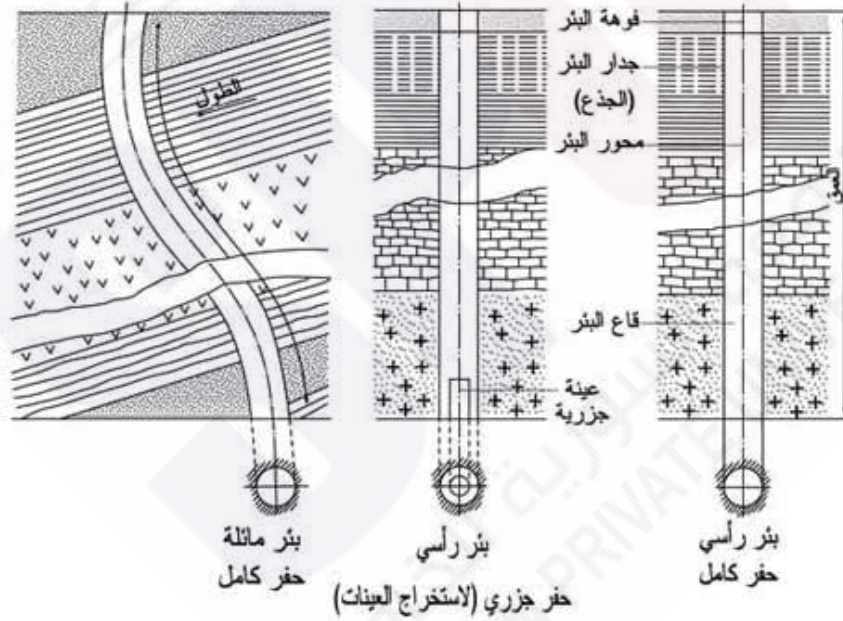


المحاضرة الاولى الحفر في البحر

الفصل الأول

1-1. تعريف حفر الآبار (Definition of drilling wells):

البئر : هي بناء معدني ذو شكل أسطواني عمودي أو مائل ، تحفر ميكانيكياً ، وتصل سطح القشرة الأرضية مع طبقة تقع على عمق معين تشكل الهدف النهائي للبئر، ويتم من خلالها رفع محتويات هذه الطبقة (نפט، غاز) إلى السطح ، يسمى الجزء العلوي على السطح فوهة البئر أما الجزء السفلي يسمى القعر ، المجال الفاصل ما بين الفوهة والقعر يشكل البئر بجدران صخرية أثناء الحفر ومعدنية بعد تدعيمها بأنابيب تغليف ، ويمكن ان تكون البئر النفطية إما عمودية او مائلة كما في الشكل (1-1).



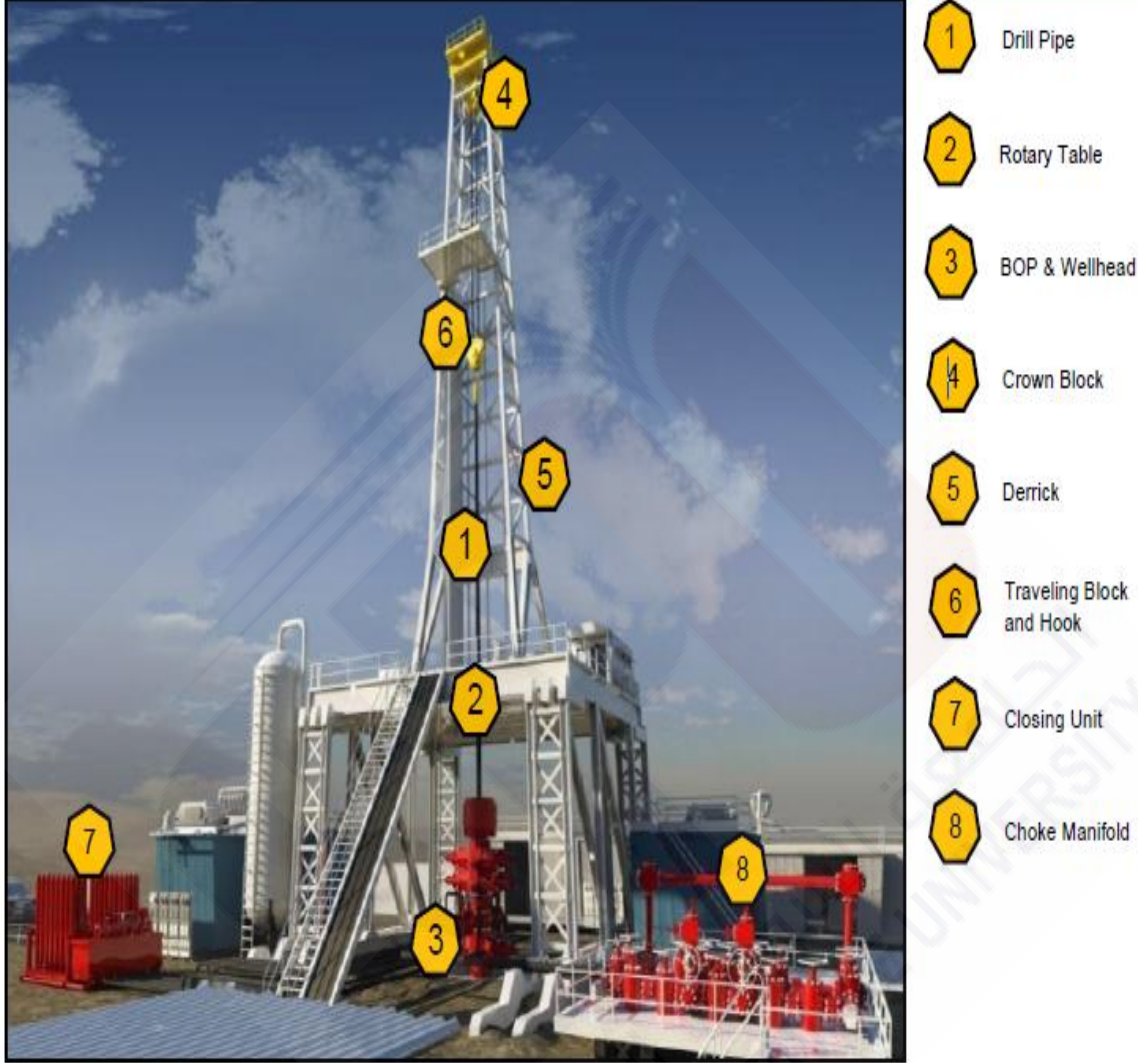
الشكل (1-1) نموذج البئر النفطي أو الغازي

أقدم بئر تم حفره من قبل المصريين القدماء وصل عمقها إلى عشرين قدماً ويعود إلى القرن الثالث قبل الميلاد ، وجدت آبار حفرت في صحراء التبت ، وكانت هذه الآبار تستخدم لتأمين مياه الشرب ،ويمكن تصنيف الآبار إلى :

1. آبار المياه العذبة والمالحة.
2. آبار النفط والغاز.
3. آبار للأبحاث الجيولوجية.

4. آبار الحقن لزيادة المردود النفطي.

ويتم حفر آبار النفط والغاز بواسطة الحفارة الموضحة بالشكل (2-1)



الشكل (2-1) الاجزاء الرئيسية للحفارة المستخدمة في حفر آبار النفط والغاز

2-1. مراحل حفر البئر (Stages of well drilling):

يحفر البئر على أربعة مراحل الشكل (3-1):

1. المرحلة الدليلة (Conductor Pipe): حيث تحفر حفرة مربعة الشكل كخطوة أولى طول ضلعها (0.1-0.8 m) وعمقها بين (3-6 m) ، تنزل في الحفرة ماسورة تغليف بقطر كبير يتراوح بين (500-600 mm) يرفع رأس هذه الماسورة عن سطح الارض بحوالي (2.5-1.5m) مهمة هذه المرحلة:

1. إغلاق الطبقات السطحية التي يمكن أن تتسبب تسرب لسائل الحفر فيها .

2. حفظ فوهة البئر والقواعد الاسمنتية من انجراف التربة السطحية ومن التأثر المستمر بسائل الحفر .
3. المحافظة على ثبوتية جدران البئر حتى العمق الذي تنزل إليه .
4. تؤمن صعود سائل الحفر الخارج من البئر إلى ارتفاع قريب من مستوى المنضدة الرحوية حيث يجري بشكل حر إلى الخزانات.

2. المرحلة السطحية : في هذه المرحلة يتم حفر الطبقات السطحية التي لا يمكن ان تحوي أية مركبات هيدروكربونية ، و تعتبر مواسير التغليف السطحية المجموعة الأولى التي تنزل بشكل إلزامي في البئر، والتي يجب أن تدعم بشكل جيد (تسمنت بكاملها)، وهي تشكل الركيزة الأساسية في بناء البئر، ويجب أن تحقق الوظائف الآتية:

1- منع تكهف الطبقات الضعيفة التي يمكن أن تصادف عند الأعماق الضحلة وهذه المواسير يجب أن تثبت في طبقة قاسية (مثل الحجر الكلسي القاسي)، وهذا يحمي الطبقات المتواجدة عند حذاء مواسير التغليف من التشقق عند الضغوط الهيدروستاتيكية العالية التي تصادف أثناء الحفر .

2- عزل الطبقات السطحية الغير متماسكة، والطبقات التي تؤدي تهريب سوائل الحفر .

3- حماية الطبقات السطحية الحاملة للمياه العذبة ومنع تلوثها بسائل الحفر .

4- تشكل قاعدة لثنييت أجهزة منع الانفجار على فوهة البئر .

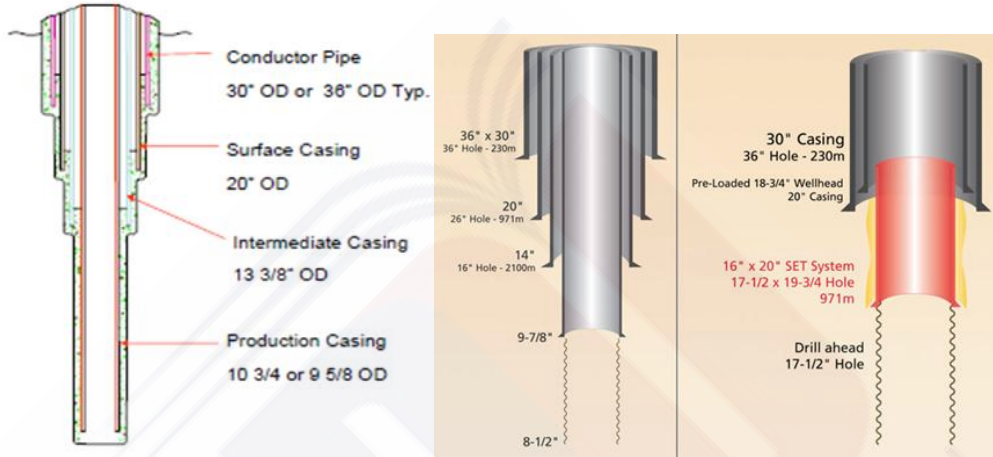
إن عمق انزال مواسير التغليف السطحية يتغير بشكل كبير، ويحدد بحيث تنزل قبل الوصول إلى أي طبقة خازنة للمركبات الهيدروكربونية ، ويتراوح عمق إنزالها من 200 قدم إلى عدة آلاف من الأقدام. أما قطرها فيتراوح عادةً (" 20 - 18 5/8).

3. المرحلة الوسطية: تنزل مواسير التغليف الوسطية وتعرف أيضاً بمواسير الحماية إلى بداية أو نهاية الطبقات ذات الضغوط الطبقيّة العالية، وذلك لحماية مواسير التغليف للمرحلة السطحية من التعرض للضغوط الطبقيّة المرتفعة أثناء حفر الطبقات الحاوية على النفط والغاز، أو لعزل الطبقات التي تؤدي إلى تهريب شديد لسائل الحفر، أو تلك التي تتأثر بشدة بسائل الحفر (الطبقات الملحية، طبقات الشيل)، أي أن الهدف من إنزالها هو السماح بمتابعة حفر البئر، وذلك بعزل كل الطبقات الضعيفة، التي يمكن أن تسبب تكهفاً لجدران البئر، أو تسرباً لسائل الحفر .

يتراوح عادةً عمق إنزال مواسير التغليف الوسطية (8000 - 3000 ft.)، أما قطرها يتراوح بين (13 3/8" - 7 5/8")، ولكن معظم الأقطار الشائعة لهذه المواسير هي: (13 3/8" أو 9 5/8").

4. المرحلة الإنتاجية : وهي المجموعة النهائية الأخيرة من مجموعة مواسير التغليف، والتي تنزل عادةً حتى نهاية الطبقة المنتجة، ويمكن أن تنزل إلى بداية الطبقة المنتجة وتنزل هذه المرحلة لعزل

كل الطبقات الأخرى عن الطبقة المنتجة، كما تؤمن التحكم بالضغط داخل البئر أثناء إنتاج الموائع الطبقية، وتمكن من الاستثمار الانتقائي(المنفصل) للمجالات الخازنة للموائع الطبقية وإجراء عمليات تحسين نفوذية المناطق المجاورة للبئر (تحميض، تشقيق هيدروليكي)، تتراوح أقطار المواسير الإنتاجية بين (7" - 4 1/2")، ولكن القطر الأكثر استخداماً هو 7"، وهي الهدف النهائي للبئر كونها تصل للطبقة المنتجة ، ويتم من خلالها استثمار هذه الطبقة وبعد الانتهاء من حفرها تدعم الجدران بمواسير التغليف الإنتاجية والتي تشكل بالنسبة لمهندس الإنتاج قطر البئر.



الشكل (2-1) مراحل انجاز البئر

5. مواسير التغليف الضائعة:

وهي مجموعة مواسير التغليف التي لا تصل إلى السطح (طولها أقل من عمق البئر) ويتم تعليق مواسير التغليف الضائعة بواسطة أجهزة تعليق مناسبة داخل مواسير التغليف للمرحلة السابقة والشكل (3-1) يوضح حالات مختلفة لتعليق مواسير التغليف الضائعة.



الشكل(3-1) حالات مختلفة لتعليق مواسير التغليف الضائعة

1-1. أهمية الحفر البحري:

يشكل الجزء المغمور من الماء حوالي ثلاثة أرباع السطح الكلي للقشرة الأرضية وهو ما دفع العديد من الدول والشركات النفطية العالمية للبحث عن النفط والغاز والثروات المعدنية الأخرى في البحار والمحيطات ، وخصوصاً بعد التوقعات الكثيرة التي تشير إلى احتمال نضوب النفط والغاز في الحقول المكتشفة حتى الآن على الجزء القاري خلال زمن قصير نسبياً ، وعدم امكانية الصناعة العالمية الاستغناء عن هاتين المادتين ، بالرغم من المحاولات العديدة لاستثمار مصادر أخرى للطاقة (طاقة الرياح، الطاقة الشمسية ، الطاقة النووية ،طاقة المياه) ، وأدى اكتشاف امتداد بعض المكامن النفطية على الجزء القاري داخل البحار كما في ولاية لويزيانا وكاليفورنيا عام 1930 إلى البحث عن الوسائل والتقنيات التي تمكن من استخراج هذا النفط ومعها بدأ الحفر البحري الذي شهد تطوراً سريعاً عام 1973 بعد الحظر الجزئي على تصدير النفط الذي فرضته الدول العربية المنتجة باتجاه الدول التي ساندت الكيان الصهيوني في حرب 1973 ، حيث نشطت الدراسات من قبل العديد من الدول للبحث عن مصادرها الخاصة من النفط والغاز ضمن مياهاها الإقليمية ، ونتيجة ذلك اكتشفت حقول نفطية وغازية عديدة في البحار نذكر منها:

. خليج المكسيك : يعتبر المكان الأول الذي شهد الحفر البحري وتطور التقنية والمعدات الخاصة بهذا الحفر

. بحر الشمال : وهو يعتبر حالياً من أنشط المناطق في مجال الحفر البحري

.الخليج العربي : وقد اكتشف أسفله أهم المكامن البحرية في العالم ، حيث يقدر احتياطه حالياً حوالي (68%) من احتياطي النفط العالمي المكتشف حتى الآن في البحار.

. سواحل البحر الابيض المتوسط مقابل مصر ، تونس ،ليبيا ، الجزائر ، سورية ، لبنان.

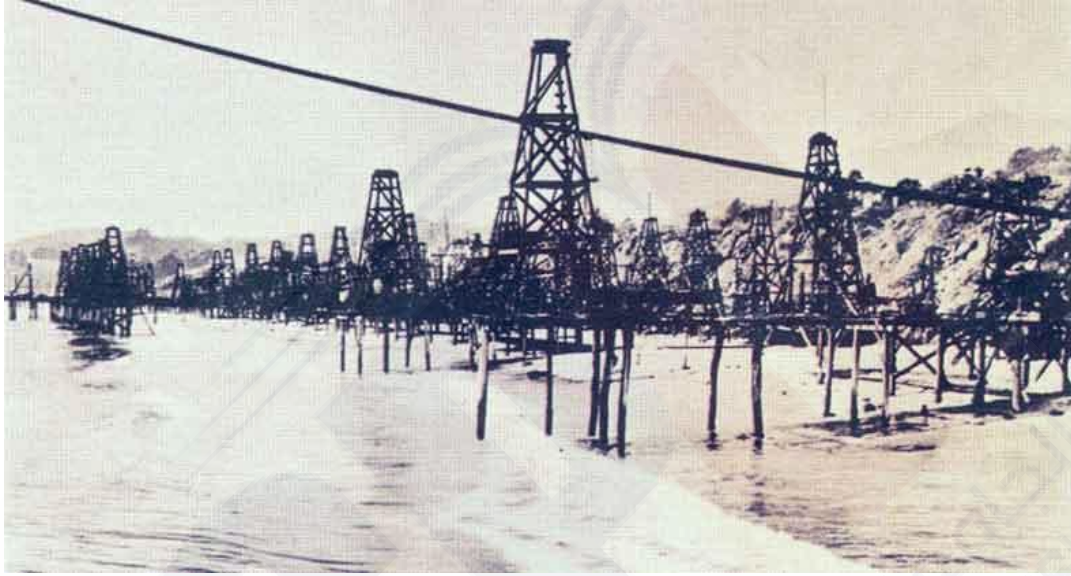
. سواحل نيجيريا على المحيط الأطلسي.

. سواحل جنوب شرق آسيا وخصوصاً الجزر الاندونيسية.

يعد استخراج النفط من البحر جزءاً من صناعة النفط لا يقل أهمية عن استخراجه من البر ، ولكنه يتطلب خبرات وتقنيات خاصة تختلف قليلاً عن تلك التي تستخدم على اليابسة، كما أن تكاليف استخراجه أكبر .

بدأت أول عمليات استخراج النفط من البحر في مرحلة مبكرة من تاريخ صناعة النفط. ومن المعروف أن أول بئر منتجة تم حفرها في العالم كانت في بلدة تيتوسفيل Titusville من ولاية بنسلفانيا في الولايات المتحدة الأمريكية سنة 1859م. وبعد ثمانية وثلاثين عاماً من ذلك التاريخ أي في سنة 1897م تم حفر أول بئر بحرية (شاطئية). فقد لاحظ المنقبون عن النفط أن النفط والغاز الطبيعي يطلقان فقاعات من الينابيع الكثيرة التي تحيط ببلدة سمرلند الصغيرة Summerland بالقرب من سانتا بربارة Santa Barbara من ولاية كاليفورنيا في

الولايات المتحدة الأمريكية، وقد جاءت الآبار التي تم حفرها هناك بنتائج طيبة وتبين أن الآبار الأقرب إلى ساحل المحيط أكثر غزارة وتنتج نفطاً أفضل، فأقام هنري وليامس L.H.Williams رصيفاً بطول (90) متراً داخل البحر حيث كانت سماكة المياه قليلة بحدود (20) قدم ونصب حفارة عليه وتمكن بها من حفر أول الآبار البحرية، ولم يمض وقت طويل حتى غص ذلك الساحل بالأرصفة والمراسي وبلغ أطولها نحو 400م في مياه المحيط (الشكل 1-1).



الشكل (1-1) أول بئر في البحر (سمرلند، كاليفورنية) نحو عام 1900

التحديات التي تواجه الحفر والإنتاج من آبار المياه البحرية :

1. تكلفة الحفر والمعدات والتركيبات الخاصة بالمياه العميقة
2. بعد مناطق الإنتاج عن مناطق الاستقبال أو المعالجة
3. تركيبات ما تحت البحر والتي تتم بدون تدخل بشري مباشر " المياه الضحلة يمكن فيها استخدام الغطس "
4. التحكم في الآبار عن بعد
5. التدخل وأعمال الصيانات والإصلاح والتفتيش الهندسي
6. العوامل البيئية والظروف الجوية
7. عوائق السيولة داخل خطوط الإنتاج "هيدريت، شمع، تراكمات مياه داخل الأنابيب"

بدأ الحفر فعلياً في المياه في ولاية لويزيانا في الولايات المتحدة الأمريكية ، حيث لوحظ استحالة تشييد طريق في دلتا المسيسيبي أو انشاء جزيرة صناعية نظراً لليونة العالية التي تتميز بها التربة اسفل المياه وكان الحل ان انشئت منصة عريضة وثبتت على الأرض بواسطة عواميد عرفت فيما بعد بالمنصات الثابتة والتي اعتبرت الخطوة الاولى في الحفر البحري ، وجرى تحسين وتطوير المنصات البحرية بحيث تتلأم وشروط المناطق البحرية التي ستعمل فيها

1-2-2. منصات الحفر البحري:

1-2-1. جزر الحفر الاصطناعية:

شكلت الجزر الاصطناعية الخطوة الثانية بعد مد الجرف القاري وتشييد طرق داخل البحر في استغلال المركبات الهيدروكربونية من مناطق تغمرها المياه السطحية.

ويتم إنشاء الجزر في المناطق الأقل سماكة بالمياه ، ويمكن استخدام الحصى والرمال في قاع البحر من المناطق القريبة للمكان الذي تشييد فيه الجزيرة ، بالإضافة إلى الكتل الصخرية الكبيرة التي تحضر من اليابسة بواسطة سفن نقل خاصة ، تعتمد هذه الجزر حالياً في المناطق القطبية خصوصاً في السواحل الشمالية لكندا حيث لا يمكن استخدام المنصات البحرية بسبب الانهيارات والتيارات الثلجية المستمرة . الشكل (1-2)

ويستغرق إنشاء مثل هذه الجزر زمناً كبيراً، إذ يتم رفعها في البداية فوق سطح الماء بحوالي ستة أقدام (1.8م) وتترك لتتعرض لفصل شتائي كامل لتحديد مدى مقاومتها بعد ذلك يتم رفعها عن سطح البحر وفقاً للشروط الجوية للمنطقة وتبعاً لشدة العواصف والرياح وارتفاع الأمواج ، علماً ان ارتفاعها عن سطح البحر هو في الغالب بحدود خمسة عشرة قدماً (4.57 م) ، وبعد الانتهاء من تشييد الجزيرة يتم الحفر عليها بشكل مشابه تماماً لما يجري على اليابسة باستثناء ان الآبار تكون موجهة لتغطية أكبر مساحة ممكنة من المكن ، إن تكاليف إنشاء الجزر الاصطناعية باهظة جداً وقد تفوق تكاليف منصة حفر بحرية ثابتة.

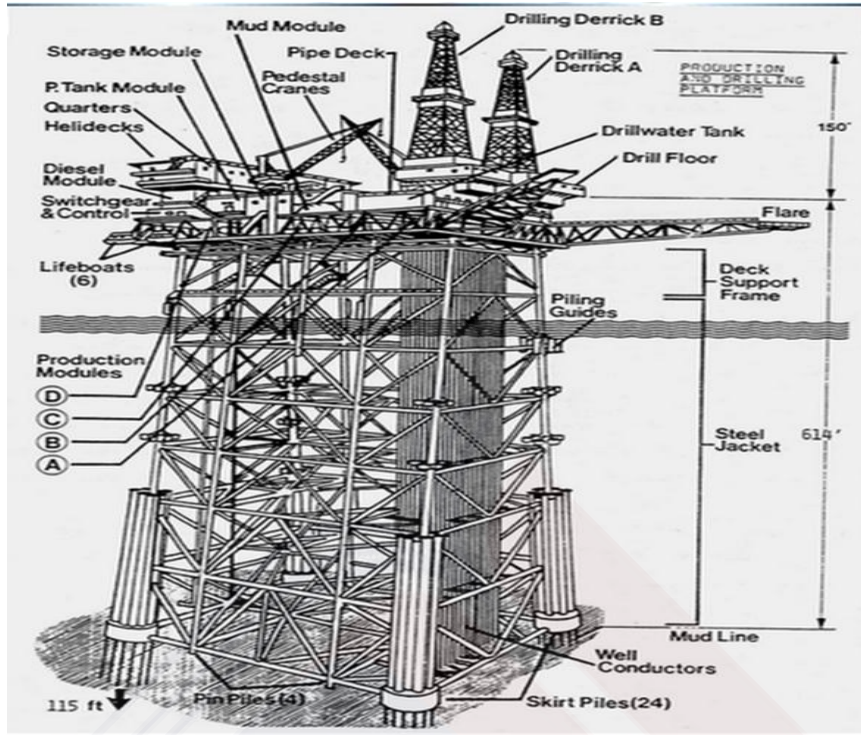


الشكل (2-1) جزر الحفر الاصطناعية

2-2-1. المنصات البحرية الثابتة (Fixed Drilling Platform) :

تستخدم في المناطق ذات السماكة القليلة للماء ، تعتبر هذه المنصات الأكثر انتشاراً في الحفر البحري وخصوصاً في البحر الكاريبي وخليج المكسيك والخليج العربي ، تستخدم كمنصات حفر في البداية ثم كمنصات انتاجية لاستثمار المكنم لاحقاً.

يمكن أن تبقى المنصات الثابتة في موقعها بعد الانتهاء من الحفر وتستخدم كقواعد للإنتاج ، حيث يتم الحفر الاستكشافي البحري بواسطة منصات متحركة وبعد تحديد أبعاد المكنم واحتياطه من النفط والغاز ، تركيب منصة ثابتة او اكثر، ويجري حفر سلسلة من الابار الموجهة على سطح كل منصة وقد يصل العدد إلى (35) بئر من منصة واحدة ، بحيث يتم توزيع شبكة من الآبار لتغطية كامل سطح المكنم المكتشف ، ويمكن أت يعمل جهازا حفر بآن واحد على المنصة البحرية الشكل(1-3)



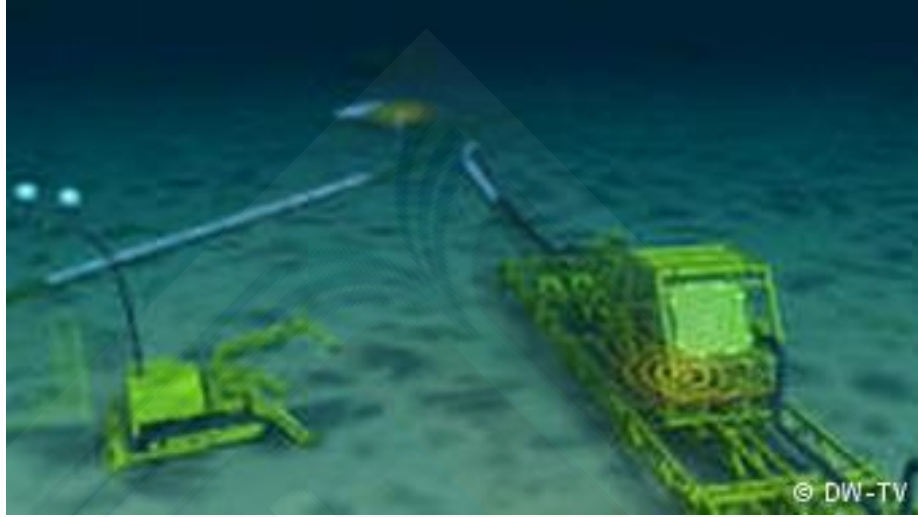
الشكل (3-1) منصة حفر ثابتة بجهازي حفر

، كما يمكن ان توضع بعض الآبار في الانتاج خلال زمن حفر العدد المتبقي منها وهنا يجب تركيب جميع معدات الانتاج على المنصات باستثناء المستودعات الكبيرة لتخزين النفط ، وبعد الانتهاء من حفر سلسلة الآبار المقررة تنتقل معدات الحفر واجهزتها المساعدة وتبقى على المنصة معدات الانتاج فقط ، ويزداد عدد الآبار التي تحفر من على كل منصة ثابتة واحدة بازدياد عمق المياه للتقليل من كلفة بناء منصات ثابتة اخرى.

3-1. الأئق المستقبلية لاستخراج النفط والغاز من قعر البحر:

منصات النفط العائمة على سطح البحر ما هي إلا جزر اصطناعية مهمتها الحفر واستخراج النفط والغاز الطبيعي من أعماق البحار. تطفو هذه المنصات على سطح البحر، بعد أن تثبت في قاعه عبر حوامل، إلا أن مخاطر الأعاصير والأمواج العاتية على سطح البحر قد تؤدي إلى عواقب كارثية كذلك الناجمة عن انفجار المنصة النفطية "ديبوتر هورايزون" التي كانت تحتوي على أكثر من ستة ملايين لتر من البترول الخام وغرقت في 20 نيسان/إبريل 2010 في خليج المكسيك، هذه الكارثة دفعت بالعلماء إلى إعادة النظر في استخدام المنصات العائمة والبحث عن بدائل، وما هي عقول المهندسين تتبنى مشروعاً جديداً اسمه "أيساب" يوصف بأنه يحد من مخاطر استخراج النفط من البحر عبر استخدام تقنيات في القاع بعيداً عن الأعاصير والأمواج الخطرة على سطح البحر الشكل (1-34)

تتحرك رافعة أوزان ثقيلة على متن سفينة تابعة لمشروع "إيساب"، قابعة على سطح المحيط الأطلسي على بعد بضعة مئات من الكيلومترات قبالة الساحل البرازيلي، والرافعة تحمل هيكلاً قفصياً وزنه بالأطنان وتتوسطه مضخة، وعبر فتحة في متن السفينة تُنزل الرافعة الهيكلَ القفصيّ في رحلة غوص أسفل سطح الماء على عمق 3000 متر.



الشكل (1-34) مشروع إيساب

يصل الهيكل القفصي إلى قاع البحر حيث تنتظره آلات ذكية، والتي ما هي سوى روبوتات غواصة تمد أذرعها الطويلة وتسحب بمخالبها الهيكل بما فيه المضخة، وتثبتها على حفرة في قاع المحيط لنقل النفط والغاز.

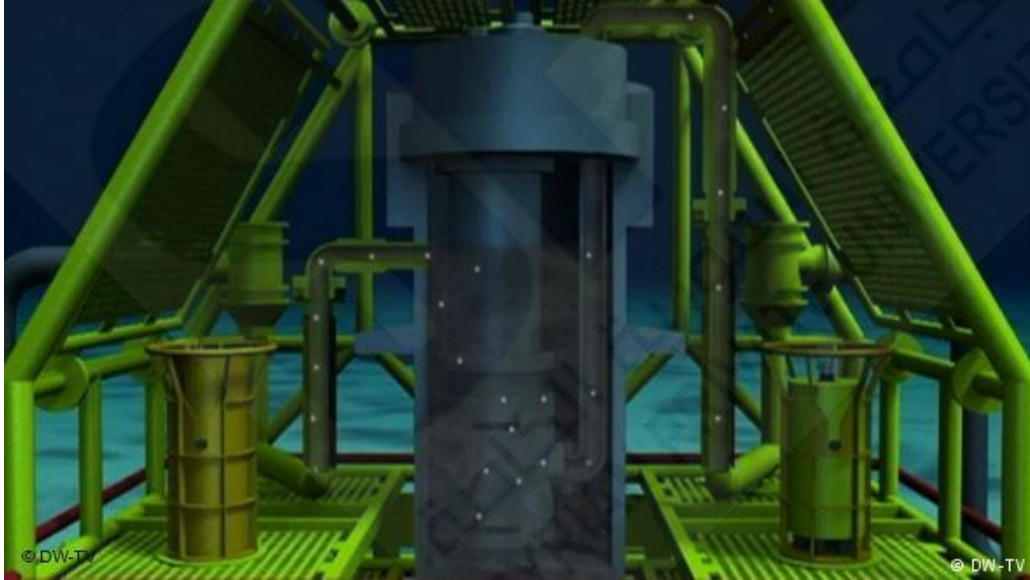
إن هذا المشهد الذي لا يكاد يُرى إلا في أفلام الخيال العلمي، ما هو إلا نتيجة جهود مجموعة صغيرة من الشركات المتخصصة والمجموعات البحثية التي يطلق على مشروعها اسم "إيساب"؛ وهو اختصار لما ترجمته "النظم المتكاملة لاستخراج النفط والغاز من قيعان البحار"، ويُعنى بتطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي تحت الماء، إنه مشهد لمصنع نفطي قابع في قاع البحر، منظر لمنصة استخراج النفط، لا يعمل فيها البشر وإنما روبوتات يتم إصدار الأوامر إليها عن بعد من غرفة تحكم في مكان ما على اليابسة، ويتواصل البشر عبر كوابل من الألياف البصرية الطويلة للغاية مع هذه الروبوتات المتحركة في قعر المحيط.

"تكمن ميزة استخراج النفط هذه في أن المرء يتخلص من العمل على سطح البحر، فعلى سطح البحر تؤثر القوة الهائلة للأمواج والعواصف، مع العلم أنه في عام 2005 وحده، تحطمت عشرات منصات النفط العائمة في خليج المكسيك بسبب الأعاصير، فضلاً عن

أن تركيب المنصات العائمة في مناطق أخرى، مثل المناطق المغطاة بالجليد، يكون صعباً جداً ضمن فترات زمنية طويلة".

أما في قعر البحر فنقوم تقنية استخراج النفط الجديدة بتركيب نفسها بنفسها بشكل ذاتي. فعلى عمق آلاف الأمتار لا يستطيع الإنسان أن يتدخل إلا عن طريق التحكم عن بعد. ولذلك فإن أجزاء المعدات ككل، والمزودة بمشابك يساوي سمكها سمك الأذرع البشرية، تتشابك ببعضها البعض، تماماً كما تلتحم مركبة فضاء بمحطتها الفضائية الأم.

قلب التقنية الجديدة هو مضخة متعددة المراحل: المضخة المتعددة المراحل هي ذاتها التي تتوسط الهيكل القفصي حيث تثبت به جيداً قبل إرسالها عبر الماء، كما يذكر أكسيل ياشكه الخبير بالتقنيات الهندسية تحت الماء والذي شارك في تطوير هذا النوع من المضخات لدى شركة بورنيمان لصناعة المضخات، ويقول ياشكه بأنه يتم غمر المضخة بهيكلها القفصي الحامل كقطعة واحدة لتصل بسلام إلى قاع المحيط. والتحدي الأكبر هو تثبيتهما الآلي بالمعدات الموجودة مسبقاً في قاع المحيط، حيث "تتحرك مشابك المضخة في وقت واحد تقريباً لتتصل بهذه المعدات، وتتداخل الوصلات كل في مكانها الصحيح". الشكل (1-35)



الشكل (1-35) المضخة المتعددة المراحل هي قلب المعدات المستخرجة للنفط والغاز في أعماق البحار

إن هذه المضخة ذاتية العمل: وتوجد عينة منها في قاعة أحد المصانع بالقرب من مدينة هانوفر الألمانية. إنها أسطوانة صلبة صفراء يبلغ ارتفاعها خمسة أمتار. وعليها تنفيذ مهمة خاصة جداً، ألا وهي: نقل مزيج من الغاز الطبيعي والنفط ومياه البحر وجليد غاز الميثان الصلب، كلها معاً كما ينبغي عليها العمل ليل نهار لمدة 24 ساعة يومياً دون توقف. لقد

استلزم تطوير هذا النوع من المضخات ذات المراحل المتعددة عشرة سنوات تقريبا، كما يذكر الخبير أكسيل ياشكه.

ولكن ماذا لو تعطلت المضخة أو أية معدات أخرى؟ فإنه يمكن توفير قطع غيار جاهزة تحت الماء، وإذا لزم الأمر يتم تبديل الأجزاء التالفة من المعدات باستخدام الروبوتات الغوّاصة".

وهذه التقنية الجديدة تمكن من استغلال احتياطيات نفط أكثر عمقاً، كان الاستخراج فيها حتى الآن غير ممكن لأنها مكلفة للغاية. ولكن تظل هناك حقيقة قائمة وهي أن مخزونات النفط محدودة. "لقد تجاوزنا ذروة سعات احتياطيات النفط بالفعل باستهلاكنا للنفط فيما مضى"، كما يقول فيديكه خبير الموارد الخامة. كما أن احتياطيات النفط الحالية التي لم يتم الوصول إليها بعد تقع أساسا في حواف القارات، وهذا يعني في المناطق الواقعة ما بين السواحل وأعماق البحار، كما هو عليه الحال في المحيط الأطلسي قبالة السواحل البرازيلية، حيث تم العثور في الآونة الأخيرة على كميات كبيرة من النفط والغاز.