بررسی رویکردهای مختلف به توسعه صنعت پتروپالایشگاهی در کشور (۱)

کد موضوعی: ۳۱۰
شماره مسلسل: ۱۷۸۷۰
آذر ماه ۱۴۰۰

معاونت مطالعات امور تولیدی
دفتر: مطالعات انرژی، صنعت و معدن

به نام خدا

فهرست مطالب

چکیده ۱
مقدمه ۲
۱. تعریف و طبقه‌بندی پتروپالایشگاه‌ها بر اساس پیچیدگی و بررسی وضعیت ایران ۳
۲. ضرورت تداوم روند ایجاد و توسعه واحدهای پتروپالایشگاهی ۱۲
۳. بررسی روند توسعه واحدهای پتروپالایشگاهی در دنیا ۲۱
۴. وضعیت فعلی کشور در صنعت پالایشگاهی: تولید و مصرف فرآورده‌ها ۲۲
۵. رویکردهای مختلف به توسعه صنعت پالایشگاهی و پتروپالایشگاهی در کشور ۲۷
۶. برای جلوگیری از خام فروشی چه میزان سرمایه‌گذاری در هر رویکرد لازم است؟ ۳۳
جمع‌بندی و پیشنهادها ۳۴
پیوست ۱ ..... ۳۵
پیوست ۲ ..... ۳۷
پی‌نوشت‌ها ۳۹

بررسی رویکردهای مختلف به توسعه صنعت پتروپالایشگاهی در کشور (۱)

چکیده

هدف از این گزارش بررسی رویکردهای توسعه‌ای نسبت به صنعت پتروپالایشگاهی در ایران است. باید فرصت‌ها و چالش‌های پیشروی کشور در این حوزه شناسایی شود و بهترین رویکرد را برای توسعه صنعت پتروپالایشگاهی در افق ۲۵ سال آینده، برای کشور ترسیم کرد. نتایج این گزارش نشان می‌دهد که با پیشرفت فناوری در حوزه حمل و نقل انتظار می‌رود که در آینده سوخت‌های جایگزین جدید بخشی از سبد مصرف بنزین و گازوئیل را تصاحب کنند و رشد تقاضای سوخت‌های فسیلی نظیر بنزین و گازوئیل در ۲۵ سال آینده تقریباً صفر شود و بخشی از انرژی در حوزه حمل و نقل از طریق سوخت‌های جایگزین جدید و برق تأمین خواهد شد. لذا سرمایه‌گذاری جهت احداث پالایشگاه‌های جدید برای تأمین سوخت در دنیا کاهش می‌یابد و ساخت پالایشگاه‌ها با هدف تولید مواد شیمیایی پیکربندی خواهد شد و به اصطلاح پالایشگاه‌ها جای خود را به «پتروپالایشگاه‌ها» خواهند داد. لذا اتخاذ رویکردهای احداث پتروپالایشگاه‌های جدید و ارتقا کیفی پالایشگاه‌های موجود کشور با هدف تولید مواد با ارزش‌تر می‌تواند هدف‌گذاری هماهنگ، در مسیر جهانی تبدیل پالایشگاه‌ها به پتروپالایشگاه‌ها باشد. جهت پیش‌برد این رویکردها در کشور، باید روند افزایشی مصرف بنزین و گازوئیل در کشور از طریق ابزارهایی نظیر توسعه سوخت‌های جایگزین جدید، افزایش بهره‌وری خودروها، هدفمندی یارانه‌های سوخت و استفاده از حمل‌ونقل عمومی متوقف شود. در غیر این صورت، احداث پالایشگاه جدید یا ارتقا پالایشگاه‌های موجود تنها با هدف تأمین نیاز داخلی کشور به سوخت در افق ۲۵ سال آینده مطرح خواهد بود. همچنین در افق ۲۵ ساله پیش‌رو برای جلوگیری از صادرات و خام‌فروشی ۲ میلیون بشکه در روز نفت خام و میعانات گازی نیاز به سرمایه‌گذاری بین بازه ۲۵ تا۳۰ میلیارد دلاری بسته به نوع خوراک جهت احداث پالایشگاه‌ها و یا بین بازه ۳۵ تا ۶۵ میلیارد دلاری بسته به نوع پیکربندی واحدها جهت احداث پتروپالایشگاه‌ها است که تحقق این هدف در کوتاه‌مدت نیازمند ورود سرمایه‌گذاری خارجی است.

مقدمه

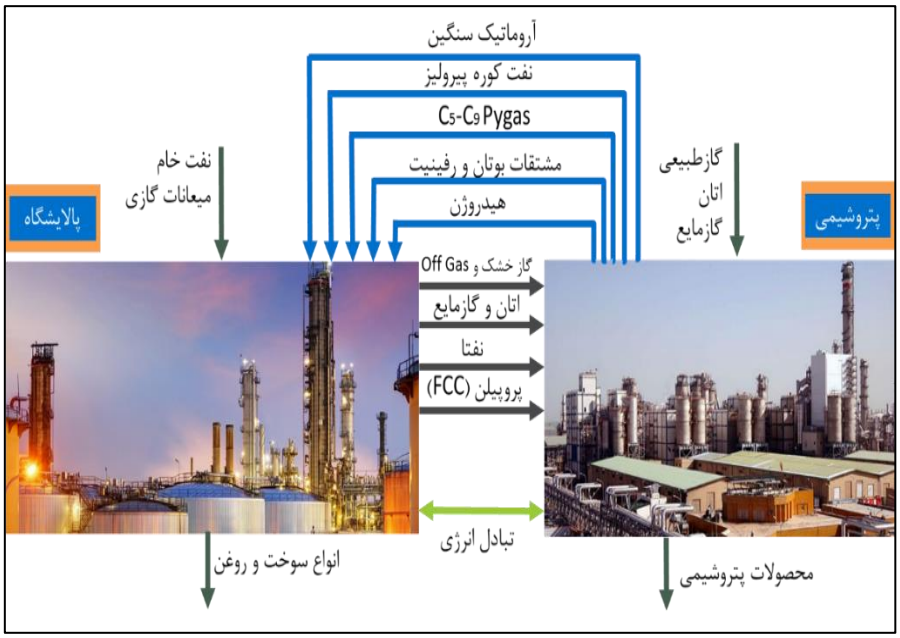
توسعه صنعت پتروپالایشگاه به این معناست که بتوان از تمام ظرفیت صنعت پتروشیمی و پالایشی برای تأمین نیازهای کشور استفاده کرد و با استفاده از منابع گسترده نفتی و گازی خدادادی کشور چشم به صادرات هم داشته باشد. در سیاست‌های کلی برنامه ششم توسعه ابلاغی مقام معظم رهبری تصریح شده است که زنجیره ارزش صنعت گاز و نفت تکمیل شود تا از خام‌فروشی نفت خام و میعانات گازی در حد امکان جلوگیری شود و مواد پایین‌دستی با ارزش‌افزوده بالاتر تولید گردد. این مسئله از جهات مختلف نظیر اشتغال، افزایش درآمد ارزی کشور، تأمین نیاز کشور و عدم واردات، توسعه و خودکفایی در فناوری، رفع تحریم‌ها و تأثیرگذاری منطقه‌ای اهمیت دارد. به عبارت دیگر هر چه نهاده یک صنعت از داخل کشور تهیه شود و کمتر وابسته به نهاده وارداتی باشد، رشد و جهش تولید و بلوغ در آن صنعت سریع‌تر خواهد بود و تاثیرپذیری اقتصاد کشور از تحریم‌ها کمتر خواهد شد. با توجه به منابع عظیم نفت و گاز در کشور، ایجاد و توسعه پتروپالایشگاه‌ها می‌تواند در تحقق اهداف ذکر شده و تولید محصولات مورد نیاز صنایع پایین‌دستی کشور مؤثر باشد. ازاین‌رو در این گزارش رویکردهای توسعه‌ای در حوزه پتروپالایشگاه‌ها توضیح داده شده است و سپس مزایای آنها در حوزه‌های مختلف ذکر شده است. همچنین در ادامه گزارش وضعیت مصرف انواع مختلف انرژی در دنیا ارائه می‌شود و نشان داده خواهد شد که مصرف نفت نسبت به دیگر منابع انرژی رشد کمتری خواهد داشت و روند سرعت رشد توسعه پالایشگاه‌ها با هدف تولید سوخت تا سال ۲۰۴۵ میلادی تقریباً صفر خواهد شد و این مسئله سبب تغییراتی در خروجی‌های پالایشگاه‌های موجود و در دست احداث آینده می‌شود و مواد شیمیایی و پلیمری جایگزین بخشی از سوخت تولیدی پالایشگاه‌ها می‌شوند و به اصلاح پالایشگاه‌ها به پتروپالایشگاه تبدیل می‌شوند. لذا نیاز است وضعیت فعلی پالایشی کشور معرفی و تبیین شود و در ادامه راهبرد کشور در احداث واحدهای پالایشگاهی و پتروپالایشی جدید یا ارتقا واحدهای پالایشگاهی موجود هدف‌گذاری شود. لذا انواع مختلف پالایشگاه‌ها و پتروپالایشگاه‌ها بر اساس میزان مواد شیمیایی و پلیمری تولیدی معرفی می‌گردد و سپس جزئیات محصولات شیمیایی و پلیمری تولیدی در دو واحد پتروپالایشگاهی هنگلی در چین و آرامکو متعلق به عربستان، مبتنی بر فناوری تبدیل نفت خام به مواد شیمیایی (COTC) بیان می‌گردد. سه رویکرد اصلی ۱. ساخت پالایشگاه با اولویت تولید و صادرات سوخت ۲. ساخت پتروپالایشگاه با هدف تولید و صادرات سوخت و مواد پتروشیمی ۳. ارتقا و بهبود پالایشگاه موجود کشور جهت تولید مواد با ارزش‌تر پیش روی کشور قرار دارد که باید فرصت‌ها و چالش‌های هر رویکرد مشخص شود و بر اساس آن بتوان برنامه جامع صنعت پتروپالایشگاهی کشور در ۲۵ سال آینده را تدوین کرد. در گزارش‌های بعدی این سه رویکرد به تفصیل مورد بحث و بررسی قرار خواهد گرفت.

۱. تعریف و طبقه‌بندی پتروپالایشگاه‌ها بر اساس پیچیدگی و بررسی وضعیت ایران

۱-۱. تعریف پتروپالایشگاه‌ها

پتروپالایشگاه‌ها به واحدهایی اطلاق می‌شوند که خوراک ورودی نفت خام یا میعانات گازی را مصرف می‌کنند و محصولات نهایی آنها سوخت و مواد شیمیایی است. ابتدا نفت خام یا میعانات گازی وارد برج تقطیر می‌شود و در خروجی برج تقطیر برش‌های مختلف نفت خام یا میعانات گازی ازجمله متان، گازمایع، نفتا، سوخت جت، نفت سفید، گازوئیل و... تولید می‌شود. بخشی از این محصولات در پالایشگاه برای تولید سوخت مصرف می‌شوند و بخشی دیگر از محصولات ازجمله اتان، مخلوط پروپان و بوتان (گازمایع)، نفتا و... نیز می‌توانند به‌عنوان خوراک واحدهای پتروشیمی استفاده شوند. تأسیسات پتروشیمی منابع هیدروکربنی نفت و گازی را به طیف وسیعی از محصولات شیمیایی تبدیل می‌کنند و اضافه شدن واحد پتروشیمی در کنار پالایشگاه سبب بهبود بهره‌وری اقتصادی پالایشگاه خواهد شد زیرا محصولات با ارزش‌تری نظیر پلی الفین‌ها و آروماتیک‌ها نیز به سبد محصولات اضافه خواهد شد. در شکل ۱ جریان‌های ورودی، خروجی و تبادلی بین پتروشیمی و پالایشگاه نشان داده شده است [۱]. بسته به نوع پیکربندی پالایشگاه و پتروشیمی در کنار یکدیگر، میزان و نوع جریان‌های تبادلی بین پتروشیمی و پالایشگاه متفاوت خواهد بود [۱-۲].

شکل ۱. جریان‌های ورودی، خروجی و تبادلی در یک واحد پتروپالایشگاهی



Source: Nexant Thinking TM, Process Evaluation/Research Planning, Refinery – Petrochemical integration, PERP 2015SE, Dr. R.Charlesworth, IHS Markit, Crude oil-to-chemicals (COTC): An industry game changer?, Executive Director, 14th annual gpca forum

محصولات خروجی برج تقطیر پالایشگاه در واحدهای مختلف جداسازی می‌شوند. این محصولات می‌توانند به عنوان خوراک در پتروشیمی‌ها مصرف شوند یا به عنوان خوراک واحدهای تولید سوخت مصرف شوند. مصارف مختلف محصولات برج تقطیر در جدول ۱ نشان داده شده است که کاربرد دوگانه در پتروشیمی و پالایشگاه دارند.

جدول ۱. جریان‌های پالایشگاهی با مصارف دوگانه به عنوان سوخت در پالایشگاه و خوراک پتروشیمی

جریان خروجی پالایشگاهی	واحد پالایشگاهی تولید کننده	کاربرد پالایشگاهی	استفاده جایگزین در پتروشیمی
گاز خشک	واحد برج تقطیر (CDU[1])	سوخت در پالایشگاه	خوراک واحدهای آمونیاک و متانول
اتیلن	ویسبریکینگ ,کوکینگ ,FCC[2]	سوخت در پالایشگاه	خوراک واحدهای پایین دست الفین‌ها
پروپیلن	ویسبریکینگ ,FCC	واحد آلکیلاسیون بنزین	خوراک واحدهای پایین دست الفین‌ها
پروپان	واحد برج تقطیر (CDU)	سوخت در پالایشگاه	خوراک واحدهای کراکر بخار[3] و [4] PDH جهت تولید الفین‌ها
بوتان	واحد برج تقطیر (CDU)	جزء مخلوط‌شونده بنزین	خوراک واحدهای کراکر بخار جهت تولید الفین‌ها
نفتا	واحد برج تقطیر (CDU)	خوراک واحد تبدیل کاتالیستی ریفورمینگ بنزین	خوراک واحدهای کراکر بخار و آروماتیک
ریفرمیت	ریفرمینگ کاتالیستی	جزء مخلوط‌شونده بنزین	خوراک واحد آروماتیک

Source: Nexant Thinking TM, Process Evaluation/Research Planning, Refinery – Petrochemical integration, PERP 2015SE

۱-۲. مزیت‌های پتروپالایشگاه‌ها

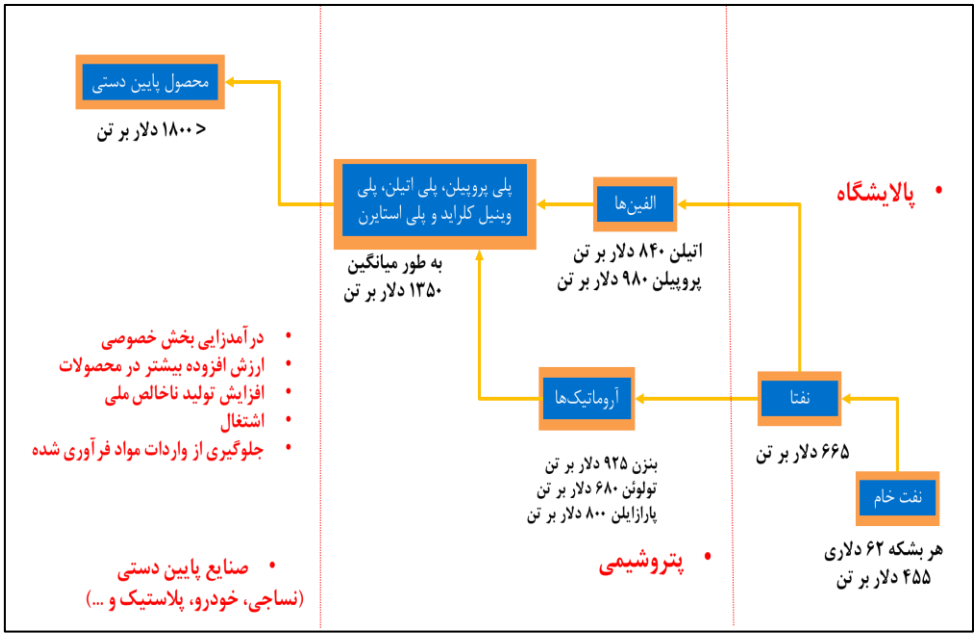
بهینه‌سازی توزیع منابع و خوراک، اشتراک گذاری یوتیلیتی‌ها، بهینه سازی هزینه‌های انرژی و هزینه‌های لجستیکی، بهبود اقتصاد پالایشگاه‌ها با حرکت به سمت تولید مواد شیمیایی و قابلیت تغییر محصولات از سوخت به مواد شیمیایی و برعکس بسته به شرایط از مزایای پتروپالایشگاه‌ها به شمار می‌روند. اما در دید کلان مزایای پتروپالایشگاه‌ها فراتر موارد فوق است، در شکل ۲ مزیت ادامه زنجیره ارزش در پتروپالایشگاه‌ها و ضرورت اتصال آن به صنایع پایین دست نشان داده شده است. قیمت‌های درج شده در شکل ۲ مطابق با میانگین قیمت‌های جهانی محصولات پتروشیمی در هفته اول تیر ماه ۱۴۰۰ است که توسط شرکت ملی صنایع پتروشیمی ایران منتشر شده است. مطابق با گزارش S&P GLOBAL

1. Crude oil Distillation Unit (CDU)
2. Fluid Catalytic Cracking (FCC)
3. Steam Cracker
4. Propane dehydrogenation (PDH)

میانگین قیمت تحویلی محصول[1] اتیلن و پروپیلن در چین به ترتیب ۸۴۰ و ۹۸۰ دلار بر تن در هفته اول تیر ماه ۱۴۰۰ بوده است. همچنین میانگین قیمت نفت خام اوپک در ۶ ماهه اول سال ۲۰۲۱ میلادی حدود ۶۲ دلار در هر بشکه معادل ۴۵۵ دلار بر تن بوده است [۳].

در پالایشگاه نفت خام وارد برج تقطیر شده و یکی از محصولات مهم تولیدی برج تقطیر نفتا است. اگر نفتا به عنوان خوراک واحدهای پتروشیمی کراکر بخار (الفین‌ها) و واحدهای پتروشیمی آروماتیکی مصرف شود، ارزش محصولات نهایی شیمیایی و پلیمری در بخش پتروشیمی به صورت میانگین به حدود ۱۳۵۰ دلار بر تن خواهد رسید. در صورت استفاده از محصولات پتروشیمی در صنایع پایین‌دستی پتروشیمی نظیر خودروسازی، نساجی، کامپوندسازی و... ارزش محصولات از ۱۸۰۰ دلار بر تن عبور خواهد کرد [۴]. درآمد زایی بخش خصوصی، ایجاد ارزش‌افزوده در محصولات، افزایش تولید ناخالص ملی کشور و جلوگیری از واردات از مزیت‌های ادامه زنجیره ارزش مواد پتروپالایشگاهی تا صنایع پایین‌دستی است. باید خاطر نشان کرد که صنعت پتروپالایشگاه به ذات صنعتی اشتغالزا نیست اما خوراک اولیه صنایع پایین‌دستی پر اشتغال نظیر نساجی، مواد پلاستیک و لاستیک را تأمین می‌کند و می‌تواند موتور متحرک صنایع اشتغال‌زا باشد. تا زمانی که تأمین پایدار خوراک صنایع پایین‌دستی از بالادست شکل نگیرد، عملاً توسعه صنایع پایین‌دستی نیز شکل نخواهد گرفت.

شکل ۲. مزیت ادامه زنجیره ارزش مواد در پتروپالایشگاه‌ها



Source: National Petrochemical Company of Iran, S&P Global plats ASIAN PETROCHEMICAL SCAN June 25, 2021

1. CFR (Cost and freight)

۱-۳. طبقه‌بندی پتروپالایشگاه‌ها بر اساس پیچیدگی و بررسی وضعیت ایران

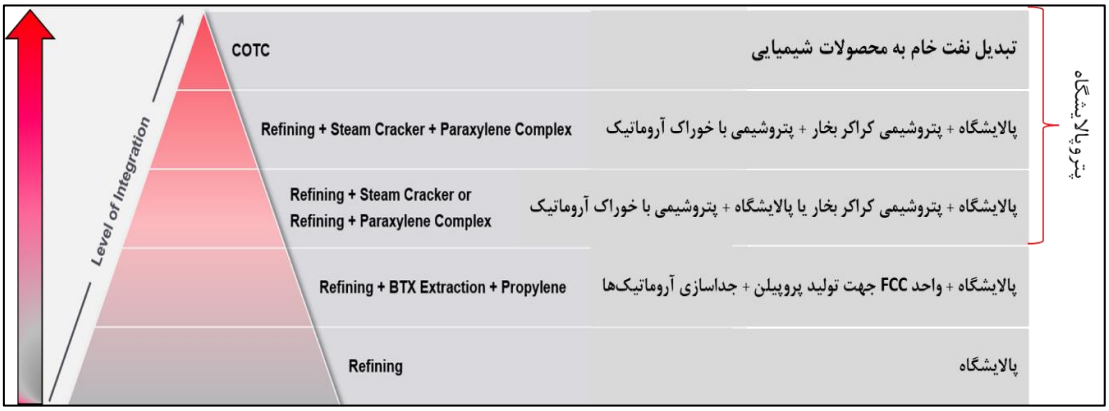
در پالایشگاه‌های معمولی تمرکز بر روی تولید سوخت‌هایی نظیر بنزین، گازوئیل، سوخت جت، نفت کوره و... جهت مصرف در بخش حمل و نقل است. مطابق شکل ۳ هرچه به سمت نوک مثلث حرکت کنیم، میزان همبستگی پالایشگاه و پتروشیمی بیشتر می‌شود و سهم تولید مواد شیمیایی در سبد محصولات بیشتر شده و سهم مواد سوختی کاهش می‌یابد و ضریب پیچیدگی افزایش می‌یابد. برای مثال در پالایشگاه‌های معمولی با سطح تکنولوژی پایین تقریباً عمده محصولات تبدیل به سوخت می‌شود و در پالایشگاه‌های دارنده واحد FCC و جداکننده آروماتیک‌ها تقریباً ۱۰ درصد محصولات مواد شیمیایی است. در صورت احداث واحدهای پتروشیمی در پایین دست پالایشگاه‌ها (پتروپالایشگاه)، میزان تولید مواد شیمیایی می‌تواند تا ۴۰ درصد افزایش یابد. این واحدهای پتروشیمی‌ها با سه نوع پیکربندی به شرح زیر بعد از پالایشگاه قرار می‌گیرند و مجتمع پتروپالایشگاهی را شکل می‌دهند:

الف) پتروشیمی کراکر بخار با هدف تولید الفین‌ها

ب) پتروشیمی تولید آروماتیک‌ها با هدف تولید بنزن،تولوئن و زایلن‌ها[1]

ج) پتروشیمی کراکر بخار و تولید آروماتیک

شکل ۳. طبقه‌بندی پالایشگاه‌ها و پتروپالایشگاه‌ها بر اساس میزان تولید مواد شیمیایی



Source: IHS Markit, Crude Oil to Chemicals (COTC), A look inside our technology & economic analyses from the 2019 – 2014

همان‌طور که در شکل ۳ مشخص است، پالایشگاه (موارد ۱ و ۲) و پتروپالایشگاه‌ها (موارد ۳، ۴ و ۵) در ۵ سطح بر اساس ضریب پیچیدگی طبقه بندی می‌شوند [۵]:

۱. پالایشگاه

۲. پالایشگاه به همراه واحد جداسازی محصولات آروماتیک و واحد FCC جهت تولید پروپیلن

1. Benzene, Toluene, Xylenes (BTX)

۳. (پالایشگاه+ واحد پتروشیمی کراکر بخار) یا (پالایشگاه + واحد پتروشیمی تولید آروماتیک)

۴. پالایشگاه + واحد پتروشیمی کراکر بخار + واحد پتروشیمی تولید آروماتیک

۵. واحد تبدیل نفت خام به مواد شیمیایی[۱] (COTC)

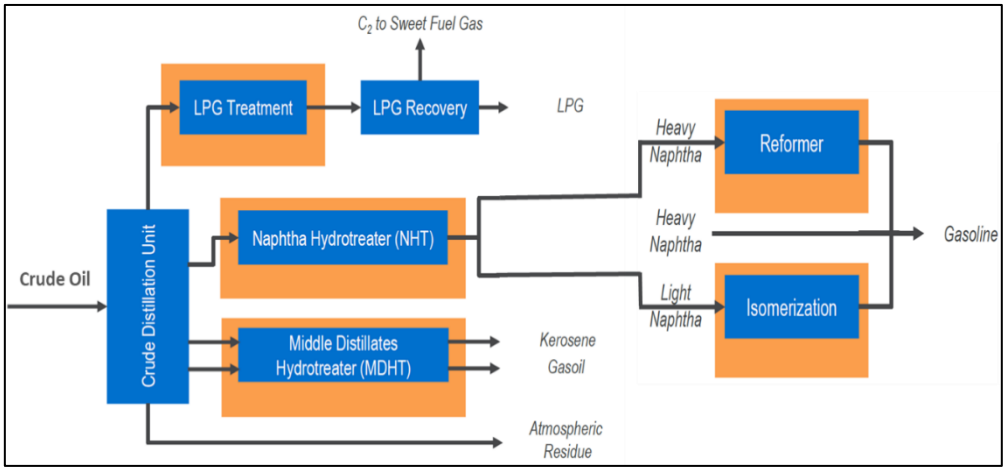
در واحدهای تبدیل نفت خام به محصولات شیمیایی، هدف از احداث واحد پتروپالایشگاهی عمدتاً تمرکز بر روی تولید مواد شیمیایی مورد نظر است. یعنی پیکربندی پتروپالایشگاه از ابتدا بر اساس محصول نهایی مورد نیاز طراحی می‌شود تا محصول مورد نظر با بازده حداکثر تولید شود. میزان تولید مواد شیمیایی در این واحدها در برخی موارد به ۷۰ درصد نیز می‌رسد.

۱-۳-۱. پالایشگاه

در پالایشگاه‌های معمولی نفت خام یا میعانات گازی وارد واحد برج تقطیر (CDU) می‌شوند و برش‌های مختلفی تولید می‌شود. این برش‌های مختلف تولید شده در واحدهای جداسازی از یکدیگر تفکیک می‌شوند و محصولات مختلفی از جمله اتان،گازمایع[۲] ، نفتای سبک، نفتای سنگین، بنزین[۳]، نفت سفید[۴]، گازوئیل و مواد باقیمانده اتمسفری[۵] تولید می‌شود. نفتای سبک در واحد ایزومریزاسیون[۶] و نفتای سنگین در واحد تبدیل کاتالیستی ریفرمینگ[۷] مصرف شده و برای بهبود کیفیت بنزین در استخر بنزین ریخته می‌شوند [۶]. در حال حاضر ساختار کلی پالایشگاه‌های تهران، بندرعباس، لاوان، شیراز و کرمانشاه مطابق شکل ۴ بوده و عمده محصولات خروجی سوخت است و محصولات شیمیایی خاصی در این واحدها تولید نمی‌شود. پالایشگاه ستاره خلیج فارس با خوراک میعانات گازی با اجرای فازهای فعلی صرفاً سوخت تولید می‌کند و با اجرا شدن فازهای بعدی قادر خواهد بود خوراک اولیه صنایع پتروشیمی را نیز تهیه کند.

1. Crude oil to chemicals (COTC)
2. Liquefied petroleum gas (LPG)
3. Gasoline
4. Kerosene
5. Atmospheric Residue
6. Isomerization unit
7. Catalytic Reformimg unit

شکل ۴. ساختار فرایندی پالایشگاه (Refinery)

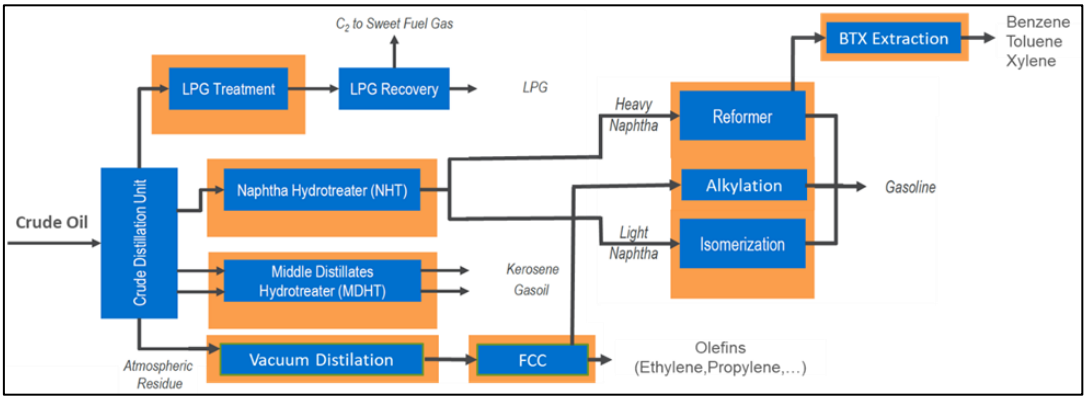


Source: Nexant Thinking TM, Feasibility study for Siraf condensate refinery complex, February 2018

۱-۳-۲. پالایشگاه به همراه واحد جداسازی آروماتیک‌ها و واحد FCC

در این واحدهای پالایشگاهی بخشی از محصولات آروماتیکی تولیدی در واحد تبدیل کاتالیستی ریفورمینگ جهت مصرف در پتروشیمی جداسازی می‌شود و همچنین مواد باقیمانده اتمسفری وارد برج تقطیر خلا[1] و واحد FCC می‌شوند و محصولات شیمیایی الفینی ازجمله پروپیلن و اتیلن تولید می‌شود[۶]. در حال حاضر دو پالایشگاه شازند اراک و آبادان در کشور دارای واحدهای FCC هستند که البته این دو واحد با هدف تولید سوخت بنزین طراحی و راه‌اندازی شده‌اند و کمتر از ۳ درصد از جرم خروجی این واحدها به الفین‌ها تبدیل می‌شود.

شکل ۵. پالایشگاه به همراه واحد جداسازی آروماتیک‌ها و واحد FCC



Source: Nexant Thinking TM, Feasibility study for Siraf condensate refinery complex, February 2018.

1. Vacuum distillation

۱-۳-۳. پتروپالایشگاه (پالایشگاه + پتروشیمی کراکر بخار یا پتروشیمی آروماتیک)

در این ساختار می‌توان از خوراک نفتا تولیدی در پالایشگاه به عنوان خوراک اصلی در واحد کراکر بخار با هدف تولید الفین‌ها یا در واحد پتروشیمی آروماتیک با هدف تولید آروماتیک‌ها استفاده کرد (شکل ۶). در این واحدها حداکثر ۴۰ درصد از محصولات تولیدی، مواد شیمیایی و پتروشیمی خواهد بود. عمده الفین‌های تولیدی در واحدهای کراکر بخار، زنجیره ارزش اتیلن و پروپیلن را تشکیل می‌دهند که طیف وسیعی از مواد شیمیایی و مواد پلیمری از جمله پلی اتیلن، مونواتیلن گلایکول[1]، پلی وینیل کلراید[2]، اتیلن اکسید، پلی پروپیلن، اکریلونیتریل، اکریلیک اسید، کیومن، پروپیلن اکسید و ... را شامل می‌شود.

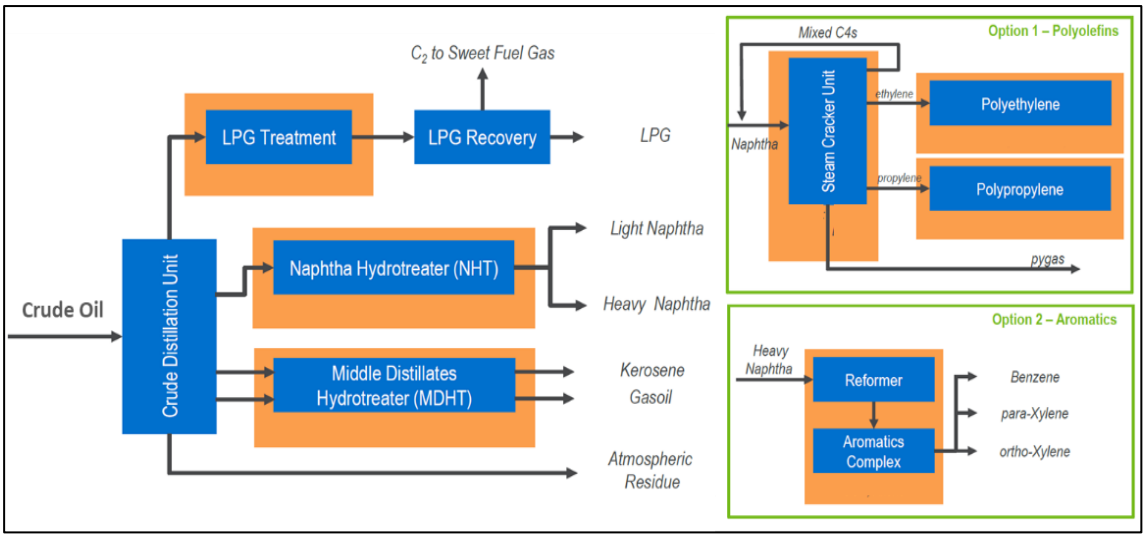
همچنین در صورت احداث پتروشیمی آروماتیک در پایین دست پالایشگاه نیز می‌توان زنجیره ارزش بنزن از جمله مجموعه استایرن، نیترو بنزن، سیکلوهگزان، مالئیک اسید و در زنجیره ارزش زایلن‌ها موادی همچون پلی اتیلن ترفتالات[3] و فتالیک انیدرید را تولید کرد. البته از مزیت واحدهای کراکر بخار این است که دیگر محصولات پالایشگاهی همچون گازمایع و اتان را نیز می‌توان به عنوان خوراک برای تولید الفین‌ها استفاده کرد که البته ترکیب درصد محصولات خروجی متفاوت خواهد بود[۶].

در حال حاضر تبادل محصول بین پالایشگاه‌ها و پتروشیمی‌ها در کشور وجود دارد که البته این واحدها از لحاظ مدیریتی مستقل اداره می‌شوند. مثلا خوراک نفتای سبک و سنگین واحد الفین پتروشیمی اراک از پالایشگاه اراک و پالایشگاه اصفهان، خوراک نفتای واحد آروماتیک پتروشیمی بندر امام خمینی (ره) از پالایشگاه آبادان، خوراک ریفرمیت پتروشیمی اصفهان از پالایشگاه اصفهان و خوراک نفتای سبک و سنگین واحد الفین پتروشیمی تبریز از پالایشگاه تبریز و تهران تأمین می‌شود [۷].

مجتمع پتروشیمی نوری، مجتمع پتروشیمی جم و مجتمع پتروشیمی پارس با خوراک ترکیبی میعانات گازی و اتان سه مجتمعی هستند که به صورت یکپارچه و پتروپالایشگاهی توسط شرکت ملی صنایع پتروشیمی در عسلویه ایجاد شدند اما بعد از خصوصی سازی مالکیت این سه واحد از حالت یکپارچه خارج شد و در حال حاضر این سه واحد جداگانه مدیریت می‌شوند اما به لحاظ تبادل محصولات وابستگی زیادی به یکدیگر دارند.

1. Mono ethylene glycol (MEG)
2. Poly vinyl chloride (PVC)
3. Polyethylene terephthalate (PET)

شکل۶. پتروپالایشگاه (پالایشگاه + پتروشیمی کراکر بخار یا پتروشیمی آروماتیک)



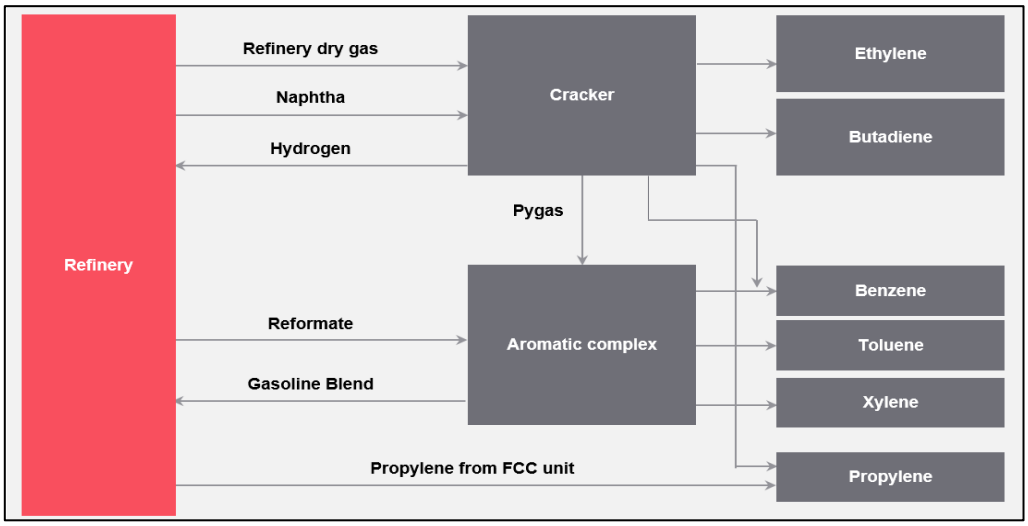
Source: Nexant Thinking TM, Feasibility study for Siraf condensate refinery complex, February 2018.

۱-۳-۴. پتروپالایشگاه (پالایشگاه + پتروشیمی کراکر بخار + پتروشیمی آروماتیک)

در این ساختار بعد از واحد پالایشگاهی، واحد کراکر بخار و واحد آروماتیک به طور همزمان احداث می‌شود و تبادل محصولات بین این سه مجموعه توام صورت می‌گیرد (شکل ۷). مزیت این واحدها تولید توام الفین‌ها و آروماتیک‌ها است زیرا تولید بعضی از مواد پلیمری و شیمیایی مانند پلی اتیلن ترفتالات (PET)، پلیمر ABS [۱] و پلیمر SAN [۲] نیاز به تأمین خوراک از هر دو زنجیره آروماتیک و الفین دارد. در حال حاضر در پتروشیمی بندر امام خمینی (ره) واحدهای کراکر بخار و آروماتیک وجود دارد که به ترتیب الفین‌ها و مواد آروماتیکی را به طور همزمان تولید می‌کنند. در این پتروشیمی خوراک نفتای واحد آروماتیک از پالایشگاه آبادان و خوراک واحد کراکر بخار از مایعات گازی تولیدی در میادین نفتی [۳] تأمین می‌گردد.

1. Acrylonitrile-Butadiene-Styrene (ABS)
2. Styrene-Acrylonitrile (SAN)
3. Natural gas liquids (NGL)

شکل۷. پتروپالایشگاه (پالایشگاه + پتروشیمی کراکر بخار + پتروشیمی آروماتیک)



Source: Future Bridge Analysis

۱-۳-۵. پتروپالایشگاه (واحد تبدیل نفت خام به مواد شیمیایی COTC)

این مجموعه از پتروپالایشگاه‌ها رویکرد جدیدی از همبستگی و ادغام واحدهای پتروشیمی و پالایشگاه هستند که نسل جدیدی از فناوری در صنعت پالایشگاه و پتروشیمی را در بردارند. این واحدها به گونه‌ای پیکربندی می‌شوند که بیشترین محصولات شیمیایی و پلیمری را (بیش از ۴۰ درصد) به جای سوخت تولید کنند.

به دلیل مقیاس بزرگ این واحدها (بازه بین ۱۰ تا ۲۰ میلیون تن در سال خوراک ورودی) و تولید مقیاس بالای محصولات در خروجی واحد، قیمت تمام شده محصولات در واحدهای COTC کاهش قابل توجهی می‌یابد و می‌تواند آینده واحدهای پتروشیمی معمولی در دنیا را دچار تحول کند. مطابق با شکل ۸، ۴ مسیر مطرح تبدیل نفت خام به مواد شیمیایی (COTC) در زیر ذکر شده است [۲]:

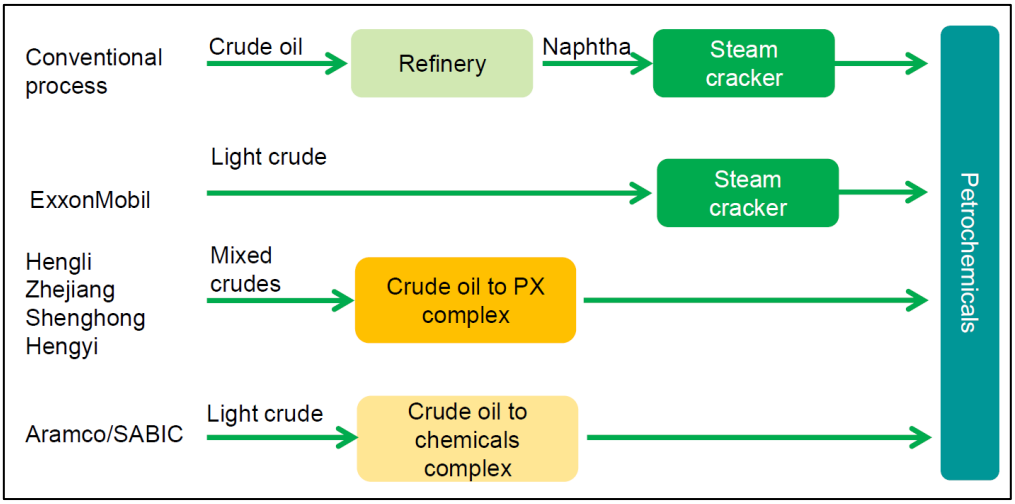
الف) فرایند استفاده از پالایشگاه و پتروشیمی کراکر بخار با خوراک نفت خام (فرایند معمول)

ب) تکنولوژی شرکت اکسون موبیل در استفاده از نفت خام سبک در واحد کراکر بخار

ج) پتروپالایشگاه‌های مبتنی بر تولید محصول پارازایلن (PX) با استفاده از نفت خام در چین

د) تکنولوژی شرکت آرامکو در تبدیل نفت خام به مواد الفینی

شکل۸. مسیرهای موجود پتروپالایشگاهی تبدیل نفت خام به مواد شیمیایی (COTC)



Source: R.Charlesworth, IHS Markit, Crude oil-to-chemicals (COTC): An industry game changer?, Executive Director, 14th annual gpca forum

۲. ضرورت تداوم روند ایجاد و توسعه واحدهای پتروپالایشگاهی

با توجه به الکتریکی شدن خودروها و استفاده از سوخت‌های جایگزین جدید برای خودروها و استفاده از منابع انرژی‌های تجدیدپذیر برای تولید برق و... پیش‌بینی می‌شود رشد مصرف نفت خام در آینده تقریباً صفر شده و مصرف نفت خام روندی کاهشی پیدا کند.

مؤسسات مختلفی در دنیا روند مصرف انرژی را مورد بررسی قرار می‌دهند. شرکت بریتیش پترولیوم[۱]، آژانس بین‌المللی انرژی[۲] (IEA)، سازمان اوپک، آژانس بین‌المللی انرژی اتمی[۳] (IAEA) ازجمله سازمان‌هایی هستند که در حوزه آینده پژوهی انرژی کار می‌کنند. به عنوان نمونه شرکت بریتیش پترولیوم در گزارشی اعلام کرده است که در سه سناریو مختلف آینده پژوهی میزان مصرف انواع سوخت‌های مایع در دنیا از سال ۲۰۳۰ روند کاهشی پیدا خواهد کرد [۸]. همچنین مؤسسه وود مکنزی نیز پیش‌بینی کرده است رشد مصرف سوخت‌های فسیلی بین بازه سال‌های ۲۰۳۰-۲۰۳۵ متوقف خواهد شد [۹]. در این گزارش، از اطلاعات منتشر شده آژانس بین‌المللی انرژی و سازمان اوپک در سال ۲۰۲۰ میلادی با عنوان چشم‌انداز جهانی نفت تا سال ۲۰۴۵ جهت پیش‌بینی روند مصرف انرژی و نفت خام در آینده استفاده شده است [۱۰-۱۱]. در گزارش اوپک چشم‌انداز مصرف نفت و میزان سرمایه‌گذاری در صنعت پالایشگاهی در مقایسه با دیگر منابع انرژی مقایسه شده است. فرضیات گزارش چشم‌انداز جهانی

1. British Petroleum (BP)
2. International Energy Agency (IEA)
3. International Atomic Energy Agency (IAEA)

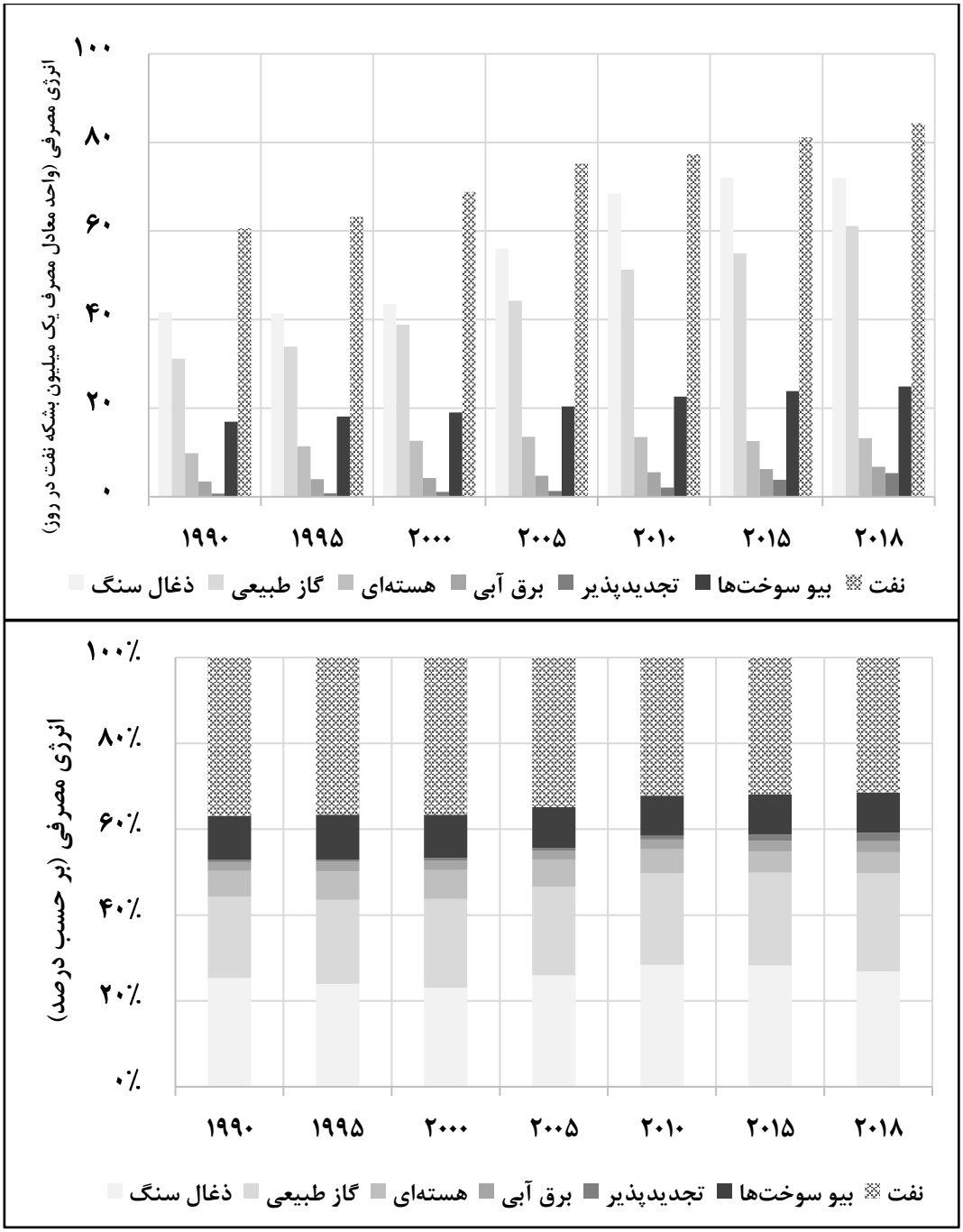
نفت تا سال ۲۰۴۵ در پیوست ۱ در انتهای گزارش موجود است.

۱-۲. وضعیت تقاضای انرژی از منابع مختلف در دنیا تا سال ۲۰۴۵ میلادی

مطابق با اطلاعات منتشر شده آژانس بین‌المللی انرژی، وضعیت مصرف انواع مختلف انرژی در دنیا بین سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۸ میلادی در نمودار ۱ نشان داده شده است. برای مقایسه تمام مصارف انرژی با یکدیگر از واحد معادل مصرف یک میلیون بشکه نفت در روز [1] استفاده شده است. همان طور که در نمودار ۱ نشان داده شده است، مصارف انرژی دنیا از منابع مختلف ازجمله ذغال سنگ[2]، گازطبیعی[3]، هسته‌ای[4]، برق آبی[5]، انرژی‌های تجدیدپذیر بادی و خورشیدی[6]، بیوسوخت‌ها[7] و نفت[8] در سال ۱۹۹۰ میلادی تقریباً معادل ۱۶۴ میلیون بشکه نفت در روز بوده که این مقدار در سال ۲۰۱۸ میلادی به حدود ۲۶۸ میلیون بشکه نفت در روز رسیده است. تمامی منابع انرژی از سال ۱۹۹۰ میلادی تا سال ۲۰۱۸ رشد مصرف را نشان می‌دهند اما رشد مصرف بعضی از منابع در ۳۰ سال اخیر از سرعت رشد مصرف نفت بیشتر بوده است. مصرف نفت از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۸ میلادی حدود ۲۳ میلیون بشکه نفت در روز افزایش یافته است در حالی که ذغال سنگ و گاز طبیعی هر یک حدود ۳۰ میلیون بشکه معادل نفت در روز رشد مصرف داشته‌اند [۱۱].

1. mboe/day
2. Coal
3. Natural gas
4. Nuclear
5. Hydro
6. Wind,Solar,…
7. Biofuels and waste
8. Oil

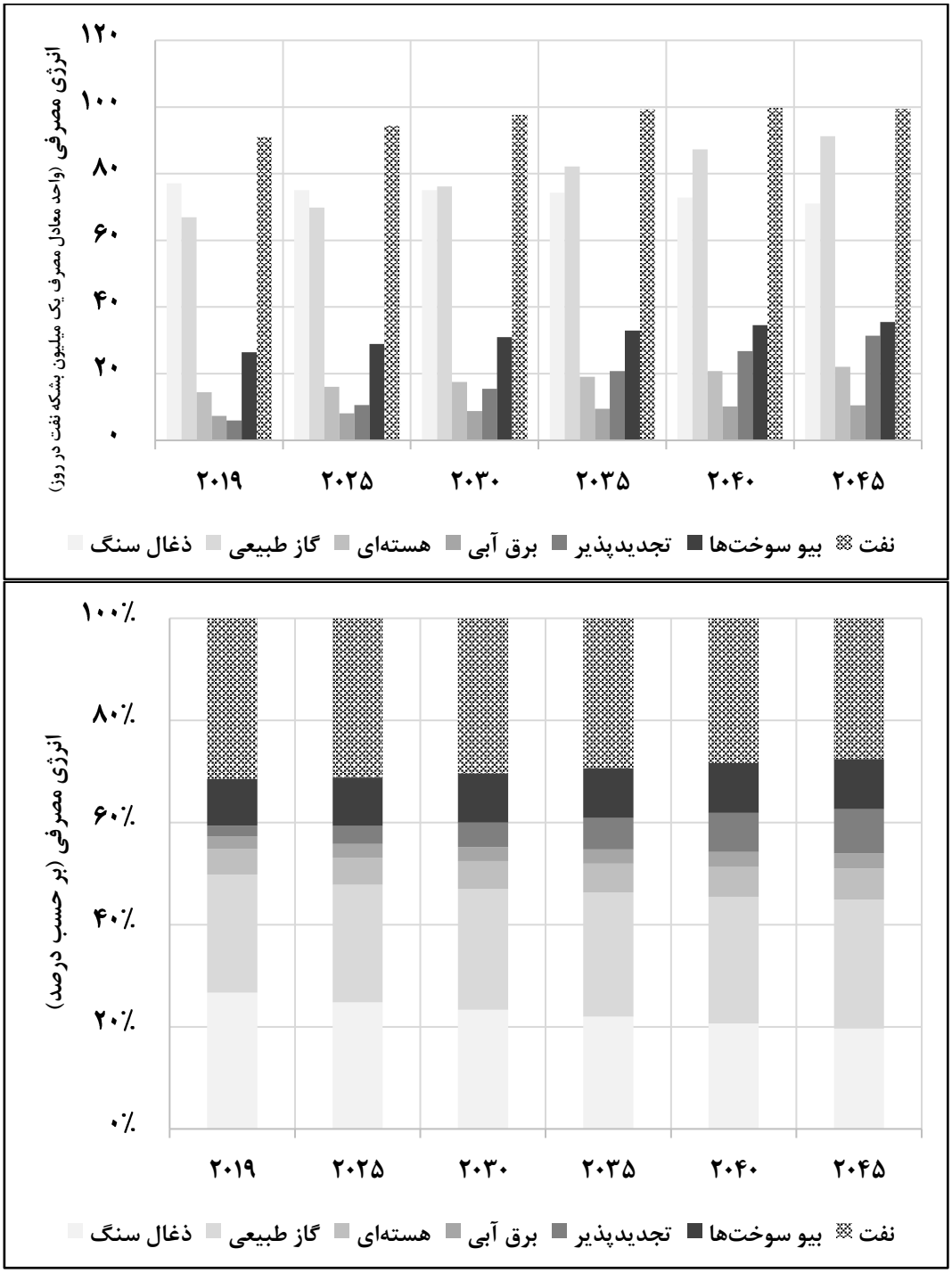
نمودار ۱. میزان و درصد مصارف انرژی از منابع مختلف بین سال‌های ۱۹۹۰-۲۰۱۸ میلادی



Source: IEA, International Energy Agency

مطابق نمودار ۱، میزان مصرف نفت از سبد انرژی در جهان از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۸ از ۳۷ درصد به ۳۱ درصد کاهش یافته است. مطابق گزارش سازمان اوپک با عنوان چشم‌انداز جهانی نفت تا سال ۲۰۴۵، میزان و سهم منابع مختلف انرژی در نمودار ۲ و جدول ۲ نشان داده شده است [۱۰].

نمودار ۲. پیش‌بینی میزان و درصد مصارف انرژی از منابع مختلف تا سال ۲۰۴۵ میلادی[۹]



Source: WORLD OIL OUTLOOK 2045, Organization of the Petroleum Exporting Countries (OPEC),2020

مطابق نمودار ۲، نفت و گاز طبیعی با وجود کاهش رشد مصرف تا سال ۲۰۴۵ میلادی، همچنان بزرگترین منبع مصرف انرژی در جهان محسوب می‌شوند و منابع انرژی جدید نظیر انرژی‌های تجدیدپذیر رفته رفته سهم بیشتری نسبت به گذشته از سبد مصرف انرژی را از آن خود می‌کنند.

پیش‌بینی میزان رشد مصرف انرژی از منابع مختلف در سال‌های مختلف در جدول ۲ نشان داده شده است. عمده رشد مصرف انرژی در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر نظیر انرژی بادی و خورشیدی خواهد بود. این منبع انرژی با رشد سالیانه ۶/۶ درصد حدود ۲۵/۴ میلیون بشکه در روز معادل نفت تا سال ۲۰۴۵ میلادی رشد خواهد کرد در حالی که مصرف نفت تا سال ۲۰۴۵ میلادی تنها ۸/۵ میلیون بشکه نفت در روز رشد خواهد کرد. همچنین رشد مصرف گاز طبیعی تا سال ۲۰۴۵ میلادی نیز حدود ۲۴/۳ میلیون بشکه در روز معادل نفت خواهد بود و از طرفی رشد مصرف ذغال سنگ در سال‌های آینده مطابق با توافق نامه پاریس متوقف خواهد شد و تا سال ۲۰۴۵ میلادی مصرف آن ۶/۱ میلیون بشکه در روز معادل نفت کاهش خواهد یافت. از طرفی سهم انرژی‌های تجدیدپذیر نظیر انرژی بادی و خورشیدی در مصرف سوخت از ۲/۱ درصد در سال ۲۰۱۹ میلادی به ۸/۷ درصد در سال ۲۰۴۵ میلادی افزایش خواهد یافت و سهم نفت و ذغال سنگ در تأمین سوخت به ترتیب ۴ و ۷ درصد کاهش خواهد یافت و به ارقام ۲۷/۵ درصد و ۱۹/۷درصد خواهد رسید [۱۰].

جدول ۲. پیش‌بینی میزان و درصد مصارف انرژی از منابع مختلف تا سال ۲۰۴۵ میلادی در دنیا

سال	بر حسب *میلیون بشکه نفت در روز*						رشد (میلیون بشکه نفت در روز)	رشد سالانه ٪	سهم سوخت ٪	
	۲۰۱۹	۲۰۲۵	۲۰۳۰	۲۰۳۵	۲۰۴۰	۲۰۴۵	۲۰۱۹-۲۰۴۵	۲۰۱۹-۲۰۴۵	۲۰۱۹	۲۰۴۵
نفت	۹۱	۹۴/۴	۹۷/۷	۹۹/۳	۹۹/۷	۹۹/۵	۸/۵	۰/۳	۳۱/۵	۲۷/۵
ذغال سنگ	۷۷/۱	۷۵/۱	۷۵/۱	۷۴/۳	۷۲/۸	۷۱	-۶/۱	-۰/۳	۲۶/۷	۱۹/۷
گاز طبیعی	۶۶/۹	۶۹/۸	۷۶/۲	۸۲/۲	۸۷/۳	۹۱/۲	۲۴/۳	۱/۲	۲۳/۱	۲۵/۳
هسته‌ای	۱۴/۴	۱۶/۱	۱۷/۵	۱۹/۱	۲۰/۸	۲۲/۱	۷/۷	۱/۷	۵	۶/۱
برق آبی	۷/۳	۸/۱	۸/۸	۹/۵	۱۰/۲	۱۰/۵	۳/۲	۱/۴	۲/۵	۲/۹
بایو مس	۲۶/۴	۲۸/۹	۳۱	۳۲/۹	۳۴/۶	۳۵/۵	۹/۱	۱/۲	۹/۱	۹/۸
بادی، خورشیدی و ...	۶	۱۰/۶	۱۵/۵	۲۰/۸	۲۶/۸	۳۱/۴	۲۵/۴	۶/۶	۲/۱	۸/۷
جمع کل	۲۸۹/۱	۳۰۳	۳۲۱/۸	۳۳۸/۱	۳۵۲/۲	۳۶۱/۲	۷۲/۱	۰/۹	۱۰۰/۰	۱۰۰/۰

Source: WORLD OIL OUTLOOK 2045, Organization of the Petroleum Exporting Countries (OPEC),2020.

۲-۲. وضعیت نفت و مشتقات آن در بخش‌های مختلف مصرفی دنیا تا سال ۲۰۴۵ میلادی

مطابق با گزارش چشم‌انداز جهانی نفت تا سال ۲۰۴۵ سازمان اوپک، وضعیت مصرف نفت و میعانات گازی در مصارف مختلف ازجمله حمل و نقل، صنعت و دیگر مصارف در جدول ۳ نشان داده شده است[۱۰]. مطابق جدول ۳ رشد مصرف نفت در بخش حمل و نقل جاده‌ای در سال ۲۰۴۵ میلادی متوقف خواهد شد و روی رقم ۴۷ میلیون بشکه در روز ثابت خواهد شد. یکی از دلایل این موضوع متنوع شدن سبد سوختی خودروها در سال‌های آینده است. در بخش صنعت نیز عمده رشد مصرف نفت در بخش پتروشیمی خواهد بود که حکایت از توسعه صنعت پتروپالایشگاهی در آینده دارد. مصرف نفت و میعانات گازی در سایر مصارف از جمله در حوزه مصارف خانگی، تجاری و کشاورزی تا سال ۲۰۴۵ تقریباً ثابت خواهد ماند و در حوزه تولید برق در نیروگاه‌ها مصرف نفت عملاً حدود یک میلیون بشکه در روز تا سال ۲۰۴۵ میلادی کاهش خواهد یافت. مجموعا مصرف نفت و میعانات گازی در مصارف حمل و نقل، صنعت و غیره از ۹۹/۷ میلیون بشکه در روز در سال ۲۰۱۹ میلادی به ۱۰۹/۱ میلیون بشکه در روز تا سال ۲۰۴۵ میلادی خواهد رسید.

جدول ۳. پیش‌بینی میزان مصرف نفت و میعانات گازی در بخش‌های مختلف تا سال ۲۰۴۵ میلادی در دنیا

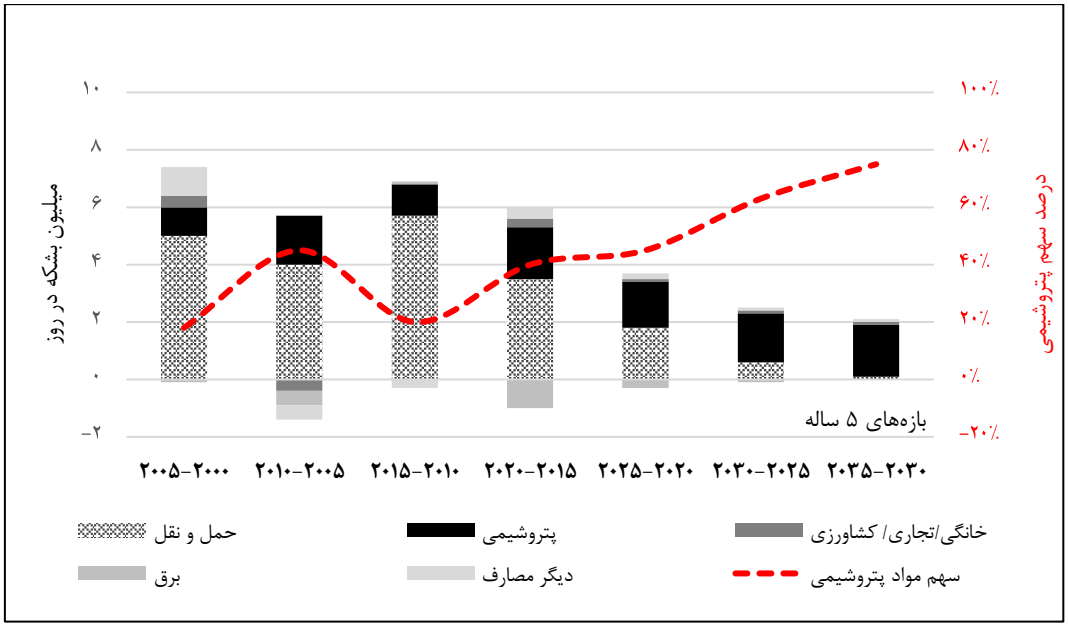
رشد میلیون بشکه در روز	بر حسب *میلیون بشکه در روز*						
سال	**۲۰۱۹**	**۲۰۲۰**	**۲۰۲۵**	**۲۰۳۰**	**۲۰۳۵**	**۲۰۴۰**	**۲۰۴۵**	**۲۰۱۹-۲۰۴۵**
حمل و نقل جاده‌ای	۴۴/۴	۴۰/۱	۴۶/۳	۴۶/۹	۴۷/۱	۴۷/۱	۴۷	۲/۶
حمل و نقل هوایی، دریایی و..	۱۲/۸	۹/۳	۱۳/۴	۱۴/۳	۱۵/۱	۱۵/۷	۱۶/۲	۳/۴
حمل و نقل	۵۷/۲	۴۹/۴	۵۹/۷	۶۱/۲	۶۲/۲	۶۲/۸	۶۳/۲	۶
پتروشیمی‌ها	۱۳/۷	۱۲/۹	۱۴/۷	۱۵/۹	۱۶/۷	۱۷	۱۷/۳	۳/۷
دیگر صنایع	۱۲/۸	۱۲/۷	۱۳	۱۳/۵	۱۳/۵	۱۳/۳	۱۳/۱	۰/۳
صنعت	۲۶/۵	۲۵/۶	۲۷/۷	۲۹/۴	۳۰/۲	۳۰/۳	۳۰/۴	۴
خانگی، تجاری و کشاورزی	۱۱/۱	۱۰/۸	۱۱/۴	۱۲	۱۲/۲	۱۲/۱	۱۱/۶	۰/۵
تولید برق	۴/۹	۴/۹	۴/۸	۴/۶	۴/۳	۴/۱	۳/۹	-۱/۱
دیگر مصارف	۱۶	۱۵/۷	۱۶/۲	۱۶/۶	۱۶/۵	۱۶/۲	۱۵/۵	-۰/۶
جمع کل	۹۹/۷	۹۰/۷	۱۰۳/۶	۱۰۷/۲	۱۰۸/۹	۱۰۹/۳	۱۰۹/۱	۹/۴

Source: WORLD OIL OUTLOOK 2045, Organization of the Petroleum Exporting Countries (OPEC), 2020.

کاهش رشد مصرف نفت خام در بخش حمل و نقل و رشد بخش پتروشیمی در گزارش‌های آینده پژوهی دیگری نیز تأکید شده است. به گزارش مؤسسه وود مکنزی، در دو دهه اخیر بیشترین میزان رشد تقاضای نفت مربوط به بخش حمل و نقل بوده است. با الکتریکی شدن خودروها در سال‌های آینده

و جایگزینی سوخت‌های جدید به جای بنزین و گازوئیل، بخش پتروشیمی بیشترین رشد تقاضا در مصرف نفت خام را خواهد داشت و از حدود ۲۰ درصد در دوره ۵ ساله ۲۰۰۰-۲۰۰۵ میلادی به حدود ۸۰ درصد در دوره ۵ ساله ۲۰۳۰-۲۰۳۵ میلادی خواهد رسید (محور سمت راست نمودار ۳) و رشد تقاضای نفت در حوزه حمل و نقل تا سال ۲۰۳۵ میلادی کاهش خواهد یافت و نزدیک صفر خواهد شد و عمده رشد مصرف نفت خام مربوط به صنعت پتروشیمی خواهد بود [۹].

نمودار ۳. میزان رشد تقاضای نفت خام در بخش‌های مختلف در بازه‌های ۵ ساله



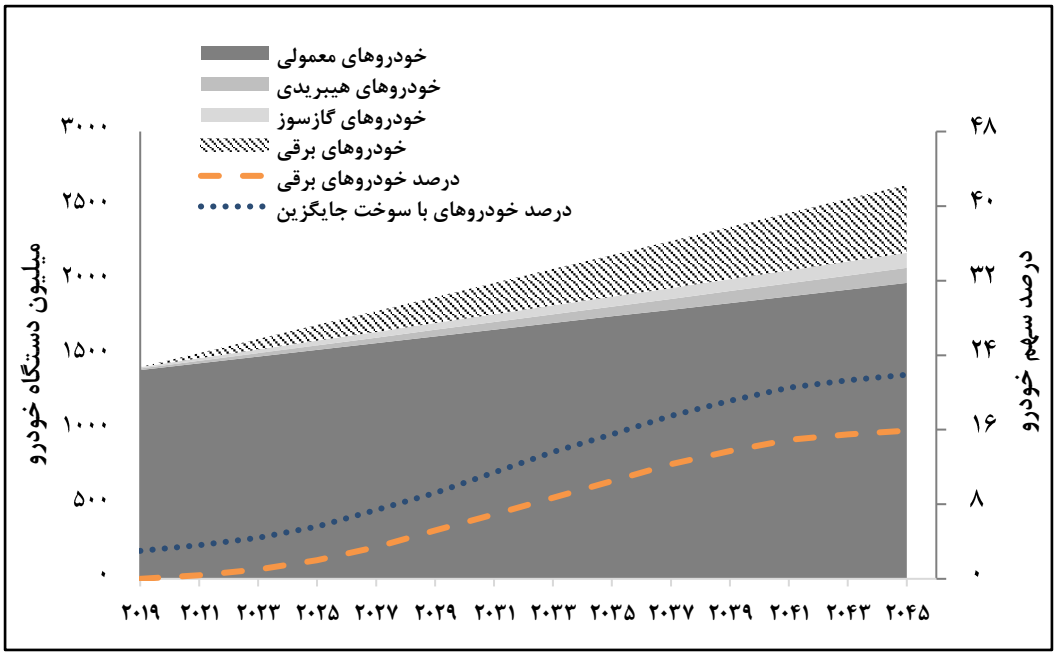
Source: Wood Mackenzie

در گزارش چشم‌انداز جهانی نفت تا سال ۲۰۴۵ سازمان اوپک، میزان تولید خودرو تا سال ۲۰۴۵ میلادی مطابق نمودار ۴ پیش‌بینی شده است. در سال ۲۰۱۹ تقریباً ۱/۵ میلیارد خودرو در دنیا در حال استفاده بوده است که عمده این خودروها سوخت معمولی[1] بنزین و گازوئیل مصرف می‌کنند و در حال حاضر سهم اندکی (۲ الی ۳ درصد) از خودروها از سوخت‌های جایگزین جدید نظیر سلول سوختی[2]، الکتریکی[3]، گازطبیعی[4]، هیبریدی برقی[5] استفاده می‌کنند [۱۰]. مطابق نمودار ۴ (محور سمت راست) در سال ۲۰۴۵ میلادی حدود ۲۲ درصد از خودروهای دنیا از سیستم‌های محرکه جایگزین جدید بهره

1. Conventional
2. Fuel cell
3. Electric
4. Natural gas
5. Hybrid electric

خواهند برد که ۱۶ درصد از این ۲۲ درصد سهم خودروهای برقی است و تا سال ۲۰۴۵ میلادی مجموع خودروهای دنیا از ۲/۵ میلیارد خودرو عبور خواهد کرد [۱۰]. لذا مطابق پیش‌بینی انجام شده، تا سال ۲۰۴۵ رشد مصرف نفت خام در حوزه حمل و نقل تقریباً صفر خواهد شد و واحدهای پالایشگاهی موجود نیاز سوخت خودروهای معمولی (بنزین و گازوئیل) را تأمین خواهند کرد.

نمودار ۴. سهم و تعداد خودروها با سیستم محرکه‌های جدید و معمولی تا سال ۲۰۴۵



Source: WORLD OIL OUTLOOK 2045, Organization of the Petroleum Exporting Countries (OPEC), 2020.

با کاهش در تقاضای سوخت خودروهای معمولی نظیر بنزین و گازوئیل در آینده، انتظار می‌رود که محصولات خروجی پالایشگاهی دنیا نیز دچار تغییر شود. در جدول ۴، تقاضای مشتقات نفتی تولیدی در پالایشگاه‌ها بر حسب محصول در سال‌های پیش‌رو پیش‌بینی شده است [۱۰].

جدول ۴. تقاضای مشتقات نفتی تولیدی در پالایشگاه‌ها تا سال ۲۰۴۵ میلادی در دنیا

رشد میلیون بشکه در روز	بر حسب *میلیون بشکه در روز*						
۲۰۱۹-۲۰۴۵	**۲۰۴۵**	**۲۰۴۰**	**۲۰۳۵**	**۲۰۳۰**	**۲۰۲۵**	**۲۰۲۰**	**۲۰۱۹**	سال
۲/۵	۱۵/۱	۱۵/۳	۱۵/۳	۱۴/۸	۱۳/۷	۱۲/۲	۱۲/۶	اتان / گازمایع
۲/۰	۸/۳	۸/۰	۷/۶	۷/۲	۶/۷	۵/۹	۶/۳	نفتا
۱/۰	۲۷/۴	۲۷/۶	۲۷/۸	۲۷/۹	۲۷/۶	۲۴	۲۶/۴	بنزین
۵/۵	۵۰/۸	۵۰/۹	۵۰/۷	۴۹/۹	۴۸/۱	۴۲/۱	۴۵/۳	**محصولات سبک**
۲/۴	۱۰/۰	۹/۶	۹/۱	۸/۵	۸	۴/۴	۷/۶	سوخت جت/ نفت سفید
۱/۶	۳۰/۰	۳۰/۱	۳۰/۱	۲۹/۸	۲۹/۱	۲۶/۳	۲۸/۴	گازوئیل/ سوخت دیزل
۴/۱	۴۰/۰	۳۹/۷	۳۹/۳	۳۸/۳	۳۷/۰	۳۰/۷	۳۶/۰	**محصولات میانی**
-۰/۱	۷/۱	۷/۳	۷/۴	۷/۵	۷/۲	۶/۹	۷/۲	نفت کوره
-۰/۱	۱۱/۱	۱۱/۳	۱۱/۵	۱۱/۶	۱۱/۳	۱۱/۰	۱۱/۲	دیگر محصولات
-۰/۲	۱۸/۲	۱۸/۶	۱۹/۰	۱۹/۰	۱۸/۵	۱۷/۹	۱۸/۴	**محصولات سنگین**
۹/۴	۱۰۹/۱	۱۰۹/۳	۱۰۸/۹	۱۰۷/۲	۱۰۳/۶	۹۰/۷	۹۹/۷	**جمع کل**

Source: WORLD OIL OUTLOOK 2045, Organization of the Petroleum Exporting Countries (OPEC),2020

مطابق جدول ۴، میزان تولید محصولات سوختی نظیر بنزین و گازوئیل در سال‌های پیش‌رو تا ۲۰۴۵ میلادی در دنیا تقریباً ثابت خواهد ماند و رشد چندانی نخواهد داشت در حالی که محصولاتی با قابلیت مصرف در پتروشیمی از جمله اتان، گاز مایع، نفتا رشد تقاضا خواهند داشت. این رشد تقاضا نشان می‌دهد که در آینده پالایشگاه‌های دنیا به سمت تبدیل شدن به پتروپالایشگاه‌ها حرکت خواهند کرد و واحدهای جدید پالایشگاهی سوخت کمتری تولید خواهند کرد و محصولات خود را به پتروشیمی‌های پایین‌دستی تحویل خواهند داد. از طرفی محصولات سنگینی نظیر نفت کوره نیز تقریباً ثابت خواهد ماند که از بهبود فرایندی و کاهش تولید نفت کوره و اجزا سنگین در واحدهای جدید پالایشگاهی حکایت می‌کند و افزایش ضریب پیچیدگی در پالایشگاه‌های جهان با هدف کاهش تولید نفت کوره در دستور کار قرار خواهد گرفت.

۳. بررسی روند توسعه واحدهای پتروپالایشگاهی در دنیا

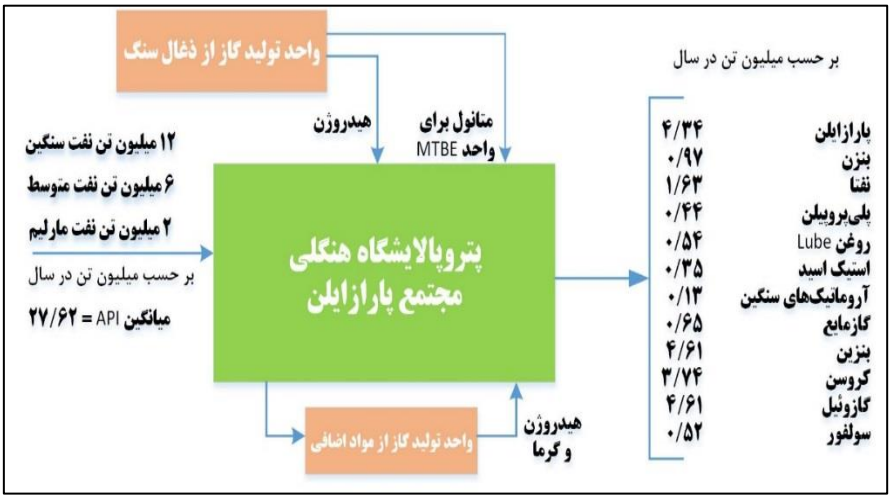
در این بخش، ۲ طرح جدید پتروپالایشگاهی مطرح در دنیا و محصولات تولیدی آنها بررسی می‌شود:

۳-۱. پتروپالایشگاه هنگلی[1] در چین با رویکرد تولید پارازایلن از نفت خام

پتروپالایشگاه هنگلی در چین با خوراک ورودی ۱۲ میلیون تن در سال نفت سنگین، ۶ میلیون تن در سال نفت متوسط و ۲ میلیون تن در سال نفت مارلیم[2] در مجموع معادل ۴۰۰ هزار بشکه نفت در روز، با هدف تولید پارازایلن در سال ۲۰۱۹ به طور کامل در خط تولید قرار گرفت. در این واحد سالانه ۴/۳۴ میلیون تن پارازایلن، ۰/۹۷ میلیون تن بنزن، ۱/۶۳ میلیون تن نفتا، ۴۴۰ هزار تن پلی پروپیلن، ۵۴۰ هزار تن روغن، ۳۵۰ هزار تن استیک اسید، ۱۳۰ هزار تن آروماتیک سنگین و مابقی سوخت تولید می‌شود. کل مواد شیمیایی و پلیمری تولیدی در این واحد پتروپالایشگاهی با ظرفیت خوراک ورودی ۲۰ میلیون تنی حدود ۸/۴ میلیون تن است و تقریباً ۴۲٪ از خوراک ورودی به محصولات شیمیایی و پلیمری تبدیل می‌شود. در این پتروپالایشگاه میزان تولید پارازایلن حدود ۱۹ درصد از کل محصولات و فرآورده‌های خروجی است.

در شکل ۹ خوراک ورودی و محصولات خروجی پتروپالایشگاه هنگلی نشان داده شده است [۲].

شکل ۹. مشخصات پتروپالایشگاه هنگلی (COTC) با هدف تولید پارازایلن (PX)



Source: R.Charlesworth, IHS Markit, Crude oil-to-chemicals (COTC): An industry game changer?, Executive Director, 14th annual gpca forum

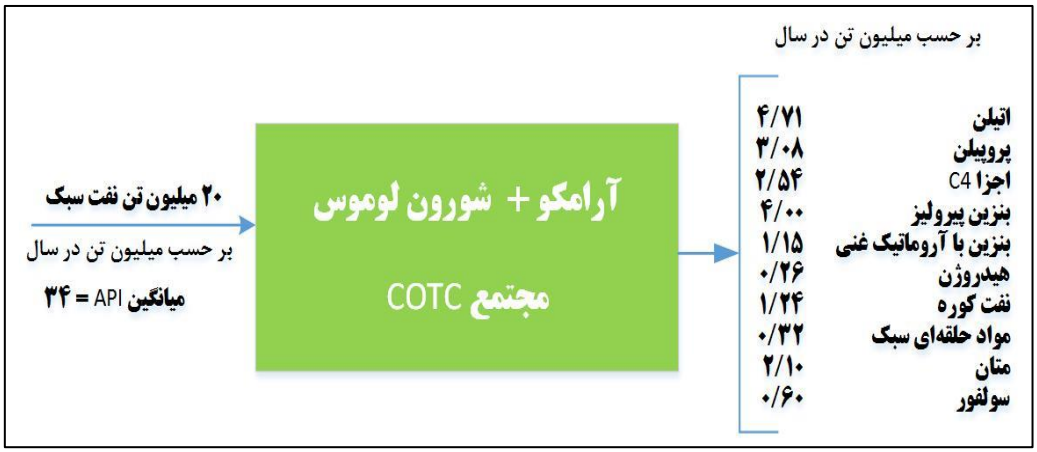
1. Hengli Petro-refinery

۲. نفت خام تولیدی در میدان نفتی دریایی کشور برزیل.

۳-۲. پتروپالایشگاه آرامکو در عربستان با رویکرد تولید الفین‌ها از نفت خام

پتروپالایشگاه آرامکو در عربستان با خوراک ورودی ۲۰ میلیون تن در سال نفت سبک معادل ۴۰۰ هزار بشکه در روز، با هدف تولید الفین‌ها (اتیلن، پروپیلن، اجزاء C_4 نظیر بوتن‌ها و بوتادین) در دست احداث است. در این واحد سالانه ۴/۷۱ میلیون تن اتیلن، ۳/۰۸ میلیون تن پروپیلن، ۲/۵۴ میلیون تن اجزاء C4 (بوتن‌ها و بوتادین)، ۴ میلیون تن بنزین پیرولیز و دیگر محصولات تولید خواهد کرد که در شکل ۱۰ نشان داده است. کل مواد شیمیایی و پلیمری تولیدی در این واحد پتروپالایشگاهی با ظرفیت خوراک ورودی ۲۰ میلیون تنی حدود ۱۴/۳ میلیون تن خواهد بود و تقریباً ۷۲٪ از خوراک ورودی به محصولات شیمیایی و پلیمری تبدیل خواهد شد [۲].

شکل۱۰. مشخصات پتروپالایشگاه آرامکو (COTC) با هدف تولید الفین‌ها



Source: R.Charlesworth, IHS Markit, Crude oil-to-chemicals (COTC): An industry game changer?, Executive Director, 14th annual gpca forum

۴. وضعیت فعلی کشور در صنعت پالایشگاهی: تولید و مصرف فرآورده‌ها

۴-۱. وضعیت فعلی تولید فرآورده‌های پالایشگاهی در کشور

در شکل ۱۱ موقعیت مکانی پالایشگاه‌های کشور نشان داده شده است. تمامی پالایشگاه‌های کشور در نیمه غربی ایران احداث شده‌اند که در جدول ۵ اسامی و ظرفیت پالایشگاهی هر یک از آنها نشان داده شده است. عمده پالایشگاه‌های کشور در سالیان گذشته ساخته شده است و تنها پالایشگاه ستاره خلیج فارس اخیرا وارد مدار تولید شده است. ظرفیت طراحی شده پالایشی کشور در حدود ۲ میلیون بشکه در روز است و سالانه حدود ۱,۹ میلیون بشکه در روز نفت خام و میعانات گازی جهت مصرف داخل و

صادرات فرآورده در کشور پالایش می‌شود [۱۲]. همچنین فرآورده‌های مختلف پالایشگاهی هر یک از پالایشگاه‌های کشور در سال ۹۷ در جدول ۵ نشان داده شده است [۱۲].

شکل۱۱. موقعیت جغرافیایی پالایشگاه‌های نفتی، میعانات گازی و برنامه ریزی شده

Source: Nexant Thinking TM, Feasibility study for siraf condensate refinery complex, February 2018**.**

جدول ۵. ظرفیت طراحی شده، بالفعل پالایشگاه‌های کشور و فرآورده‌های تولیدی به تفکیک پالایشگاه‌ها در سال ۹۷

پالایشگاه	ظرفیت طراحی (هزار بشکه در روز)	ظرفیت بالفعل (هزار بشکه در روز)	گازوئیل (میلیون لیتر در روز)	نفت سفید (میلیون لیتر در روز)	بنزین (میلیون لیتر در روز)	گازمایع (میلیون لیتر در روز)	نفت کوره (میلیون لیتر در روز)
آبادان	۳۹۰	۳۶۵	۱۶,۳	۱,۷	۱۰,۵	۱,۵	۲۰,۷
اصفهان	۲۸۴	۳۱۵	۱۹,۸	۱,۴	۹,۵	۱,۷	۹,۱
اراک	۲۵۰	۲۳۵	۱۰,۵	۱,۲	۱۴,۸	۳,۲	۵,۳
تهران	۲۵۰	۲۴۲	۱۴,۰	۰,۹	۶,۷	۱,۶	۶,۳
کرمانشاه	۲۲	۲۲	۰,۷	۰,۲	۰,۶	۰,۱	۰,۹
تبریز	۱۱۰	۱۱۰	۷,۱	۰,۲	۳,۳	۰,۴	۳,۶
شیراز	۵۶	۵۱	۲,۹	۰,۲	۱,۴	۰,۲	۱,۵
لاوان	۵۰	۵۳	۲,۴	۰,۰	۲,۰	۰,۲	۱,۵
بندرعباس	۳۲۰	۳۱۵	۱۶,۳	۲,۳	۱۱,۱	۱,۲	۱۱,۳
ستاره خلیج فارس[۱]	۳۶۰	۲۲۰	۷,۶	۰,۰	۲۱,۳	۰,۹	۰
جمع کل	۲۰۹۲	۱۹۳۰	۹۷,۸	۸,۲	۸۱,۲	۱۱,۱	۶۰,۲

مأخذ: ترازنامه هیدروکربوری در سال ۱۳۹۷، مؤسسه مطالعات بین‌المللی انرژی.

۲-۴. مقایسه میزان مصرف گازوئیل و بنزین در ایران و کشورهای منتخب

میزان مصرف سوخت در کشور و بررسی روند گذشته آن یکی از مهم‌ترین فاکتورها برای برنامه‌ریزی جهت احداث پالایشگاه‌ها یا پتروپالایشگاه‌ها در آینده خواهد بود. به همین جهت میزان مصرف بنزین و گازوئیل کشور به عنوان مهم‌ترین فرآورده‌های سوختی با دیگر کشورهای دنیا مقایسه شده است. میزان مصرف بنزین و گازوئیل در کشورهای مختلف دنیا و ایران در جدول ۶ نشان داده شده است. در ایران به ازای هر نفر روزانه حدود ۰/۹۵ لیتر بنزین و حدود ۰/۸۸ لیتر گازوئیل مصرف می‌شود. مصرف روزانه بنزین و گازوئیل در ایران به ازای هر نفر تقریباً ۲ برابر متوسط جهانی است. رشد مصرف بنزین در ۳۰ سال گذشته در ایران حدود ۲۶۵ درصد بوده است در حالی که کشورهای ترکیه، آلمان و فرانسه در ۳۰ سال گذشته رشد منفی در مصرف بنزین را تجربه کرده‌اند و مصرف بنزین خود را کنترل کرده‌اند که در اروپا این امر سبب بسته شدن بعضی از واحدهای پالایشگاهی شده و بعضی دیگر از پالایشگاه‌ها نیز تغییر فرایند داده و تبدیل به پالایشگاه‌های زیستی (Bio-refinery) شده‌اند.

همچنین رشد مصرف گازوئیل در ۳۰ سال گذشته در کشور حدود ۶۱ درصد بوده است در حالی‌که مصرف گازوئیل در ۳۰ سال اخیر در ترکیه حدود ۲۱۰ درصد رشد کرده است و بر خلاف مصرف بنزین عمده رشد مصرف سوخت در ترکیه مربوط به مصرف گازوئیل بوده است [۱۳] و از طرف دیگر کشورهای

۱. خوراک پالایشگاه ستاره خلیج فارس میعانات گازی تولید شده در میدان گازی پارس جنوبی است.

اروپایی نظیر آلمان، فرانسه و روسیه در ۳۰ سال اخیر توانسته‌اند مصرف گازوئیل خود را نیز کنترل کرده و تقریباً ثابت نگاه دارند.

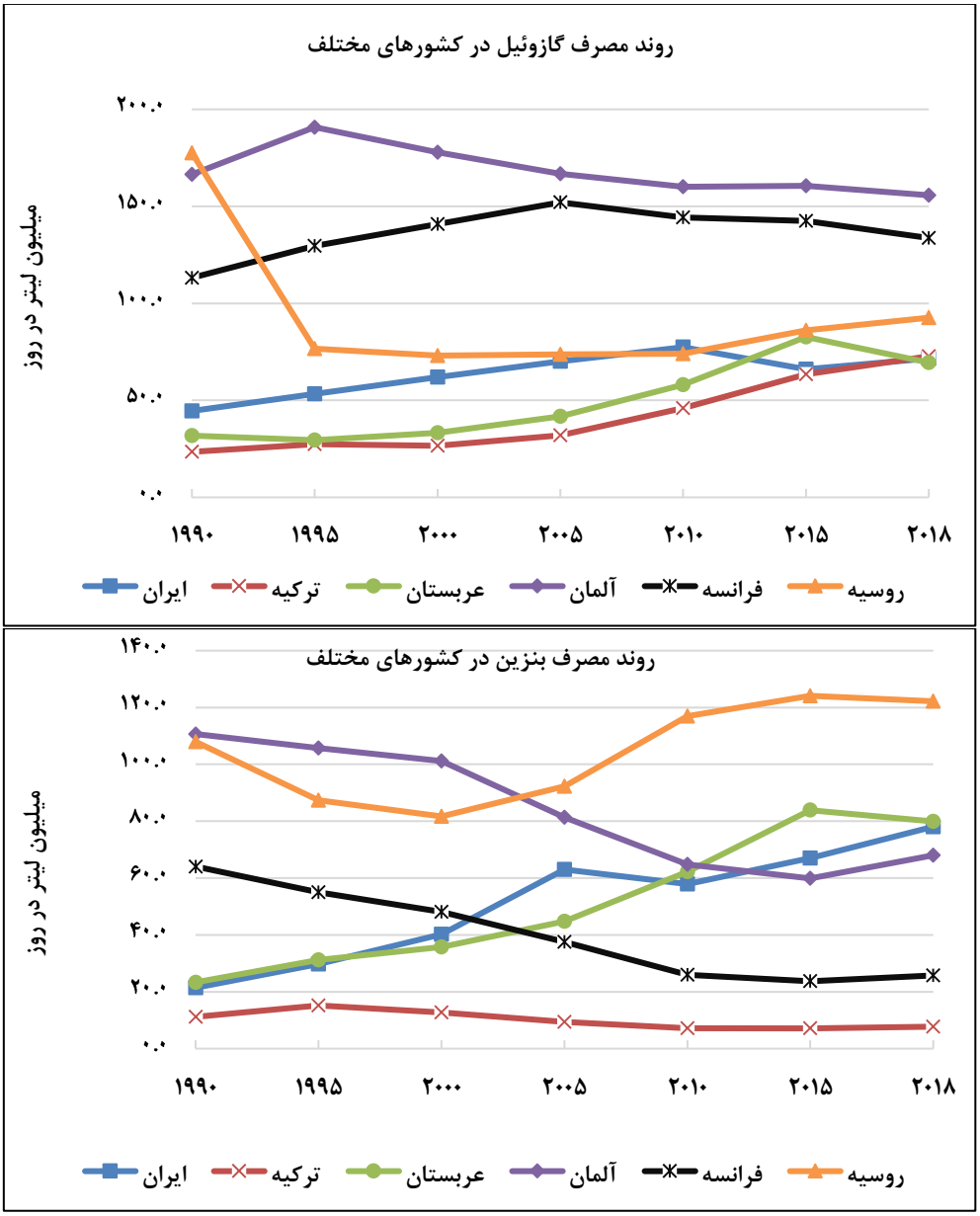
جدول ۶. مقایسه میزان مصرف گازوئیل و بنزین در ایران و کشورهای منتخب

کشورها	جمعیت در سال ۲۰۱۸ میلادی (میلیون نفر)	مصرف بنزین در سال ۲۰۱۸ میلادی		روند مصرف بنزین بر حسب ٪	مصرف گازوئیل در سال ۲۰۱۸ میلادی		روند مصرف گازوئیل بر حسب ٪
		میلیون لیتر در روز	به ازای هر نفر (لیتر در روز)	در بازه زمانی ۲۰۱۸-۱۹۹۰	میلیون لیتر در روز	به ازای هر نفر (لیتر در روز)	در بازه زمانی ۲۰۱۸-۱۹۹۰
ایران	۸۱/۸	۷۸/۱	۰/۹۵	+۲۶۵	۷۱/۶	۰/۸۸	+۶۱
ترکیه	۸۲/۳	۷/۷	۰/۰۹	-۳۲	۷۲/۷	۰/۸۸	+۲۱۰
پاکستان	۲۱۲/۲	۲۸/۳	۰/۱۳	+۸۸۱	۲۹/۹	۰/۱۴	+۱۴۵
عراق	۳۸/۴	۲۱/۰	۰/۵۵	+۷۸	۲۲/۴	۰/۵۸	+۳۳
عربستان	۳۳/۷	۸۰/۰	۲/۳۷	+۲۴۳	۶۹/۴	۲/۰۶	+۱۱۹
آلمان	۸۲/۹	۶۸/۰	۰/۸۲	-۳۹	۱۵۵/۷	۱/۸۸	-۶
فرانسه	۶۷/۰	۲۵/۸	۰/۳۸	-۶۰	۱۳۳/۷	۱/۹۹	+۱۸
روسیه	۱۴۴/۵	۱۲۲/۲	۰/۸۵	+۱۳	۹۲,۷	۰/۶۴	-۴۸
چین	۱۳۹۳/۰	۴۵۰,۳	۰/۳۲	+۵۸۲	۵۳۸,۳	۰/۳۸	+۵۶۰
دنیا	۷۵۹۲	۳۶۷۴	۰/۴۸	+۴۳	۴۱۳۳	۰/۵۴	+۶۹

Source: IEA, International Energy Agency.

در نمودار ۵ میزان مصرف گازوئیل و بنزین در کشورهای منتخب از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۸ نشان داده شده است. نرخ مصرف بنزین و گازوئیل در ایران در ۳۰ سال اخیر روند صعودی داشته است (۲۶۵ درصد رشد در بنزین و ۶۱ درصد رشد در گازوئیل) و در صورت عدم کنترل این رشد مصرف در سال‌های آینده، ایران دوباره به واردکننده سوخت در منطقه بدل خواهد شد، لذا باید این رشد مصرف با ابزاری نظیر توسعه سوخت‌های جایگزین جدید، افزایش بهره‌وری خودروها، هدفمندی یارانه سوخت و استفاده از حمل و نقل عمومی در سال‌های آینده به عنوان راهکار کاهش و کنترل مصرف سوخت استفاده شود.

نمودار ۵. روند مصرف بنزین و گازوئیل در ایران و کشورهای منتخب در ۳۰ سال اخیر



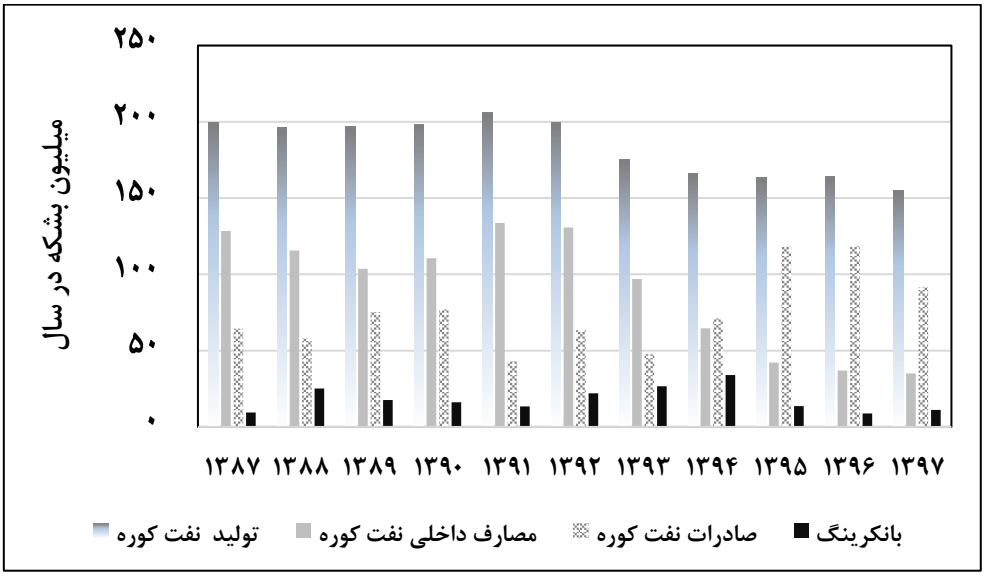
Source: IEA, International Energy Agency

۳-۴. میزان تولید، مصرف و صادرات نفت کوره

نفت کوره یکی از محصولات مهم در پالایشگاه‌ها است و می‌توان از این خوراک به عنوان سوخت کشتی‌ها یا خوراک برای تولید محصولات شیمیایی و پلیمری بهره برد. قیمت نفت کوره از قیمت نفت خام کمتر بوده و می‌توان به جای صادرات آن با برنامه‌ریزی درست از این ظرفیت برای تولید محصولات با ارزش‌افزوده بالاتر استفاده کرد. در نمودار ۶ میزان تولید و مصرف و صادرات نفت کوره صنعت پالایشگاهی

کشور نشان داده شده است. میزان تولید نفت کوره در سال ۱۳۸۷ در حدود ۲۰۰ میلیون بشکه در سال بوده و تا سال ۱۳۹۷ روند کاهشی داشته و به حدود ۱۵۰ میلیون بشکه در سال رسیده است. در سال‌های اواخر دهه ۸۰ عمده مصرف داخلی نفت کوره در صنعت نیروگاه بوده است که با جایگزینی نیروگاه‌های گازی مصرف این بخش کاهش یافته است و بخش دیگری از مصرف نفت کوره مربوط به بانکرینگ (تأمین سوخت کشتی‌ها) داخلی و خارجی بوده است و مابقی نفت کوره تولیدی نیز صادر شده است. در سال ۱۳۹۷ ظرفیت صادراتی نفت کوره کشور در حدود ۹۱/۵ میلیون بشکه در سال (معادل ۱۲/۵ میلیون تن در سال) بوده است. این مقدار نفت کوره صادراتی پالایشگاه‌ها قابلیت مصرف در فرایندهای پتروشیمی دارد و می‌تواند به عنوان یک گزینه برای بهبود ضریب پیچیدگی پالایشگاه‌ها مطرح باشد. به این معنا که می‌توان از ظرفیت نفت کوره صادراتی فعلی (۱۲/۵ میلیون تن در سال) به عنوان خوراک صنایع پتروشیمی برای تولید محصولات با ارزش‌افزوده بالاتر بهره برد و با ارتقای پالایشگاه موجود کشور آنها را به پتروپالایشگاه تبدیل کرد.

نمودار ۶. روند تولید، مصرف داخل، بانکرینگ و صادرات نفت کوره



مأخذ. ترازنامه هیدروکربوری در سال ۱۳۹۷، مؤسسه مطالعات بین‌المللی انرژی

۵. رویکردهای مختلف به توسعه صنعت پالایشگاهی و پتروپالایشگاهی در کشور

با توجه به تحریم‌های ظالمانه علیه کشور به ویژه تحریم صادرات نفت و میعانات گازی، می‌توان بخشی از ظرفیت صادراتی نفت خام را جهت توسعه صنعت پتروپالایشگاهی و پالایشگاهی صرف کرد. در حالت کلی ۳ رویکرد اصلی برای توسعه صنعت پتروپالایشگاهی و پالایشگاهی در کشور مطرح است:

۱. احداث واحدهای جدید پالایشگاهی با رویکرد تولید و صادرات سوخت

۲. احداث واحدهای جدید پتروپالایشگاهی با رویکرد تولید و صادرات سوخت و محصولات پتروشیمی
۳. ارتقا و افزایش پیچیدگی پالایشگاه‌های موجود کشور برای تولید مواد با ارزش‌افزوده بیشتر

۱-۵. احداث واحدهای جدید پالایشگاهی با رویکرد تولید و صادرات سوخت

جهت خنثی‌سازی و مقابله با تحریم‌های مرتبط با فروش نفت و میعانات گازی، یکی از گزینه‌های پیش‌روی کشور احداث پالایشگاه‌های مصرف نفت و میعانات گازی در کشور با هدف صادرات فرآورده‌های سوختی نظیر بنزین، گازوئیل و انواع سوخت‌های دیگر است. البته باید خاطر نشان کرد که با توجه به گسترش خودروهای با سوخت جایگزین جدید و خودروهای برقی تا افق ۲۰۴۵ میلادی در دنیا، حجم بازارهای صادراتی بنزین و گازوئیل رشد قابل توجهی نخواهد داشت و مسئله بازار محصولات سوختی یکی از مهم‌ترین چالش‌ها در رویکرد احداث واحدهای جدید پالایشگاهی با هدف تولید و صادرات سوخت خواهد بود. همچنین مطابق مطالب ذکر شده در این گزارش، کنترل مصرف سوخت در کشور با توجه به رشد مصرف سوخت در ۳ دهه اخیر کاملا حیاتی است زیرا در غیر این صورت پالایشگاه جدید صرفا نیاز سوخت داخل کشور را تأمین خواهند کرد.

در این قسمت مطالعات امکان سنجی احداث پالایشگاه سیراف به عنوان یکی از پالایشگاه‌های در دست ساخت کشور با خوراک میعانات گازی مورد بررسی قرار می‌گیرد. ظرفیت ورودی این پالایشگاه ۴۸۰ هزار بشکه در روز میعانات گازی است که با در نظر گرفتن سرمایه در گردش ۱/۲ میلیارد دلاری و هزینه سرمایه‌گذاری ۳/۳ میلیارد دلاری و هزینه بهره ۳۹۰ میلیون دلاری، در فاز اول این پروژه کل سرمایه مورد نیاز حدود ۴/۹ میلیارد دلار برآورد می‌شود [۱۴]. خوراک ورودی میعانات گازی این پالایشگاه سالانه (معادل ۳۵۰ روز کاری) حدود ۱۹/۶ میلیون تن (۴۸۰ هزار بشکه در روز) میعانات گازی و خروجی این پالایشگاه سالانه ۴۶۶/۳ هزار تن گاز مایع، ۴/۴۵ میلیون تن نفتای سبک، ۶/۹ میلیون تن نفتای سنگین،۳/۵۴ میلیون تن کروسن (سوخت جت)، ۳/۹۸ میلیون تن گازوئیل، ۷۸ هزار تن مواد باقیمانده پایین برج و ۷۰ هزار تن گوگرد خواهد بود [۱۵]. مطابق شکل ۴، در صورت احداث واحد بنزین سازی با استفاده از خوراک نفتای سبک و سنگین تولیدی در فاز دوم پروژه، به ازای هر ۱۲۰ هزار بشکه در روز خوراک ورودی به پالایشگاه حدود ۲۷۵۰ هزار تن در سال بنزین تولید خواهد شد و نیاز به حدود ۳۰۰ میلیون دلار هزینه سرمایه‌گذاری است. بنابراین هزینه سرمایه‌گذاری برای واحد بنزین سازی پالایشگاه میعانات گازی با خوراک ورودی ۴۸۰ هزار بشکه در روز میعانات گازی حدود ۱/۲ میلیارد دلار است. لذا کل هزینه سرمایه‌گذاری احداث پالایشگاه به همراه واحد بنزین سازی حدود ۶/۱ میلیارد دلار خواهد شد [۶].

۲-۵. احداث واحدهای جدید پتروپالایشگاهی با رویکرد تولید و صادرات سوخت و محصولات پتروشیمی

ساخت پتروپالایشگاه‌ها رویکرد دیگری است که جهت خنثی‌سازی و مقابله با تحریم‌های مرتبط با فروش نفت و میعانات گازی پیش‌روی کشور قرار دارد. در این رویکرد علاوه بر تولید سوخت، تولید محصولات شیمیایی نظیر آروماتیک‌ها و الفین‌ها نیز بخش قابل توجهی از مواد خروجی از پتروپالایشگاه‌ها را در بر خواهد گرفت.

مطابق شکل ۶ و مطالعات امکان‌سنجی انجام شده جهت احداث پالایشگاه سیراف، می‌توان از خروجی نفتای سبک و سنگین پالایشگاه سیراف به عنوان ۱. خوراک واحد پتروشیمی آروماتیک با هدف تولید بنزن-تولوئن-زایلن‌ها[1] یا ۲. پتروشیمی کراکر بخار با هدف تولید پلی‌الفین‌ها (پلی اتیلن و پلی پروپیلن) استفاده کرد و یک واحد پتروپالایشگاهی را پیکربندی نمود.

در صورت احداث واحد پتروشیمی آروماتیک با خوراک نفتای سنگین در فاز دوم پروژه پالایشگاه سیراف، به ازای هر ۱۲۰ هزار بشکه در روز خوراک ورودی به پالایشگاه حدود ۶۹۰ هزار تن در سال بنزن-تولوئن-زایلن‌ها تولید خواهد شد و نیاز به حدود ۷۷۰ میلیون دلار هزینه سرمایه‌گذاری است. از طرف دیگر در صورت احداث واحد پتروشیمی کراکر بخار از خوراک نفتا به همراه واحدهای پلیمریزاسیون با هدف تولید پلی‌الفین‌ها (پلی اتیلن و پلی پروپیلن)، به ازای هر ۱۲۰ هزار بشکه در روز خوراک ورودی به پالایشگاه حدود ۸۰۰ هزار تن در سال پلی اتیلن و ۴۰۰ هزار تن در سال پلی پروپیلن تولید خواهد شد و نیاز به حدود ۲/۶ میلیارد دلار هزینه سرمایه‌گذاری است. بنابراین برای ساخت پتروپالایشگاه سیراف با ظرفیت ۴۸۰ هزار بشکه در روز خوراک میعانات گازی با دو نوع پیکربندی پتروشیمی آروماتیک و پتروشیمی کراکر بخار به همراه واحدهای پلیمریزاسیون به ترتیب حدود ۸ و ۱۵/۴ میلیارد دلار هزینه سرمایه‌گذاری نیاز است. در جدول ۷ هزینه سرمایه‌گذاری در سناریوهای مختلف پیکربندی پالایشگاه سیراف به طور خلاصه نشان داده شده است [۶].

1. Benzene, Toluene, Xylenes (BTX)

جدول ۷. هزینه سرمایه‌گذاری در سناریوهای مختلف پیکربندی خوراک نفتای سبک و سنگین پالایشگاه سیراف با ظرفیت ۴۸۰ هزار بشکه در روز خوراک میعانات گازی (بر حسب میلیارد دلار)

فازهای اول و دوم پروژه	پالایشگاه	واحد بنزین‌سازی	پتروشیمی کراکر بخار به همراه واحدهای پلیمریزاسیون	پتروشیمی آروماتیک	جمع کل
فاز اول پالایشگاه	۴/۹	---	---	---	۴/۹
فاز دوم پالایشگاه (احداث واحد بنزین سازی)	۴/۹	۱/۲	---	---	۶/۱
فاز دوم پتروپالایشگاه (احداث واحد پتروشیمی کراکر بخار به همراه واحدهای پلیمریزاسیون)	۴/۹	---	۱۰/۵	---	۱۵/۴
فاز دوم پتروپالایشگاه (احداث واحد پتروشیمی آروماتیک)	۴/۹	---	---	۳/۱	۸

Source: Nexant Thinking TM, Feasibility study for siraf condensate refinery complex, February 2018.

در جدول ۸ ظرفیت پالایشی، ظرفیت تولید مواد الفینی و آروماتیک، هزینه سرمایه‌گذاری و زمان شروع به کار واحد طرح‌های اخیر پتروپالایشی نسل جدید مبتنی بر تبدیل نفت خام به مواد شیمیایی (COTC) در دنیا گردآوری شده است.

جدول ۸. پروژه‌های پتروپالایشگاهی اخیر مبتنی بر COTC در دنیا

پروژه‌های اصلی	ظرفیت پالایش (میلیون تن)	ظرفیت پارازایلن (میلیون تن)	ظرفیت الفین (میلیون تن)	درصد تبدیل نفت به مواد شیمیایی (٪)	هزینه سرمایه‌گذاری (میلیارد دلار)	شروع ظرفیت کامل
Hengli Petrochemical	۲۰	۴/۳	۱/۵	۴۲	۱۱/۴	می ۲۰۱۹
Zhejiang Petroleum and Chemical (ZPC) Phase 1	۲۰	۴/۰	۱/۴	۴۵	۱۲	۲۰۲۰
Hengyi (Brunei) PMB Refinery-Petrochem	۸	۱/۵	۰/۵	۴۰<	۳/۴۵	نوامبر ۲۰۱۹
Zhejiang Petroleum and Chemical (ZPC)Phase 2	۲۰	۴/۸	۱/۲	۵۰	۱۲	۲۰۲۲
Shenghong refinery and Integrated Petrochem	۱۶	۲/۸	۱/۱	۶۰	۱۱/۰	۲۰۲۱
Tangshan Xuyang (Risun)	۱۵	۳/۵	۱/۵	۵۰>	۸/۵	۲۰۲۳
Aramco/SABIC JV	۲۰	--	۹	۴۵	۲۰	۲۰۲۵

Source: R.Charlesworth, IHS Markit, Crude oil-to-chemicals (COTC): An industry game changer?, Executive Director, 14th annual gpca forum

مطابق جدول ۸، هزینه سرمایه‌گذاری احداث پالایشگاه هنگلی در چین با ظرفیت ۲۰ میلیون تن در سال (۴۰۰ هزار بشکه در روز) خوراک نفت خام ورودی، در حدود ۱۱/۴ میلیارد دلار است و حدود ۴۲ درصد از محصولات خروجی آن مواد شیمیایی و پلیمری است که در شکل ۹ نشان داده شده است. با در نظر گرفتن سرمایه در گردش ۱/۱ میلیارد دلاری و هزینه بهره ۵۰۰ میلیون دلاری، برای احداث یک واحد پتروپالایشگاهی نسل جدید (COTC) در کشور مشابه واحد پتروپالایشگاهی هنگلی چین با ظرفیت ۲۰ میلیون تن در سال (۴۰۰ هزار بشکه در روز) خوراک ورودی نفت خام، کل سرمایه مورد نیاز در حدود ۱۳ میلیارد دلار خواهد بود که مطابق شکل ۹ با تبدیل ۴۲ درصدی نفت خام به محصولات شیمیایی و پلیمری، حدود ۸/۴ میلیون تن مواد پلیمری و شیمیایی و مابقی سوخت تولید خواهد شد. البته فرض شده است که ظرفیت پایین دست برای محصولاتی نظیر نفتا، پارازایلن و بنزن در پایین دست موجود باشد یا این محصولات فروخته می‌شوند، در غیر این صورت هزینه سرمایه‌گذاری این واحد به همراه واحدهای تبدیل پارازایلن و بنزن و نفتا به محصولات شیمیایی و پلیمری به حدود ۲۰ میلیارد دلار خواهد رسید.

۳-۵. ارتقا و افزایش پیچیدگی پالایشگاه‌های موجود کشور با رویکرد تولید مواد با ارزش‌افزوده بیشتر

با توجه به مقررات جدید اعمال شده از طرف سازمان بین‌المللی دریانوردی[1] ملل متحد با عنوان ایمو ۲۰۲۰[2]، باید میزان گوگرد در سوخت (نفت کوره) در کشتی‌های باری و کانتینربر از ۳/۵ درصد (۳۵۰۰۰ppm) به ۰/۵ درصد (۵۰۰۰ ppm) کاهش یابد [۱۵]. همچنین با توجه به تغییر در تقاضای فرآورده‌های پالایشگاهی در افق ۲۰۴۵ میلادی در دنیا، ترکیب محصولات تولیدی پالایشگاهی موجود در کشور نیز تغییر خواهد کرد. لذا پالایشگاه‌ها در آینده سعی خواهند کرد درصد گوگرد موجود در محصولات خود را کاهش دهند و از طرف دیگر تلاش خواهند کرد تا میزان نفت کوره تولیدی در خروجی محصولات خود را کاهش دهند تا بهره‌وری اقتصادی پالایشگاه بهبود یابد یا نفت کوره تولیدی خود را در فرایندهای دیگری تبدیل به مواد شیمیایی و با ارزش‌تر کنند. لذا نفت کوره و مواد باقیمانده پایین برج تقطیر از محصولاتی هستند که پتانسیل خوبی برای تولید محصولات شیمیایی و پلیمری دارند. دو روش اصلی برای مصرف نفت کوره در پالایشگاه‌ها وجود دارد که عبارت است از:

۱. فرایند تولید اتیلن، پروپیلن و بنزین از طریق فرایند FCC

۲. فرایند تولید کک از طریق فرایند Coking Delayed

در فرایند FCC بسته به نوع محصول تولیدی و نوع فناوری مورد استفاده، میزان هزینه

1. The International Maritime Organisation
2. IMO 2020

سرمایه‌گذاری متفاوت خواهد بود که نوع فرآورده پایین برج تقطیر، میزان سرمایه‌گذاری و ظرفیت تولید محصول اصلی و محصولات جانبی و میزان خوراک ورودی در جدول ۹ نشان داده شده است [۱۶-۱۹]. مثلا در صورت احداث واحد FCC با اولویت تولید پروپیلن با تکنولوژی CB&I/Lummus و ظرفیت خوراک ورودی ۲ میلیون تن در سال، ظرفیت پروپیلن خروجی به عنوان محصول اصلی ۴۴۰ هزار تن در سال و هزینه سرمایه‌گذاری آن ۶۱۰ میلیون دلار خواهد بود، در حالی‌که در صورت احداث واحد FCC با اولویت تولید اتیلن با تکنولوژی Unicracking/FPP و ظرفیت خوراک ورودی ۲/۸ میلیون تن در سال، ظرفیت اتیلن خروجی به عنوان محصول اصلی ۵۰۰ هزار تن در سال و هزینه سرمایه‌گذاری آن حدود ۲ میلیارد دلار خواهد بود. همچنین هزینه سرمایه‌گذاری احداث یک واحد تولید کک از طریق فرایند Coking Delay با خوراک ورودی ۱/۱ میلیون تن در سال و با ظرفیت تولید ۳۸۰ هزار تن در سال کک، حدود ۱۹۵ میلیون دلار خواهد بود [۱۶-۱۹].

جدول ۹. هزینه سرمایه‌گذاری واحدهای FCC و فرایند تولید کک بسته به نوع خوراک ورودی و محصول خروجی [۱۶-۱۹]

	تکنولوژی Delayed Coking با اولویت تولید کک	**تکنولوژی CB&I/Lummus FCC با اولویت تولید پروپیلن**	**تکنولوژی Unicracking/FPP با اولویت تولید اتیلن**	**تکنولوژی Catalytic Cracking با اولویت تولید بنزین**
خوراک (نوع نفت کوره)	باقیمانده برج خلا (Vacuum Resid)	گازوئیل تولیدی برج خلا (Gas oil, Vacuum)	گازوئیل تولیدی برج خلا (Gas oil, Vacuum)	مواد باقیمانده اتمسفری برج تقطیر (Atmospheric Residue)
هزینه سرمایه‌گذاری	۱۹۵ میلیون دلار	۶۱۰ میلیون دلار	۱۹۸۰ میلیون دلار	۱۵۷ میلیون دلار
خوراک مورد نیاز ورودی	۱۱۰۰ هزار تن درسال	۲۰۰۰ هزار تن درسال	۲۸۰۰ هزار تن در سال	۱۰۰۰ هزار تن در سال
ظرفیت تولید محصول	۳۸۰ هزار تن در سال کک	۴۴۰ هزار تن در سال پروپیلن	۵۰۰ هزار تن در سال اتیلن	۴۴۰ هزار تن در سال بنزین
محصولات جانبی	۱. ۹۰ هزار تن نفتا ۲. ۳۰۰ هزار تن گازوئیل سنگین ۳. ۲۲۵ هزار تن گازوئیل سبک ۴. ۱۵ هزار تن مخلوط C3-C4's	۱. ۳۹۰ هزار تن بوتیلن‌ها ۲. ۱۸۰ هزار تن روغن چرخ ۳. ۲۸ هزار تن اتیلن ۴. ۱۲۳ هزار تن سوخت گازی ۵. ۷۷ هزار تن بنزین ۶. ۵۳ هزار تن پروپان ۷. ۵۹ هزار تن مابقی	۱. ۱۶۰ هزار تن اجزا **C4** ۲. ۲۰۰ هزار تن نفت کوره با سولوفور پایین ۳. ۷۰ هزار تن هیدروژن سولفید ۴. ۳۸۰ هزار تن نفتا سنگین ۵. ۷۰ هزار تن نفتای سبک ۶. ۲۲۰ هزار تن پروپیلن ۷. ۳۳۰ هزار تن بنزین پیرولیز	۱. ۶۴ هزار تن بوتیلن‌ها ۲. ۱۶۰ هزار تن روغن چرخ ۳. ۱۹ هزار تن ایزوبوتان ۴. ۵ هزار تن ان-بوتان ۵. ۹ هزار تن پروپان ۶. ۴۰ هزار تن پروپیلن ۷. ۱۲۳ هزار تن مابقی

۶. برای جلوگیری از خام فروشی چه میزان سرمایه‌گذاری در هر رویکرد لازم است؟

برآورد هزینه سرمایه‌گذاری در دو رویکرد توسعه پالایشگاه و پتروپالایشگاه در جدول ۱۰ نشان داده شده است. با فرض شرایط غیر تحریمی، کشور ما قادر است تا تقریباً حدود ۲ میلیون بشکه در روز نفت خام و میعانات گازی صادر کند [۱۱]. جهت مصرف در داخل این حجم صادراتی مواد خام در پالایشگاه و پتروپالایشگاه‌ها، هزینه‌های هنگفت سرمایه‌گذاری نیاز است. در صورت مصرف ۲ میلیون بشکه در روز نفت خام یا میعانات گازی در پالایشگاه‌های جدید نیاز به سرمایه‌گذاری حدود ۲۰ تا ۳۰ میلیارد دلاری است و در صورت احداث واحدهای پتروپالایشگاهی بسته به نوع فرایند مورد استفاده، حجم سرمایه‌گذاری بین بازه ۳۳ تا ۶۳ میلیارد دلار خواهد بود.

جدول ۱۰. برآورد هزینه سرمایه‌گذاری در دو رویکرد توسعه پالایشگاه و پتروپالایشگاه

	احداث پالایشگاه جدید	احداث پتروپالایشگاه جدید
نوع خوراک	نفت و میعانات گازی	نفت و میعانات گازی
ظرفیت واحد (هزار بشکه در روز)	۴۸۰	۴۸۰
هزینه سرمایه‌گذاری واحد (میلیارد دلار)	۶/۱	۸ تا ۱۵/۴
مقدار خوراک موجود صادراتی جهت مصرف در داخل کشور	۲ میلیون بشکه در روز	۲ میلیون بشکه در روز
هزینه سرمایه‌گذاری جهت مصرف کل ظرفیت صادراتی (میلیارد دلار)	بین ۲۰ تا ۳۰	بین ۳۳ تا ۶۳

پس از تصویب آیین‌نامه قانون «حمایت از توسعه صنایع پایین‌دستی نفت و میعانات گازی با استفاده از سرمایه‌گذاری مردمی» در هیئت وزیران و فراخوان عمومی وزارت نفت و بررسی طرح‌های پیشنهادی برای احداث واحدهای پالایشی و پتروپالایشی[۱]، در نهایت ۷ طرح احداث پالایشگاه شامل ۴ طرح احداث پالایشگاه نفت خام به ظرفیت ۱۰۲۰ هزار بشکه در روز با هزینه سرمایه‌گذاری ۱۹/۹ میلیارد دلار، ۳ طرح پالایشگاه میعانات گازی به ظرفیت ۲۴۰ هزار بشکه در روز با هزینه سرمایه‌گذاری ۱/۵ میلیارد دلار، ۱ طرح احداث پتروپالایشگاه با خوراک نفت خام به ظرفیت ۲۰۰ هزار بشکه با هزینه سرمایه‌گذاری ۵/۹ میلیارد دلار و ۱۲ طرح ارتقای بهینه‌سازی پالایشگاه‌های موجود با هزینه سرمایه‌گذاری ۶/۶ میلیارد دلار مورد تأیید وزارت نفت قرار گرفته است که عمده این طرح‌ها متمرکز بر رویکرد تولید مواد اولیه پالایشگاهی و سوخت جهت صادرات هستند که در پیوست ۲ به صورت کامل ذکر شده است [۲۰].

از ابتدا پیدایش صنعت پتروشیمی در ایران از سال ۱۳۴۳ تا پایان سال ۱۳۹۹ حدود ۷۹ میلیارد دلار سرمایه‌گذاری در صنعت پتروشیمی انجام شده است که تقریباً هر سال حدود ۱/۳ میلیارد دلار سرمایه‌گذاری صورت پذیرفته است و ظرفیت اسمی تولید این صنعت نیز تا انتهای سال ۱۳۹۹ برابر ۸۳/۵ میلیون تن بوده است [۲۱]. اما در سال‌های اخیر از سال ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۹، در صنعت پتروشیمی ۲۹

۱. اطلاعات منتشر شده مربوط به مجوزهاي صادر از طرف وزارت نفت تا انتهاي شهريور سال ۱۳۹۹ مي‌باشد.

میلیارد دلار سرمایه‌گذاری انجام شده است که سالیانه متوسط ۲/۶ میلیارد دلار هزینه شده است[۲۱].
بنابراین مطابق جدول ۱۰، برای مصرف کامل نفت خام و میعانات گازی صادراتی در داخل کشور (۲ میلیون بشکه در روز) در صنعت پتروپالایشگاه و پالایشگاه نیاز به سرمایه‌گذاری بیش از ۲۵ میلیارد دلاری است و این حجم سرمایه‌گذاری با میزان پول ورودی به این صنعت در سال‌های اخیر تناسب ندارد و انجام کامل طرح‌ها نیازمند سرمایه‌گذاری خارجی است.

جمع‌بندی و پیشنهادها

در ابتدای گزارش مفاهیم اولیه صنعت پتروپالایشگاهی بر اساس میزان پیچیدگی ذکر شد و انواع مختلف پالایشگاه‌ها و پتروپالایشگاه‌ها معرفی شد. در ادامه مزیت‌های مختلف صنعت پتروپالایشگاهی نظیر قابلیت تغییر محصولات از سوخت به مواد شیمیایی و برعکس بسته به زمان، بهینه‌سازی توزیع منابع و خوراک، اشتراک‌گذاری یوتیلیتی‌ها، بهینه‌سازی هزینه‌های انرژی و هزینه‌های لجستیکی و بهبود اقتصاد پالایشگاه‌ها ذکر شد و بر اتصال زنجیره ارزش پتروپالایشگاهی به صنایع پایین‌دستی نظیر نساجی، خودرو، کشاورزی و... تأکید شد.

در ادامه گزارش روند مصرف انرژی در دنیا مورد بررسی قرار گرفت تا بتوان دید کلی نسبت به تقاضای محصولات مختلف پالایشگاهی و پتروپالایشگاهی در آینده بدست آورد. روند تغییر مصرف منابع انرژی و کاهش سرعت رشد مصرف نفت در مقایسه با دیگر منابع انرژی نظیر گاز و انرژی‌های تجدیدپذیر در ۲۵ سال آینده سبب خواهد شد، رویکرد دنیا به مسئله توسعه پالایشگاه‌ها دچار تغییر شود و منابع سرمایه‌گذاری کمتری در دنیا به سمت پالایشگاه‌ها با هدف تولید سوخت روانه شود زیرا مطابق با اطلاعات آینده پژوهی در این گزارش، رشد تقاضای سوخت های فسیلی نظیر بنزین و گازوئیل در حوزه حمل و نقل در ۲۵ سال آینده روند کاهشی خواهد داشت و رشد مصرف در این حوزه تقریباً صفر خواهد شد و بخشی از انرژی در حوزه حمل و نقل از طریق سوخت‌های جایگزین جدید و برق تأمین خواهد شد. لذا احداث پالایشگاه جدید با هدف تولید مواد شیمیایی بیشتر خواهد بود و به اصطلاح پالایشگاه‌ها جای خود را به پتروپالایشگاه‌ها خواهند داد و با توجه به تغییر در تقاضای محصولات خروجی پالایشگاهی در دنیا، پالایشگاه‌ها به سمت تغییر محصولات خروجی و تولید بیشتر مواد شیمیایی و پلیمری حرکت خواهند کرد.

در ادامه گزارش وضعیت فعلی مصرف و تولید فرآورده های پالایشگاهی در کشور بیان شد و میزان مصرف گازوئیل و بنزین نسبت به جمعیت در ایران با کشورهای منتخب مقایسه شد. یکی از چالش‌های اصلی کشور در حال حاضر رشد میزان مصرف بنزین و گازوئیل است که در ۳۰ سال اخیر بنزین ۲۶۵ درصد و گازوئیل ۶۱ درصد افزایش داشته‌اند. در حالی‌که در کشورهایی نظیر آلمان، روسیه و فرانسه رشد مصرف سوخت کنترل شده و به مقادیر ثابتی رسیده است. باید به این نکته توجه نمود در صورت

عدم کنترل مصرف بنزین و گازوئیل کشور در آینده، احداث پالایشگاه‌های جدید صرفاً نیاز داخل را برطرف خواهد کرد و امکان صادرات فرآورده‌های نفتی برای کشور میسر نخواهد شد.

در ادامه گزارش هزینه سرمایه‌گذاری لازم برای طرح‌های پالایشگاهی و پتروپالایشگاهی ذکر شد. برای مصرف کامل نفت خام و میعانات گازی صادراتی در داخل کشور (۲ میلیون بشکه در روز)، در صورت اتخاذ رویکرد ساخت واحدهای پتروپالایشگاهی بسته به نوع پیکربندی واحدها و نوع خوراک ورودی به ۳۳ تا ۶۳ میلیارد دلار سرمایه‌گذاری نیاز است و در صورت اتخاذ رویکرد ساخت واحدهای پالایشگاهی بسته به نوع خوراک ورودی به ۲۰ تا ۳۰ میلیارد دلار سرمایه‌گذاری نیاز است. از طرف دیگر میزان سرمایه‌گذاری انجام شده در صنعت پتروشیمی در ۱۰ سال اخیر سالانه متوسط ۲/۶ میلیارد دلار بوده است. بنابراین جهت دستیابی به ۲ میلیون بشکه در روز ظرفیت پالایشگاهی جدید در افق ۱۰ سال آینده، ورود سرمایه‌گذاری خارجی در کنار سرمایه‌گذاری داخلی پیشنهاد می‌گردد.

عمده طرح‌های تعریف شده ذیل قانون «حمایت از توسعه صنایع پایین‌دستی نفت و میعانات گازی با استفاده از سرمایه‌گذاری مردمی» با رویکرد پالایشگاهی جهت تولید سوخت تعریف شده‌اند در حالی‌که در این گزارش تأکید شد تا افق ۲۰۴۵ میلادی بخش قابل توجهی از سرمایه‌گذاری‌های حوزه پالایشگاه در دنیا به سمت پتروپالایشگاه‌ها سوق داده خواهد شد و رشد مصرف سوخت‌هایی نظیر بنزین و گازوئیل نیز صفر خواهد شد. بنابراین در صورت انتخاب رویکرد ساخت پالایشگاه، باید توجه کرد که اولاً ارزیابی دقیقی از میزان بازار صادراتی محصولات سوختی در سال‌های آینده انجام شود و متناسب با آن ظرفیت پالایشگاهی جدید در کشور تعریف شود و ثانیاً این واحدها باید قابلیت تبدیل شدن به پتروپالایشگاه را داشته باشند و در طراحی اولیه به این نکته توجه شود تا در آینده بتوان طرح ارتقای پالایشگاه به پتروپالایشگاه را اجرا کرد.

در انتها قابل ذکر است که در حال حاضر سه رویکرد پیشروی کشور برای توسعه صنعت پالایشگاهی و پتروپالایشگاهی قرار دارد که عبارت است از ۱. توسعه پالایشگاه‌ها با هدف تولید و صادرات سوخت به کشورهای منطقه، ۲. توسعه پتروپالایشگاه‌ها با هدف تولید و صادرات سوخت و محصولات پتروشیمی ۳. ارتقا و افزایش پیچیدگی پالایشگاه‌های موجود کشور با رویکرد تولید مواد با ارزش‌تر. در گزارش‌های بعدی فرصت‌ها و چالش‌های هر رویکرد با جزئیات بیشتر مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

پیوست ۱

فرضیات گزارش چشم‌انداز جهانی نفت تا سال ۲۰۴۵

۱. انتظار می‌رود جمعیت دنیا تا سال ۲۰۴۵ میلادی حدود ۱/۷ میلیارد نفر افزایش یابد و از ۷/۷ میلیارد نفر در سال ۲۰۱۹ به حدود ۹/۵ میلیارد نفر در سال ۲۰۴۵ افزایش یابد. عمده این رشد در کشورهای در حال توسعه مخصوصاً در خاورمیانه و آفریقا، دیگر مناطق آسیا، اعضای اوپک و هند اتفاق خواهد افتاد. پیش‌بینی می‌شود جمعیت چین در همین سطح ثابت خواهد ماند و جمعیت هند در اواخر دهه جاری

میلادی از جمعیت چین فراتر خواهد رفت.

۲. جمعیت شاغل بین سن ۱۵ تا ۶۴ سال در دوره پیش‌بینی بلندمدت تا سال ۲۰۴۵ میلادی، ۹۸۲ میلیون نفر رشد خواهد کرد و انتظار می‌رود سهم نسبی جمعیت شاغل به کل جمعیت جهان از ۶۵ درصد در سال ۲۰۱۹ به ۶۳ درصد در سال ۲۰۴۵ کاهش یابد.

۳. نرخ زندگی شهری از ۵۶٪ در سال ۲۰۱۹ به ۶۶٪ در سال ۲۰۴۵ افزایش یابد.

۴. پیش‌بینی می‌شود که تولید ناخالص داخلی[1] جهانی به دلیل همه‌گیری بیماری کرونا و قرنطینه در سراسر دنیا در سال ۲۰۲۰، تقریباً ۴ درصد کاهش یابد.

۵. رشد تولید ناخالص داخلی در سال ۲۰۲۱ بهبود خواهد یافت و نرخ متوسط رشد ناخالص داخلی در دهه جاری از سال ۲۰۲۲ به بعد ۳/۳ درصد پیش‌بینی شده است.

۶. انتظار می‌رود که نرخ رشد اقتصاد جهانی در بازه زمانی میان مدت تا سال ۲۰۲۵ حدود ۳/۴ درصد خواهد بود و در بلند مدت تولید ناخالص داخلی جهانی کاهش خواهد یافت و تا سال ۲۰۴۵ میلادی به ۲/۷ درصد خواهد رسید و پیش‌بینی می‌شود که تولید ناخالص داخلی جهانی از حدود ۱۲۱ تریلیون دلار در سال ۲۰۱۹ به بیش از ۲۵۸ تریلیون دلار در سال ۲۰۴۵ خواهد رسید.

۷. هند و چین به تنهایی ۴۰٪ درصد از تولید ناخالص داخلی جهانی در سال ۲۰۴۵ را در اختیار خواهند داشت، در حالی که تولید ناخالص داخلی کشورهای عضو سازمان همکاری اقتصادی و توسعه[2] به حدود ۳۱ درصد خواهد رسید.

۸. پیش‌بینی می‌شود که کشورهای قاره آمریکا عضو سازمان همکاری اقتصادی و توسعه بالاترین تولید ناخالص داخلی به ازای هر نفر را خواهند داشت در حالی که کشورهای خاورمیانه و آفریقا همچنان کمترین تولید ناخالص داخلی به ازای هر نفر را تجربه خواهند کرد.

۹. این گزارش، با در نظر گرفتن سیاست‌های فعلی مصوب در حوزه انرژی تدوین شده است. ابزارهای سیاستی این سناریو مطابق توافقنامه پاریس است که هدف آن کاهش گازهای گلخانه‌ای و انتقال منابع انرژی موجود فسیلی به منابع تجدیدپذیر خواهد بود.

۱۰. در این گزارش توسعه کیفی فناوری‌ها ازجمله خودروهای الکتریکی در نظر گرفته شده است و اثر آن بر تجارت جهانی نیز مورد توجه بوده است.

1. Gross domestic product (GDP)
2. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD)

پیوست ۲

فهرست مجوزهای صادره از طرف وزارت نفت ذیل قانون حمایت از توسعه صنایع پایین‌دستی نفت خام و میعانات گازی با استفاده از سرمایه‌گذاری مردمی تا انتهای شهریور ۱۳۹۹ در جدول زیر قابل مشاهده است. [۲۰]

ردیف	نام شرکت متقاضی	استان محل اجرا	شهر محل اجرا	طرح	میزان سرمایه‌گذاری ارزش‌گذاری شده (میلیون دلار)	نوع خوراک	ظرفیت بشکه در روز
۱	شرکت پالایش نفت تبریز	آذربایجان شرقی	تبریز	کاهش تولید فرآورده‌های سنگین	۱۱۴۲	---	---
۲	شرکت پالایش نفت شیراز	فارس	شیراز	کاهش و کیفی‌سازی نفت کوره	۶۴۴	---	---
۳	شرکت پالایش نفت شیراز	فارس	شیراز	ارتقا کیفی گازوئیل (واحد DHT)	۲۲۲	---	---
۴	شرکت پالایش نفت شیراز	فارس	شیراز	ارتقا کیفی بنزین (ایزومریزاسیون نفتا)	۴۴/۵	---	---
۵	شرکت پالایش نفت تهران	تهران	تهران	احداث واحد سولفورزدایی از نفت کوره	۸۶۲	---	---
۶	شرکت پالایش نفت تهران	تهران	تهران	احداث واحدهای تصفیه نفتای سنگین CCR اتان زدایی از گاز مایع	۳۱۴	---	---
۷	شرکت پالایش نفت لاوان	هرمزگان	جزیره لاوان	واحد پترولیوم کک	۱۹۷/۵	---	---
۸	شرکت پالایش نفت لاوان	هرمزگان	جزیره لاوان	احداث واحد تقطیر در خلأ جدید	۳۹/۲۷	---	---
۹	شرکت پالایش نفت اصفهان	لصفهان	اصفهان	احداث واحد۸۱ هزار بشکه‌ای گوگردزدایی از ته مانده برج های تقطیر	۸۴۳/۳۵	---	---
۱۰	شرکت پالایش نفت کرمانشاه	کرمانشاه	کرمانشاه	احداث واحدهای کیفی‌سازی پالایشگاه	۷۴۴	---	---
۱۱	شرکت پالایش نفت بندرعباس	هرمزگان	بندرعباس	طرح ارتقا کیفیت محصولات سنگین با محوریت واحد کک‌سازی تأخیری	۱۳۲۶	---	---
۱۲	شرکت پالایش نفت امام خمینی (ره) شازند	مرکزی	اراک	احداث واحد تولید کک سوزنی	۲۳۸	---	---

ردیف	نام شرکت متقاضی	استان محل اجرا	شهر محل اجرا	طرح	میزان سرمایه‌گذاری ارزش‌گذاری شده (میلیون دلار)	نوع خوراک	ظرفیت بشکه در روز
۱۳	شرکت جاوید انرژی پرتو	بوشهر	کنگان سیراف	احداث پالایشگاه	۳۵۴	میعانات گازی	۶۰۰۰۰
۱۴	شرکت توسعه پالایشی پیشگامان سیراف	بوشهر	کنگان سیراف	احداث پالایشگاه	۴۱۰	میعانات گازی	۶۰۰۰۰
۱۵	شرکت گروه گسترش نفت و گاز پارسیان	بوشهر	کنگان سیراف	احداث پالایشگاه	۷۵۰	میعانات گازی	۱۲۰۰۰۰
۱۶	شرکت پالایش نفت لاوان	هرمزگان	جزیره لاوان	احداث پالایشگاه	۲۱۰۳/۵	نفت خام	۱۲۰۰۰۰
۱۷	شرکت توسعه مکران انرژی مفید	هرمزگان	جاسک	احداث پالایشگاه	۶۶۰۸	نفت خام	۳۰۰۰۰۰
۱۸	شرکت سرمایه‌گذاری تجاری شستان	بوشهر	گناوه	احداث پالایشگاه	۵۶۰۴	نفت خام	۳۰۰۰۰۰
۱۹	شرکت سرمایه‌گذاری غدیر	هرمزگان	جاسک	احداث پالایشگاه	۵۶۰۴	نفت خام	۳۰۰۰۰۰
۲۰	شرکت گروه توسعه سرمایه‌گذاری انتخاب	هرمزگان	جاسک	احداث پتروپالایشگاه	۵۹۴۴/۳۱	نفت خام	۲۰۰۰۰۰

پی‌نوشت‌ها

1. Nexant Thinking TM, Process Evaluation/Research Planning, Refinery – Petrochemical integration, PERP 2015SE
2. R.Charlesworth, IHS Markit, Crude oil-to-chemicals (COTC): An industry game changer?, Executive Director, 14th annual gpca forum
3. S&P Global plats ASIAN PETROCHEMICAL SCAN June 25, 2021
4. John J Murphy, Clyde F. Payn, Oil-to-Chemicals: New Approaches from Resid and VGOs (The Catalyst Review), February 2020,Volume 33, Issue 2
5. IHS Markit, Crude Oil to Chemicals (COTC), A look inside our technology & economic analyses from the 2019 – 2014
6. Nexant Thinking TM, Feasibility study for Siraf condensate refinery complex, February 2018
7. National Petrochemical Company of Iran, Complexes of iran's petrochemical industry, October 2020, 15th edition
8. https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/energy-outlook/demand-by-fuel/oil.html
9. Kelly Cui, Principal Analyst of Petrochemicals, Wood Mackenzie, Why crude-to-chemicals is the obvious way forward, April 2020
10. WORLD OIL OUTLOOK 2045, Organization of the Petroleum Exporting Countries (OPEC),2020
11. IEA, International Energy Agency, https://www.iea.org/

۱۲. ترازنامه هیدروکربوری در سال ۱۳۹۷، مؤسسه مطالعات بین‌المللی انرژی

13. ENERGY POLICY REVIEW TURKEY 2021, https://www.oecd-ilibrary.org/energy/turkey-2021-energy-policy-review_0633467f-en
14. Siraf Refineries Infrastructures Company (SRIC) Feasibility Study Report for Siraf Refineries Complex, Axens IFP group Technologies
15. The International Maritime Organisation (IMO) rules on sulphur in fuel oil for shipping and the effect on Africa
16. IHS PEP Review 82-1-2 (JJLM), Ethylene from vacuum gas oil, hydrocracked by Unicracking/FPP
17. IHS Process Economic 07-04-2018, Propylen via CB&I/Lummus SCC FCC Process
18. IHS PEP Report 228 SEC 8 (RHN), Gasoline, FCC from atmospheric residue by Catalytic Cracking
19. IHS PEP Report 228 SEC 8 (RHN), Green coke from Vacuum resid by Delayed Coking

۲۰. فهرست مجوزهای قانون حمایت از توسعه پایین دستی نفت خام و میعانات گازی با استفاده از سرمایه‌گذاری مردمی، درگاه رسمی وزارت نفت جمهوری اسلامی ایران، معاونت برنامه ریزی، بخش مجوزهای صادره فراخوان قانون حمایت از توسعه صنایع پایین دستی

https://pshr.mop.ir/portal/home/?generaltext/248310/248457/383867/mojavezha

۲۱. کتاب سال صنعت پتروشیمی ایران، سال ۱۳۹۹، شرکت ملی صنایع پتروشیمی ایران.

مرکز پژوهش‌ها
مجلس شورای اسلامی

شناسنامه گزارش	شماره مسلسل: ۱۷۸۷۰

عنوان گزارش: بررسی رویکردهای مختلف به توسعه صنعت پتروپالایشگاهی در کشور (۱)

نام دفتر: مطالعات انرژی، صنعت و معدن (گروه انرژی)

مدیر مطالعه: روح‌اله احمدی

تهیه و تدوین: مصطفی سعیدی

همکاران: مهدخت متین، فاطمه میرجلیلی

اظهارنظرکنندگان: محمدرضا اکبری، رضا مهدوی‌پور

ناظر علمی: امیررضا شاهانی

ویراستار ادبی: ـــــــ

واژه‌های کلیدی:

۱. پتروپالایشگاه

۲. افق ۲۵ ساله

۳. سوخت‌های جایگزین جدید

۴. رویکرد ساخت پالایشگاه

۵. رویکرد ساخت پتروپالایشگاه

۶. رویکرد ارتقا پالایشگاه‌های موجود

۷. میزان مصرف سوخت

تاریخ انتشار: ۱۴۰۰/۹/۶