلار بوده است. درشکل ۳ امتیازات حوزه های پنج گانه سرمایه گذاری، اختراعات، تحقیقات، اخبار و رویداد و موتورهای جستجو مربوط به این کلان روند ایفاد شده است.



شکل ۳: امتیازات حوزه های پنج گانه کلان روند محاسبات ابری و لبه؛ نیاز صنعت، سرمایه گذاری را با حداقل تحقیقات و اختراعات تسهیل کرده است.

٤-فنـاوری واقعیت همه جانبه و فراگیر:

ویرایش‌های متعددی از این کلان روند تحت عنوان واقعیت افزوده، واقعیت مجازی، واقعیت ترکیبی و ... و نمونه های نوظهورتر مانند همزاد یا دوقلوی دیجیتال، بنا دارند بخشی از تحلیل، طراحی و نظارت دنیای حقیقی را با کاهش ریسک و هزینه در قالب دنیای مجازی شبیه سازی شده پیاده سازی نمایند. حدود ۲۰% رشد مرکب سالیانه، نشانه ای از اقبال صنایع و سرمایه گذاران به تلفیق شبیه سازی شده ی واقعیت و مجاز است. هر چند اعتمادزایی مبتنی بر تطابق کامل مدل‌ها و شبیه سازی‌ها با واقعیت میدانی، راهی طولانی در مسیر این کلان روند متصور می سازد.

صنعت نفت ایران در ایجاد همزاد دیجیتال تاسیسات نفتی و کاهش ریسک طراحی بر اساس شبیه سازی های مکرر در شرایط کاری و نقاط کار مختلف، می تواند از کلان روند واقعیت فراگیر سود بجوید. نقاط ضعف و گلوگاه های آسیب پذیر تاسیسات و سازه ها و فرایندهای نفتی، قبل از ساخت و احداث و راه اندازی، می توانند خود را در قالب معایب آشکار شده در شبیه سازی، نشان دهند.

نرخ پذیرش صنعتی این کلان روند ۱ از ۵ و سرمایه گذاری ۲۰۲۱

بالغ بر ۳۰ میلیارد دلار بوده است. در شکل ۴ امتیازات حوزه های پنج گانه سرمایه گذاری، اختراعات، تحقیقات، اخبار و رویداد و موتورهای جستجو مربوط به این کلان روند ایفاد شده است.

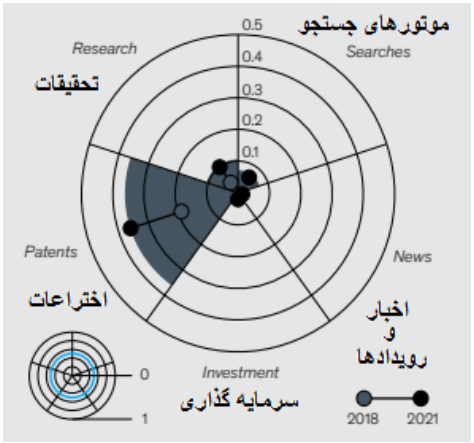
شکل۴: امتیازات حوزه های پنج گانه کلان روند واقعیت همه جانبه و فراگیر؛ مسیر سخت واقعیت فراگیر برای عبور از اختراعات و تخیل به تحقیقات و صنعت

۵-یادگیری ماشینی صنعتی:

شاید کمتر کسی گمان می برد یادگیری ماشینی صنعتی، به صورت مجزا و منتزع از هوش مصنوعی کاربردی و به عنوان یک مکمل و توانمندساز برای واقعیت همه جانبه‌ی فراگیر، تبدیل به یک کلان روند فناوری شود. اما غنی کردن و تطابق حداکثری مدلسازی‌های شبیه سازی شده به واقعیت های میدانی، این زمینه را به یکی از جدی ترین روندهای فناوری مبدل نموده است. هر چند، این روند فناوری، نوظهور محسوب شده و سرمایه گذاری زیادی را به خود جلب نکرده و بیشتر متوجه موضوع اختراعات می باشد.

صنعت نفت ایران نیز به انواع مدلسازی های صنعتی نیازمند است. همچنین رویکرد و اقبال به کلان روند دیگر ذکر شده، واقعیت فراگیر، و گزینه‌هایی مانند همزاد دیجیتال، مستلزم غنا و اعتبار و اعتماد کامل به تطابق مدل با میدان است که در این زمینه ها، روند فناوری یادگیری ماشینی صنعتی توانمندساز خواهد بود.

نرخ پذیرش صنعتی این کلان روند ۱ از ۵ و سرمایه گذاری ۲۰۲۱ بالغ بر ۵ میلیارد دلار بوده است. در شکل ۵ امتیازات حوزه های پنج



شکل۵: امتیازات حوزه های پنج گانه کلان روند یادگیری ماشینی صنعتی؛ نمونه ای از روند نوظهور فناوری

گانه سرمایه گذاری، اختراعات، تحقیقات، اخبار و رویداد و موتورهای جستجو مربوط به این کلان روند ایفاد شده است.

۶-توسعه ی نسل جدید نرم‌افزار:

این روند فناوری در روال سنتی چرخه عمر توسعه نرم افزار دست برده و قائل است هر کاربر غیرفنی، باید بتواند در پلتفرم‌های مبتنی بر این روند فناوری، برنامه های کاربردی خود را توسعه دهد و به کار ببندد. از این رو، دنیای نرم افزاری پیش روی این کلان روند فناوری، دنیایی بدون کد یا کم کد خواهد بود.

صنعت نفت ایران با توجه به سیاست‌های فاوا و امنیت سایبری خود، حداقل تاثیرپذیری از این کلان روند فناوری را خواهد داشت. این تاثیرپذیری کمینه، متوجه صنعت نفت و گاز جهانی نیز خواهد بود و قوام و استواری نرم افزارهای مورد نیاز صنعت نفت، روند نسل جدید توسعه را بر نمی تابد.

نرخ پذیرش صنعتی این کلان روند ۱ از ۵ و سرمایه گذاری ۲۰۲۱ بالغ بر ۲ میلیارد دلار بوده است. در شکل ۶ امتیازات حوزه های پنج گانه سرمایه گذاری، اختراعات، تحقیقات، اخبار و رویداد و موتورهای جستجو مربوط به این کلان روند ایفاد شده است.

شکل۶: امتیازات حوزه های پنج گانه کلان روند نسل جدید توسعه نرم افزار؛ بدون سرمایه، تحقیقات و اختراعات، بیشتر یک آرزوی مطلوب کاربران محسوب می شود.

۷-کوانتوم:

این روند فناوری نوظهور، در تلاش است با تکیه بر مکانیک کوانتوم و خواص کوانتومی مواد، با تولید اَبَررایانش‌های محاسباتی و نیز اَبَرمواد، تحولاتی را در صنایع وابسته ایجاد کند. روند فناوری با کاربرد جدید موادی و پردازشی، نوظهور بوده و در مراحل اولیه است.

صنایع نفت و گاز جهان و ایران و حوزه ی معادن و فلزات، با استفاده ی توأمان از فراجهش ناشی از محاسبات کوانتومی و مواد جدید، هم در حوزه ی اکتشاف، هم در حوزه ی استخراج می توانند گام‌های جدیدی را برداشته و با در اختیار داشتن سنسورهای جدید و کاتالیست‌های دگرگون شده مبتنی بر مواد جدید، افق جدیدی را تجربه نمایند.

نرخ پذیرش صنعتی این کلان روند صفر از ۵ و سرمایه گذاری ۲۰۲۱ بالغ بر ۳ میلیارد دلار بوده است. در شکل ۷ امتیازات حوزه های پنج گانه سرمایه گذاری، اختراعات، تحقیقات، اخبار و رویداد و موتورهای جستجو مربوط به این کلان روند ایفاد شده است.

شکل ۷: امتیازات حوزه های پنج گانه کلان روند فناوری کوانتوم؛ روندی کاملاً نوظهور با احتمال افول و عدم اقبال

نمود صنعت نفت جمهوری اسلامی ایران در مواجهه با اکثر این روندهای تکنولوژی، تاثیرپذیر و دارای فرصت یا چالش می باشد. تصمیم سازی های راهبردی اقتصادی و تخمین، سامانه‌های هوشمند نفتی، ازدیاد برداشت، اکتشاف و استخراج بهبودیافته، تعامل، مدیریت، رگولاتوری و حاکمیت انرژی در تعامل با مصرف کنندگان، امنیت و ایمنی در دسترسی فیزیکی و اسنادی و سایبری، انرژی پاک و تجدیدپذیر، موقعیت یابی جهانی خودکفا و ... حداقل حوزه هایی هستند که ساز و کار صنعت نفت را در دهه‌های آتی در مواجهه با این کلان روندهای فناوری و سیگنال‌های ضعیف تکنولوژی روبرو خواهد کرد.

منابع و مراجع:

Mckinsey & Company Technology Trends Outlook 2022

جمع بندی، تحلیل و نظریه ی کارشناسی:

کلان روندهای فناورانه ی ۱۴گانه مطروحه در گزارش ۲۰۲۲ مکنزی که ۷ روند آن در این شماره بررسی شد، مشخص

گزارش تحلیلی

نظم دوره گذار انرژی

نقش مؤثر کاهش انتشار متان در تحقق اهداف کاهش انتشار

اعظم محمدباقری؛ پژوهشگر موسسه مطالعات بین المللی انرژی

۱.مقدمه

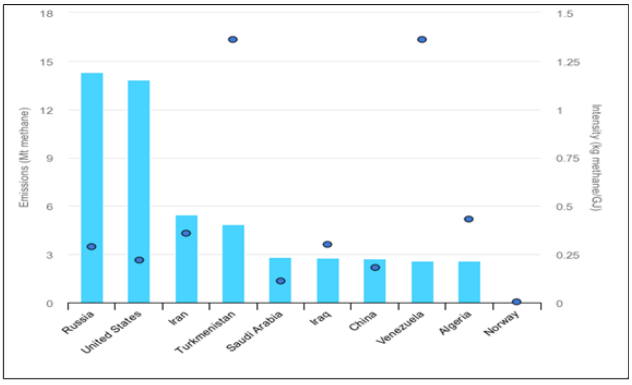
هر چند صنعت نفت و گاز مسئول سه چهارم انتشار متان است، اما آژانس بین المللی انرژی تأکید می کند که اگر قرار است این صنعت در گذار انرژی و کاهش تغییر اقلیم نقش داشته باشد، باید به سرعت در جهت کاهش انتشار متان گام بر دارد. جلوگیری از ۷۰ درصد انتشار متان در این صنعت نه تنها به لحاظ فنی بلکه به لحاظ قیمت های فعلی گاز طبیعی که سرمایه گذاری برای اقدامات کاهش نشت متان را توجیه پذیر می کند، به راحتی امکان پذیر است. سال گذشته در کنفرانس آب و هوایی گلاسکو (COP۲۶)، زمانی که بیش از ۱۰ کشور جهان موافقت کردند که ۳۰ درصد انتشار خود را تا پایان دهه کاهش دهند، پیشرفت سیاسی قابل توجهی برای مهار انتشار متان حاصل شد که در صورت تحقق، همان تأثیر تبدیل بخش حمل و نقل به انتشار صفر خالص را به همراه خواهد داشت. ضمن آنکه کاهش آن می تواند در رفع تنگناهای بازار گاز امروزه جهان نیز تأثیرگذار باشد. متان یک گاز گلخانه ای قوی (GHG) است که مسئول تقریباً ۲۵ درصد گرمایش جهانی و اثر آن ۸۴ برابر بیشتر از CO_2 در یک دوره ۲۰ ساله است. اکنون دانشمندان و سیاست گذاران کاهش متان را در اولویت قرار داده اند و بخش انرژی هدف اصلی کاهش است. از آنجا که صنعت نفت و گاز بیش از یك پنجم کل انتشار متان ناشی از فعالیت های انسانی را تشکیل داده است، لذا پرداختن به کاهش انتشار متان در این صنعت سریع ترین روش برای کاهش سرعت فعلی گرمایش جهانی است.

۲.ضرورت کاهش انتشار گاز متان

طبق گزارش هیأت بین الدول تغییر آب و هوا (IPCC)، غلظت امروزی متان در جو بیش از هر زمان دیگری در حداقل ۸۰۰ هزار سال گذشته است و متان حدود ۳۰ درصد از گرمایش جهانی مشاهده شده تا امروز را تشکیل داده است. برآوردها نشان می دهد که بخش انرژی مسئول حدود ۱۳۵ میلیون تن متان منتشر شده در جو در سال ۲۰۲۱ بوده است. پس از رکود ناشی از همه گیری کرونا در سال ۲۰۲۰، این میزان نشان دهنده افزایش ۵ درصدی انتشار متان در بخش انرژی است که عمدتا به دلیل افزایش تقاضا و تولید سوخت های فسیلی بعد از بحران همه گیری کرونا و بهبود اقتصادها است.

با احتساب متان ناشی از ذغال سنگ، بخش انرژی مسئول حدود ۴۰ درصد از کل انتشار منتسب به فعالیت های انسانی است و بعد از آن کشاورزی قرار دارد. از ۱۳۵ میلیون تن انتشارات مربوط به انرژی، ۴۲ میلیون تن از معادن ذغال سنگ، ۴۱ میلیون تن از نفت، ۳۹ میلیون تن از فرایندهای مختلف گاز طبیعی، ۹ میلیون تن از احتراق ناقص انرژی زیستی و ۴ میلیون تن از نشت تجهیزات مصرف نهایی است. انتشار متان با توجه به وضعیت بازارهای گاز از اهمیت بالایی برخوردار است. انتشار متان در سال ۲۰۲۱ در صورت جذب و عرضه به بازار، ۱۸۰ میلیارد مترمکعب گاز اضافی در اختیار بازار قرار میداد که این میزان می توانست تمام گاز مصرفی بخش برق اروپا را تأمین کند و همین میزان برای کاهش قیمتهای گاز امروزی کافی بود.

با توجه به افزایش اخیر در قیمت های گاز، تقریبا تمام گزینه های کاهش انتشار گازهای گلخانه ای ناشی از عملیات نفت و گاز در سراسر جهان را می توان بدون هزینه خالص اجرا کرد. چنین همسویی قوی ملاحظات هزینه و تأثیر بر محیط زیست باید بخش نفت و گاز را به سمت پیشروی در کاهش انتشار متان سوق دهد. شرکت های پیشرو باید فراتر از اهداف شدتی حرکت کنند و رویکردی با انتشار صفر اتخاذ نمایند. در ردیاب به روز شده آژانس بین المللی انرژی سال ۲۰۲۲، نروژ و هلند کمترین شدت انتشار متان را دارند، کشورهای خاورمیانه مانند عربستان سعودی و امارات متحده عربی شدت انتشار نسبتاً پایین و ترکمنستان و ونزوئلا بالاترین میزان شدت انتشار متان را به خود اختصاص داده اند. عملکرد کاهش شدت انتشار متان نروژ نشان می دهد که اگر تمامی کشورهای تولید کننده در صدد کاهش شدت انتشار خود باشند انتشار جهانی متان ناشی از عملیات نفت و گاز می تواند بیش از ۹۰ درصد کاهش یابد. (شکل ۱)

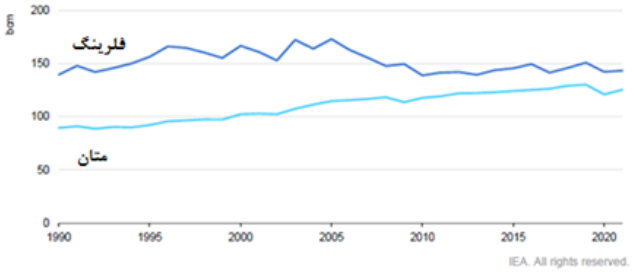


شکل ۱: انتشار متان و شدت انتشار در تولیدکنندگان منتخب نفت و گاز، ۲۰۲۱

افزایش توجه به کاهش متان در سال‌های اخیر، از جمله کمپین‌ها و فناوری‌های اندازه‌گیری جدید، می تواند تأثیر فراوانی در کاهش انتشار متان داشته باشد. با این حال محدودیت دسترسی به داده های اندازه گیری متان موجب شده که اطلاعات دقیقی از تأثیر تلاش های کاهش انتشار متان در برخی کشورها وجود نداشته و حتی تجزیه و تحلیل ها در سطح جهانی نشان می دهد که انتشار متان از بخش انرژی حدود ۷۰ درصد بیشتر از مجموع برآوردهای ارائه شده توسط دولت های ملی است.

آژانس بین المللی انرژی در گزارش دیگری اتلاف گاز را در نتیجه فلرینگ، تخلیه به اتمسفر و نشت مورد بررسی قرار می دهد و اعلام می کند که بیش از ۱۴۰ میلیارد مترمکعب گازطبیعی در سال ۲۰۲۱

فلر شده و ۱۲۵ میلیارد مترمکعب دیگر نیز در نتیجه عملیات نفت و گاز به اتمسفر تخلیه شده و یا نشت شده است. این اتلاف گاز طبیعی در شرایطی اتفاق می افتد که بازارهای گاز به شدت با تنگنا مواجه هستند. برآورد آژانس حاکی از آن است که از نظر فنی می توان از بیش از ۷۰ درصد انتشار متان امروز و۹۰ درصد فلرینگ ناشی از عملیات نفت و گاز جهانی جلوگیری کرد. این میزان گاز هدررفته در اغلب موارد می تواند به بازارها عرضه شود. بیش از ۵۴ درصد از کل حجم گاز سوزانده شده در شعاع ۲۰ کیلومتری خط لوله گاز موجود اتفاق می افتد. روند رو به افزایش فلرینگ و انتشار متان در شکل ذیل نشان داده شده است.



شکل۲: روند فلرینگ و انتشار متان در جهان (۲۰۲۱-۱۹۹۰)

روش های جلوگیری از فلرینگ و انتشار متان از عملیات نفت و گاز، شناخته شده و مقرون به صرفه هستند. این اقدامات شامل نصب دستگاه کنترل انتشار، انجام منظم نشت یابی و کمپین های تعمیر و تعویض اجزا و تجهیزاتی که در حین عملیات عادی خود، متان ساطع می کنند، می شود. اگر شرایط برای اتصال به بازارهای گاز وجود نداشته باشد، شرکت ها می توانند گازهای اضافی خود را دوباره به نفت یا مخازن گاز تزریق کرده و یا برای تولید برق در محل از آن استفاده کنند. در مجموع برآورد می شود که اقدام برای کاهش نشت متان، تخلیه و فلرینگ می تواند به سرعت نزدیک به ۲۱۰ میلیارد مترمکعب گاز را به بازارهای جهانی تزریق کند.

۳.سیاســت های کاهش انتشار متان در برخی کشورها

عدم قطعیت در مورد سطوح انتشار دلیلی برای به تاخیر انداختن اقدام در مورد متان نیست. اگر همه کشورها سیاست‌های آزمون شده‌ای را اجرا کنند که قبلاً به طور مؤثر در موقعیت‌های مختلف مورد استفاده قرار گرفته‌اند، انتشار جهانی متان ناشی از عملیات نفت و گاز به نصف کاهش می یابد. این سیاست ها عمدتاً شامل ممنوعیت فلرینگ غیر اضطراری، تحمیل برنامه های اجباری برای تشخیص نشت و تعمیر و معرفی استاندارد تجهیزات است.

برخی کشورها مقررات محکمی برای کاهش انتشار متان و مقادیر فلرینگ خود در نظر گرفته اند. کانادا با هدف کاهش انتشار ۴۵ درصدی تا ۲۰۲۵ نسبت به ۲۰۱۲، اعمال قوانین کاهش شدیدتری را در سال ۲۰۲۰ آغاز نمود. سازمان متصدی نفت و گاز بریتانیا در سال ۲۰۲۱ دستورالعمل های مربوط به کاهش فلر و تخلیه به اتمسفر را تشدید کرد و حداکثر تا سال ۲۰۳۰ در همه اپراتورها خواستار رسیدن به فلر و تخلیه صفر شد. نروژ از سال ۱۹۷۲ فلر غیرضروری را ممنوع کرده است و از سال ۱۹۹۱ بر کلیه احتراق هیدروکربون ها در مناطق دریایی مالیات اعمال کرده است. در ایالات متحده، قوانین کاهش انتشار متان در حال برقراری مجدد است در حالی که آخرین مقررات جاه طلبانه EPA هدف کاهش انتشار گاز متان از نفت و گاز را تا ۷۰ درصد در نظر گرفته است و هزینه های تنبیهی برای نشت و تخلیه گاز طبیعی به اتمسفر پیشنهاد کرده است. مشتریان و سرمایه گذاران نیز در این وادی وارد شده اند. در سال ۲۰۲۱، ۱۶۸ سرمایه گذار که بیش از ۶/۲۳ تریلیون دلار دارایی نفت و گاز را مدیریت می کردند، بیانیه ای را امضا کرده و در آن از نیاز به قوانین کاهش انتشار متان حمایت کردند و خواستار قوانین و مقررات سخت گیرانه تر EPA شدند. دو شرکت بی پی و شل از اولین شرکت هایی بودند که جبران های اجرایی کاهش انتشار متان را به اقدامات اقلیمی مرتبط کردند. بسیاری از شرکت های دیگر همتراز با آنها نیز از آن زمان از این رویه پیروی کردند. دوازده شرکت مشارکت کننده در ابتکار آب و هوای نفت و گاز (OGCI)[1] متعهد شده اند که تا سال ۲۰۳۰ انتشار گاز متان را از عملیات نفت و گاز صفر کنند و سایر IOC[2] ها و NOC[3] ها نیز متعهد به کاهش انتشار گازهای گلخانه ای و فلرشدن معمول گاز هستند. بطور کلی ائتلاف کشورهای متعهد به کاهش جاه طلبانه متان می تواند تأثیر به سزایی در تحقق این هدف داشته باشد.

٤.اظهار نظر کارشناسی

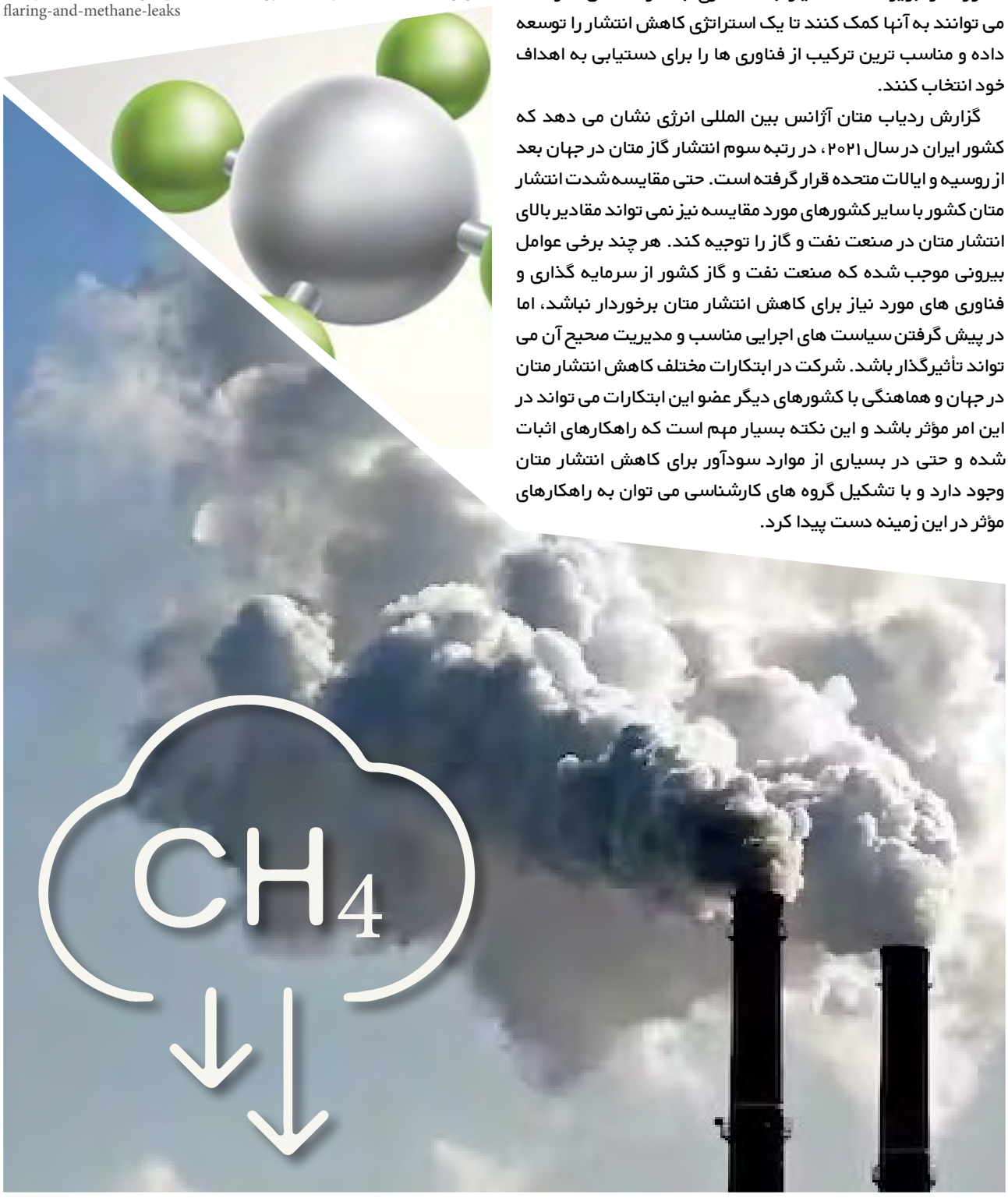
محدود نمودن افزایش دمای جهانی به ۱/۵ درجه سانتیگراد و جلوگیری از پیامدهای تغییرات آب و هوایی تنها با کاهش تقاضای سوخت فسیلی و پایان دادن به آنها امکان پذیر نیست، بلکه نیازمند استفاده از راهکارها، فناوری ها و نو آوری هایی است که بتواند همزمان با استفاده از این سوخت ها کاهش مقادیر انتشار گازهای گلخانه ای را نیز به دنبال داشته باشد. کاهش متان در واقع یک فرصت برای صنعت انرژی است. متان ممکن است بیش از ۵۷ درصد انتشارات میادین نفتی را تشکیل دهد، اما به دلیل اثر گلخانه ای بالایی که دارد، ساده‌ترین روش برای کاهش انتشارات آن است. به گفته آژانس بین‌المللی انرژی (IEA)، صنعت نفت و گاز با استفاده از فناوری‌های امروز می توانند انتشار متان خود را تا ۷۰ درصد کاهش دهند که از این میزان، حدود ۴۰ درصد را می توان بدون هزینه خالص کاهش داد، زیرا ارزش گاز جذب شده بیشتر از هزینه کاهش است. سال گذشته در کنفرانس آب و هوای COP۲۶ در گلاسکو، زمانی که بیش از ۱۰۰ کشور موافقت کردند که ۳۰ درصد انتشار متان را تا پایان دهه کاهش دهند، پیشرفت سیاسی قابل توجهی برای مهار متان حاصل شد. اما کارشناسان می گویند تحقق این تعهد، حداقل در کوتاه مدت، به دلیل بحران اوکراین با تلاش کشورها برای جایگزینی منابع نفت و گاز روسیه و قیمت های بالا، شرکت ها را تشویق به افزایش تولید کرده است و این افزایش تولید و فراوری گاز طبیعی برای تأمین گاز اروپا بدون کاهش انتشار

1. The Oil and Gas Climate Initiative (OGCI)
2. International Oil Companies
3. National Oil Companies

متان می تواند مقادیر قابل توجهی از گاز را به اتمسفر تخلیه و نشت کند.

هر چند تنظیم استراتژی، درک مقررات، ارزیابی فناوری های موجود و نوظهور و ترکیب راه حل ها و مقیاس بندی آنها در سطح جهانی یك چالش پیچیده در مسیر کاهش انتشار متان است اما راه‌حل‌های مورد نیاز عمدتاً وجود دارند و انتخاب و به کارگیری موفقیت‌آمیز آن‌ها با بهره گیری از تجارب موفق کشورهای پیشرو، نیازمند یک رویکرد جامع نگر است. برای دستیابی به این هدف، کشورها و بویژه صنعت نیاز به همکاری با کارشناسان دارد که می توانند به آنها کمک کنند تا یک استراتژی کاهش انتشار را توسعه داده و مناسب ترین ترکیب از فناوری ها را برای دستیابی به اهداف خود انتخاب کنند.

گزارش ردیاب متان آژانس بین المللی انرژی نشان می دهد که کشور ایران در سال ۲۰۲۱، در رتبه سوم انتشار گاز متان در جهان بعد از روسیه و ایالات متحده قرار گرفته است. حتی مقایسه شدت انتشار متان کشور با سایر کشورهای مورد مقایسه نیز نمی تواند مقادیر بالای انتشار متان در صنعت نفت و گاز را توجیه کند. هر چند برخی عوامل بیرونی موجب شده که صنعت نفت و گاز کشور از سرمایه گذاری و فناوری های مورد نیاز برای کاهش انتشار متان برخوردار نباشد، اما در پیش گرفتن سیاست های اجرایی مناسب و مدیریت صحیح آن می تواند تأثیرگذار باشد. شرکت در ابتکارات مختلف کاهش انتشار متان در جهان و هماهنگی با کشورهای دیگر عضو این ابتکارات می تواند در این امر مؤثر باشد و این نکته بسیار مهم است که راهکارهای اثبات شده و حتی در بسیاری از موارد سودآور برای کاهش انتشار متان وجود دارد و با تشکیل گروه های کارشناسی می توان به راهکارهای مؤثر در این زمینه دست پیدا کرد.



منابع:

1.https://www.worldoil.com/magazine/2022/march2022-/special-focus-sustainability/tackling-methane-emissions-it-s-time-to-act/

2.https://www.reuters.com/business/sustainable-business/ukraine-war-raises-fears-that-efforts-tackle-methane-emissions-fossil-fuels-will19-05-2022-/

3.https://www.theguardian.com/environment/2022/jul/05/global-heating-causes-methane-growth-four-times-faster-than-thought-study

4.https://www.iea.org/reports/global-methane-tracker2022-/overview

5.https://www.iea.org/reports/the-energy-security-case-for-tackling-gas-flaring-and-methane-leaks

بررسی بودجه عمومی تحقیق و توسعه حوزه انرژی در کشورهای عضو IEA و راهکارهایی برای ایران

مهدی کربلایی؛ پژوهشگر حوزه ی انرژی

تحقیق و توسعه

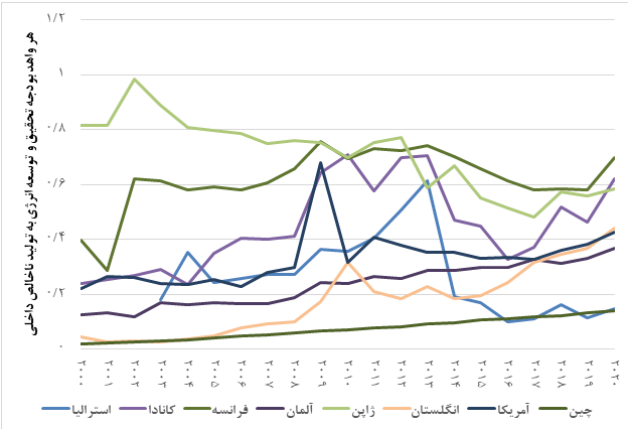
تحقیق و توسعه شامل فعالیت هایی است که یک دولت و یا شرکت جهت ارائه نوآوری و محصول و خدمات جدید ارائه می دهد. این گام معمولا در قدم های اولیه جهت توسعه در یک زمینه است و قرار گرفتن در مسیر توسعه نیازمند دقت در این مرحله می باشد. نگاه سیستمی(علت و معلولی) به تحقیق و توسعه ما را متوجه این نکته می سازد که یکی از عوامل مهم در رشد و توسعه اقتصادی، سهم هزینه های تحقیق و توسعه و میزان درجه اهمیت آن می باشد. اگر چه عوامل متعددی بر رشد اقتصادی تاثیر گذار هستند و نمی توان صرفا تحقیق و توسعه را مرتبط با رشد اقتصادی دانست و نتیجه گرفت که با بالا رفتن سهم تحقیق و توسعه، رشد اقتصادی بالاتری رقم خواهد خورد و یا هر کشوری که هزینه های تحقیق و توسعه به نسبت تولید ناخالص داخلی آن بالاتر است رشد اقتصادی بالاتری را نیز تجربه خواهد کرد، اما تاثیر تحقیق و توسعه در حوزه های مختلف غیرقابل انکار می باشد چرا که نوآوری بهره وری را افزایش می دهد که این موضوع خود باعث رشد اقتصادی می شود.

پایگاه داده IEA

آژانس بین المللی انرژی(IEA) اقدام به تشکیل یک پایگاه داده از کشورهای عضو این آژانس، جهت بررسی موارد هزینه ای تحقیق و توسعه در حوزه انرژی نموده است. در این پایگاه داده، اطلاعات مربوط به هزینه های تحقیق و توسعه حوزه انرژی به تفکیک زیربخش، برای هر کشور عضو این آژانس، بین سال های ۱۹۷۴ تا ۲۰۲۲ موجود است(داده های مربوط به سال های ۲۰۲۱ و ۲۰۲۲ برآورد در این سال ها است). داده های این پایگاه اطلاعات از طریق آمار بودجه های دولت مرکزی یا فدرال کشورهای مورد بررسی بدست آمده است و به زیربخش های اصلی بهینه سازی انرژی، تجدیدپذیرها، هسته ای، انرژی های فسیلی، هیدروژن و پیل های سوختی و... تقسیم بندی شده است. در ادامه به بررسی و تحلیل داده های موجود در این پایگاه داده می پردازیم.

عوامل موثر در میزان و سهم هر زیربخش در تحقیق و توسعه حوزه انرژی

همانطور که گفته شد، هزینه در بخش تحقیق و توسعه سبب رشد اقتصادی خواهد شد اما تحقیق و توسعه تنها عامل موثر در رشد اقتصادی نمی باشد. بررسی نسبت بودجه تحقیق و توسعه حوزه انرژی به GDP کشورهای مختلف نشان می دهد که در عمده کشورهای عضو IEA و چین(۳۳ کشور)، این نسبت بین سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ افزایش یافته است(نمودار ۱). این موضوع نشان دهنده این نکته مهم است که تحقیق و توسعه در زمینه انرژی عمدتا از رشد اقتصادی چند گام جلوتر بوده و یکی از محرک های مهم رشد اقتصادی، هزینه در بخش تحقیق و توسعه خواهد بود. یقیناً در هر سازمانی مشغول به فعالیت باشید تاثیر بزرگ فعالیت های مربوط به تحقیق و توسعه را در پیشرفت کار سازمان خود مشاهده کرده اید.



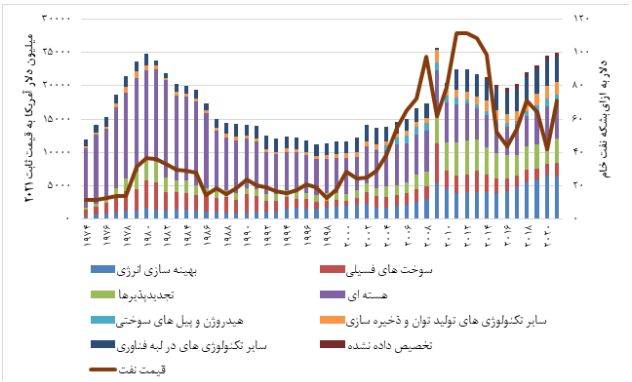
نمودار ۱: روند سهم بودجه عمومی تحقیق و توسعه در حوزه انرژی به تولید ناخالص داخلی کشورهای مختلف بین سال های ۲۰۰۰-۲۰۲۰

در این بین، بودجه عمومی تحقیق و توسعه حوزه انرژی در کشورهای مختلف روند یکسان و ساختار یافته ای نداشته و فراز و فرودهای بسیاری دارد. طیف گسترده ای از عوامل در میزان بودجه عمومی تحقیق و توسعه حوزه انرژی موثر می باشند که آن ها را می توان در چند دسته کلی تقسیم بندی نمود. مهمترین این موارد به شرح زیر می باشد که در ادامه به بررسی هر یک از آنها خواهیم پرداخت.

- بازار
- حکومت و مردم
- منابع

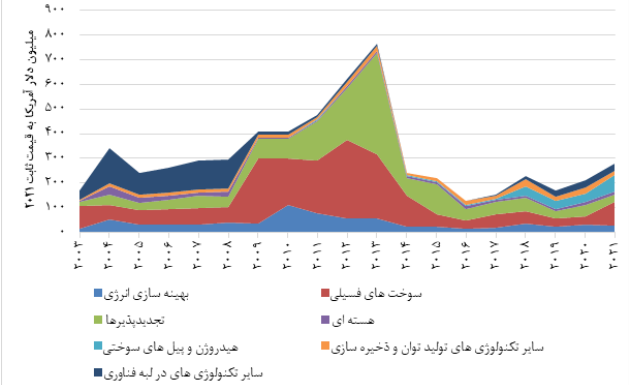
بازار نقش بسیار مهمی در تصمیم گیری های دولتی و سیاستگذاری عمومی ایفا می کند. در اینجا مقصود از بازار، قیمت یک کالا، حامل انرژی و... می باشد که در قیمت نیز عوامل مختلفی بر تعادل عرضه و تقاضا تاثیرگذار خواهند بود. در نمودار زیر قیمت نفت خام و بودجه عمومی تحقیق و توسعه در کشورهای عضو IEA(۳۲ کشور) آورده شده است. همانطور که به خوبی مشخص است تغییرات قیمت نفت باعث شده که این کشورها برای نوآوری بیشتر و حل مشکلات بوجود آمده طی بحران های انرژی دهه ۷۰ و ۸۰ میلادی، بودجه تحقیق و توسعه حوزه انرژی را بشدت افزایش دهند. در ادامه با ثبات شرایط بازار انرژی تا حدود سال ۲۰۰۰ میلادی بودجه تحقیق و توسعه حوزه انرژی در ۵ دهه اخیر در پایینترین سطح خود قرار داشته است که با صعود مجدد قیمت نفت خام، دولت ها مجددا به سراغ تحقیق و توسعه می روند تا راه حلی برای مشکلات خود پیدا کنند و در نهایت با انقلاب شیل در امریکا و اعلام دسترسی و تولید منابع عظیم انرژی این روند صعودی متوقف شد اما پس از سال ۲۰۱۵ و مورد توجه قرار گرفتن مسائل اقلیمی پس از توافق پاریس، سهم تکنولوژی های سبز و کربن خنثی در سبد بودجه عمومی تحقیق و توسعه کشورها بشدت افزایش یافت که این موضوع منجر به افزایش تحقیق و توسعه حوزه

انرژی برای حل این بحران شده است. (نمودار۲)



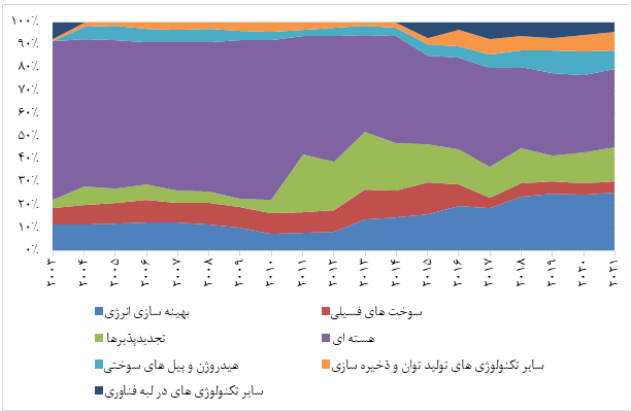
نمودار۲: روند بودجه عمومی تحقیق و توسعه در حوزه انرژی کشورهای عضو IEA و قیمت هر بشکه نفت خام بین سال های ۱۹۷۴ – ۲۰۲۱

زمانی که درباره بودجه عمومی یک کشور صحبت می شود مشخص است که مهم ترین و آخرین تصمیم گیرنده آن دولت و یا نظام حاکم بر ساختار سیاسی آن کشور می باشد. در مورد بودجه تحقیق و توسعه حوزه انرژی در کشورهای مختلف نیز دولت ها تصمیم می گیرند که حجم این بودجه باید چه سهمی از کل بودجه کشور باشد و در چه زمینه هایی و با چه اهدافی مصرف بشود. به تبع در سیستم های با دموکراسی بالا و مردم سالار، نقش مردم (حداقل نقش قانع سازی مردم) در تصمیم گیری ها و سهم بندی ها بسیار قابل ملاحظه خواهد بود. چنانچه گروهی با شعار حرکت به سمت انرژی های سبز و کاهش شدت انتشار کربن در کشوری اکثریت بخش های سیاسی و مدیریتی کشور را در دست بگیرند انتظار می رود که توجه به سمت این موضوع شدت بیشتری پیدا کند و بالعکس. به عنوان نمونه در کشور استرالیا با روی کار امدن حزب لیبرال بین سال های ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۲، بودجه عمومی تحقیق و توسعه انرژی بخصوص در زیربخش انرژی های تجدیدپذیر بین سال های مورد نظر بشدت کاهش یافته است. حزب لیبرال استرالیا برخلاف حزب کارگر و حزب سبزها مدافع جدی حرکت به سمت کاهش انتشار کربن نیست و با پیروزی این حزب در انتخابات فدرال استرالیا، تغییرات جدی در تحقیق و توسعه حوزه انرژی بخصوص تکنولوژی های سبز رخ داده است. در سال ۲۰۱۴ با روی کار آمدن حزب لیبرال، بودجه تحقیق و توسعه حوزه انرژی به مقدار یک سوم سال ۲۰۱۳ کاهش یافته است همچنین بودجه عمومی تحقیق و توسعه در زمینه انرژی های تجدیدپذیر برای سال ۲۰۱۴ به یک ششم مقدار آن در سال ۲۰۱۳ کاهش یافته است. (نمودار۳)



نمودار۳: روند بودجه عمومی تحقیق و توسعه در حوزه انرژی استرالیا بین سال های ۲۰۰۳ – ۲۰۲۱

حادثه اتمی فوکوشیما در ژاپن، نمونه موثر دیگری بود که باعث شد جهت گیری ها بخصوص در زمینه تحقیق و توسعه انرژی تغییر پیدا کند. در مارس ۲۰۱۱، بدلیل زلزله ۹ ریشتری و سونامی در پی ان، تاسیسات نیروگاه هسته ای فوکوشیما به زیر آب رفت و ان منطقه با نشت عناصر پرتوزا مواجه شد. این موضوع نگرانی های شدیدی برای مردم ژاپن و جهان ایجاد کرد و باعث شد دولت ژاپن و شرکت تپکو(TEPCO) مورد انتقادات شدید قرار گیرند. پس از این واقعه به همراه فشارهای عمومی ناشی از این واقعه، ژاپن و تعداد قابل توجهی از کشورهای جهان برنامه های محدود کننده ای جهت تولید برق هسته ای را در دستور کار خود قرار دادند که به تبع این موضع تاثیر خود را در کاهش بودجه عمومی تحقیق و توسعه در این زمینه گذاشته است. در نمودار ۴ و نمودار ۲ به خوبی قابل مشاهده است که پس از سال ۲۰۱۱ سهم انرژی هسته ای از سبد تحقیق و توسعه کشور ژاپن و سایر کشورهای عضو IEA بطور قابل توجهی کاهش یافته است. البته این موضوع لزوما بدین معنی نیست که این اقدامات صحیح و ادامه دار خواهد بود.



نمودار۴: سهم هر زیربخش در بودجه عمومی تحقیق و توسعه در حوزه انرژی ژاپن بین سال های ۱۹۷۴ – ۲۰۲۱

عامل سومی که در تعیین سهم هر یک از زیربخش های حوزه انرژی در بودجه عمومی تحقیق و توسعه انرژی موثر است منابع و پتانسیل های موجود در کشور مورد نظر می باشد. بعنوان مثال کشورهای نفتی مانند کانادا، مکزیک، برزیل و... تمرکز بسیار بیشتری بر روی حوزه سوخت های فسیلی به نسبت کشورهای غیرنفتی دارند در عوض کشورهای غیر نفتی بر روی انرژی های جایگزین متمرکز شده اند.

روند کلی تحقیق و توسعه دولتی حوزه انرژی

با بررسی بودجه عمومی تحقیق و توسعه حوزه انرژی ۳۲ کشور عضو IEA بین سال های ۱۹۷۴–۲۰۲۱ (مقادیر مربوط به سال ۲۰۲۱ برآورد در این سال می باشد ـ نمودار۵) نتایج زیر حاصل می گردد:

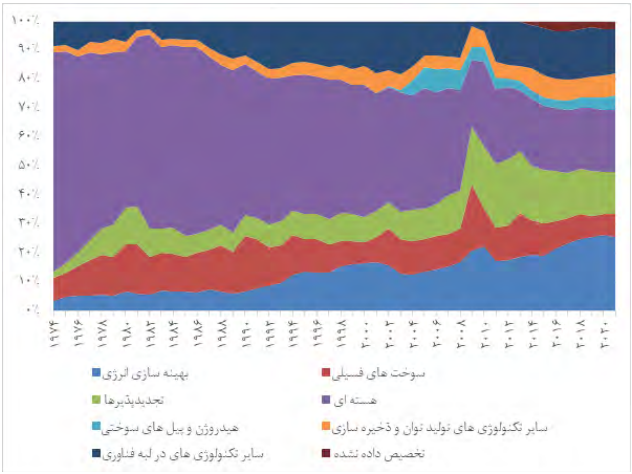
- تحقیق و توسعه در زمینه بهینه سازی انرژی در یک روند کلی بین سال های مورد بررسی افزایش یافته و سهم بیشتری از کل این قسمت از بودجه را نسبت به سال قبل دریافت کرده است که در سال ۲۰۲۰ این سهم به ۲۶/۴ % رسیده است که در بین سایر حوزه ها بیشترین سهم را دارد.
- تحقیق و توسعه در حوزه انرژی هسته ای برای این کشورها در سال های مورد بررسی کاهش یافته است به طوری که در سال ۲۰۲۰ به ۲۱/۳ % از کل بودجه کشورهای عضو IEA رسیده است.

◄ سوخت های فسیلی با ۷/۲۵ % پس از هیدروژن، کمترین سهم را در بین زیربخش های تحقیق و توسعه حوزه انرژی دارند که با توجه به اینکه بودجه مربوط به سیستم های دریافت و ذخیره کربن در این زیربخش در نظر گرفته شده است بطور کلی سهم تحقیقات مربوط به نفت، گاز و ذغال سنگ کمتر از مقدار ذکر شده می باشد.

◄ تجدیدپذیرها نیز نسبت به سال های گذشته سهم بیشتری در سبد بودجه عمومی تحقیق و توسعه حوزه انرژی پیدا کرده اند و سهم آنها در کشورهای عضو IEA به ۱۴/۴ % در سال ۲۰۲۰ رسیده است.

◄ هیدروژن و پیل های سوختی در دو دهه اخیر مورد توجه قرار گرفته اند و شروع تزریق بودجه به این زیربخش از سال ۲۰۰۲ بوده است. این حوزه توانسته با ۴/۲۶ % در کشورهای عضو IEA در سال ۲۰۲۰، همچنان در تحقیق و توسعه سهم موثر خود را داشته باشد.

ایران و تحقیق و توسعه بخش انرژی



نمودار۵: سهم هر زیر بخش در بودجه عمومی تحقیق و توسعه حوزه انرژی کشورهای عضو IEA بین سال های ۱۹۷۴ – ۲۰۲۱

اعداد دقیق و برآورد صحیحی از بودجه عمومی تحقیق و توسعه حوزه انرژی در ایران موجود نمی باشد و نمی توان از صورت های مالی سازمان های دولتی بخشی بنام تحقیق و توسعه از سایر هزینه ها تفکیک نمود. با توجه به قرار داشتن ایران در برهه ای حساس به لحاظ تصمیم گیری و برنامه ریزی در حوزه انرژی، می توان موارد زیر را در هنگام تخصیص منابع جهت تخصیص و توسعه مد نظر داشت.

۱. کشورهای در حال توسعه معمولا با کمبود منابع مالی به ویژه ارزی و نیروی انسانی متخصص مواجه هستند، به همین جهت مداخله دولت در تخصیص منابع، در عرصه اقتصاد ملی کاملا نهادینه شده است. به علاوه، تجهیزات تولیدکننده و مصرف کننده ی انرژی، معمولا سرمایه بر هستند و طول عمر بالایی دارند. به عنوان مثال، در بسیاری از کشورهای در حال توسعه، سرمایه گذاری های انرژی می تواند بالغ بر ۵۰ درصد سرمایه گذاری های بخش عمومی را شامل شود. پروژه های تامین انرژی، مانند سدهای برقابی اغلب بزرگ مقیاس بوده و دوره زمانی لازم جهت بهره برداری از آنها معمولا تا چندین دهه پس از شروع پروژه به طول می انجامد. از این رو، دولتها باید جهت بهره برداری کارآمد از منابع کمیاب، سیاست های تحقیق و توسعه انرژی را به نحوی تنظیم کنند و اولویتها را به گونه ای تعیین نمایند که بتواند پاسخگوی اهداف ملی باشد.

۲. تحقیق و توسعه انرژی در کشورهای در حال توسعه زمانی بیشتر مثمر ثمر خواهد بود که به گزینه های فناوری ساده تر بپردازد و یا در پی اقتباس و نسخه برداری از فناوری های پیچیده تر که در نقاط دیگر به بهره برداری رسیده است، برآید. بنابراین، با مبنا قرار دادن نیازهای ملی و روندهای کنونی و قابل پیشبینی آینده در فناوری، فرصت بهتری برای اتخاذ تصمیم های عقلانی درباره جهت گیری آینده تحقیق و توسعه در بخش انرژی به وجود خواهد آمد بر این اساس، فرصت های فراوانی برای انطباق فناوری ها، فرآیندها و سیاست های موجود با شرایط بومی و کسب منافع وافر از این طریق، در راستای افزایش کارایی در عرضه و تقاضا ی انرژی وجود دارد. در مقابل، در حوزه های فناوری های پیشرفته که هزینه های بالای تحقیق و توسعه، بازدهی نامطمئن و تغییرات سریع از ویژگی های آن است، محتاطانه تر آن است که پیشرفت های صورت گرفته در سایر کشورها را تحت نظر داشته و تنها در زمان مناسب نسبت به انطباق این پیشرفت ها با کاربست های داخلی اقدام شود. توجه به این نکته به ویژه زمانی که انتظار می رود هزینه های یک فناوری به سرعت کاهش یابد، بسیار حائز اهمیت است.

۳. تحقیق و توسعه برنامه ریزی شده، همانطور که در ابتدای گزارش نیز به آن اشاره شد، می تواند در به حرکت دراوردن چرخ اقتصاد کشور و پیشرفت و رشد اقتصادی بسیار موثر و راهگشا باشد و نباید ارتباط بین این دو را نادیده گرفت.

۴. در راستای موارد ذکر شده گروه های رصد فناوری های انرژی و مدلسازی انرژی موسسه مطالعات بین المللی انرژی می توانند در تعیین راهبردها و فناوری های مورد نیاز و اولویت بندی ان ها به همراه بررسی راهکارهای مختلف در سناریوهای مختلف موثر باشند و نقش کلیدی در راهبردهای توسعه حوزه انرژی کشور ایفا کنند.

منابع

1- IEA energy technologies R&D budget

2- China's National key R&D programs

۳-منظور , طاهری. (۲۰۰۹). چارچوبی برای سیاستگذاری تحقیق و توسعه انرژی. هفتمین همایش ملی انرژی.

. . . گزارش تحلیلی . . .

نظم کنونی انرژی

راهبرد فناورانه عمان در ازدیاد برداشت نفت (EOR)

بهاره فرهمندپور؛ پژوهشگر موسسه ی مطالعات بین المللی انرژی

چکیده:

عمان از جمله کشورهایی است که ضرورت به کارگیری روشهای ازدیاد برداشت را به خوبی درک کرده و میتوان این کشور را پیشگام استفاده از روشهای ازدیاد برداشت در خاورمیانه دانست. عمان با همکاری شرکتهای بزرگ بین المللی مانند شرکت شل، از روشهای نوین برای افزایش ضریب بازیافت میادین خود به خصوص مخازن کربناته استفاده کرده است. تزریق پلیمر، تزریق گاز امتزاجی و به خصوص روشهای حرارتی مانند تزریق بخار، از جمله روشهای ازدیاد برداشت در میادین نفتی عمان است. عمان حتی از روش بازیافت حرارتی به کمک خورشید نیز استفاده کرده و نخستین کشور در خاورمیانه است که از این روش استفاده میکند و بررسی کامل این روشها می توانند الگوی مناسبی برای بکارگیری روش های ازدیاد برداشت در ایران باشند.

براساس بند ه ماده ۵۹ قانون برنامه پنجم توسعه کشور، به منظور افزایش ضریب بازیافت مخازن کشور در طول برنامه به میزان یک درصد، وزارت نفت موظف بود طی سال نخست برنامه جامع صیانتی و ازدیاد برداشت از مخازن هیدروکربوری را با رعایت اولویت بندی مخازن به تفکیک نواحی خشکی و مناطق دریایی تهیه کند و برای حسن اجرای آن اقدام های لازم را به عمل آورد. در برنامه ششم توسعه نیز تأکید ویژه ای بر تولید صیانتی و افزایش بازیافت نفت شد و بند ۱۸سیاستهای کلی برنامه ششم توسعه بر موضوع افزایش مستمر ضریب بازیافت و برداشت نهایی از مخازن و چاههای نفت و گاز تأکید داشت.

با توجه به اهمیت بسیار بالای موضوع ازدیاد برداشت در تثبیت سطح تولید نفت و حتی افزایش میزان تولید در سالهای آینده و ارتقای امنیت انرژی و اقتصادی کشور، در گزارش حاضر، نخست مفهوم ازدیاد برداشت و روشهای مختلف آن و در ادامه روندهای تغییرات میزان ذخایر، تولید، مصرف و صادرات نفت و گاز در کشور عمان در طی سالهای گذشته و پیشبینی آن تا سال ۲۰۳۰ و سپس بررسی عملکرد کشور عمان در زمینه ازدیاد برداشت و در بخش پایانی، جمعبندی و راهکارهای پیشنهادی برای ایران ارائه می گردد.

مفهوم ازدیاد برداشت و روشهای مختلف آن:

به طور معمول ازدیاد برداشت را مترادف با افزایش بازیافت نفت (EOR)[1] و بهبود بازیافت نفت (IOR)[2] میدانند. در بازیافت اولیه نفت خام همانطور که تولید پیش میرود، فشار مخزن کاهش می یابد؛ بنابراین، میزان جریان طبیعی هیدروکربنها و به ویژه نفت، کاهش می یابد. در بیشتر موارد حجم نفت خام استخراج شده تحت بازیافت اولیه از لحاظ اقتصادی قابل دوام نیست. ازاینرو، غالباً نیاز است تا برای تقویت نرخ بازیافت، بعد از دوره تولیدی که میتواند متغیر باشد، به سازوکارهایی متوسل شد. سازوکارهای استفاده شده در بازیافت ثانویه و ثالثیه برای افزایش نرخ بازیافت، ازجمله آنهاست. در بازیافت ثانویه جابه جایی نفت با آب از طریق آبرانی طبیعی که در پایین لایه نفتی قرار دارد، صورت میگیرد. تزریق گاز که با هدف تأمین فشار مخزن یا به منظور افزایش فشار مخزن انجام می شود، یکی دیگر از اقدامهایی است که در بازیافت ثانویه انجام میشود. در این روش، گاز و آب با جایگزینی نفت تولید شده در منافذ سنگ مخزن و شست و شوی نفت باقیمانده در سنگ تولیدی، فشار را در میدان نفتی حفظ میکنند و نفت را به سمت چاههای تولیدی میرانند. بازیافت ثانویه، تزریق به چاههای حفاری شده و همچنین تبدیل چاههای تولیدی به چاههای تزریقی را نیز شامل می شود. در بازیافت ثالثیه از هر فرآیند دیگری که در بازیافت ثانویه به کار نرفته است، استفاده میکنند. از جمله روشهای مورد استفاده در برداشت ثالثیه عبارت اند از:

۱-روشهای حرارتی:

این روش افزایش دما در مخزن به منظور کاهش ویسکوزیتی نفت و افزایش بهره وری چاه را شامل میشود. این روش، به طور معمول در بهره برداری از مخازنی که نفت آنها نسبتاً سنگین است، به کار برده میشود و برای نفت خام با شاخص API بین ۱۰تا ۲۰ کاربرد دارد. روشهای حرارتی را میتوان به دو دسته تزریق بخار و احتراق درجا تقسیم کرد. در روش تزریق بخار، بخار تولید شده در سطح، با لوله به مخزن منتقل میشود. در روش احتراق درجا، هوا را از طریق چاه تزریقی به داخل مخزن تزریق میکنند و سپس، نفت اطراف چاه با ایجاد جرقه ای آتش زده میشود.

۲- روشهای شیمیایی:

روشهای شیمیایی، اضافه کردن مواد شیمیایی به تزریق آب را شامل میشود. هدف اصلی در این روش برداشت بیشتر نفت با استفاده از یکی یا هر دو فرآیندکنترل تحریک پذیری با اضافه کردن پلیمرها به منظور کاهش تحریک پذیری آب تزریقی و کاهش کشش سطحی با استفاده از فعال کننده های سطح(سورفاکتانتها) یا آلکالینها به منظور بهبود جابه جایی آب تزریق شده و افزایش توانایی آب برای تخلیه نفت از منافذ سنگ است.

۳-روشهای میکروبی

در این روش، از میکروبها برای تولید گاز به منظور افزایش بازده، یا دفع موادی که باعث کاهش غلظت و گرانروی نفت و انتقال آسان آن به سمت چاه های تولیدی میشود، استفاده میکنند. روشهای میکروبی از روشهای نوین افزایش بازده ذخایر به شمار می روند که از جنبه های نوین کاربرد علوم بیوتکنولوژی در صنعت نفت است.

1. Enhance Oil Recovery
2. Increase Oil Recovery

٤-تزریق گازهای جایگزین

نیتروژن، ازت (هوا)، دی اکسید کربن، هوا و گازهای حاصل از احتراق نفت از جمله گازهای دیگری هستند که برای ازدیاد برداشت نفت مورد استفاده قرار میگیرند. هر یک از این گازها دارای مزیت هایی است که تزریق آن را در میادین خاصی توجیه پذیر میکند.

با توجه به توضیحات فوق الذکر، EOR در مفهوم وسیع کلمه مجموعه ای از دانش فنی تولید، مشتمل بر تزریق انرژی یا سیال در مخزن است تا بدینوسیله ازدیاد برداشت در هر مرحله از تولید حاصل شود، با این هدف که بتوان بازیافت کل از مخزن را نسبت به آنچه با روشهای سنتی مانند تخلیه طبیعی یا روشهای ثانویه مانند تزریق آب و گاز قابل استحصال است، افزایش داد. بنابراین، با توجه به این تعریف، EOR منحصر به بازیافت ثالثیه نیست و میتوان آن را در مرحله تخلیه طبیعی نیز به کار برد.

برخی کشورها با استفاده از این روشها توانسته اند، کاهش تولید از میادین را متوقف کنند و حتی به حجم تولید خود در برخی میادین بیفزایند. عمان از جمله کشورهایی است که ضرورت به کارگیری روشهای ازدیاد برداشت را به خوبی درک کرده و میتوان این کشور را پیشگام استفاده از روشهای ازدیاد برداشت در خاورمیانه دانست. این کشور با همکاری شرکتهای بزرگ بین المللی مانند شرکت شل، از روشهای نوین برای افزایش ضریب بازیافت میادین خود استفاده کرده است. با بررسی روند تولید نفت خام عمان میتوان به راهبردهای کشور عمان برای استفاده سریعتر از روشهای ازدیاد برداشت پی برد. بنابر این در ادامه ابتدا روندهای مهم صنعت نفت و گاز بررسی و سپس اقدامات این کشور در حوزه ازدیاد برداشت بررسی می گردد.

راهبرد فناورانه عمان در ازدیاد برداشت نفت و گاز

عمان از جمله کشورهایی است که ضرورت به کارگیری روشهای ازدیاد برداشت را به خوبی درک کرده و میتوان این کشور را پیشگام استفاده از روشهای ازدیاد برداشت در خاورمیانه دانست. عمان با همکاری شرکتهای بزرگ بین المللی مانند شرکت شل، از روشهای نوین برای افزایش ضریب بازیافت میادین خود استفاده کرده است. با رشد روزافزون مراکز تولید نفت عمان، اهمیت ازدیاد برداشت نفت EOR در حال افزایش است. حدود ۲۰۰ هزار بشکه در روز تولید نفت عمان از EOR تامین می شود که از سال ۲۰۰۷ در بهبود تولید نفت بسیار مهم بوده است.

شرکت شل با همکاری شرکت توسعه نفت عمان (PDO) پروژه های بزرگی را در زمینه طراحی و اعمال روش های ازدیاد برداشت در میدان های نفتی عمان به خصوص مخازن کربناته این کشور اجرایی کرده است؛ پروژه هایی که می توانند الگوی مناسبی برای بکارگیری روش های ازدیاد برداشت در ایران باشند. از جمله اقدامات مهم ازیاد برداشت آن کشور موارد ذیل قابل ذکر است:

◄ پروژه های ازدیاد برداشت نفت (EOR) ۱۴ درصد از تولید PDO را تا سال ۲۰۱۶ تشکیل داده اند. رقمی که NOC[3] امیدوار است تا سال ۲۰۲۵ به تدریج به ۲۵ درصد برسد.

◄ عمان از تعدادی فناوری از جمله تزریق امتزاجی گاز[4] ، بازیافت حرارتی و شیمیایی[5] برای افزایش تولید استفاده می کند.

◄ شل با استفاده از روش های حرارتی، پروژه های ازدیاد برداشت را به صورت پایلوت در میدان های فهود[6] ، هابور[7] هبهب[8]، امل و موخیزنا[9] اجرا کرده است.

◄ این شرکت نفتی همچنین با بهره مندی از روش حرارتی همراه با ریزش ثقلی که از روش های نوین ازدیاد برداشت به شمار می رود، موفق به افزایش ضریب بازیافت نفت از میدان قرن عالم[10] شده بطوریکه ضریب بازیافت نفت این میدان از حدود ۴ درصد به حدود ۲۵ درصد رسیده است.در این میدان، با بهره برداری از روشهای حرارتی و تزریق ۲/۹ میلیون تن بخار در طول سالهای گذشته، ۶ میلیون بشکه نفت تولید شده که سهم ازدیاد برداشت آن، ۶۵۰ هزار بشکه برآورد شده است.

◄ پروژه های EOR نسبتاً هزینه بر و گران هستند و ریسک منفی را به پروژه ها اضافه می کند. با درنظر گرفتن رقابتی باقی ماندن پروژه های نفتی عمان، صرفه جویی در هزینه ها حیاتی تر خواهد شد و فرصت های بیشتری برای تولید بخار خورشیدی در پروژه های حرارتی EOR بوجود خواهد آمد.

عمان نخستین کشور در خاورمیانه است که از روش بازیافت حرارتی به کمک خورشید استفاده می کند. در این روش، برای تأمین بخار آب لازم برای تزریق، از انرژی خورشیدی استفاده میکنند. حال آنکه در روش استاندارد، برای گرم کردن آب و تأمین بخار از دیگهای بخار گاز طبیعی استفاده میشود. جایگزینی دیگهای بخار گاز طبیعی توسط یک نیروگاه خورشیدی حرارتی به کاهش مصرف و در نتیجه، ذخیره گاز و کاهش انتشار دی اکسید کربن منجر خواهد شد. در بازیافت حرارتی به کمک خورشید از آینه های منحنی در فضای بسته گلخانه برای تبدیل آب به بخار استفاده و سپس، این بخار به میادین نفتی تزریق میشود. عمان اکنون از این روش در میدان امل غربی استفاده میکند. براساس گفته مسئولان شرکت گلس پوینت حدود ۶۰ درصد از هزینه های ازدیاد برداشت حرارتی مربوط به خرید گاز است که با استفاده از روش EORخورشیدی تا ۸۰ درصد نیاز به گاز و به تبع هزینه انجام پروژه کاهش مییابد.

کارشناسان شرکت توسعه نفت عمان PDOمعتقدند، استفاده از گاز برای تولید بخار میتواند هزینه های استخراج را تا ۱۰دلار به ازای هر بشکه افزایش دهد و استفاده از روش EORخورشیدی میتواند راهکاری برای کاهش هزینه های استخراج باشد. اکنون حدود ۲۴ درصد از مصرف گاز طبیعی عمان مربوط به بخش نفت بوده و این کشور امیدوار است با توسعه این روش، نیاز به گاز طبیعی را در فرآیند ازدیاد برداشت تا حدود زیادی کاهش دهد.

◄ شرکت شل از تزریق پلیمر به صورت پایلوت در میدان نمر و امین[11] و تزریق امتزاجی گاز به صورت پایلوت در میدان النور[12] عمان با هدف ازدیاد برداشت نفت استفاده کرده است.

3. National Oil Corporation
4. miscible gas injection
5. thermal and chemical recovery
6. Fahud
7. Habur
8. Habhab
9. Amal & Mukhaizna
10. QarnAlam
11. Nimr & Amin
12. AlNoor

◄ در بلوک ۶ میدان بیربا ،تزریق امتزاجی گاز در طول سالیان گذشته باعث تولید ۸ میلیون بشکه نفت شده است و انتظار میرود، با حفر چاه های عمودی و افقی جدید، بازیافت نفت این میدان افزایش یابد.

◄ ازدیاد برداشت با استفاده از تزریق امتزاجی گاز ترش (۳ تا ۴ درصد سولفید هیدروژن و ۱۰ تا ۱۵ درصد دی اکسیدکربن) در میدان زلزاله[13] از دیگر پروژه های اجرا شده از سوی شرکت شل در میدان های نفتی عمان به شمار می رود.

◄ شرکت شل ازدیاد برداشت از میدان های مارمول[14]، ریما[15] و لخوار[16] را نیز با استفاده از تزریق آلکالین، سورفکتانت و پلیمر (ASP) در دستور کار دارد که پیش بینی می شود ضریب بازیافت میدان مارمول با این روش از ۱۵ درصد فعلی به بیش از ۲۵ درصد برسد.

◄ طرح تزریق پلیمر در میدان مارمول که از آن به عنوان بزرگترین طرح ازدیاد برداشت عمان یاد میکنند، یکی دیگر از طرح های ازدیاد برداشت این کشور است. این طرح پس از گذشت سالها همچنان ادامه دارد و تزریق پلیمر در این پروژه به تولید ۱۲ میلیون بشکه نفت خام منجر شد. اکنون فاز دوم پروژه ازدیاد برداشت با استفاده از پلیمر میدان مارمول نیز به منظور افزایش تولید میدان تا ۷۰ هزار بشکه در حال انجام است.

◄ مرحله دوم توسعه پلیمر مارمول در سال ۲۰۱۵ به صورت آنلاین عرضه شد و ۶۰۰۰۰ تا ۷۰۰۰۰ بشکه جدید در روز به خروجی اضافه کرد که این میزان در فاز سوم پروژه افزایش می یابد. تزریق پلیمر در میدان نمر برای حفظ سطح تولید ۹۰۰۰۰ بشکه در روز آزمایش شده است.

◄ فاز دوم پروژه تزریق پلیمر مارمول حدود یک میلیارد دلار هزینه دارد. در یک سناریوی خوش بینانه که این پروژه به طور متوسط ۶۰۰۰۰ بشکه در روز تولید طی ۱۰ سال دارد، هزینه های سرمایه گذاری، به تنهایی ۵ دلار در هر بشکه به نقطه سربه سر تجاری اضافه می کند.

◄ PDO و همچنین اکسیدنتال پترولیوم که میدان ۱۲۲ هزار بشکه در روز موخایزنا را اداره می کند، به دنبال اقداماتی برای کاهش هزینه هستند.

◄ پروژه EOR در یبال خوف[17] قرار بود در فوریه ۲۰۲۱ راه اندازی شود ولی به دلیل ویروس کرونا به تعویق افتاد. این پروژه ابتدا قرار بود در سال ۲۰۱۹ تکمیل شود. پس از راه اندازی کامل این پروژه تولید روزانه به میزان ۵ میلیون متر مکعب گاز و ۱۰ هزار بشکه نفت خام افزایش خواهد یافت.

◄ در ژوئن ۲۰۲۰ PDO اعلام کرد که پروژه یکپارچه رباب هارویل[18] خود را به صورت برخط با حداکثر تولید ۳۶۰۰۰ بشکه در روز به پایان رسانده است.

◄ بهینه سازی فرآیندهای بازیابی حرارتی در میدان الامل از تولیدات آتی پشتیبانی خواهد کرد.

◄ افزایش عملیات سیل بخار[19] در میدان موخائزنا، تولید فلات را حفظ می نماید.

جمع بندی و نتیجه گیری کارشناسی

بخش زیادی از نفت تولیدی ایران از میادینی برداشت می شود که نیمه دوم عمر خود را سپری میکنند و به دلیل افت فشار، تولید از آنها کاهش یافته است. در ایران نیز از دهه ۱۳۵۰، تزریق گاز و آب آغاز شده، اما در بیشتر سالها حجم تزریق کمتر از نیاز واقعی میادین و برنامه های تزریق بوده است. ادامه این روند در ایران میتواند میزان تولید نفت کشور را کاهش دهد و در این صورت، با توجه به سهم بالای نفت درتولید ناخالص داخلی، درآمدهای ارزی و درآمدهای دولت، بروز مشکلات مختلف اقتصادی در سالهای آینده دور از انتظار نیست. از اینرو، برای ارتقای امنیت اقتصادی و امنیت انرژی از طریق به کارگیری روشهای ازدیاد برداشت، توجه به موارد زیر ضروری است:

ـ اولویت دهی برنامه های ازدیاد برداشت ازمیادین در قالب همکاری با شرکتهای بین المللی

تجربه کشورهایی مانند عمان نشان میدهد که میتوان با همکاری شرکتهای بزرگ بین المللی و استفاده از توان این شرکتها، ضریب بازیافت میادین و تولید نفت را به میزان قابل توجهی افزایش داد. ازاین رو، با توجه به ذخایر بسیار عظیم نفت ایران و نیاز شدیدی که میادین کشور به استفاده از روشهای ازدیاد برداشت دارند، جلب همکاری شرکتهای بین المللی برای سرمایه گذاری در ازدیاد برداشت از میادین، می تواند در دستور کار قرار گیرد. لذا انعقاد قراردادهایی با شرکتهای بزرگ، با رویکرد انتقال فناوری جزء اولویتهای اصلی صنعت نفت به شمار میآید. لازم به یادآوری است که صرف انعقاد قرارداد، تضمین کننده اجرای صحیح این قراردادها و تولید صیانتی از میادین نخواهد بود و باید با پرورش متخصصان بیشتر در این حوزه، امکان نظارت دقیق را نیز بر اجرای این قراردادها فراهم کرد.

ـ توجه به سایر روشهای ازدیاد برداشت

ازدیاد برداشت طیف مختلفی از روشها را در بر می گیرد، اما در ایران به طور عمده به تزریق گاز و آب محدود شده است. با توجه به اینکه اکنون بخش زیادی از گاز طبیعی تولید شده در کشور در بخشهای خانگی، تجاری و نیروگاه ها مصرف میشود و سیاست افزایش گازرسانی به روستاها و نیروگاهها میتواند میزان مصرف گاز را در آینده افزایش دهد، باید مطالعه و اجرای روشهای دیگر ازدیاد برداشت نیز در دستور کار قرار گیرد. تزریق گازهای غیرهیدروکربنی مانند گاز ازت، هوا و دی اکسید کربن از جمله جایگزین های گاز طبیعی برای تزریق به میادین است که از مزیتهای اقتصادی و فنی مناسبی نیز برخوردارند و میتوان با سرمایه گذاری و اجرای این روشها به ضریب بازیافت میادین کشور افزود. استفاده از روشهای شیمیایی، حرارتی و میکروبی نیز میتواند مورد استفاده قرار گیرد.

13. Zalzala
14. Marmul
15. Rima
16. Lekhwar
17. Yibal Khuff
18. Rabab Harweel
19. steam flooding operation

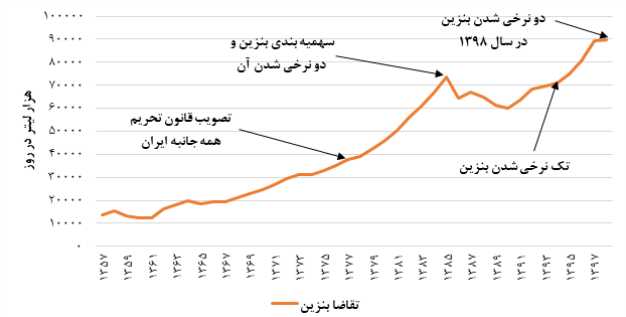
ناترازی بنزین: چالش ها و راه حل ها

مهدی کربلایی؛ پژوهشگر حوزه ی انرژی

عرضه و تقاضای بنزین

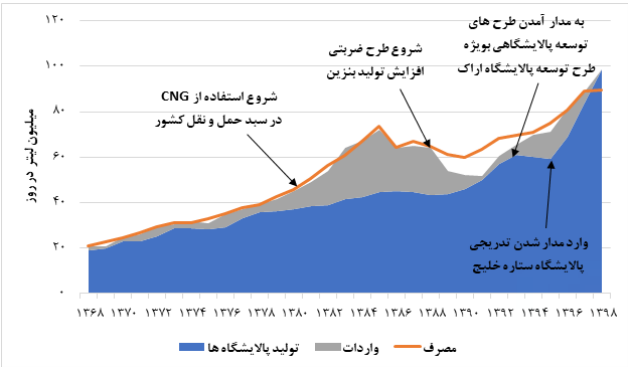
چالش های مربوط به پالایش نفت خام و تامین تقاضای بنزین همواره یکی از موضوعات بحرانی در جریان انرژی کشور بوده است که تاثیرات گسترده و عمیقی بلحاظ سیاسی، اقتصادی، امنیتی و ... ایجاد کرده است. این موضوع به خوبی از زمان ملی شدن صنعت نفت تاکنون قابل بررسی و مشاهده است. در دو دهه اخیر اعمال تحریم های شدید و گسترده، از طرفی سرمایه گذاری و توسعه در حوزه پالایشگاهی و از سمت دیگر امکان بهینه سازی و توسعه تکنولوژی های مرتبط با آن را محدود کرده است و همچنین امکان واردات بنزین در صورت افزایش تقاضا را با معضلات فراوانی روبرو کرده است.

روند مصارف بنزین کشور بطور کلی صعودی بوده است. اگر چه در این مسیر اتفاقاتی رخ داده است که این روند صعودی را با نوساناتی همراه کرده است که عمده این نوسانات بدلیل تغییرات قیمتی رخ داده است. تغییرات قیمتی و ایجاد محدودیت برای تقاضا، بر مصارف قطعا تاثیرگذار خواهد بود. نکته قابل توجه آن است که این تغییرات مصارف متناسب با شدت تغییرات قیمتی و اعمال محدودیت نمی باشد و حتی ممکن است تاثیر قابل ملاحظه ای در تقاضای نهایی نداشته باشد. در نمودار زیر به خوبی تاثیر سیاست های قیمتی و اعمال محدودیت مشخص است. در ادامه به بررسی کامل تری در این مورد خواهیم پرداخت.



شکل ۱: تقاضای بنزین کشور بین سال های ۱۳۵۷-۱۳۹۸

همانطور که در نمودار ۱ مشخص است در سه دهه اخیر توسعه ظرفیت پالایشگاهی کشور کمک بزرگی به کاهش ناترازی در بین عرضه و تقاضای بنزین کرده است، اما چالش اصلی آن است که توسعه ظرفیت پالایشگاهی با توجه به زمانبر و هزینه بر بودن این طرح ها، همواره مشکلات اساسی در برهه های زمانی مختلف ایجاد می کند. البته عدم توجه به آینده نگری ها و برنامه های تدوین شده در سطح کلان و رها کردن مسائل مطرح شده تا ایجاد بحران نیز، از دیگر عوامل مهم در افزایش این ناترازی می باشد. با تصویب قانون تحریم همه جانبه ایران در کنگره آمریکا عملاً واردات بنزین با مشکلات زیادی روبرو شده بود. در این بین واردات بنزین از ونزوئلا پس از شروع تحریم ها و افزایش قیمت بنزین در سال های بعد به کمک ناترازی بنزین در کشور می آید که این واردات نیز از سال ۱۳۸۸ کاهش می یابد. حال شکاف قابل توجهی میان عرضه و تقاضا بوجود می آید که در کوتاه ترین زمان ممکن باید مرتفع شود که این مسیر کوتاه از پتروشیمی های کشور می گذرد در همین جهت طرحی به نام "طرح ضربتی افزایش تولید بنزین" در سال ۱۳۸۸ در دستور کار قرار می گیرد که در ادامه توضیحات بیشتری ارائه خواهد شد.



شکل ۲: مصرف، واردات و تولید بنزین بین سال های ۱۳۶۸-۱۳۹۸

راهکارهای کاهش ناترازی بنزین

در بین انواع راهکارهای مطرح شده می توان آن ها را به دو دسته بلندمدت و کوتاه مدت دسته بندی نمود. با بوجود آمدن شکاف های ناگهانی و بحرانی، تمام مشکلات طبیعتاً متوجه دولت و سیستم عرضه انرژی دولتی خواهد بود چرا که دولت تنها عرضه کننده انرژی می باشد. دولت نیز برای کاهش این شکاف معمولاً دست به اقداماتی میزند که کمترین هزینه های سیاسی و امنیتی را داشته باشد و معمولاً مسائل اقتصادی را در بحران های انرژی مدنظر قرار نمی دهد. راهکارهایی که در زمینه کاهش ناترازی بنزین مطرح است به شرح جدول ۱ می باشد.

بلندمدت	کوتاه مدت
افزایش راندمان وسائل نقلیه	افزایش قیمت و سهمیه بندی بنزین
افزایش ظرفیت پالایشگاهی کشور	جلوگیری از قاچاق و تبخیر بنزین
تغییر حامل انرژی مصرفی وسائل نقلیه	ایجاد محدودیت های مربوط به حمل و نقل
توسعه ناوگان حمل و نقل عمومی	ترکیب بنزین با سایر حامل های انرژی

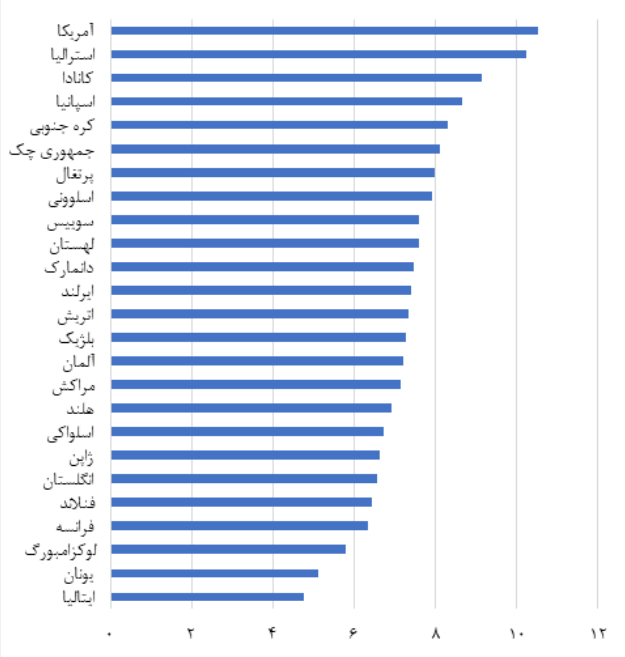
جدول ۱: راهکارهای بلندمدت و کوتاه مدت

در ادامه به بررسی راهکارهای مطرح شده خواهیم پرداخت.

◄ افزایش راندمان وسائل نقلیه

مصارف سوخت خودروهای بنزینی تاثیر قابل توجهی در تقاضای نهایی بنزین کشور دارد. مصارف بالای وسائل نقلیه موجود در کشور و تعداد قابل توجه وسائل نقلیه فرسوده، سهم قابل توجهی در بالا بودن تقاضای کلی بنزین کشور دارند. متوسط مصرف بنزین

خودروهای موجود در کشور طبق آمارهای غیررسمی بین ۱۰ تا ۱۲ لیتر در ۱۰۰ کیلومتر عنوان شده است. این در حالی است که کشورهای مورد بررسی IEA، فاصله قابل ملاحظه ای با این مقدار دارند.



شکل۳: متوسط شاخص مصرف خودروهای کشورهای مختلف (واحد: لیتر بر ۱۰۰ کیلومتر)

در مقایسه مقادیر مصرف بنزین در ۱۰۰ کیلومتر باید توجه داشت حتی کوچکترین تغییرات در این شاخص نتایج بسیار مهمی در کاهش مصرف بنزین، کاهش سرمایه گذاری مورد نیاز در بخش پالایش نفت خام، انتشار کربن پایین و... خواهد داشت. عمدتاً تصور می شود که کاهش این شاخص با تغییرات تکنولوژی تولید خودروها، به سادگی قابل کاهش خواهد بود، در حالی که با بررسی تغییرات این شاخص در برخی کشورها متوجه خواهیم شد که این تغییرات نیاز به سرمایه گذاری و برنامه ریزی های مشخصی دارد که در بازه های کوتاه مدت قابل دستیابی نیست. بعنوان نمونه در جدول۲ تغییرات این شاخص در برخی کشورها بین سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۹ آورده شده است. همانطور که مشخص است کاهش این شاخص بسیار کند بوده و بعنوان مثال در بهترین حالت برای کشورهای ژاپن و انگلستان در حدود ۱/۶% سالانه بهینه شده است. این موضوع نشان می دهد دستیابی به کاهش ده درصدی این شاخص بطور سالانه عملاً غیرممکن خواهد بود.

شاید بتوان دو شرکت بزرگ خودروسازی ایران(ایران خودرو و سایپا) را متولی تامین این بخش از کاهش ناترازی بنزین دانست، اما با وجود قانون گذاری و قیمت گذاری های دستوری برای محصولات خودروسازهای داخلی این تحول بعید بنظر می رسد چرا که هزینه حرکت به سمت بهینه سازی خودروهای تولیدی یا باید توسط دولت بعنوان متولی بهینه سازی و عرضه کننده انرژی پرداخت شود و یا توسط مصرف کننده جهت کاهش هزینه های جاری. انتظار از خودروسازها برای متحمل شدن هزینه های این تحولات، انتظاری غیرمنطقی و نابجا می باشد. در کنار موارد ذکر شده، ایجاد امکان واردات خودروهای هیبریدی که مصرف بسیار پایینی دارند و یا ایجاد

کشور	۲۰۰۰	۲۰۱۹	تغییر ۲۰۱۹ به نسبت ۲۰۰۰	تغییر متوسط ۲۰۰۰-۲۰۱۹
آمریکا	۱۱,۶۳	۱۰,۵۱	%-۹,۶۳	%-۰,۵۳
استرالیا	۱۱,۴۱	۱۰,۲۴	%-۱۰,۲۵	%-۰,۵۷
کانادا	۱۰,۰۶	۹,۱۴	%-۹,۱۵	%-۰,۵۰
اسپانیا	۸,۲۸	۸,۶۷	%۴,۷۱	%-۰,۲۴
آلمان	۸,۱۵	۷,۲۱	%-۱۱,۵۳	%-۰,۶۴
ژاپن	۹,۰۷	۶,۶۳	%-۲۶,۹۰	%-۱,۶۴
انگلستان	۹,۰۶	۶,۵۸	%-۲۷,۳۷	%-۱,۶۷
فرانسه	۷,۶۶	۶,۳۵	%-۱۷,۱۰	%-۰,۹۸

جدول۲: مقایسه مصرف بنزین در ۱۰۰ کیلومتر

مشوق برای تولید و مصرف این نوع خودروها می تواند به سرعت یافتن این تغییر کمک شایانی کند. توجه به اسقاط خودروهای فرسوده و انجام معاینات فنی مرتبط با شدت مصرف سوخت می تواند به پایین آوردن شاخص های حمل و نقل در کشور در بازه های زمانی کوتاه تر کمک مهمی کند.

◄ افزایش ظرفیت پالایشگاهی کشور

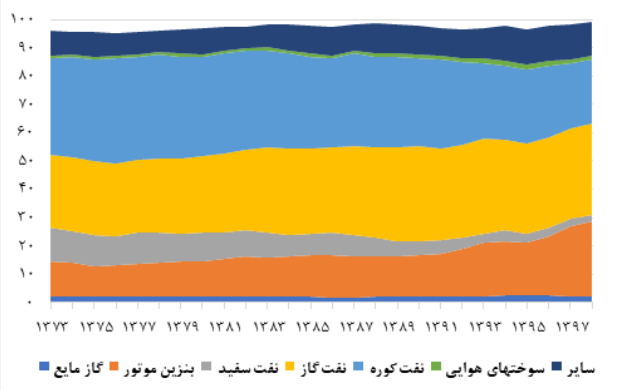
ایجاد و توسعه پالایشگاه فرآیندی زمانبر و بسیار هزینه بر است. با توجه به اینکه بنزین همچنان در سبد آینده بخش حمل و نقل نقش قابل توجهی خواهد داشت، در نتیجه انتظار می رود ظرفیت پالایشگاهی کشور رو به افزایش باشد. در جدول۳ فهرستی از پالایشگاه های ایران و ظرفیت آنها آمده است.

پالایشگاه	ظرفیت طراحی
آبادان	۳۹۰
اصفهان	۳۶۰
امام خمینی(ره) شازند	۲۵۰
کرمانشاه	۲۲
تبریز	۱۱۰
شهید تندگویان تهران	۲۵۰
شیراز	۵۶
لاوان	۵۰
بندرعباس	۳۲۰
ستاره خلیج فارس	۳۶۰
جمع	۲۱۶۸

جدول۳: ظرفیت پالایشگاه های کشور

علاوه بر اهمیت ظرفیت پالایشگاهی کشور، الگوی پالایشی نیز بسیار حائز اهمیت می باشد. با اصلاح الگوی پالایشی و حرکت به سمت تولید بنزین بیشتر از نفت خام، می توان ظرفیت تولید بنزین در کشور را افزایش داد. در شکل۴ روند الگوی پالایشی کشور آمده است(به میلیون بشکه معادل نفت خام). همانطور که مشاهده

می شود همواره تلاش بر آن بوده است که سهم گازوئیل و بنزین در فرآیند پالایش نفت خام افزایش یابد و سهم نفت کوره و نفت سفید کاهش یابد. این موضوع به خوبی در سال های پس از ۱۳۹۰ قابل مشاهده است.



شکل۴: الگوی پالایشی پالایشگاه های کشور بر مبنای سهم فرآورده های پالایش شده

پایین بودن ضریب پیچیدگی پالایشگاه های کشور و عدم استفاده از فرآیندهای تبدیل ثانویه موجب شده است سهم تولیدات با اهمیت تر کمتر باشد. توسعه پالایشگاه های کشور می تواند کمک قابل توجهی هم در افزایش تولیدات و هم در تغییر الگوی پالایشی کشور داشته باشد. بعنوان مثال استفاده از واحدهای تقطیر در خلا و سایر واحدهای کراکینگ در پالایشگاه کرمانشاه می تواند از حجم تولید نفت کوره در این پالایشگاه و فرآورش این هیدروکربن سنگین کمک کند.

تولید بیش از ظرفیت طراحی در پالایشگاه های کشور باعث می شود که پالایشگاه از حالت استاندارد طراحی خود فاصله بگیرد و تولید فرآورده های سنگین تر در پالایشگاه افزایش یابد. با توجه به این موضوع می توان سهم فرآورده های سبک تر را در سبد تولیدی فرآورده های کشور افزایش داد.

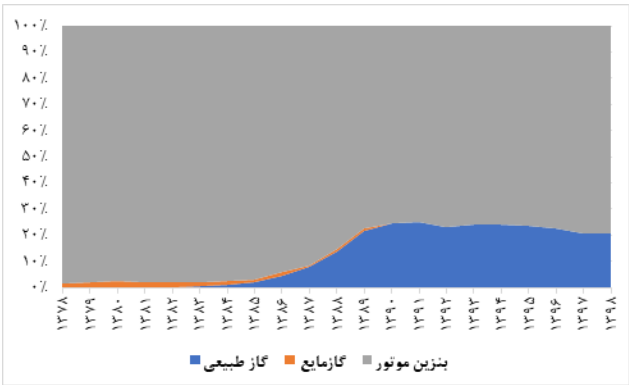
مسائل مختلفی در عدم توسعه بخش پالایشگاهی کشور دخیل هستند. در این مورد مشکلات اجرایی و عملیاتی نظیر فقدان الگویی جامع برای استاندارد سازی فرآیند صدور مجوز و سیستماتیک برای آن، نبود توان مالی و فنی برای احداث پالایشگاه، نبود قوانین مشخص برای تامین خوراک مورد نیاز پالایشگاه و یا متغییر بودن قوانین موجود، یارانه ای بودن قیمت فرآورده های نفتی در کشور و... وجود دارد.

علاوه بر توجه به توسعه و بهره برداری هر چه سریعتر واحدهای پالایشگاهی (به خصوص واحدهای با خوراک میعانات بدلیل توجیه اقتصادی مناسب تر)، باید به افزایش سهم بنزین در سبد تولیدی پالایشگاه ها نیز توجه ویژه ای نمود.

◄ تغییر حامل انرژی مصرفی وسائل نقلیه

همانطور که اشاره شد تغییر حامل انرژی مورد استفاده در وسائل نقلیه می تواند نقش موثری در کاهش تقاضای بنزین در بلند مدت داشته باشد. در کشورهای توسعه یافته بدلیل اهمیت یافتن کاهش انتشار و مسائل اقلیمی حمایت های قابل توجهی برای توسعه خودروهای برق انجام می شود. در کشور ما با توجه به وجود زیرساخت های مناسب در این جهت، همچنان حمایت های قابل توجهی در راستای توسعه وسائل نقلیه برقی انجام نمی شود. تکنولوژی های تولید خودرو، موتورسیکلت و اتوبوس برقی و همچنین ایستگاه های شارژ برقی در کشور در مراحل ابتدایی خود قرار دارند و می توانند با حمایت از جانب دولت با سرعت مسیر حرکت به سمت بلوغ خود را طی کنند. حتی بدین منظور خطوط مونتاژ و تولید موتور سیکلت های برقی توسط برخی شرکت های فعال در این زمینه راه اندازی و به تولید انبوه رسیده اند اما بدلیل نبود حمایت های مناسب برای تولیدکننده و مصرف کننده هنوز سهم قابل توجهی در بازار پیدا نکرده اند. با توجه به اینکه موتورسیکلت ها سهم قابل توجهی از مصرف بنزین و تولید آلاینده ها در کلان شهرها را دارند حمایت از زیرساختهای موجود و یا حتی تبدیل موتورهای بنزینی فعلی به برقی با ارائه بسته های حمایتی به مصرف کننده، می تواند به کاهش فشار تقاضای بنزین کمک شایانی کند.

استفاده از گاز طبیعی و گاز مایع جهت استفاده در بخش حمل و نقل در ایران سابقه چندین ساله دارد. توجه ویژه به این دو حامل و رفع معضلات موجود در استفاده از این حامل ها در بلندمدت می تواند فشار بر تقاضای بنزین را در کشور کاهش دهد. گاز طبیعی با یک رشد شدید در دهه ۸۰ توانسته است سهم قابل توجهی از سبد حمل و نقل کشور را به خود اختصاص دهد اما این رشد در دهه ۹۰ متوقف شده است(شکل۵). بررسی معضلات موجود در استفاده از سایر حامل های انرژی می تواند نقش مهمی در توسعه این حامل ها در مصارف حمل و نقل کشور داشته باشد.



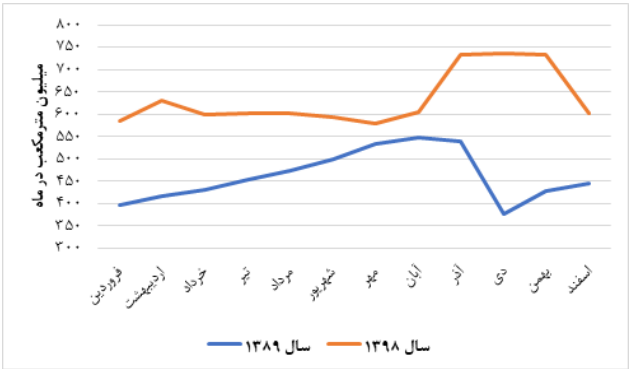
شکل۵: سهم حامل های بنزین، گاز طبیعی و گاز مایع در سبد حمل و نقل کشور

بعنوان مثال برخی از سیاست های زیر می تواند برای توسعه سایر حامل های انرژی مطرح باشد.

- قیمت گذاری رقابتی سایر حامل های انرژی(مانند برق و گاز طبیعی) جهت مصارف حمل و نقل در مقایسه با بنزین
- ارائه بسته های حمایتی و مشوق(برای کاهش هزینه سرمایه گذاری) برای تولیدکنندگان و مصرف کنندگان وسائل نقلیه غیر بنزینی، دوگانه سوز و هیبریدی
- ارائه و ترویج تکنولوژی های استفاده از سایر حامل های انرژی در بخش حمل و نقل سبک
- موظف کردن خودروسازان به تخصیص دادن بخشی از سبد تولیدی خود به خودروهای دوگانه سوز و هیبریدی
- ارائه مشوق برای دوگانه سوز کردن وسائل نقلیه و یا جایگزینی آن با خودروهای برقی

- قانون گذاری برای محدود نمودن خودروهای بنزینی در حمل و نقل عمومی و سرویس های تاکسی اینترنتی

چنانچه هدف حرکت به سمت افزایش سهم CNG در سبد حمل و نقل کشور باشد همواره باید به رقابتی بودن قیمت آن در مقایسه با بنزین توجه نمود. در سال ۱۳۸۹ با اجرای طرح هدفمندسازی یارانه ها قیمت بنزین و گاز هر دو افزایش قابل توجهی پیدا کرد. همانطور که در شکل ۶ مشاهده می شود مصرف CNG پس از آذر ۱۳۸۹ بشدت کاهش یافته است. چنانچه سیاست های توسعه CNG در آن زمان بیشتر مدنظر قرار میگرفت و قیمت CNG در مقابل بنزین رقابتی تعریف می شد، رشد سهم CNG در سبد حمل و نقل کشور در دهه ۹۰ متوقف نمی شد. همچنین در نمودار زیر تغییرات مصارف CNG در آبان سال ۱۳۹۸ با افزایش قیمت بنزین به خوبی قابل مشاهده است.



شکل۶: مصارف ماهانه CNG در سال های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۸

توسعه ناوگان حمل و نقل عمومی و محدودیت های ترافیکی

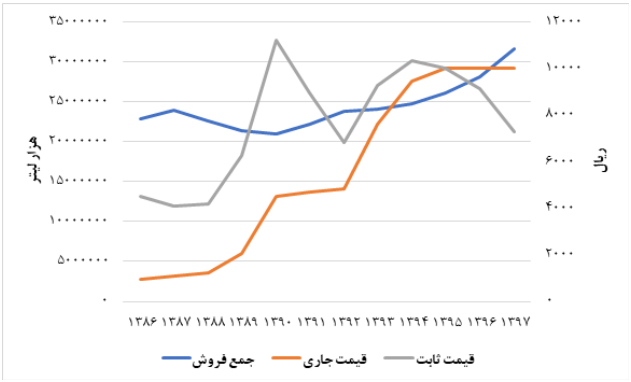
توسعه ناوگان حمل و نقل عمومی با کاهش ترافیک کلان شهرها و استفاده از وسائل نقلیه خصوصی، نقش قابل توجهی در کاهش مصرف انرژی بخش حمل و نقل دارد؛ حتی معمولاً با صرف هزینه کمتر و در زمان سریعتری جابجایی انجام می شود. توسعه زیرساخت های حمل و نقل شهری و بین شهری ارزان و سریع، نقش بسیار مهمی در کاهش شدت تقاضای بنزین خواهد داشت. همچنین ایجاد ساختارهای مناسب و اقتصادی برای سرمایه گذاری بخش خصوصی در این بخش، می تواند سرعت توسعه در این قسمت را بطور قابل توجهی افزایش دهد.

شکل۷: مقایسه ظرفیت جابجایی حمل و نقل عمومی و شخصی

گسترش زیرساخت های حمل و نقل عمومی باید متناسب با مسئله موجود و جغرافیای منطقه مورد بررسی قرار گیرد. رویکرد مسئله محور در حل مشکلات حمل و نقل عمومی بسیار موثرتر از رویکرد همانندسازی و کپی برداری است. بعنوان مثال استفاده از دوچرخه بجای استفاده از وسائل نقلیه در کلانشهرها مورد تاکید قرار می گیرد و حمایت هایی نیز در این راستا انجام می شود. در این میان استفاده همه گیر مردم آمستردام از دوچرخه را دلیل محکمی برای توسعه در این راستا در شهرهایی مانند تهران قرار می دهند. این در حالی است که آمستردام مساحتی محدودتر از تهران و جغرافیایی مسطح دارد. به دلیل نیاز به طی مسافت بالا و شیب های تند در مسیر، استفاده از دوچرخه در جابجایی شهر تهران و دیگر کلانشهرها مورد استقبال قرار نگرفته است.

افزایش قیمت و سهمیه بندی بنزین

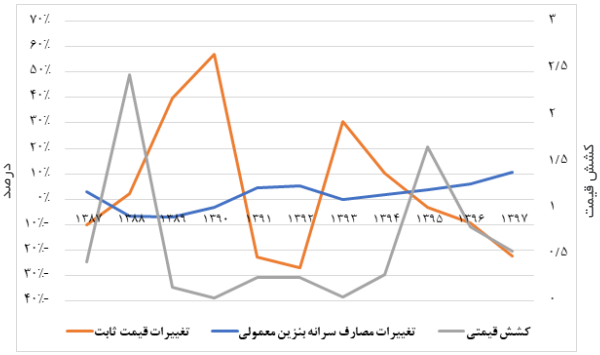
در بخش های پیشین به تاثیرات قیمت و سهمیه بندی عرضه بنزین در گذشته و تحولات تقاضای بنزین پرداخته شد. تعیین قیمت بنزین در کشور همواره با چالش های فراوانی روبرو بوده است چرا که اگر بخواهیم اقتصادی به مسئله نگاه کنیم بنزین در ایران یک کالای مصرفی ضروری بوده که در کوتاه مدت قابلیت جانشینی ندارد و معمولاً سهم کوچکی در سبد هزینه های خانوار دارد. در نتیجه با توجه به ماهیت بنزین در طبقه بندی کالاها انتظار می رود که نسبت به قیمت کشش کمی داشته باشد. در نمودار ۸ قیمت های جاری و ثابت(سال پایه ۱۳۹۵) بنزین معمولی با توجه به موضوع سهمیه بندی آن و فروش بنزین معمولی بین سال های ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۷ آمده است.



شکل۸: قیمت و فروش بنزین معمولی بین سال های ۱۳۸۶-۱۳۹۷

همانطور که در نمودار زیر مشاهده می شود تغییرات قیمت ثابت(سال پایه ۱۳۹۵) بین سال های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۷ نسبت به سال قبل بسیار شدید بوده است. این درحالی است که تغییرات سرانه مصرف بنزین معمولی در این سال ها نوسانات بسیار محدودتری داشته است و در تعداد محدودی از سال های مورد بررسی کشش قیمت بالاتر از یک بوده است(شکل۹) که این موضوع نشان میدهد این حامل انرژی تقاضا کشش کمی نسبت به قیمت دارد یعنی از طرفی قیمت نوسانات بسیار شدیدی دارد در حالی که تقاضا نسبت به این تغییرات شدید واکنش بسیار محدودی دارد و گاهاً با تغییر سهمیه بندی ها مصارف نسبت به تغییرات حساس می شوند که این موضوع در سال های ۱۳۸۷-۱۳۸۸ و ۱۳۹۵-۱۳۹۶ قابل مشاهده است. در نهایت نتیجه گیری می شود که مصرف کننده به تغییرات ناگهانی قیمت و سهمیه بندی در کوتاه مدت حساس بوده ولی نسبت

به هزینه واقعی بنزین که پرداخت می کند حساس نمی باشد.



شکل۹: کشش قیمتی بنزین و تغییرات مصرف سرانه و قیمت ثابت آن

جلوگیری از قاچاق و تبخیر بنزین

بدلیل وجود یارانه روی فرآورده های نفتی توزیع شده در کشور، قاچاق سوخت به خارج از کشور همواره دارای مزیت اقتصادی بوده است. مسئله قاچاق سوخت همواره یکی از مسائل حل نشده در کشور بوده که اگر چه حجم آن بالا نیست اما به تامین تقاضای بنزین و اقتصاد کشور ضربه وارد می کند. راهکارهای مختلفی از جمله ایجاد بازارهای مرزی، برخورد با قاچاقچیان، تغییر قیمت بنزین و ... ارائه شده است اما حجم این قاچاق به صفر نرسیده است. اگرچه راه حل تضمینی آن افزایش قیمت برای کم کردن سود قاچاقچیان می باشد اما این موضوع نیز معضلات بزرگتری را بهمراه دارد. برای کاهش حجم قاچاق سوخت باید برای تامین نیازهای شهروندی قاچاقچیان از طرق دیگری اقدام نمود تا این موضوع به ناترازی بنزین در کشور دامن نزند.

جلوگیری از تبخیر بنزین نیز یکی از مسائل مهم دیگری است که می تواند به کمک ناترازی بنزین بیاید. طرح هایی مانند طرح کهاب نیز به این مسئله و کاهش این تبخیر پرداخته اند و راه حل های فنی مناسب و اقتصادی ارائه داده اند. در کنار این موارد بازرسی مرتب از تجهیزات ذخیره سازی و انتقال بنزین می تواند در جهت کاهش هدر رفت آن موثر باشند.

ترکیب بنزین با سایر حامل های انرژی

یکی از راهکارهای قابل توجه کاهش ناترازی بنزین که در کوتاه مدت امکان پذیر است، افزودن سایر حامل های انرژی با بنزین می باشد. در این بین حامل های زیر بعنوان گزینه های محتمل در ادامه بررسی خواهند شد.

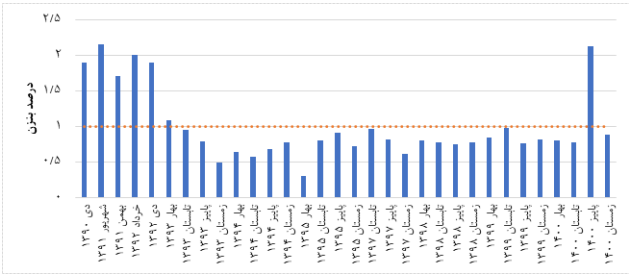
- ریفرمیت پتروشیمی
- الکل ها (متانول و اتانول)

بنزین تولید شده در پتروشیمی ها مسیر طولانی بین چند مجتمع طی می کند تا در نهایت به بنزین قابل استفاده در ترکیب با بنزین معمولی مورد استفاده قرار گیرد (شکل۱۰). ابتدا نفتا وارد واحد الفین در مجتمع های پتروشیمی می شود. در این واحدها که معروف به واحد شکست بخاری(steam cracker) هستند نفتا به بنزین پیرولیز تبدیل می شود. این ماده حاوی مقادیر بالایی(بیش از ۵۰%) آروماتیک(بنزن، تولوئن و زایلن) می باشد. در نهایت با ورود بنزین پیرولیز به واحدهای تصفیه هیدروژنی از سطح آروماتیک های آن کاسته می شود اما نکته مهم آن است که بنزین بدست آمده که به بنزین پتروشیمی معروف است همچنان حاوی مقادیر بالایی بنزن و سایر آروماتیک ها می باشد. چنانچه هدف تولید بنزین استاندارد(به قسمت استاندارد آن توجه ویژه شود) از طریق پتروشیمی ها باشد امری بشدت غیراقتصادی و در مقیاس بالا تقریباً غیرممکن است همچنین برخی پتروشیمی ها مانند پتروشیمی اراک که در تولید بنزین پتروشیمی نقش داشته اند فاقد واحد تصفیه هیدروژنی هستند. اما نکته مثبت آن است که بدلیل سهم بالای آروماتیک ها در این ترکیب عدد اکتان بالایی دارد و با ترکیب با بنزین معمولی باعث بالا رفتن عدد اکتان می شود در حالی که وجود بنزن بالاتر از حد استاندارد (۱%) باعث بروز مشکلات فراوانی در سلامت جامعه خواهد شد.

شکل۱۰: فرآیند تولید بنزین در پتروشیمی

تقریباً اکثر مردم در شبانه روز در معرض غلظت کم بنزن ناشی از بخارات باک و اگزوز خودروها و همچنین نشت در پمپ بنزین ها می باشند. تماس کوتاه مدت(۵ تا ۱۰ دقیقه) با غلظت های بسیار بالای بنزن (۱۰۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰ ppm) می تواند موجب مرگ و غلظت های کمتر می تواند موجب عوارض مختلفی مانند سردرد، سرگیجه و ... شود. آزمایشات نشان می دهند تماس طولانی مدت با بنزن، تاثیرات مخربی را بر روی بافت های سازنده سلول های خون خصوصاً سلول های مغز استخوان می گذارد و سرطان خون را موجب می شود. استفاده از ریفرمیت پتروشیمی برای جبران ناترازی بنزین در ایران سابقه قابل توجهی دارد. همانطور که پیشتر اشاره شد، با افزایش ناترازی بنزین در سال ۱۳۸۹ طرحی موسوم به طرح ضربتی تولید بنزین در کشور کلید خورد که تا سال ۹۲ ادامه یافت. در این طرح بنزین داخل مجتمع های پتروشیمی شازند، جم، نوری، امیرکبیر، بندرامام و بوعلی سینا به تولید می رسید و در داخل عرضه می شد. درباره بنزین عرضه شده در این دوره اطلاعات و بازخوردهای مختلفی وجود دارند که از صحت بسیاری از این موارد نمی توان مطمئن بود اما آنچه که مشخص است هر چقدر که در جهت تولید بنزین استاندارد تلاش شود باز هم میزان بنزن در بنزین تولیدی از این روش بالاتر از استانداردهای تعیین شده است و طبیعتاً مخاطرات ذکر شده را نیز به همراه خواهد داشت. گفته های مسئولین در آن دوره، نشان دهنده افزایش قابل توجه آمار مرگ و میر های ناشی از آلودگی هوا در شهر تهران بود که البته در این خصوص آمار دقیقی ارائه نشده است. در نمودار ۱۱ میزان بنزن بنزین نمونه برداری شده در جایگاه های مختلف شهر تهران در دوره های زمانی مختلف مبنی بر گزارشات مرکز کنترل کیفیت هوای تهران آمده است که نشان دهنده سطح بالای بنزن در دوره اجرای طرح تولید ضربتی بنزین می باشد.

اتانول و متانول نیز می توانند گزینه های مناسبی برای ترکیب با بنزین باشند. متانول و اتانول عدد اکتان بالایی دارند و افزودن آنها به بنزین سبب افزایش عدد اکتان سوخت خواهد شد. همانطور که



شکل ۱۱: درصد بنزن موجود در بنزین جایگاه های شهر تهران بین سال های ۱۳۹۰ – ۱۴۰۰

در جدول ۴ مشاهده می شود عدد اکتان متانول و اتانول به طور قابل ملاحظه ای بالا می باشد و حتی متانول عملکرد بسیار بهتری نسبت به آروماتیک ها که معمولا برای افزایش عدد اکتان در سوخت استفاده می شوند و بسیار آلاینده هستند، دارد.

نکته قابل توجه دیگر تاثیر محیط زیستی این اقدام می باشد. اضافه کردن الکل ها به سوخت می تواند کاهش قابل توجهی در میزان انتشار آلاینده ها داشته باشد. بعنوان مثال افزودن ۷% حجمی متانول به سوخت می تواند میزان انتشار CO (کربن مونواکسید)، HC (هیدروکربن نسوخته) و NOx (اکسیدهای نیتروژن) را به ترتیب به میزان ۱۵% ، ۱۲% و ۵% کاهش دهد.

ماده	عدد اکتان (RON)
متانول	۱۲۹–۱۳۴
MTBE	۱۱۷–۱۲۱
تولوئن	۱۱۲–۱۱۵
اتانول	۱۱۳
زایلن	۱۱۱–۱۱۴
آلکیلات	۹۲–۹۶

جدول ۴: جدول عدد اکتان مواد مختلف (قابل افزودن به بنزین)

البته افزودن الکل ها به بنزین می تواند چالش هایی نیز به همراه داشته باشد. با افزودن الکل ها فشار بخار افزایش می یابد. برای محدود کردن این چالش، هنگام ترکیب کردن متانول باید با حذف بوتان از بنزین این میزان افزایش فشار بخار را تا ترکیب ۳% حجمی متانول، جبران نمود. همچنین افزودن یک حلال منوکسید کربنی [1] می تواند کمک مهمی در جهت بهبود فشار بخار و دمای تقطیر انجام دهد.

با توجه به قابلیت انحلال متانول در آب باید از وجود آب هنگام ترکیب و یا قرار دادن در مخازن اطمینان حاصل نمود چرا که وجود آب باعث ایجاد یک مخلوط دو فازی می شود که مقداری از الکل را در خود حل می کند و سطح الکل در ترکیب سوخت را پایین می آورد. همچنین باید به حساسیت الکل ها در مقابل موادی مانند ورق گالوانیزه توجه نمود و از این ماده برای ذخیره سازی و انتقال آن استفاده ننمود. قرار دادن ترکیبی از الکل ها در سوخت باعث می شود برخی از آلودگی های چسبیده به مخزن را جدا کرده و در سوخت مخلوط کند، در نتیجه استفاده از فیلتر هنگام جابجایی سوخت از مخزن برای مصرف الزامی می باشد.

استفاده از متانول بعنوان سوخت با ترکیب ۸۵% متانول و ۱۵% بنزین بین سال های ۱۹۸۸ تا ۲۰۰۰ در کالیفرنیا مورد استفاده قرار می گرفته و هیچ تاثیر نامناسبی بر سلامت از آن گزارش نشده است. همچنین بین سال های ۱۹۸۱ تا ۱۹۸۶ در شرق آمریکا ترکیب ۵% متانول با بنزین وارد بازار شده و هیچ تاثیر منفی بر سلامت در استفاده آن گزارش نشده است. استفاده از درصدهای ترکیبی مختلف اتانول (عمدتاً بر پایه ذرت) با بنزین نیز امروزه در بسیاری از کشورها متداول است.

با توجه به دسترسی به منابع عظیم گاز طبیعی و ظرفیت رها شده متانول سازها در ایران، می توان از این ظرفیت در مواقع بحرانی به منظور کاهش ناترازی بنزین (با ترکیب متانول در بنزین مصرفی بخش حمل و نقل) استفاده نمود که باعث می شود مخاطرات محیط زیستی در این بخش کاهش یابد، ناترازی بنزین در کشور جبران شود و متانول سازها به مدار تولید بازگردند.

همچنین توسعه تولید بیواتانول و ظرفیت سازی در این راستا برای ترکیب با بنزین، می تواند به کاهش ناترازی بنزین، کاهش نیاز برای توسعه ظرفیت پالایشگاهی، ایجاد ظرفیت برای صادرات نفت خام و فرآورده های نفتی و حرکت به سمت انرژی های سبز و کاهش انتشار کمک شایانی نماید.

نتیجه گیری

در این بررسی تلاش شد آنچه که برای کاهش ناترازی بنزین در کشور موثر است مورد بررسی مختصری قرار گیرد. تنوع این راه ها و پتانسیل هر کدام در جهت اجرا و به ثمر رسیدن، نیاز به بررسی های دقیق و عمیق تری دارد. در کنار بررسی ها و حل مسائل بحرانی، برنامه ریزی برای تامین انرژی در آینده نیازمند پژوهش های دقیق با توجه به تمام ابعاد سیستم انرژی می باشد. در عین حال راهکارهایی مانند افزایش راندمان وسایل نقلیه، افزایش ظرفیت پالایشگاه ها و برقی سازی وسایل نقلیه، بنظر بلند مدت و دست نیافتنی می باشند. آنچه اضطراراً می تواند مشکل ناترازی بنزین را در کوتاه مدت حل نماید، الزام به استفاده از CNG، محدودیت های حمل و نقل (نظیر مسافرت های غیر ضروری در پیک های تحصیلات) و تسریع در طرح کاهش، هدایت، انتقال و بازیافت شرکت ملی پخش فرآورده های نفتی ایران (کهاب) می باشد.

منابع

۱) ترازنامه هیدروکربوری موسسه مطالعات بین المللی انرژی ۱۳۸۴–۱۳۹۸

۲) آمارنامه شرکت ملی پخش فرآورده های نفتی ایران ۱۳۹۷

۳) گزارشهای مرکز کنترل کیفیت هوای تهران

4) Methanol Institute. (2016). Methanol gasoline blends-Alternative fuel for today's automobiles and cleaner burning octane for today's oil refinery. Methanol Inst, .18-1

1. co-solvent

سیاست‌های نوین اروپا جهت مقابله با بحران انرژی؛ نگاه ویژه به نقش زغال سنگ

سیدصادق ضرغامی؛ پژوهشگر موسسه‌ی مطالعات بین المللی انرژی

مقدمه

پس از بحران روسیه و اوکراین در فوریه سال ۲۰۲۲ ، امنیت عرضه انرژی در اروپا با خطر جدی روبرو گردید. با ادامه جنگ، ارسال گاز به اروپا از طریق خط لوله نورد استریم ۱ با کاهش ۶۰% مواجه شد و عملیات انتقال گاز از طریق خط لوله نورد استریم ۲ نیز متوقف گردید. از طرفی، در راستای معاهدات پاریس در دسامبر سال ۲۰۱۵، در سال ۲۰۱۶ اتحادیه اروپا متعهد به کاهش حداقل ۵۵% انتشار کربن تا سال ۲۰۳۰ و تبدیل شدن به اولین منطقه آب و هوایی پاک (بدون کربن) تا سال ۲۰۵۰ شد. بدنبال آن، در توافق زیست محیطی COP۲۶ در نوامبر سال ۲۰۲۱ ، کشورهای اروپایی متعهد شدند که با تمام توان خود برنامه های توسعه انرژی پاک را دنبال کنند. سیاستهای انرژی اتحادیه اروپا بر مبنای اتکای زیاد به منابع انرژی روسیه تدوین شده بود که پس از اختلاف با این کشور، سبب بحران جدی انرژی برای این اتحادیه، خصوصا کشور آلمان که بزرگترین مصرف کننده انرژی در اروپا بود گردید. در حال حاضر، کشورهای اروپایی، به ناچار باید به فکر جایگزینی سایر منابع انرژی در کوتاه ترین زمان ممکن باشند تا با کمبود انرژی روبرو نشوند. از طرفی هم باید به تعهدات زیست محیطی خود در راستای توسعه انرژی های پاک عمل نمایند. حال باید دید سیاستهای نوین انرژی اروپا چه باید باشد تا بتواند بحران انرژی را پشت سر بگذارند. با توجه باینکه یکی از حامل های انرژی فراوان در اروپا زغال سنگ می باشد، نقش این ماده در گذار از بحران انرژی کنونی، مورد مطالعه تفصیلی قرار می گیرد.

نقش زغال سنگ در تامین انرژی اروپا

بطور کلی زغال سنگ به دو نوع حرارتی[1] و ککشو[2] تقسیم می شود. زغال سنگ حرارتی برای تولید برق در نیروگاه ها مورد استفاده قرار می گیرد و با توجه به میزان ارزش حرارتی به ترتیب به سه نوع زغال سنگ سخت یا سیاه[3]، زغال سنگ قیری[4]، و زغال سنگ قهوه ای[5]، تقسیم می گردد. زغال سنگ ککشو جهت احیای سنگ آهن در صنایع فولاد مورد استفاده قرار می گیرد.

نیروگاه های زغال سنگی سهم قابل توجهی در عرضه برق اروپا دارند. طی سال ۲۰۲۰ ، زغال سنگ سهم ۲۰% در کل تولید برق اروپا داشته است. همچنین سبب اشتغال بیش از ۲۳۰۰۰۰ نفر در بخش های معدنی و نیروگاهی در ۳۱ منطقه در ۱۱ کشور اروپایی شده است. با وجودیکه زغال سنگ یکی از حامل های انرژی اولیه در سبد عرضه انرژی اروپا است، انتقال به عرضه انرژی های پاک تر مانند گاز و انرژی های تجدیدپذیر، جهت پایبندی به تعهدات زیست محیطی اروپا ضروری می باشد.

از سال ۲۰۱۲ تا کنون، مجموع تولید برق زغال سنگی در اروپا بدلیل تعهدات زیست محیطی این منطقه، به یک سوم کاهش یافته است. کاهش مصرف زغال سنگ سبب تعطیلی معادن و نیروگاه ها در تعدادی از مناطق در سراسر اروپا شده است. شکل ۱ زمان بندی کشورهای اروپایی برای خارج نمودن نیروگاه های زغال سنگی از

Ref.: European commission 2022

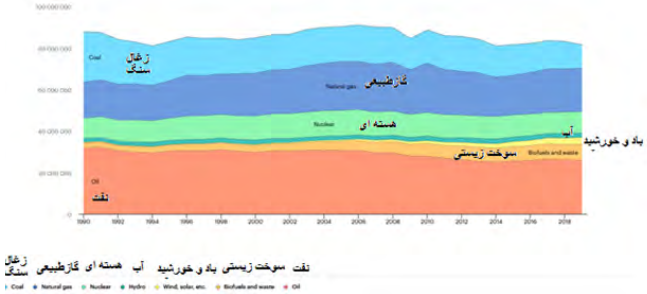
شکل ۱ : تعهد کشورهای اروپایی برای خارج کردن نیروگاه های زغال سنگی از خط تولید

تولید را نمایش می دهد.

کمیسیون اروپا مکانیزم انتقال را در ژانویه ۲۰۲۲ بهمراه حمایت های مالی لازم برای مناطقی که تحت تاثیر قرار می گیرند، ارائه نموده است.

آلمان بزرگترین تولید کننده زغال سنگ قهوه ای در اروپا می باشد. این کشور در سال ۲۰۲۰ حدود ۱۰۷/۴ میلیون تن زغال قهوه ای استخراج کرد. پس از کشور آلمان، کشور لهستان با اختلاف قابل توجهی در جایگاه بعدی تولید زغال سنگ قرار دارد. این کشور بزرگترین تولید کننده زغال سنگ سخت می باشد که در همان سال حدود ۵۴/۴ میلیون تن از این نوع زغال سنگ تولید نمود[6].

نمودار ۱ سبد عرضه انرژی در اروپا را نمایش می دهد. همانطور که ملاحظه می شود از سال ۲۰۱۶، سهم انرژی های تجدیدپذیر، سوخت های زیستی، و گاز طبیعی، بطور قابل ملاحظه ای افزایش و بجای آن زغال سنگ، نفت و انرژی اتمی، کاهش یافته است. این الگو نشان می دهد که اروپا توجه ویژه ای بر توسعه انرژی های پاک دارد. کاهش عرضه کل انرژی از سال ۲۰۱۰ نیز با شیب ملایمی مشاهده می‌شود که نشان می دهد کشورهای اروپایی در حال اجرای



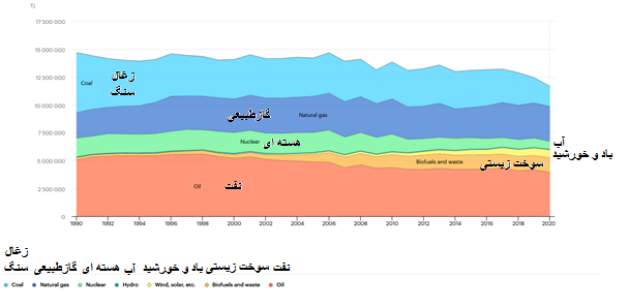
نمودار ۱ : سبد عرضه انرژی در اتحادیه اروپا تا سال ۲۰۱۹

1. Thermal
2. Metallurgical (coking)
3. Anthracite
4. Bituminous
5. Lignite
6. Statista 2022

برنامه های صرفه جویی می باشند.

آلمان تاثیر بسزایی در سیاست گذاری های انرژی اروپا دارد. این کشور برنامه های کارآیی انرژی و توسعه انرژی های تجدیدپذیر را از اواخر سال ۲۰۱۰ آغاز نموده است. این کشور همچنین، بزرگترین تولید کننده زغال سنگ و مصرف کننده انرژی در اروپا، و جز پنج کشور برتر اقتصادی دنیا پس از چین، آمریکا، هند و ژاپن، می باشد و بطور گسترده ای وابسته به واردات انرژی جهت پوشش تقاضای انرژی خود می باشد. در سال ۲۰۱۹، واردات انرژی سهم ۷۱% از عرضه انرژی در این کشور را دارا بوده است. اقدامات بلند مدت این کشور جهت گذار به انرژی کم کربن و سبد انرژی کارآمدتر شامل خارج نمودن نیروگاه های زغال سنگی و اتمی از مدار تولید و توسعه انرژی های تجدیدپذیر بوده است. این کشور در نظر دارد تا سال ۲۰۳۰ سهم ۶۵% از مصرف برق را از انرژی های تجدیدپذیر تامین نماید و نیروگاه های اتمی خود را تا انتهای سال ۲۰۲۲ از مدار تولید خارج نماید. زغال سنگ فراوان ترین منبع طبیعی انرژی در آلمان می باشد. این کشور در نظر دارد تا سال ۲۰۳۸ کلیه نیروگاه های زغال سنگی خود را تعطیل نماید. کشور آلمان هفتمین کشور بزرگ تولید انرژی اتمی است و این انرژی سهم ۱۲% از تولید برق را داراست. سهم این انرژی در تولید برق در سال ۲۰۱۰ معادل ۲۸% بوده است که این کاهش چشمگیر بدلیل برنامه ریزی جهت از مدار خارج نمودن نیروگاه های قدیمی بوده است. نفت و محصولات نفتی همچنان منبع اصلی انرژی در آلمان می باشند و در سال ۲۰۱۹ سهم ۳۵% از مجموع مصرف انرژی اولیه را دارا بوده و ۲/۴ میلیون بشکه نفت در روز مصرف شده است. آلمان بزرگترین مصرف کننده گاز طبیعی در اروپا در سال مذکور بوده و ۸/۶ میلیارد فوت مکعب در روز مصرف نموده است. گاز طبیعی سهم ۲۵% از مصرف انرژی اولیه آلمان را در آن سال داشته است. کشورهای روسیه، هلند، و نروژ، بزرگترین صادرکنندگان گاز به آلمان هستند. این کشور هیچ پایانه ال.ان.جی. ندارد اما از طریق خط لوله با سایر کشورهای اروپایی ارتباط دارد.

نمودار ۲ سهم منابع مختلف انرژی در عرضه انرژی اولیه کشور آلمان را نمایش می دهد. همانطور که در نمودار مشاهده می گردد، الگوی کلی نمودار شبیه نمودار عرضه انرژی در اروپا می باشد یعنی سهم انرژی های تجدید پذیر، سوخت های زیستی و گاز طبیعی تا سال ۲۰۱۹ افزایش داشته و سهم زغال سنگ، نفت، و اتمی، بطور قابل توجهی کاهش داشته است. یک ویژگی خیلی بارز در این نمودار این است که از سال ۲۰۱۷ تا سال ۲۰۲۰، کل عرضه انرژی در این کشور بطور قابل ملاحظه ای رو به کاهش گذاشته که نشان می دهد برنامه های صرفه جویی انرژی در این کشور بسیار موفق بوده است.



نمودار ۲ : سبد عرضه انرژی در کشور آلمان تا سال ۲۰۲۰

وضعیت جهانی زغال سنگ

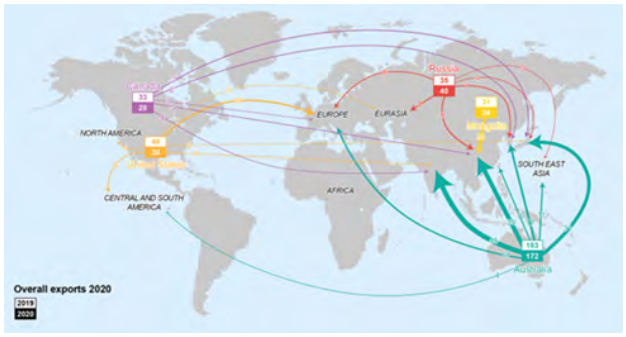
سهم زغال سنگ در سبد عرضه جهانی برق حدود یک سوم می باشد. این ماده، نقش مهمی در تولید آهن و فولاد نیز دارد و تا زمانی که فناوری جدیدتری ظاهر نشود به نقش مهم خود در این صنایع ادامه خواهد داد. سهم نیروگاه های زغال سنگی در تولید برق در سال ۲۰۲۰ معادل ۳۵/۲% بوده است. نمودار ۳ جریان صادرات زغال سنگ حرارتی و نمودار ۴ جریان صادرات زغال سنگ ککشو در دنیا را نمایش می دهند. همانطور که مشاهده می شود، اروپا سهم قابل توجهی در واردات زغال سنگ حرارتی از روسیه جهت تامین انرژی خود داشته است. مناطق دیگری که به اروپا زغال سنگ

IEA-COAL 2021

نمودار۳: صادرات زغال سنگ حرارتی در جهان طی سال های ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰

حرارتی صادر می کنند شامل آمریکا، کلمبیا، و آفریقا می باشند.

در خصوص زغال سنگ ککشو، همانطور که در نمودار ۴ مشاهده می شود، استرالیا ، آمریکا، روسیه و کانادا به ترتیب بزرگ ترین تامین



IEA-COAL 2021

نمودار۴: صادرات جهانی زغال سنگ ککشو طی سال های ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰

کنندگان این نوع زغال سنگ در اروپا بوده اند.

فناوری های نوینی که امروزه برای نیروگاه های زغال سوز در دنیا وجود داشته و یا در حال توسعه می باشند، در جدول ۱ نمایش داده

فناوری های نوین نیروگاه های زغال سوز
۱) احتراق زغال سنگ پودر شده به روش فوق بحرانی و مافوق بحرانی
۲) احتراق بستر سیال
۳) سیکل ترکیبی گازی سازی یکپارچه

جدول ۱ : فناوری های نوین نیروگاه های زغال سنگی

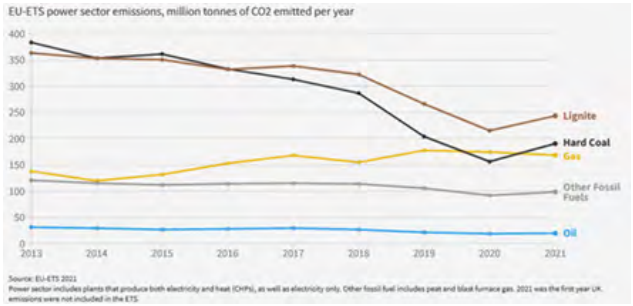
شده اند.

تمامی فناوری های مذکور می توانند از تجهیزات جذب و ذخیره‌سازی دی اکسید کربن استفاده نمایند. در این صورت یک بخش مجزا در نیروگاه، وظیفه انجام این کار را خواهد داشت. استفاده از فناوری های مذکور عمدتا سبب کاهش بهره وری نیروگاه ها گردیده است. بهمین دلیل استقبال کمی برای استفاده از این تجهیزات شده است.

اثرات زیســت محیطی نیروگاه های زغال سنگی

میزان انتشار گازهای آلاینده نیروگاه های زغال سنگی اروپا، برای اولین بار نسبت به سال ۲۰۱۵ بدلیل بحران های انرژی افزایش یافت و سهم یک سوم از کل انتشار آلاینده ها در اروپا در سال ۲۰۲۱ را به خود اختصاص داد. (نمودار۵)

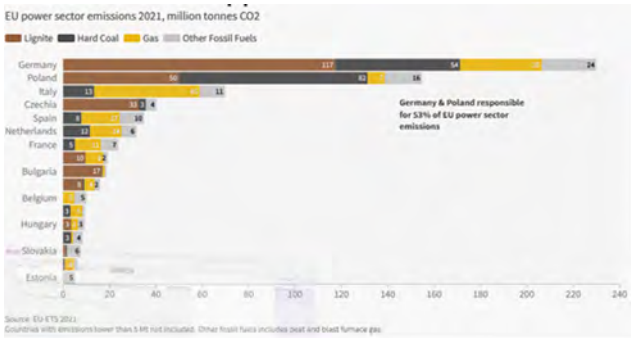
همانطور که در نمودار مشاهده می گردد، با پیش بینی شروع بحران انرژی، این نیروگاه ها فعالیت خود را از سال ۲۰۲۰ افزایش داده اند



نمودار۵: میزان انتشار کربن در نیروگاه های اتحادیه اروپا به تفکیک سوخت

و بدنبال آن میزان انتشار آلاینده ها نیز افزایش یافته است.

میزان انتشار آلاینده های بخش برق در کشورهای اروپایی به تفکیک سوخت در نمودار ۶ نمایش داده شده است. همانطور که مشاهده می گردد آلمان بیشترین میزان انتشار و همچنین بیشترین میزان مصرف زغال سنگ را دارد. لهستان در جایگاه دوم مصرف زغال سنگ قرار دارد. دو کشور مذکور، مجموعا سهم ۵۳% از انتشار



نمودار ۶: میزان انتشار آلاینده ها در بخش برق اتحادیه اروپا

بخش برق در اروپا را دارند.

ده نیروگاه زغال سنگی بزرگ اروپا در سال ۲۰۲۱ و سهم آنها در انتشار گاز دی اکسید کربن در نمودار ۷ نمایش داده شده است. همانطور که در این نمودار ملاحظه می شود، اغلب این نیروگاه ها در کشور آلمان می باشند و کشور لهستان در جایگاه بعدی قرار دارد. سهم عمده انتشار آلاینده ها مربوط به سوخت نیروگاه ها با زغال سنگ حرارتی از نوع زغال قهوه ای

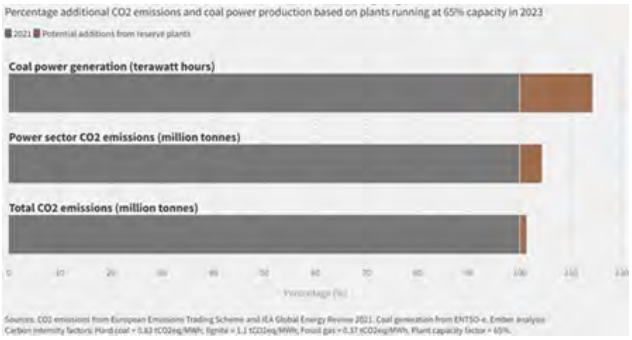
نمودار۷: میزان انتشار کربن در بزرگترین نیروگاه های زغال سنگی اروپا

می باشند.

راه انــدازی موقت نیروگاه های زغال ســوز در صورت ایجاد بحران

کشورهای آلمان، اتریش، فرانسه و هلند، برنامه های خود را برای راه اندازی مجدد نیروگاه های زغال سنگی از مدار خارج شده در صورت قطع ناگهانی عرضه گاز توسط روسیه، اعلام کرده اند. قرار است ۱۴ گیگا وات برق توسط این نیروگاه ها، معادل ۱/۵% ظرفیت نیروگاه های برق در اروپا، در صورت ایجاد بحران، به ظرفیتهای فعلی اضافه گردد. معادل ۸ گیگاوات از این ظرفیت اضافه شده توسط کشور آلمان تامین خواهد گردید.

از نگاه زیست محیطی، میزان افزایش انتشار کربن حاصل از این نیروگاه ها در سال ۲۰۲۳ حدود ۳۰ میلیون تن تخمین زده می شود که معادل ۱/۳% میزان انتشار کربن اروپا در سال ۲۰۲۱ و ۴% میزان انتشار کربن سالیانه بخش برق این اتحادیه می باشد. در شکل ۲ میزان برق تولیدی نیروگاه های زغال سنگی و میزان انتشار کربن آنها در سالهای ۲۰۲۱ و پیش بینی ۲۰۲۳ (پتانسیل افزایش انتشار ناشی



شکل۲: مقایسه میزان تولید برق و انتشار آلاینده های نیروگاه های زغال سنگی در سال ۲۰۲۱ و ۲۰۲۳ (پتانسیل افزایش انتشار)

از نیروگاه های زغال سنگی) مقایسه گردیده اند.

طرح کاهش کوتاه مدت وابســتگی اروپا به منابع فســیلی روسیه و تسریع در دوره انتقالی سبز

کمیسیون اروپا در ماه مارس سال ۲۰۲۰ چارچوب طرح خود جهت استقلال اروپا از انرژی های فسیلی روسیه را تدوین نمود. سپس در ماه می، طرح خود با عنوان تجدید قوای اتحادیه اروپا را برای مقابله با بحران انرژی ناشی از حمله روسیه به اوکراین، اعلان نمود. اقدامات اصلی معرفی شده در این طرح عبارتند از: صرفه

جویی در انرژی، متنوع سازی عرضه انرژی و شتاب بخشی در توسعه انرژی های تجدیدپذیر برای جایگزینی با مصرف سوخت های فسیلی در بخش های خانگی، صنعت و برق. فعالیتهای مهمی که قرار است تحت هریک از اقدامات مذکور انجام پذیرد ذیلاً آورده شده اند:

صرفه جویی در انرژی

- تغییر در رفتار مصرف کنندگان انرژی در بخش های خانگی و صنعتی در کوتاه مدت با هدف کاهش ۵% تقاضای نفت و گاز از طریق ابزارهای مالی و غیر مالی
- تدوین سیاست های تشویقی مالی برای صرفه جویی انرژی، مانند کاهش مالیات بر ارزش افزوده برای سیستم های گرمایش انرژی کارآمد، عایق های حرارتی ساختمان ها و لوازم خانگی
- تدوین راهنمای اقدامات اضطراری در صورت کاهش ناگهانی عرضه انرژی، جهت هماهنگی در برنامه های کاهش تقاضا بصورت هماهنگ در سراسر اروپا و اولویت بندی انجام اقدامات

متنوع سازی عرضه انرژی

- افزایش سهم زغال سنگ در بخش برق با راه اندازی موقت نیروگاه های زغال سنگی و کاهش سهم گاز در این بخش، با هدف ذخیره سازی آن برای زمستان برای استفاده در بخش خانگی و صنعت
- افزایش خرید گاز از طریق خط لوله، و واردات ال.ان.جی. و هیدروژن، بهینه سازی استفاده از زیر ساختها و هماهنگی با تامین کنندگان
- انعقاد قراردادهای بلند مدت با تامین کنندگان هیدروژن یا سایر فناوری های سبز
- توسعه انرژی های تجدید پذیر و هیدروژن و تقویت دیپلماسی انرژی
- توسعه تبادلات تجاری هیدروژن از طریق دریای شمال و دریای مدیترانه

شتاب بخشی در توسعه انرژی های تجدیدپذیر

- افزایش مقیاس و تسریع در تولید انرژی های تجدیدپذیر در بخشهای برق، صنعت، ساختمان و حمل و نقل
- افزایش دو برابری ظرفیت برق خورشیدی تا سال ۲۰۲۵ و نصب ۶۰۰ گیگاوات تا سال ۲۰۳۰
- اجباری نمودن نصب برق خورشیدی سقفی برای ساختمان های تجاری و عمومی و ساختمان های خانگی جدید
- گسترش دو برابری استفاده از پمپ های حرارتی
- گسترش استفاده از انرژی های تجدیدپذیر در مناطق مناسب
- تولید ۱۰ میلیون تن هیدروژن تجدیدپذیر بصورت ملی و واردات آن به همین مقدار تا سال ۲۰۳۰، جهت جایگزینی با گاز طبیعی، زغال سنگ، و نفت در بخش حمل و نقل و در صنایعی که کربن زدایی در آن مشکل است
- افزایش تولید متان زیستی از طریق یافتن شرکای صنعتی جدید و تدوین مشوق های مالی تا سال ۲۰۳۰

بحث و نتیجه گیری

قطع وابستگی اروپا به منابع انرژی روسیه خصوصا در کوتاه مدت، با چالشهای بسیاری همراه خواهد بود. یکی از این چالشها تعهدات زیست محیطی اروپا مبنی بر کاهش هرچه سریعتر آلاینده ها تا سال ۲۰۳۰ است. با توجه باینکه توسعه انرژی های تجدیدپذیر بدلیل عدم وجود زیرساخت های کافی، در کوتاه مدت امکان پذیر نیست و اروپا دارای منابع سرشار زغال سنگ می باشد و نیروگاه های زغال سنگی نیز موجود می باشند، بهترین راهکار، افزایش تولید برق از نیروگاه های مذکور می باشد. از طرفی، کشورهای اروپایی خصوصا آلمان تمایلی به توسعه نیروگاه های زغال سنگی پاک و نیروگاه های اتمی، در راستای تعهدات زیست محیطی خود، نشان نداده اند. بنابراین هرگونه افزایش تولید برق زغال سنگی موقتی در نظر گرفته می شود. اقدامات تاثیر گذار و مهمی که می تواند برای عبور از بحران انرژی، همزمان با راه اندازی موقت نیروگاه های زغال سنگی انجام پذیرد، عبارتند از: صرفه جویی انرژی در بخش های خانگی و صنعت که سهم قابل توجهی در سبد انرژی دارند، گسترش پایانه های ال.ان.جی، افزایش تعداد و تقویت روابط با تامین کنندگان مختلف انرژی، توسعه انرژی های تجدیدپذیر و هیدروژن سبز با همکاری کشورهای عضو و تدوین سیاست های تشویقی و استفاده از ابزارهای اقتصادی، گسترش تحقیق و توسعه در خصوص انرژی های پاک، هماهنگی و یکپارچگی در سیاست گذاری های بخش انرژی اتحادیه اروپا برای اشتراک گذاری دانش، منابع انسانی و منابع انرژی و تسهیل عبور از بحران و جلوگیری از موازی کاری ها.

منابع

1. Annual coal report 2020, EIA, 2021
2. Clean energy technologies in coal regions: Opportunities for jobs and growth, European commission, 2020
3. Clean energy wire, journalism for the energy transition, 2022
4. Coal 2021, analysis and forecast to 2024, IEA
5. International Energy Agency (IEA), 2020
6. World coal association website

EnerTech

Professional Monthly Journal of Energy Technologies (EnerTech)

Institute For International Energy Studies

www.iies.ac.ir
www.iies.mop.ir