نفت و گاز در فراساحل

تحقیق و تدوین : محمد مصلی‌نژاد، امیر گیوکی

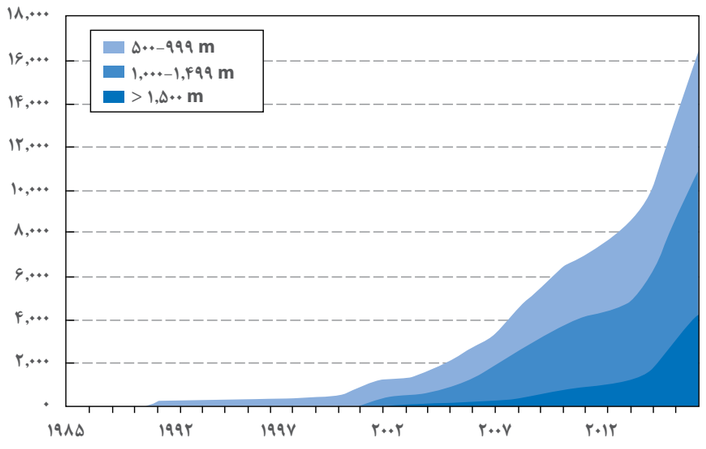
در حدود ۷۲ درصد از سطح کره‌زمین را آب پوشانده است و بشر از دیرباز توجه ویژه‌ای به شناخت دریاها و اقیانوس‌ها داشته است، از طرفی کاهش منابع موجود در خشکی و افزایش روزافزون مصرف انرژی، سبب شده که انسان به اکتشاف و استفاده از منابع انرژی موجود در دریاها و اقیانوس‌ها روی بیاورد. ابتدایی‌ترین نیاز جهت برداشت از این منابع وجود محلی بود که بتوان ابزارآلات و تجهیزات مورد نیاز حفاری و استخراج را بر روی آن قرار داد. بدین ترتیب ایده اولیه ایجاد سکوهای دریایی که وظیفه اصلی آن‌ها ایجاد محلی مناسب و ایمن در محیط دریا جهت انجام عملیات حفاری و استخراج می‌باشد، شکل گرفت.
پیشرفت فناوری امکان تولید از منابع فراساحل نفت و گاز در عمق ۳۰۰۰ متری دریا را فراهم کرده است. در سال ۲۰۱۲ با وجود اینکه چهار سال از شروع بحران اقتصادی در جهان می‌گذشت، سرمایه‌گذاری در تولید از منابع فراساحل به صدمیلیارد دلار رسید.در همین سال صنایع فراساحل ۲۳/۶ میلیون بشکه در روز نفت خام تولید کرد که معادل ۳۰ درصد تولید جهانی بود. همچنین در این بخش روزانه ۲/۴ میلیارد مترمکعب گاز تولید شده که معادل ۲۷درصد تولید جهانی بوده است.
با وجود اینکه بحران اقتصادی بر تقاضای انرژی اثر منفی گذارده است، در سال ۲۰۱۱ چاه‌های حفر شده در فراساحل به ۳۴۰۰ حلقه رسید که تنها ۳٪ نسبت به قبل از سال ۲۰۰۸ کاهش داشته است. از طرفی تعداد پروژه‌های ساخت تجهیزات فراساحل نیز به‌طور میانگین از سال ۲۰۰۵ پانزده درصد افزایش سالیانه داشته است .

۱ تاریخچه سکوهای دریایی

صنعت نفت و گاز فراساحلی در اواخر قرن نوزدهم میلادی و در ایالات متحده آمریکا شکل گرفت. در سال ۱۸۹۴، Henry L. Williams در بخش ساحلی سامرلند (Summerland) واقع در ایالت کالیفرانیا دو چاه نفت را حفر نمود که با موفقیت همراه بود. وی در سال ۱۸۹۵ چاه دیگری را در همین ساحل حفر نمود. مسیر امتداد این چاه‌ها وی را به فکر انداخت که مخازن و منابع هیدروکربنی می‌توانند در میانه‌ها و یا در قعر بستر اقیانوس‌ها وجود داشته باشند. این ایده او را بر آن داشت تا با اتصال یک سلسله از سازه‌های مشابه پل و پایه همانند سازه اسکله، در دریا پیشروی نماید. با همین ایده ساده، وی و همکارانش تا فاصله ۱۵۰ متری از ساحل به اکتشاف و استخراج پرداختند. بدین ترتیب در سال ۱۸۹۷ تنها پس از گذشت ۳۸ سال از حفر اولین چاه نفت، نخستین چاه نفت فراساحل به بهره‌برداری رسید. شکل۱ تصویر اسکله‌هایی است که برای حفر چاه‌های نفت در ساحل سامرلند توسط شرکت‌های مختلف برپا گردید.
در سال ۱۹۲۲ در لایه‌های زیرین دریاچه ماراکیبو در ونزوئلا مخازن طبیعی نفت کشف گردید و در همین سال به کمک سکوهای چوبی در آب‌های کم‌عمق دریاچه، حفاری آغاز گردید. در سال ۱۹۳۰ حجم انبوه و متراکمی از سکوها سراسر دریاچه را پوشانده بود و به کمک خطوط لوله، نفت تا ساحل هدایت می‌شد. امروزه تعداد سکوهای مستقر در این منطقه در حدود ۶۰۰۰ عدد برآورد می گردد. در همین زمان در سواحل آذربایجان نیز تولید از میادین نفتی واقع در قسمت‌های کم‌عمق دریاچه مازندران آغاز گردید. اما استخراج منابع هیدروکربنی در مقیاس بزرگ در دهه ۱۹۵۰ در خلیج مکزیک شکل گرفت. درآن دوران سکوهای تولید که در سواحل تگزاس واقع شده بودند تولید از میادینی که عمق آن به ده‌ها متر می‌رسید را آغاز کردند. به دنبال اولین بحران نفتی سال ۱۹۷۳ دولت‌ها، به‌خصوص دولت‌های اروپایی به دنبال راه‌حلی بودند که آنها را از نفت

شکل ۱: اسکله‌های نصب شده در ساحل سامرلند برای حفاری در دریا

کشورهای خاورمیانه و شمال آفریقا که بدنبال افزایش قیمت نفت بودند بی‌نیاز کند. بنابراین بریتانیا و نروژ، توسعه میادین نفتی خود در اعماق ۱۰۰ تا ۱۵۰ متری دریای شمال را آغاز کردند. ثبات قیمت نفت در سطح بالای خود این امکان را برای تولیدکنندگان بوجود آورده که بتوانند از فن‌آوری‌های پیشرفته‌تر و گرانتر جهت اکتشاف و تولید از میادین هیدروکربنی، استفاده کنند. تا کنون این امر منجر به اکتشاف عمیق‌ترین میدان هیدروکربنی در عمق ۳۱۵۱ متری شده است. این رکورد نخستین بار در نوامبر سال ۲۰۰۳، توسط شرکتهای Transocean و ChevronTexaco در خلیج مکزیک ثبت گردید. میادین هیدروکربنی با توجه به فاصله‌ای که با سطح دریا دارند به سه دسته تقسیم می‌گردند، میادینی که در آبهای با عمق کمتر از ۳۰۰ متر قرار گرفته‌اند میادین کم عمق(Shallow)، میادینی که در اعماق بین ۳۰۰ تا ۱۵۰۰ متر قرار گرفته‌اند میادین عمیق(Deep) و میادینی که در اعماق بیش از ۱۵۰۰ متر قرار گرفته‌اند، میادین خیلی عمیق(Ultradeep) نام دارند. شکل۲ میزان تولید نفت و گاز در آبهای عمیق طی سالهای اخیر را نمایش می‌دهد. همانگونه که مشخص است میزان تولید روند رو به رشدی داشته است که با افزایش قیمت نفت در این مدت رابطه مستقیمی داشته است. میدان سفانیه (Safaniya Oil Field) بزرگترین میدان نفتی فراساحل در دنیا می‌باشد. این میدان که در خلیج‌فارس واقع شده است تحت مالکیت شرکت آرامکو عربستان قرار دارد و در سال ۱۹۵۱ کشف گردیده است. ذخیره این میدان بالغ بر ۳۷ میلیارد بشکه نفت و ۵،۳۶۰ میلیارد مترمکعب گاز تخمین زده می‌شود. در حال حاضر از این میدان روزانه ۱/۲ میلیون بشکه نفت استخراج می گردد.



شکل ۲: تولید نفت و گاز برحسب (Kboe/d) در اعماق مختلف

۲ تجهیزات فراساحل

جهت استخراج منابع نفت و گاز از اعماق دریا امکانات و تجهیزات مختلفی بکار گرفته می‌شود که با توجه به اندازه و شکل مخزن، میزان تولید، فاصله از ساحل، شرایط محیطی و عمق آب با یکدیگر تفاوت دارند. سکوهای دریایی دارای دو بخش کلی زیر می‌باشند:

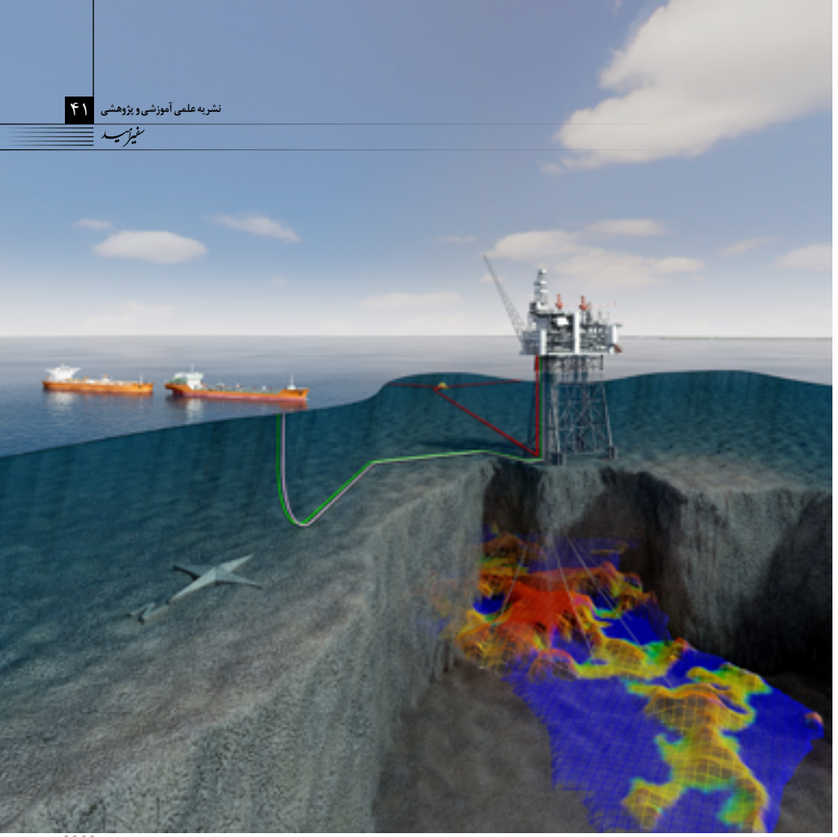
» محل استقرار تجهیزات با توجه به کاربری سکو که به آن روسازه می گویند.
» سازه نگه‌دارنده و فونداسیون آن

اهداف عملیاتی سکوهای دریایی عبارتند از:

» اکتشاف و بررسی‌های زیردریایی مخازن ذخیره و امور تحقیقاتی
» اکتشاف و استخراج منابع معدنی و هیدورکربنی زیر دریایی
» فعالیت دریایی و دریانوردی
» فعالیت‌های نظامی و برداشت‌های جغرافیایی دریایی
» برقراری ایستگاه‌های برداشت دریایی
» اسکان نفرات متخصص در دریا و ...

سازه نگه‌دارنده و فونداسیون، نشان‌دهنده نوع سکو (سیستم‌سازه‌ای) می‌باشد و وظیفه تأمین ایمنی تجهیزات عرشه در برابر نیروهای محیطی و ایجاد سطحی امن و محافظت شده برای کار تجهیزات و کارکنان را دارد. روسازه، نشان‌دهنده کاربری سکو است و در سکوهای استخراج نفت و گاز شامل دکل‌های حفاری و تجهیزات مرتبط و قسمت‌های مربوط به فرآیندهای نفتی و گازی، کمپرسورها و پمپ‌های انتقال، استراحت گاه‌ها و در برخی موارد باند هلیکوپتر است. همانطور که اشاره شد بکارگیری و انتخاب نوع سکو خود تابع مواردی مانند ظرفیت مخزن، میزان تولید، اندازه و شکل حوزه نفتی، شرایط محیطی و عمق آب است. برخی کارفرمایان ترجیح می‌دهند که بدلیل مسائل ایمنی عملیات تولید را از حفاری جدا کنند. در بیشتر مواقع سکوی تولید را سکوی مرکزی می گویند که توسط یک پل یا خطوط لوله به سکوی حفاری مرتبط می‌شود. این سازه‌ها توسط پل‌هایی (Gangway bridges) به سازه‌های دیگر وصل می‌شوند و تشکیل یک مجموعه را می‌دهند. سکوهای تولید، چندعرشه‌ای و دارای چهار، شش یا هشت پایه هستند و تجهیزات سنگینی بر روی آنها نصب می‌شود. بسیاری از سکوها به منظور استفاده ترکیبی در دو حالت تولید و حفاری طراحی شده‌اند. این سازه‌ها شامل تجهیزات حفاری ضروری و فضای مناسب برای تجهیزات تولید

شکل ۳: یک سکوی نمونه از نوع شابلونی



شکل ۴: نمای شماتیک سکوی در حال بهره‌برداری از مخزن هیدروکربن

هستند. این سکوها را در اصطلاح سکوی تولید و حفاری خودکفا می‌گویند. یک سکوی خودکفای استاندارد معمولاً دارای دو عرشه، هشت پایه و یک سازه شابلونی برای تأمین نیازهای مربوط به ۱۲ تا ۲۴ چاه است. دکل حفاری معمولاً بر روی عرشه بالایی و تجهیزات اساسی تولید بر روی عرشه پایینی قرار می‌گیرد که توسط دیواره‌های آتش(Firewall) از ناحیه سرچاه جدا می‌شود. به منظور ایمنی و آرامش کارکنان، جداسازی محل ثابت اقامت از سایر قسمت‌ها امری رایج و مطلوب است، بنابراین یک سکوی مجزا به نام سکوی سکونتی (Accommodations Platform) در قسمتی از مجموعه بهره‌برداری نصب می‌شود و کارکنان در آن مستقر می‌گردند.

» سیستم‌های سازه‌ای سکوهای دریایی

سکوهای دریایی به لحاظ نوع سازه زیرین یعنی سازه‌ای که در آب قرار گرفته و در معرض نیروهای محیطی مانند موج و جریان قرار دارد به انواع مختلفی تقسیم می‌شوند. شکل۵ انواع سیستم‌های سازه‌ای سکوهای دریایی را نمایش می‌دهد. این سازه می‌تواند ثابت، نیمه شناور یا شناور باشد که در ادامه تشریح می‌گردد:

سکوهای ثابت

سکوهای ثابت برای مناطقی با عمق آب کم تا متوسط مناسب بوده و دو نوع متداول آن، سکوهای شابلونی و سکوهای وزنی می‌باشند. API RP 2A به نیازمندی‌های برنامه‌ریزی، طراحی و ساخت سکوهای ثابت می‌پردازد. این استاندارد شامل موارد لازم جهت طراحی و ساخت سکوهای جدید و جابجایی سکوهای موجود مورد استفاده در حفاری، توسعه و ذخیره‌سازی هیدروکربن‌ها در بخش فراساحل می‌پردازد.

» سکوهای شابلونی (Jacket)

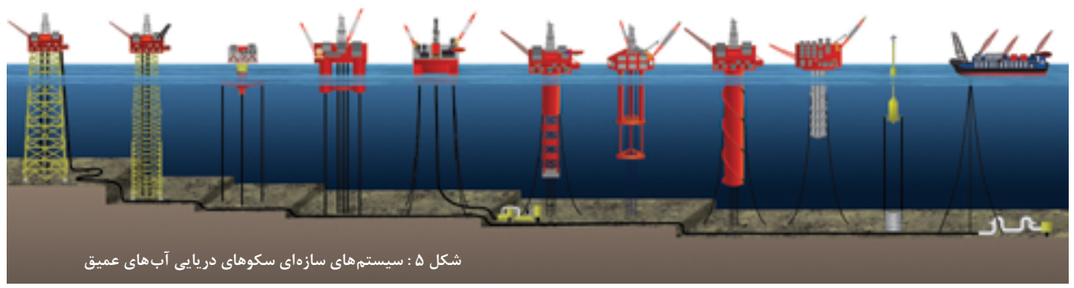
سکوهای شابلونی (جاکت‌ها) قدیمی‌ترین نوع سکوهای دریایی بوده و تاکنون بیشتر از سایر سکوها اجرا شده‌اند. همچنین برای مناطقی با عمق آب کم تا متوسط و شرایط محیطی مناسب باصرفه‌ترین نوع سکو می‌باشند. شکل۳ نمایی شماتیک از این نوع سکو را نمایش می‌دهد. در شکل۹ نیز سکوهای شابلونی نصب شده در اعماق مختلف طی سال‌های قبل نشان داده شده است. با توجه به اینکه عمق آب در خلیج فارس کمتر از ۱۰۰ متر می‌باشد، بیشتر سکوهای اجرا شده یا در حال طراحی برای این منطقه از نوع شابلونی می‌باشد. این نوع سکو شامل سه قسمت اصلی می‌باشد:

» بخش روسازه که شامل خرپاهای ضروری و عرشه‌هایی جهت تحمل بارهای بهره‌برداری و دیگر بارهای وارد بر این قسمت می‌باشد.

» جاکت یا قاب فضایی متشکل از اعضاء لوله‌ای جوش شده می‌باشد که به منظور ایجاد مسیر مناسب برای رانش شمع‌ها و مهاربندی جانبی آنها طراحی شده است.

» شمع‌ها که به صورت دائمی سکو را به بستر دریا مهار می‌کنند و وظیفه انتقال بارهای جانبی و قائم به زمین را بر عهده دارند.

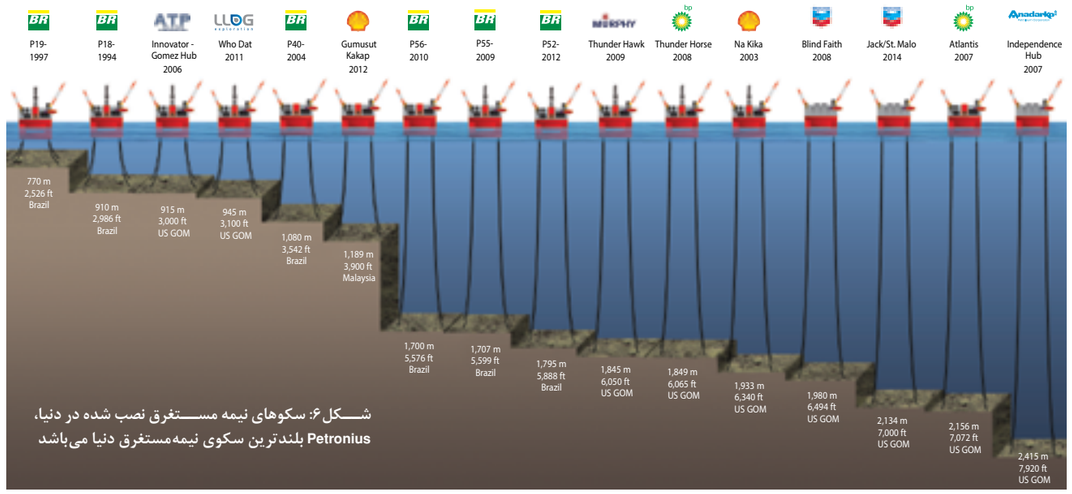
قسمت جاکت شامل تعدادی اعضای لوله‌ای در قطرهای مختلف است که به شکل یک خرپای فضایی به یکدیگر جوش شده‌اند. این سازه‌ها معمولاً چهار، شش یا هشت پایه هستند. شمع‌های اصلی که آنها نیز از نوع لوله‌ای هستند غالباً از داخل پایه‌های اصلی جاکت به بستر دریا رانده می‌شوند. در این نوع از سکوها بارهای قائم ناشی از وزن روسازه و همچنین بارهای جانبی ناشی از امواج، از طریق تعدادی شمع به خاک منتقل می‌شوند. از انواع شمع‌های مورد استفاده برای این سکوها می‌توان به شمع‌های پایه‌ای و شمع‌های پیرامونی اشاره کرد.



شکل ۵ : سیستم‌های سازه‌ای سکوهای دریایی آب‌های عمیق

» سکوهای وزنی(Gravity Base Fixed Platform)

در شرایط محیطی بد نظیر دریای شمال که دارای امواج سهمگین می‌باشند، خصوصاً هنگامیکه عرشه‌های سکو دارای وزن‌های بسیار بالا در حدود ۲۰۰۰۰ تن هستند، نوع دیگری از سکوهای ثابت که به سکوهای وزنی یا سکوهای **GBS** موسومند، رایج است. از دهه ۱۹۷۰ تا دهه ۱۹۹۰ میلادی برای استحصال از میادین بزرگ در عمق ۱۰۰ تا ۵۰۰ متری استفاده از این سکوها متداول گردید. اولین سکو از این نوع اکوفیسک بود که در سال ۱۹۷۳ در دریای شمال نصب گردید. از آن زمان تا سال ۱۹۸۲ بیش از ۱۷ سکوی بتنی دیگر مورد بهره‌برداری قرار گرفتند. این سکوها عموماً از بتن مسلح ساخته شده و دارای چند ستون با قطر بسیار زیاد می‌باشند. این ستون‌ها وظیفه نگهداری عرشه و تجهیزات روی آن را بر عهده دارند. این سکوها برای پایداری در مقابل بارهای جانبی به جای شمع کوبی به وزن خود اتکا می‌کنند و دارای اعضای شالوده‌ای بسیار بزرگی هستند که پس از قرارگیری در کف دریا وزن زیادی ایجاد می‌کنند و مقاومت لازم برای جلوگیری از لغزش شالوده در اثر نیروهای جانبی را تأمین می‌کنند. مزایای اصلی این سکوها عبارتند از قابلیت ساخت سکو در ساحل و کنترل آن قبل از به آب‌اندازی، مقاومت بیشتر نسبت به سکوهای فولادی در برابر خوردگی ناشی از تماس با آب دریا و حذف شمع‌های فولادی می‌باشد. همچنین استفاده از این سکوها در مناطقی که بستر دریا دارای لایه‌های سخت است بسیار متداول می‌باشد. در برابر مزایای گفته شده باید توجه داشت که سکوهای وزنی در دوران بهره‌برداری نسبت به سکوهای فولادی به مراقبت و کنترل بیشتری نیاز دارند. همچنین هنوز روش مناسبی از نظر اقتصادی و زیست‌محیطی، برای از بین بردن این نوع سکوها پس از پایان بهره‌برداری یافت نشده است.



شـــکل ۶: سکوهای نیمه مســـتغرق نصب شده در دنیا، Petronius بلندترین سکوی نیمه‌مستغرق دنیا می‌باشد

۳ سکوهای شناور

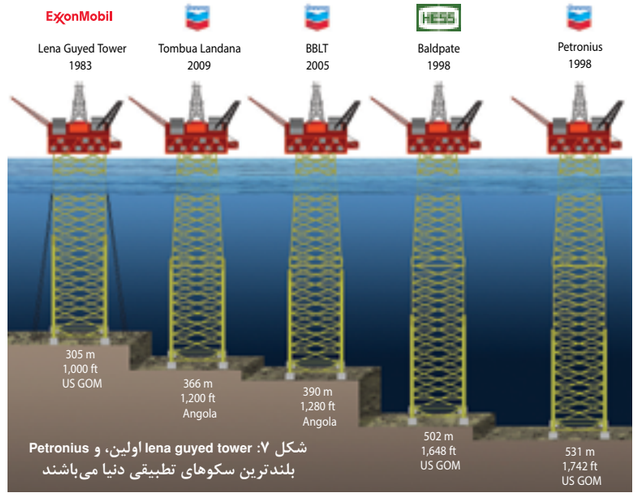
در مناطقی که عمق آب زیاد باشد(بیشتر از ۳۰۰ متر) به دلایل مسائل اجرایی و اقتصادی، کاربرد سکوهای ثابت مقرون به صرفه نبوده و انواع دیگری از سکوها مطرح می‌شوند. یک دسته از این سکوها، سکوهای شناور می‌باشند. دو نوع متداول سکوهای شناور، نیمه‌مغروق‌ها و سکوهای پایه کشتی هستند که در ادامه این مبحث هر کدام به طور مختصر توضیح داده خواهد شد. **API RP 2FPS** راهنمایی‌های لازم جهت طراحی، ساخت، نصب، بازرسی و بهره‌برداری از سکوهای شناور را ارائه می‌دهد.

» سکوهای نیمه‌مستغرق (Semi submersible)

متداولترین نوع سکوهای شناور، سکوهای شناور نیمه‌مغروق می‌باشند. این سازه شامل یک بخش شناور است که از دو پانتون و پایه‌های قطوری که پانتون‌ها را به روسازه متصل می‌کنند، تشکیل شده است. این سکو توسط یک سیستم مهاری به کف دریا متصل می‌شود و حفاری از طریق یک لوله عمودی به نام رایزر که از یک طرف به روسازه و از طرف دیگر به دهانه چاه متصل است انجام می‌گیرد. اتصال سکو به دهانه چاه به دو صورت صلب و قابل انعطاف قابل اجرا می‌باشد. به دلیل حساسیت این سکو نسبت به نیروی جانبی و برای جلوگیری از صدمه‌دیدگی رایزرها در عمق‌های خیلی زیاد (بالاتر از ۵۰۰ متر)، از انواع دیگر سکوهای شناور استفاده می‌شود. در شکل۱۰ یک سکوی نیمه‌مغروق در حال حمل دیده می‌شود.

» سکوهای تطبیقی (Compliant platform)

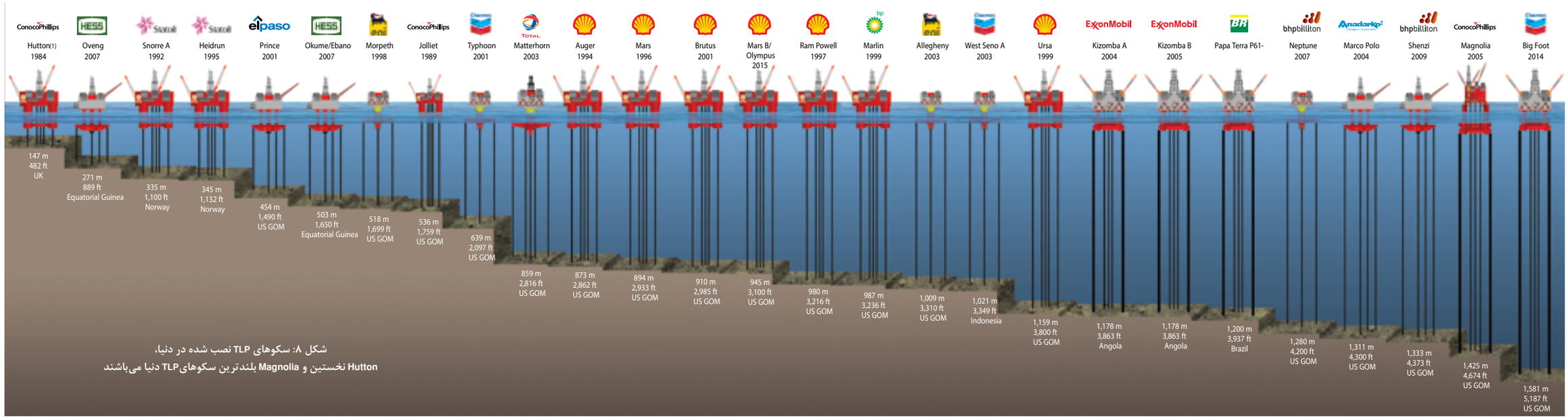
در مناطق با عمق آب زیاد، دسته دیگری از سکوها که به سکوهای تطبیقی مشهورند مطرح می‌باشند. رفتار این سکوها در برابر نیروهای عمودی شبیه سکوهای ثابت بوده ولی در برابر نیروهای جانبی دارای رفتاری شبیه سکوهای شناور هستند. در مناطق که عمق آب زیاد باشد یکی از محدودیت‌های کاربرد سکوهای ثابت مشکل بودن عملیات شمع‌کوبی یا اجرای پی‌های وزنی و قطور شدن المان‌های سازه‌ای مورد استفاده در این شرایط است که با کاربرد پی‌های انعطاف‌پذیر یا مفصلی در سکوهای تطبیقی این مشکل برطرف می‌شود. این مورد یک مزیت بزرگ این سکوها نسبت به انواع دیگر سکوها محسوب می‌شود. سکوی **lena guyed tower** اولین سکوی تطبیقی نصب شده در جهان، و سکوی **Petronius** بلندترین سکوی تطبیقی دنیا می‌باشد که در عمق ۵۳۱ متری نصب شده و در حال فعالیت می‌باشد. (شکل۷)



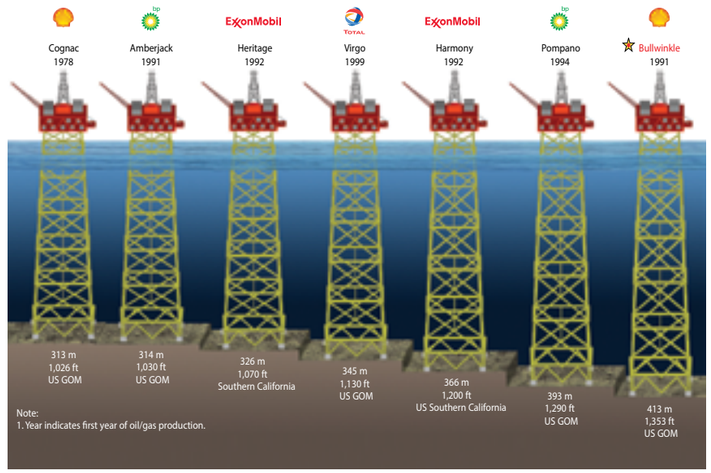
شکل ۷: lena guyed tower اولین، و Petronius بلندترین سکوهای تطبیقی دنیا می‌باشند

» سکوهای TLP (Tension Leg Platform)

سکوهای **TLP** یکی از پیشرفته‌ترین سکوها ازنوع تطبیقی می‌باشند که توسط کابل‌های تحت کشش به کف دریا متصل می‌گردد. این سکو شبیه سکوهای نیمه مستغرق می‌باشد که بوسیله تاندون‌هایی (tether) به صورت پایه‌های عمودی به کف دریا متصل شده است که توسط نیروی شناوری اضافی همواره بصورت کششی عمل می‌نماید. نیروی شناوری اضافی تقریبا ۱۵ تا ۲۰



شکل ۸: سکوهای TLP نصب شده در دنیا، Hutton نخستین و Magnolia بلندترین سکوهایTLP دنیا می‌باشند



شکل ۹: سکوهای شابلونی نصب شده (عدد سال، نمایانگر سال شروع تولید نفت و گاز می‌باشد)

درصد وزن جابه‌جا شده سکو (Displacement) می‌باشد. نیروی کششی در تاندون‌ها (پایه‌ها) حرکت سکو به سمت بالا (Heave) و پیچش سکو را حذف می‌نماید که به گزینه قابل اطمینان برای نگه‌داشتن سکو به صورت دایمی روی محل چاه‌و افزایش مدت زمان عملیاتی سکو می‌باشد. این سکوها تا عمق ۱۵۸۱ متری نیز نصب گردیده‌اند. (شکل ۸)

» سکوهای برجی (Spar platform)

این سکوها از یک سیلندر عمودی با قطر بسیار زیاد که نگهدارنده عرشه می باشد تشکیل شده است. این سکوها در اعماق بسیار زیاد در حدود ۲۴۰۰ متری استفاده شده اند . اولین سکوی برجی ساخته شده بنام نپتون در سال ۱۹۹۷ در خلیج مکزیک نصب شده است. جهت تامین پایداری در این سکوها از عمق آبخور بالا و لنگرهای خمیده استفاده شده است. مرکز شناوری در این سکوها بطور قابل توجهی بالاتر از مرکز ثقل آنها قرار دارد. مدل‌های مختلف این نوع سکو در شکل۱۱ نمایش داده شده است. این سکوها برای شرایط سخت محیطی مانند دریای شمال مناسب می‌باشند و ضمن مقاومت در برابر یخ‌های مناطق قطبی، دارای سیستم مهار (Mooring System) مناسبی برای مناطق قطبی می‌باشند. شکل۱۳ قسمتهای مختلف یک سکوی برجی را نمایش می‌دهد. همچنین پوستر انتهای مقاله برخی جزئیات فنی دوازده سکوی برجی معروف دنیا را نمایش می‌دهد.

۴ بارهای وارد بر سکوهای دریایی

پیش از تحلیل و طراحی هر سازه‌ای باید نسبت به بارهای وارد بر آن در مراحل و شرایط مختلف شناخت

کافی داشت. بارهای وارد بر یک سازه فراساحل را می‌توان به صورت زیر طبقه‌بندی کرد :

» بارهای دایمی
» بارهای عملیاتی
» بارهای محیطی
» بارهای ساخت و نصب
» بارهای تصادفی

هر یک از بارهای گفته شده دارای چندین زیرمجموعه می‌باشند که به ترتیب به بررسی اجمالی هر یک از آنها خواهیم پرداخت.

» بارهای دائمی

بارهای دائمی وارد بر یک سکوی دریایی شامل وزن سازه در خشکی، وزن ملات تزریقی ، شمع‌ها، مخازن تعادل، وزن تجهیزات حفاری و تولید، وزن محل‌های اقامت، باند هلیکوپتر و ... می‌باشند.

» بارهای عملیاتی

بارهای عملیاتی وارد بر یک سکوی دریایی شامل وزن مواد قابل مصرف و سیالات موجود در لوله‌ها و تانک‌ها، بارهای وارده در اثر عملیاتی نظیر بلند کردن دستگاه حفاری، بلند کردن توسط جرثقیل، عملیات ماشینی، مهاربندی کشتی‌ها و بارهای ناشی از هلیکوپتر می‌باشند.

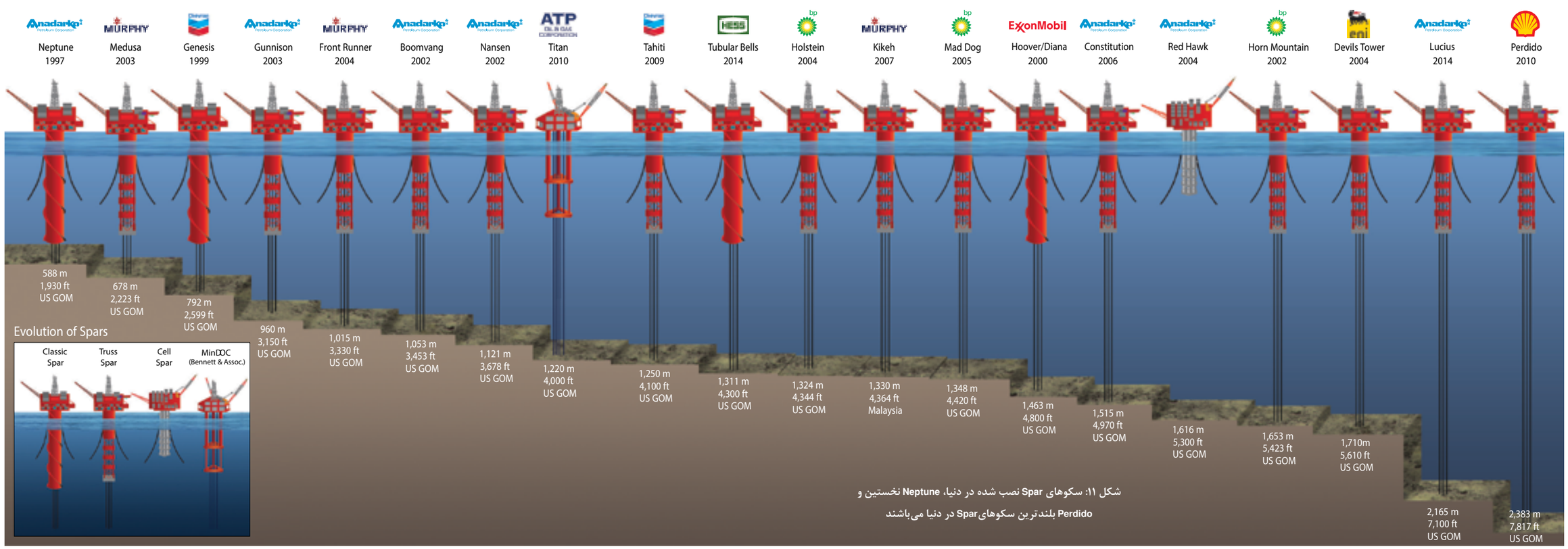
شکل ۱۰: یک سکوی نیمه‌مستغرق در حال انتقال

»بارهای محیطی

نیروهای محیطی در اثر پدیده‌های محیطی مانند باد، امواج، جریان، جزر ومد، زلزله، تغییرات دما، یخ، حرکات بستر و روییدنی‌های دریایی ایجاد می گردد. با کمک برخی از ویژگی‌های اساسی این بارها می‌توان مقدار نیروی وارده برسازه از طرف این بارها را با توجه به فازهای مختلف طراحی وعملیات ودوره بازگشت مورد نیاز در آن مرحله، بدست آورد.

» بارهای ساخت ونصب

این بارها موقتی هستند و در زمان ساخت ونصب سکو با ملحقات آن به سازه وارد می شود.



شکل ۱۱: سکوهای Spar نصب شده در دنیا، Neptune نخستین و Perdido بلندترین سکوهای Spar در دنیا می‌باشند

» بارهای تصادفی

بارهای تصادفی، بارهایی هستند که تعریف دقیقی از آنها از نظر شدت وفرکانس وجود ندارد. این بارها ممکن است در اثرشرایط یا حوادث استثنایی به وجود آیند. بارهای تصادفی می توانند منجر به خرابی موضعی یا کلی یک سکوی دریایی شوند. برخی از این بارهای تصادفی عبارتند از :

» بارهای ناشی از انفجار وآتش سوزی
» بارهای ناشی از برخورد کشتی
» بارهای ناشی از سقوط اشیا

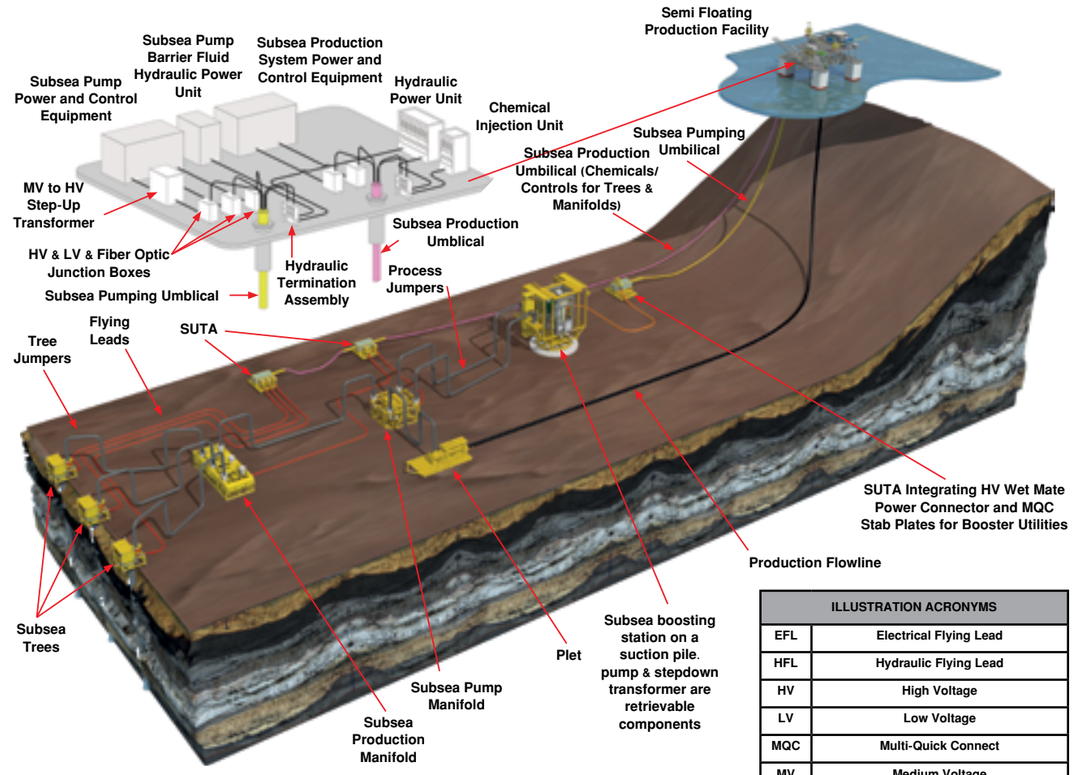
سیستم تولید زیر دریا

تجهیزات نصب شده بر بستر دریا، به **Subsea production equipment** مشهور می‌باشند. این تجهیزات که در مقابل فشار آب در آب‌های عمیق، مقاوم بوده، بوسیله کنترل از راه دور هدایت می گردند و به منظور تولید یا تزریق در بستر دریا نصب می گردند. استفاده از این تکنولوژی مزایای قابل توجهی نسبت به سکوهای ثابت به خصوص در استخراج از آبهای عمیق و شرایط سخت دارد. همچنین در مخازنی که چاه‌ها در محل‌های متفاوتی حفر شده‌اند این تکنولوژی توانسته برتری خود را نشان دهد. امروزه بیشتر پروژه‌های بهره‌برداری شامل چند چاه می‌باشند که بوسیله خطوط متعدد لوله و منیفولدها، نفت و گاز را به سکوها منتقل می کنند. تاکنون بیش از ۴۰۰۰ چاه زیردریایی (**Subsea well**) در آبهای عمیق به بهره‌برداری رسیده است و پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۱۷ بیش از ۱۵۰ میلیارد دلار برای سیستم‌های سخت افزاری تکمیل چاه‌های حفر شده در آبهای عمیق شامل خطوط زیردریایی جریانی و کنترل چاه‌ها، تمپلیت و چنداراهه (منیفولد)، سرمایه‌گزاری صورت پذیرد. مطابق **API RP 17A** مهمترین اجزا این سیستم‌ها عبارتند از:

» سیستم سرچاهی
» پی ساختمانی و سیستم راهنما برای جهت‌یابی در طول نصب یا بازیابی
» مجموعه شیرهای کنترل جریان و فشار که به شکل درختی یکپارچه می گردند.
» سیستم کنترل تولید جهت کنترل و نظارت از راه دور بر عملکرد سیستم زیردریا
» ساختمان محافظ (در صورت نیاز)
» خطوط لوله دریایی جهت تولید، گردآوری، تزریق و خدمات‌رسانی
» منیفولد (در صورت نیاز)
» تجهیزات و ابزار نصب با سیستم کنترل همراه

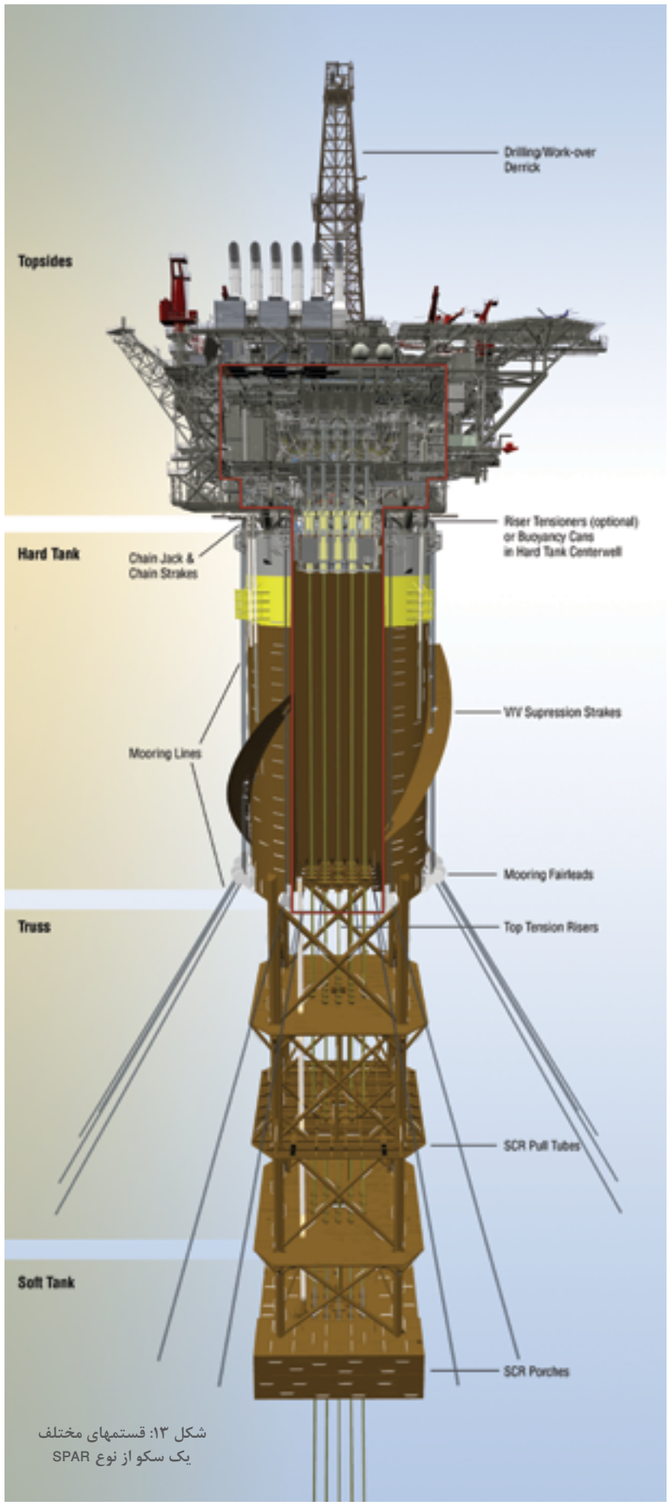
۵ صنعت فراساحل در ایران

قبل از انقلاب آنچه که از امور فراساحلی در ایران به اجرا گذاشته می‌شد در اختیار و تحت نظارت شرکت‌های آمریکایی متخصص در این شاخه از مهندسی بود. حوزه فعالیت صنعت فراساحلی نیز عمدتاً بر روی میادین نفتی خارک و بهرگانسر قرار داشت. پس از انقلاب و در حین جنگ بسیاری از این سکوها آسیب دیدند و برخی از آنها ۱۰۰ درصد تخریب شدند. در سال ۱۳۷۳ و برای اولین بار طرح و محاسبه مجدد یک مجموعه سکو از سری اردشیر (ابوذر) مورد توجه قرار گرفت. این مجموعه دارای سه دسته سکوی مهم به نام‌های **AA**، **AB**، **AC** بود.



شکل ۱۲: یک نمونه سیستم ارسال هیدروکربن به سکوی تولید از بستر دریا

ILLUSTRATION ACRONYMS	
EFL	Electrical Flying Lead
HFL	Hydraulic Flying Lead
HV	High Voltage
LV	Low Voltage
MQC	Multi-Quick Connect
MV	Medium Voltage
PLET	Pipeline End Termination
SUTA	Subsea Umbilical Termination Assembly



شکل ۱۳: قسمتهای مختلف یک سکو از نوع SPAR

در گروه‌های **AC** و **AA** سازه سکوهای تولیدی سالم بودند ولی برای توسعه، قسمت بالایی عرشه‌ها مجدداً طراحی شدند و پس از ساخت بر روی زیرسازه‌های قدیمی نصب گردیدند. در قسمت **AB** آسیب‌ها جدی بود به گونه‌ای که در ابتدا قصد جمع‌آوری کامل سازه‌ها را داشتند اما نهایتاً سکوهای جدیدی در فاصله‌ای کم از محل اصلی نصب شدند. این گروه شامل یک سکوی تولیدی با زیرسازه ۶ پایه و یک سکوی سکونتی با زیرسازه ۴ پایه بود. در ضمن سکوهای قدیمی نیز سبک شدند و از عرشه آنها به عنوان انبار استفاده گردید. در دوران اخیر منابع گازی به دلیل رشد مصرف فرآورده‌های گازی در سطح جهان و همچنین توسعه صنعت پتروشیمی در کشور، محبوبیت بیشتری پیدا نموده‌اند. یکی از میادین مهم گازی کشور، پارس جنوبی است که فازهای متعددی برای بهره‌برداری از مخازن گاز آن پیش‌بینی شده است. ویژگی مشترک همه این فازها استفاده از یک سکوی سرچاهی، یک سکوی ۳ پایه میانی و یک سکوی ۳ پایه مشعل می‌باشد که توسط پل به هم مرتبط می‌شوند. در فاز یک علاوه بر این سکوها مجموعه‌های پشتیبانی و سکونتی و سکوی مادر نیز در نظر گرفته شده است. پروژه‌های مهم دیگری نیز در کشور انجام شده‌اند یا در دست طرح و اجرا می‌باشند مانند: میدان بلال، فروزان و اسفندیار، رشادت، رسالت، میدان پارس شمالی، مجموعه بهرگانسر (ترمیم و توسعه)، میدان مشترک آرش، توسعه سکوهای نصر، طرح‌های توسعه سکوها و خطوط لوله سلمان. بیشترین عمق آب در خلیج فارس، که بخش عمده ای از مخازن نفت و گاز کشور را شامل می گردد، درحدود ۷۰ متر می باشد که این امر لزوم استفاده از سکوهای دریایی ثابت شابلونی، به علت هزینه پایین تر آن نسبت به سایر سکوهای دریایی، را نشان می دهد. علاوه بر این توانمندی پیمانکاران داخلی در سالهای اخیر باعث شده است کشور ما در طرح و اجرای سکوهای جکتی به خودکفایی دست پیدا کند و لذا ذکر این نکته ضروری می باشد که همواره می بایست درطراحی این سکوها اقدامات موثری در جهت بهینه سازی، مقاومت بالاتر، عمر مفید بیشتر و غیره انجام گردد. سفیرسید

منابع:

1. Offshore Structures: Design, Construction and Maintenance, By Mohamed A. El-Reedy, Gulf publishing, 2012
2. www.akersolutions.com
3. Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platforms-Working Stress Design (API RP 2A)
4. www.statoil.com

نام سازنده	MAD DOG	KIKEH	HOLSTEIN	TAHITI	ATP TITAN		NANSEN	BOOMVANG	FRONT RUNNER	GUNNISON	GENESIS	MEDUSA	NEPTUNE
بهره‌بردار و شریک تجاری													
بهره‌بردار	BP	Murphy	BP	Chevron	ATP		Anadarko	Anadarko	Murphy	Anadarko	Chevron	Murphy	Anadarko
شریک میدان	BHPBilliton-Chevron	PETRONASCarigali	Shell	StatoilHydra-Total	-		DevonEnergy	Shell-Marubeni	Eni-StatoilHydra	Nexen-Helix	Exxonmobil-BHP	Eni-Callon	Eni
اطلاعات میدان													
عمق آب (متر)	۱۳۴۷	۱۳۳۰	۱۳۲۴	۱۲۵۰	۱۲۱۹		۱۱۲۱	۱۰۵۲	۱۰۱۵	۹۶۰	۷۹۲	۶۷۸	۵۸۸
ذخایر (MBOE)	۳۰۰	۴۴۰	۳۰۰	۴۰۰-۵۰۰	۳۳۳		۱۶۰-۱۸۰	۷۰-۹۰	۱۷۵	۱۲۰	۱۶۰	۹۰	۷۵
عمر تقریبی میدان (سال)	۲۵	۱۷	۲۵-۳۰	۲۵	۲۰		۱۶	۱۲	۱۶	۱۲	۱۵	۷	۱۵
تعداد چاه	۱۴	۲۶	۱۵	۶	۷		۱۳	۸	۱۰	۱۰	۲۰	۱۴	۱۶
تجهیزات روی عرشه													
تولیدات نفتی	۲۵	۱۲۰	–	۱۱۳	۱۲۵		۴۰	۴۰	۶۰	۴۰	۵۵	۴۰	۳۵
تولیدات گازی	۵۰	۴۰	–	۱۵۰	۷۰		۲۰۰	۲۰۰	۱۱۰	۲۰۰	۷۲	۱۱۰	۶۰
تزریق آب	–	–	–	۹۰	۱۰۰		۰	۰	–	۰	۰	۰	۰
تزریق گاز	–	۰	–	–	۰		۰	۰	۰	۰	۳۵	۰	۰
تعداد و مدل ژنراتورها	3×Solar Titan 130	3×Solar Titan 130	3×LM2500	3×Solar Titan 130	1×Solar-C50		2×Solar-4250hp	2×Solar-4250hp	-	2×Solar-4250hp	-	-	3×Solar-1000kw
تعداد و مدل کمپرسورها	-	2×DresserRand	2×3×DresserRand	1×SolarC40	2×Dresser-RandHOS7		2×Dresser-RandHOS7	2×MMSCFD1850PSIG2	-	2×Dresser-RandHOS7	-	-	3×SuperiorWH76
پمپ‌های خط لوله نفت	3@%50 Pumps	-	3@%50 Pumps	3@%50	3@700HP		4@700HP	4@700HP	-	3@700HP	-	-	8@200HP
SPAR RIG TYPE	4600HP DrillingRig	TADU	3000HP DrillingRig	None	2000HP DrillingRig		1000HP Workover	1000HP Workover	1500HP Workover	1500HP Workover	3000HP Drilling Comp	1000 HPWorkover	1000 HPWorkover
وزن عرشه (تن متریک)	–	۵۴۲۸	۱۵۷۶۶	۱۸۹۵۰	۹۰۹۱		۴۸۴۴	۴۸۹۹	–	۵۱۷۱	۱۱۳۴۰	۵۴۴۳	۲۹۰۳
مساحت کل عرشه (فوت مربع)	۱۳۰۲۰۰	–	–	۱۳۹۰۰۰	–		۴۶۹۷۰	۴۶۹۷۰	–	۵۸۶۸۲	۹۵۰۰۰	–	۳۳۳۰۰
Mooring System													
نوع	Chain-Poly-Chain	Chain & Wire	Chain & Wire	Chain-Poly-Chain	Chain-Poly-Chain		Chain & Wire	Chain & Wire	Chain & Wire	Chain & Wire	Chain & Wire	Chain & Wire	Chain & Wire
مدل	11(4,3,4) Taut Legs	10(2,3,3,2)	16(4×4)	13(4,4,5)	12(3×4)		9(3×3)	9(3×3)Taut Catenary	9(3×3)	9(3×3)	14(3,4,3,4)	10(3,3,4)Taut Catenary	6 Semi-Taut Catenary