الباب الاول

1-1المقدمة

إن المياه سائل لابد منه في استمرارية الحياة لجميع الكائنات الحية لذلك كان من الضروري معرفة كيفية استخراجها واستخدامها بصورة مثلى .وتوجد المياه في شكل دورة هيدرولوجية والتي تكون فيها في شكل مياه جوفية وسطحية مثل "الانهار والبحار والمحيطات والبحيرات".

وسنبحث في كيفية استخراج المياه الجوفية وهي تلك المياه الموجودة في باطن الارض في تكوينات جيولوجية والتي يمكن جمعها واستخراجها بوسائل مختلفة مثل الابار wells العيون وغيرها . لذلك نحتاج لتخطيط سليم وتصميم الآبار هو المفتاح الأساسي في تقليل تكلفة البئر والوصول الى الهدف.

قبل التصميم يجب ان يكون هنالك مخطط لحفر الابار ويشمل الدراسات الجيوفيزيائية والجيولوجية لإستكشاف الطبقات المختلفة.و تصميم البئر هو عملية توصيف الابعاد والمواد الطبيعية ومراحل التصميم هي: تحيد قطر البئر وعمقها وتحديد مساحة ثقوب المصافي وشكلها والنسبة الكلية للمنطقة المفتوحة وتحديد كمية الحصى المطلوبة ، ولأتمام عملية تصمم البئر يجب توفر معلومات اساسية basic data وهي:المعلومات الجيولوجية geological data لحفر بئر في اي منطقة مطلوب معرفة التكوينات الجيولوجية للمنطقة ويتم الحصول عليها عن طريق الاقسام الجيولوجيا في شركات الحفر ومراكز الابحاث الجيولوجية.

-معلومات عن تقارير سكاكين الحفر bit record تحتوي تقارير فأس الحفر على القطر الخارجي ونوع السكين والرقم المتسلسل والتي تعتبر معلومات اساسية لمهندس الحفر ، كما هو معروف هناك معلومات كاملة من مقاولي عمليات الحفر وتأجير الابراج ومراقبة الحفر ومعلومات التغليف المستعملة وكذلك هنالك معلومات ومواصفات كاملة حول انابيب الحفر والتثقيل وغيرها .

- معلومات جس الابار well logging ان معلومات الجس الكهربائي مهمة ومفيدة في تخطيط عمليات الحفر وتساعد في تعيين او حساب تدرج انكسارات الطبقات fracturing information التي سوف يخترقها البئر بالاضافة الى تعيين الضغوط المسامية.

1-2الاهداف

1-2-1الهدف العام للمشروع :

الحصول على بئر ذات تكلفة اقل وعمر افتراضي اطول وفترة تنفيذ اقصر

1-2-2 الاهداف الخاصة

- تطبيق الخطوات العلمية في تصميم ابار المياه الجوفية
- التكلفة الاقتصادية النهائية للبئر
- الكفاءة الانتاجية العالية مع مراعاة العمر الافتراضي للبئر (25 عام اواكثر)

1-3 منطقة الدراسة :

- **Location: Faith village – Nahoud locality**
- Coordinates: Lat12 28 17.7N, long.28 46 34.4E.

1-4 مشكلة البحث :

التعرف على طرق تصميم الابار في منطقة الفتح بالنهود .

الباب الثاني

الاطار النظري والدراسات السابقة

2-1 مكونات البئر well component

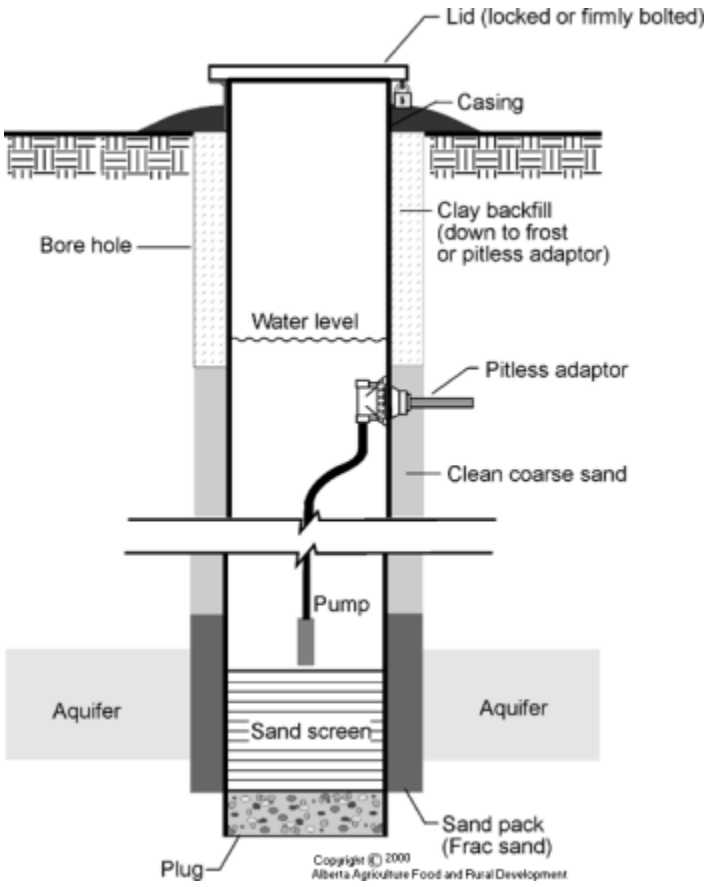
البئر هي عبارة عن حفرة في باطن الارض يستخدم لاستخراج الماء ويمكن ان تتدفق للسطح طبيعيا بعد الحفر ويعرف بالبئر الارتوازي artesian well او بالضخ بواسطة المضخات pumps ، وهذه الابار اما ان تكون عمودية او ما ئلة او افقية مثل ابار النفط وتحفر لعدة اغراض مثل استخراج الغاز والمراجعة والاستكشاف والصناعة والزراعة او التصريف والتغذية الاصطناعية والمجاري وابار الصرف الصحي . ولكي تكون البئر عاملة وجاهزة للتشغيل يجب ان يحتوي عادة على المكونات التالية :

1- انبوب الوقاية conductor casing : وهو عبارة عن انبوب معدني يوضع في الجزء العلوي من البئر ويثبت بالاسمنت وذلك للمساهمة في حماية البئر من التلوث السطحي surface contamination .

2-المضخة وانابيب السحب وتوابعها : يختار موقع البئر على حسب مواصفات التي يتطلبها البئر "شرب – زراعة – صناعة " ويتم تحديده بواسطة الهيدرولوجي وايضا بمساعة الحفار وذلك للأستعانة بالخبرة والدراسات السابقة وايضا الاستعانة بالقياسات الجيوفيزيائية اما قطر البئر يتم تحديده ليناسب كلفة الانشاء ، اما قطر البئر يتم تحديده ليناسب كلفة الانشاء والايوا لبيت المضخة ويجب ان يكون بعيدة عن جدران البئر وانابيب الحفر التغليف بحوالي 5cm وذلك من الجوانب . وبالنسبة لعمق البئر المراد حفره يعتمد على عمق الخزان وعدد الطبقات المائية الخازنة للماء وامكانية اختراقها بالكامل اي يعتمد على التوينات الجيولوجية للمنطقة التي يمكن الحصول عليها من معلومات حفر سابقة ومن دراسات جيوفيزيائية. (1)

3- انبوب تغليف بيت المضخة pumping housing casing :

1 - ويستخدم لحماية المضخة والانبوب الناقل للمياه .



شكل (2-1) يوضح مكونات البئر . (7)

2-1-1 الخصائص الهيدروليكية للخزان الجوفي هي:

-النفاذية

- الامرارية

-الانتاجية m^3/hr هي عبارة عن كمية المياه المنتجة خلال الزمن

-معامل التخزين . (5)

ملاحظات عامة:

1- نوع البئر والهدف من حفر البئر : اذا كانت بئر للدراسة تحفر بقطر صغير لتقليل تكلفة البئر

2- قطر البئر يتحكم فيه نوع الطلمبة المراد انزالها وايضا تكلفة البئر

3- نوع الفلتر والمصافي يتحكم فيه التركيب الكيميائي للمياه

4- فتحة الفلتر حسب تحليل العينات للخزان الجوفي المراد استغلاله بواسطة الغربال

5- حجم حبيبات الغلاف الحصوي حسب التحليل بواسطة الغربال

2-1-2 معامل الامان:

يعرف بمعدل الضخ الجوفي الذي لايسبب هبوط طويل الامد تفريق لمنسوب المياه الجوفية في الابار وهو يساوي متوسط معدل التفريق السنوية في الخزان الجوفي وفي المناطق الساحلية يكون معامل انتاج الامان مهدد بدخول مياه البحر .اما في المناطق ذات الموارد المحددة فان معامل الامان مهدد بانخفاض منسوب الماء. وعليه عند استهلاك الماء فوق معامل الامان يكون هناك عواقب كثيرة منها الهبوط السريع لمنسوب المياه مما يترتب عليه زيادة عمق البئر عند الشروع في التصميم وزيادة التكلفة . **(1)**

2-2 طرق استكشاف المياه الجوفية ground water exploration

استكشاف المياه الجوفية كما هو الحال في استكشاف البترول يتم عن طريق مجموعة متشابهة من الدراسات المختلفة منها دراسة الظروف المناخية والطبغرافية والجيومورفولوجية و الدراسات الجيولوجية السطحية وتحت السطحية وكذلك الدراسات الجيوفيزيائية والهيدرولوجية.

وموضوع استكشاف المياه الجوفية يتطرق او يتناول عدة محاور منها ما يلي:

2-2-1 مراحل استكشاف المياه الجوفية

وتنقسم عادة مراحل استكشاف المياه الجوفية من حيث التفاضل ونوع الدراسات اللازمة الى ثلاثة مراحل:-

2-2-2 مرحلة البحث التمهيدي:

ويكتفي هنا فقط بتجميع ودراسات الابحاث السابقة والتقارير التي كتبت عن المنطقة تحت الدراسة ، من الناحية الطبغرافية والجيولوجية – والجيومورفولوجية –والبيولوجية –والمناخية وظروف المياه السطحية وايضا دراسة التقارير الجيوفيزيائية السابقه ان وجدت . وتمتد عادتا المرحله لكي تشمل ليس فقط المعلومات والدراسات السابقة للمنطقة تحت الدراسة ولكن ايضا المناطق المجاوره والقريبة ويكون الهدف من الدراسه في هذه المرحلة هو تكوين صوره عامة عن التركيب البيولوجي لمنطقة والظروف الهيدرولوجية لها

2-2-3 مرحله الدراسات المبدئيه (الاستكشاف الاقليمي):

تبداء في هذه المرحله الدراسات الحقليه والمعمليه اللازمه لتصميم خريطه هايدرولوجيه من منطقه بمقياس رسم 1:100000او1:200000 ، اما في المناطق صعبه الدراسه التي لايوجد بها دراسات سابقه فيكتفي بتصميم خريطه هيدروجيولوجيه بمقياس رسم 1:500000 ويصاحب تصميم هذه الخرائط عمليات حفر ابار قليله او متوسطه العمق كدراسه التراكيب الجيولوجيه فهو اهم الطبقات الحامله للمياه .

وتجري عمليات ضخ تجريبي للابار لفتره قصيره وتحلل عينات المياه للحصول علي البيانات من درجه ملوحه وكيميائيه المياه .

2-2-4 مرحله الدراسات التفصيليه:

تجري الدراسات التفصيلية عادة لمساحات محدده تبرز اهميتها من خلال الدراسات المبدئية لمنطقة باكملها لتمثل مساحة البحث في هذه المرحلة جزءا بسيطا ، والهدف من هذه المرحلة هو تصميم خرائط هيدرولوجية مفصلة لمنطقة الدراسة بمقياس رسم 1:50000 او1:5000 وذلك حسب كمية الدراسات والتجارب التي امكن اجراؤها وطبيعة المنطقة .

2-2-5 انواع الدراسات المستخدمة في استكشاف المياه الجوفية:-

ان جميع الدراسات المذكوره في مراحل دراسة المياه الجوفية واللازمة لاستكشاف مصادرها يمكن اجمالها تحت نوعين رئيسيين:-

اولا: الدراسات السطحية

دراسة الظروف السطحية مثل الظروف المناخية وطبوغرافية المنطقة وجيولوجيتها ودراسة الصور الجوية هذه كلها تؤدي بطريقة او باخرى الى الحصول على معلومات عن امتداد الطبقات الحاملة للمياه وخواص تكوينها الليثولوجي واحتمالات وجود المياه فيها

i. **دراسة الظروف المناخية :**

من الضروري دراسة البيانات المناخية المختلفة للمنطقة من كمية الامطار وكمية البخر والنتح من النباتات ومعدل تغير درجة الحرارة والضغط الجوي على مدار السنة ودراسة كمية المياه المتخلخلة الى باطن الارض وتؤدي جميع هذه الدراسات الى ايضاح موازنة دورة المياه في منطقة الدراسة ،كما ان بعض الدراسات تؤدي الى حساب كميات المياه المضافة سنويا الى رصيد المياه الجوفية في المنطقة وبناءا على الدراسات الموجودة في منطقة الدراسة يمكن تصميم سلسلة الخرائط ورسومات البيانية لكل من العناصر المناخية الهامة مثل خريطة توزيع كمية الامطار وخرائط رسومات معدلات درجات الحرارة والضغط الجوي والرطوبة طوال السنة .

ii. **دراسة الظروف الطبوغرافية:**

تعتبر دراسة الظروف الطبغرافية تمهيدا لدراسة جيولوجية المنطقة ؛ وبالتالي دراسة هيدرولوجيتها .وتتم الدراسات الطبغرافية بواسطة طرق المساحة الحقلية . وبناءا عليها تصمم الخرائط ذات مقاييس الرسم المختلفة .يمكن في ظروف الدراسة الاقليمية لمناطق شاسعة تصميم الاقليم الى مناطق فيزيوغرافية كمناطق الانهار والوديان ومناطق الجبال والهضاب والبحار والبحيرات ...الخ. ويمكن ابراز ذلك على الخريطة الطبغرافية وتلعب الصور الجوية وصور الاقمار الصناعية في هذا السبيل دورا هاما جدا .

iii. **الدراسات الجيولوجية السطحية:**

تعتبر دراسة جيولوجية سطح منطقة البحث هي الاساس الذي يمكن ان تبنى عليه اي دراسة تفصيلية للمياه الجوفية . وتعتبر هذه الدراسة من الخطوات الاولى في الدراسة المبدئية . حيث ان معرفة ظروف ترسيب وتآكل الطبقات وتركيبها الجيولوجي في المنطة يمكن ان يؤدي الي استنتاج امتداد الطبقات الحاملة للمياه تحت سطح الارض ويمكن ايضا توضيح صورة عن الخواص الليثولوجية لتكوين هذه الطبقات وبالتالي عن إحتمالات وجود المياه الجوفية فيها . كما يمكن تحديد المناطق التي يمكن استقلال المياه الارتوازية فيها بواسطه ضغطها الطبيعي اي بدون استخدام طلمبات الضخ ؛ وتتم بواسط المساحة الجيولوجية المباشرة في الحقل واحيانا باستخدام الصور الجوية التي

تساعد كثيرا في هذا المجال . وبناءا علي المعلومات المستقاة من المساحة الجيولوجية تصمم خرائط جيولوجية ذات مقاييس مختلفة وايضا قطاعات جيولوجية مختلفة .

ثانيا:الدراسات التحت السطحية :

تعتمد جميع الدراسات التحت سطحية غالبا علي المعلومات التي يمكن الحصول عليها من الابار الاختبارية التي تحفر في منطقة الدراسة لهذا الغرض . وللمسح الجيوفيزيائي دور هام جدا في استنباط المعلومات التحت السطحيه وخاصة في المناطق التي لا يتوفر بها عدد كافي من الابار الاختبارية . و الدراسات التحت سطحية هي الوسايل المباشرة في استكشاف مصادر المياه الجوفية وخواص الطبقات الحاملة للمياه وتنقسم هذه الدرسات عموما الي الاتي :

الدرسات الجيولوجية تحت السطحية :

تعتمد الدرسات الجيولوجية تحت السطحية غالباً علي فحص العينات الفتاتية الماخوذة اثناء الحفر علي اعماق مختلفة بصفة دورية من الابار (Ditch samples) ؛ علاوة على فحص العينات الاسطوانية (Core samples) والتي تؤخذ من خلال مخلفات الحفر (Pitch samples) على اعماق متتالية من مراحل الحفر من البئر وذلك حسب نوع الطبقات وغالبا كل(3-5)قدم.

يتم تنظيف العينات من سائل الحفر في المعمل وتعد لدراسة تكوينها الليثولوجي تحت المجهر. كما يعد جزء منها لاستخلاص الحفريات الدقيقة لدراستها تحديد عمر الطبقات التي يخترقها البئر ويدرس العينات بالتفصيل ويتم عمل شرائح لها لدراستها واعتماد عمود ليثولوجي لكل بئر litho logicalمحدد بمقياس رسم معين يتناسب مع عمق البئر . موضحاً عليه كل التكوينات التي يخترقها البئر واعمارها الجيولوجية ان امكن . وعادة فانه تكون على نفس اللوحة التي يرسم عليها العمود الليثولوجي وبنفس مقياس الرسم يرسم عمود الخطوط الكهربية الناتجة من الرصد الكهربائي للأبار . وتؤدي الدراسات الجيولوجية التحت السطحية والاستعانة بنتائج الدراسات الجيوفيزيائية الى اعداد الخرائطالاتية لمنطقةالدراسة :

I. خريطة ليثولوجية تحت سطحية
II. خريطة كنتورية

III. خريطة سمك الطبقات Isopach map

IV. خريطة جيولوجية لتركيبة القاع الصخري

الدراسات الجيوفيزيائية:

تعتمد طرق البحث الجيوفيزيائية على دراسة الخواص الطبيعية لصخور القشرة الارضية و تسجيل البيانات المختلفة لمنطقة البحث مما قد يستنتج منه وجود تراكيب وتكوينات جيولوجية معينة تحت سطح الارض في هذه المنطقة تكون لها علاقة بتخزين المياه الجوفية كما انها قد تعطي بيانات عن مسامية الصخور في الاعماق واحياناً قد تعطي معلومات مباشرة عن وجود المياه الجوفية وخواصه ومن اهم الخواص الطبيعية للصخور التي يتناولها الدراسات الجيوفيزيائية هي الكثافة –المغنطيسية –الخاصية الاشعاعية – درجة المقاومة للتيار ...الخ . وتنقسم الدراساتالجيوفيزيائية الى :

I. مساحة جيوفيزيائية وتجري فوق سطح الارض لإختبار طبقات الارض في الاعماق

II. رصد جيوفيزيائي داخل الابار وتجري داخل الابار بعد حفرها

طرق المسح الجيوفيزيائي:

I. الطريقة السيزمولوجية

II. الطرق المغنطيسية

III. طريقة الجاذبية الارضية

IV. الطرق الكهربائية

واهم طرق المساحة الجيوفيزيائية المستخدمة في دراسة المياه الجوفية هي الطرق الكهربية ،اما بقية طرق المساحة الجيوفيزيائية فتساعد على توضيح الصورة العامة للتركيب الجيولجي. (4)

2-3 طرق حفر ابار المياه الجوفية :

توجد طرق كثيرة لحفر الابار نظرا للتفاوت في الطبيعة الجيولوجية للتكوينات من الصخور الصلبة مثل الجرانيت والدولميت الى الرواسب الغير متماسكة مثل الرمال والزلط والطمي . في كثير من الحالات يكون استخدام طريقة معينة هو السائد في اماكن محددة نظرا لقدرتها على اختراق الخزان الجوفي وبذلك نحقق وفرة في التكاليف وفي حالات اخرى تتغير طريقة الحفر طبقا لعمق البئر وقطره ونوع التربة المخترقة والاشتراطات الصحية والاستخدام الريئسي للبئر.و لهذا فانه لا توجد طريقة مفضلة لكل الظروف الجيولوجية . الحفر الناجح هو فن ناتج عن الخبرة الطويلة والاستخدام السليم للادا الهندسي وتشمل انشاءات البئر من حفر ووضع المصفاة والغلاف الحصوي والتسميت grouting لتوفير الحماية الصحية بالاضافة الى تنمية البئر لتاكيد الخلو من الرمال عند اقصى انتاج .يمكن تقسيم طرق الحفر الى عدة انواع :

1- الحفر الدقاق Cable tool or percussion
2-الحفر الرحوي Rotary drilling
3-الحفرالرحوي العكسي Reverse circulation rotary drilling
4-الحفر الرحوي الهوائي Air rotary drilling

2-3-1 الحفر الدقاق Cable tool percussion

تتم عملية الحفر في هذه الطريقة برفع وانزال فاس الحفر في البئر بشكل منتظم حيث يقوم بتكسير الصخور الى قطع صغيرة وخلطها بالماء لتصبح كسائل الحفر يتم استخراجها بواسطة الجردل او مضخة الرمال في فترات متفاوتة ويتكون عمود الحفر من :

1-فاس الحفر Drill bit

عبارة عن قضيب فولاذي يتراوح طوله من (4-8)اقدام ونهايته السفلى تكون حادة بدرجات مختلفة حسب صلابة الصخور التي يتم الحفر فيها

2-المقص Jars

يتكون من زوج من القضبان الفولازية في شكل متداخل مهمتها تخليص كمية الصدمات التي يتلقاها فاس الحفر ومعدات الحفر

3-عمود الحفر Drilling stem

يعطي وزن اضافي ويساعد على استقامة البئر في الصخور الصلبة

4-وصلة الحفر Rope socket

يربط عمود الحفر بالحبل بالاضافة الى وزن ه يعمل على زيادة الضربات ويسمح للادوات ان تدور بشكل ضعيف بالنسبة للحبل ويتم ربط هذه العناصر يتم ربطها مع بعضها بوصلات مسننة.ويستخدم الحفر الدقاق للاتي:

I. سهولةالتنقل وذلك لقلة وزنها
II. التكلفة القليلة في كل المراحل
III. الاحتياجات الانية قليلة جداً
IV. وهذه النوع قليلة الاستخدام وذلك لقلة الاعماق التي يخترقها وكثرة الصعوبات التي تواجهه عند انزال انابيب التغليف

2-3-2 طريقة الحفر الرحوي rotary drilling

يتم الحفر في هذه الطريقة بسكين الحفر المتصل بعمود الحفر عن طريق دورانها ويتم تحطيم الصخور نتيجة التأثير الاني للحمل وعزم الالتوا على فاس الحفر . فتحت تأثير الحمل ينغرس فأس الحفر في الصخور ، ثم بتأثير عظم الالتوا يكشط فأس الحفر هذه الصخور وينزعها.

مكونات الحفر الرحوي

1-فأس الحفر drill pipe

2- الرافعات elevators

3-المحركات engine

4-الطاولة الرحوية rotary table

5-ثقالات الحفر drill collars

6- المناخل الهزازة shale shaker

7-مواسير الحفر drill pipe

8-الرأس الدوار swivel

9-العمود القائم stand pipe

10- العمود المضلع Kelly

11-البكرات المتحركة traveling block

12- البكرة الثابتة crown block

2-3-3 طريقة الحفر الرحوي العكسي:

هذه الطريقه تستخدم عند حفر الابار ذات اقطار كبيره التي يكون قطرها اكبر من 18بوصه في الطبقات الهشة الغير متماسكة وهي محددة الاستعمال لانها تحتاج تصميم ابار ،وفي هذه الطريقه تكون دورة سائل الحفر عكس نظام الحفرالرحوي العادي ،بواسطة مضخه حيث ينساب السائل الي اسفل البئر بتاثير الجاذبيه الارضيه حتى قاع البئر حاملا معه فتات الحفر من خلال تجويف انابيب الحفر . وتعتبر هذه الطريقه من افضل الطرق في حفر ابار ذات الاقطار الكبيره إذا كانت الظروف الجيولوجيه تسمح بذلك .

2-3-4 طريقة الحفر الهوائي:

هذا النوع من الحفر يستخدم في الصخور المتماسكه والشبه متماسكه حيث تتحقق فيها معدلات حفر عاليه وهي مناسبه ايضا للحفر في الصخور المتشققه و المتكهفه ،وهذه الطريقه نفس طريقة الحفر الدوراني الا انها تستعمل الهواء بدلا من سائل الحفر لازالة القطع المحفوره.

تستخدم الفوؤس الصلبة المرصعة بمادة التنجستين ويستخدم تيار الهواء بسرعة 3000قدم/دقيقه، وهذه السرعة تعمل علي نظافة البئر، وقد تحتاج الي سرعه اكبر في بعض الاحيان . (2)

2-4 انابيب التغليف

تعرف على أنها غلاف من انابيب صلبة ذات أقطار محددة يتم تجميعها وإنزالها إلى حفرة البئر المحفوره حديثاً. وتعتبر تلك العملية من أهم عمليات حفر البئر كما أن إتخاذ قرار إنزال انابيب التغليف يعتبر فى بعض الأحيان قرار يحدد بشكل كبير نجاح عملية الحفر او فشلها

- **الغـــــرض مـــــن تركيـــــب انابيـــــب التغليـــــفCasing**

1- تمنـــع إنهيـــار طبقـــات الأرض الهشـــة داخـــل البئـــر وإعـــادة ردمـــه

2- تقوم بعزل طبقات الأرض التى تحتوى على على هيدروكربونات بضغوط مختلفه عن بعضها البعض

3- تمنع هروب سائل الحفر المستخدم لحفر الطبقات ذات الضغوط المرتفعة إلى الطبقات العلوية الهشة

4- يمنع دخول المياه غير المرغوب فيها سواء كانت سطحية أوجوفية

5- تأميين الحصول على بئر ذو قطروعمق معروف لتسمح لأعمال تركيب وحدات إكمال البئر

6- تسهيل نصب وتركيب المعدات المطلوبة داخل البئر

2-4-1 أنواع انابيب التغليف Casing

يمكن تقسيم انابيب التغليف إلى أربعة أنواع

1- انابيب التغليف التوجيهية Conductor pipe

ينزل الانبوب الموجه من السطح الى عمق ضحل بهدف وقاية الطبقات الغير متماسكة من التهدم والاعماق االتي يوضع فيها يعتمد على سمك الطبقة الهشة اوالطبقة القابلة للتهدم ويتم تسمييتها دائماً ويستعمل إما لإسناد انابيب التغليف التالية او معدات راس البئر او يقطع ببساطة على السطح بعد تركيب انابيب التغليف السطحية ويتراوح قطرها من $18\frac{5}{8}$ الى $21\frac{5}{8}$بوصة.

2- الانابيب السطحيةSurface casing

الغرض من أنابيب التغليف السطحيه هو عزل طبقات الأرض العلويه بعد تمام حفرها لمنع هروب مائع الحفر. ويكتسب أهميته لوجود توصيات بيئية تطالب بتركيبة على الآبار خصوصاً فى حالة الحفر على مناطق تحتوى على خزانات مياه عذبة فى الطبقات العلوية لمنع تلوثها بسوائل الحفر . غالباً ما يكون بقياس 3/8 13بوصه الى20 بوصة.

3- الانابيب الوسطى Intermediate casing

يكون ضرورياً فى حالة الآبار العميقه وقد يتم تركيب أكثر من قياس من الآنابيب فى حالة الآبار المعقده وغالباً ما يتم إنزاله قبل الدخول إلى طبقات الأرض المنتجه.

4-الانابيب الإنتاجية Production casing

يعتبر القطر الحقيقي للبئر وهو اخر انبوب يتم انزاله في البئر ويقوم بعزل منطقة الإنتاج ويصل حتى سطح الأرض حيث يتم تثبيته بالأسمنت وتعليقه فى الفلنشه السفلية لرأس البئر بإستخدام ال liner Hunger والقطر السائد له هو **9⅝"-5/86**.بوصه. ويشكل هذا النوع بيئة إنتاج البئر والذى سيقوم بإستقبال مكونات الإنتاج داخل البئر . ولكن غالبية الإبار تنتج بإستخدام أنابيب الإنتاج Production tubing

5-انبوب التغليف القاعي

لايصل هذا الانبوب الى السطح وانما يعلق على انابيب التغليف الوسطي بواسطة حامل انبوب التغليف liner hanger في حالة الاكمال بواسطة انبوب التغليف القاعي يقوم كل من انبوب تغليف الانتاجي و من ايجابياته :

i. تقليل الكلفة الكلية لأنبوب التغليف الأنتاجي
ii. تقليل تكاليف التنزيل والتسميت
iii. طول انبوب التغليف ذو قطرمنخفض يكون اقل الامر الذي يسمح باستعمال انابيب انتاجية حسب الحاجة

ومن سلبياتها:

i. اماكنية حدوث تسرب عبر حامل انبوب التغليف القاعي
ii. صعوبة الحصول على عمليات تسميت جيدة بسبب ضيق المجال بين انبوب التغليف القاعي وجدار البئر

2-4-2 ابعاد انابيب التغليف:-

تعرف انابيب التغليف بموجب خمس خواص وهي

i. القطر الخارجي لإنبوب التغليف
ii. سمك جدار او الوزن الاسمي
iii. نوعية (درجة) المواد الحديدية المصنوعة منها
iv. نوع وصل الربط (coupling)
v. الطول

2-4-3 عملية انزال انابيب التغليف:

يعتبر انزال انابيب التغليف في غاية الاهمية في حالة تواجد المياه في الخزان ويجب ان يسبق هذه العملية اعداد دقيق وفحص لاجزاء الانابيب ومعدات واجهزة الحفرواعداد البئرنفسة. يتم رص المواسيربالترتيب من اسفل امام الحفارة كما يلي:-

ماسورة حديد(sand trap) بطول حوالى 15قدم ،ثم الفلاتر (Screens) بطول حسب سمك الخزان الجوفي ،ثم مواسيرساده بطول العمق الحقيقي (Plan casing) .ترفع الماسورة الاولى بواسطة الخطاف (Hook) ويتم انزالها علي فتحة الطاولة الرحوية وتثبيتها اما بواسطة لقم (Slip) اوالقفيص لترفع الماسورة الثانية اوالفلتريربط الاولي علي الطاولة وتزاح اللقم وهكذا حتى ترتاح المواسيرعلي البئر مع مراعاة تعليق المواسير بقدم اوقدمين فوق سطح الارض .

2-4-4 اسنان ووصلات ربط انابيب التغليف: casing thread and couplings

تربط انابيب التغليف عادة فيما بينها بواسطة وصلات ربط مسننة ؛ تصنف نوعية وصلات الربط بموجب نفس الاسس التي بموجبها تصنف نوعية انابيب التغليف وخواصها الفيزيائية يجب ان تكون مساوية على الاقل للانابيب التي تربطها ، كما انها تصنف بموجب القطر الخارجي وسمك جدار النابيب التغليف التي تستعمل معها كما انها مصنفة الى قصيرة وطويلة حسب طول اسنان انابيب التغليف التي تستعمل معها او تربطها.

- **خواص المقاومة لأنابيب التغليف :strength properties of casing pipe**

الحالات التي يجب مراعاتها عند اختياراانابيب التغليف :-
1- مقاومة الشد : هذه القوى تكون بسبب وزن الانابيب وعند ذلك تسبب الشد tension او تكون بسبب الطفوية Bouyancy وعند ذلك تسبب الانضغاط Compression حالة الشد المحوري لها تأثيرين :
الاول : الميل الى سحب الانابيب نحو الاسفل
الثاني : تقليل مقاومة التطبق Collapse لانابيب التغليف الناتجة من تاثير الضغط الخارجي عليها.
2- الضغط الخارجي او حالة التطبق: ان الحمولة الناتجة بسبب الضغط الخارجي تميل الى التطبق collapse انابيب التغليف
3- الضغط الداخلي او حالة الانفجار: تسبب الحمولة الناتجة بسبب الضغط الداخلي انفجار burstingانابيب التغليف.

4–درجة التصنيع grade of casing:لقد تم تدرج انابيب التغليف على اساس مقاومة المطاوعة الدنيا ؛وهي اجهاد الشد اللازم لإنتاج تمدد طولي كافي مقداره **5%.** وعلى هذا الاساس صنف ال APIانابيب تغليف حسب الجدول (3–1) .

نوع انبوب التغليف	مقاومة المطاوعة الدنيا رطل/عقدة مربعة
F–25	25000
H–40	40000
J–55	55000
N–80	80000
P–110	110000

جدول (3–1) يوضح درجات انابيب التغليف المستخدمة في ابارالمياه

2–4–3 الادوات المساعدة لأنابيب التغليف:

I. حذا التغليف casing shoes: **هو عبارة عن وصلة صغيرة** تربط في نهاية انبوب التغليف الاول ويستخدم لمنع دخول الرواسب لأنابيب التغليف
II. **الحذا الطافي:**هوعبارة عن وصلة قصيرة بها صمام من الداخل يستخدم في حالة عملية تسمييت الابار وذالك لمنع دخول الاسمنت بعد ضخه من الفراغ الحلقي الي داخل البئرمرة اخرى
III. **السبايدر Spider** وهو عبارة عن ماسكات ذات اقطار كبيرة تستخدم في عملية انزال انابيب التغليف الكبيرة الاقطار
IV. **الرافعات casing jacks: تستخدم في مسك انابيب التغليف** اثنا انزالها بالبئر ولم يكن في مقدور محرك الوحدة في رفعها وهذه الرافعات اما تكون هيدروليكية hydraulic او عن طريق اللف (ميكانيكية).
V. **قطع التمركز centralizers**

تستخدم قطع التمركزاثناء عملية التغليف وذلك حفاظا علي استقامة هذه الانابيب داخل البئر وحتي تجعلها في منتصف البئر خوفا من الاعوجاج.

5-2 عوامل التصميم Design Factors

ان اختيارعوامل التصميم في اي مسالة تصميم يكون محدد بصورة كبيرة من قبل اربعة اعتبارات اساسية حسب (Hills)وهذه الاعتبارات هي:-

I. اعتمادية ودقة معلومات الوقاية المستعملة في التصميم فكلما كانت هذه المعلومات تقرب الي الحد الادني ، يكون بالامكان استعمال عامل تصمم اصغر.
II. درجة التشابه بين ظروف العمل وظروف الفحص المستعملة في تحديد معلومات المقاومة . اذاكانت ظروف العمل والفحص تفرض نفس النوع من الحمولة مثل:الارتطام والتعجيل ... الخ .
III. اعتمادية و دقة فرضيات الحمولة المستعمله للتصميم . ايضا كلما كانت هذه الفرضيات تقرب من الحد الاقصى الذي يصادف اثناء العمل يكون بالامكان استعمال عامل تصميم اصغر .
IV. تتابع الاخفاقات بما انها تشكل مخاطر للعاملين و زياده في الفقدان الاقتصادي .

2-6 المصافي:screens

المصافي من الاغلفة التي تستعمل في انشاء وتصميم الابار حتى يتم استغلال تلك الابارواالاستفادة منها بصورة جيدة وعن طريقها يمكن استغلال مياه الخزانات الجوفية الغير متماسكة بطريق تمنع دخول الحصى والرمال الى داخل تجويف انابيب التغليف وهي تعتبر بمثابة منفذ رئيسي لميله الخزانات المستقلة ولها انواع مختلفة واشكال متعددة تم تصميمها بطريقة علمية سليمة حتى تعطي كفاءة عالية وعمراً اطول للتشغيل. والمصافي هي عبارة عن انابيب تغليف ذات فتحات منتظمة تم تصميمها لمنطقة الخزانات الجوفية والطبقات الحاملة للمياه وهي تصنع من معادن وسبائك مختلفة ؛تمنع اوتحد من عمليات التطبق والتاكل والضغوط الداخلية عند منطقة الستخدام.

2-6-1 انواع المصافي:

تختلف انواع المصافي من حيث الفتحات ومادة التصنيع وعلى حسب ظروف المنطقة الحرارية انزال المصافي فيها واعماق الابار ونوعية الطبقات الحاملة للمياه المراد استغلالها وتركيب المصافي فيها فمنها الاتي:

i. المصافي ذات الفتحات الطويلة : وتكون في الغالب من مواسير API
ii. المصافي ذات الفتحات المقنطرة(كبري): وفي الغالب مصنوعة من الحديد المجلفن ؛ وهي سهلة التطبق Collapse في الابار العميقة
iii. المصافي ذات الفتحات المخرمة: وهي غالبا مخرمة باللحام ومصنوعة من الحديد الاسود العاري ،وفتحات غير منتظمة مما يسهل دخول الشوائب والعوالق والرمال للبئر
iv. مصافي جونسون: وهي غالباً مصنوعة من الحديد الغير قابل للصدا ، وهي ذات فتحات منتظمة وتعتبر من اكثر انواع المصافي من الناحية العملية.
v. المصافي البلاستيكية (P.V.C): وهي عبارة عن مصافي تصنع من مواد بلاستيكية بصورة جيدة تؤمن استغلالها

2-6-2 مادة تصنيع المصافي:-

في وقتنا الحالي توجد مواد عديدة تستخدم في صناعة المصافي وذلك يتوقف على ظروف المنطقة التي يتم فيها الحفر وتنقسم الى مصافي معدنية وغير معدنية منها:

i. المصافي المعدنية: ومنها المصافي المصنوعة من الحديد او الصلب العادي ؛ وهي عبارة عن مصافي قد تكون كلها من الحديد الخالص المتانة وفي بعض الاحيان تكون جزئياً حديد صلب بالاضافة لمواد اخرى
ii. مصافي المونيوم : وهي مصافي صنعت تفادياً للنشاط المسبب للصدأ وقد استخدمت بنجاح في بعض الظروف ولها عيوب من اشهرها التفاعلات الكيميائية في باطن الارض.
iii. مصافي من الصلب الغيرقابل للصدأ (جونسون): وهي عبارة عن مصافي جونسون وتمتازبانها ذات فتحات منتظمة ،وهي مصنوعة من حديد غيرقابل للصدا وتستخدم في المياه ذات النشاط الفعال المسبب للصدا؛ كما يمكن استخدامها في اعماق بعيدة تحت اي ظروف الا ان العيب الوحيد هوارتفاع اسعارها وذلك مما يحد مدة استخدامها اقتصاديا.
iv. مصافي يدخل في تصنيعها النحاس:يدخل في تصميم بعض المصافي سبائك نحاسية وذلك لترشيح المياه الداخلية الي فتحات المصافي من الرمال. (3)

2-6-3 معايير اختيار قطر المصافي :-

يعتمد قطرالمصفاه علي انبوب بيت المضخة وهذه المعاييرطبقا لحالة البئر.

i. في البئرذات الغلاف الحصوي الكامل (Gravel envelope):فانه من المفضل ان يكون قطرالمصفاة مساويا لقطر انبوب تغليف بيت المضخة ،
ii. في البئر ذات الغلاف الحصوي الجزئي (Partial gravel envelope well).ان يكون قطرالمصفاه مساويا لقطر انبوب تغليف بيت المضخة
iii. المصافي في الابار التلسكوبية :يكون قطرها اصغر ب10cmمن القطر الداخلي لغلاف بيت المضخة
iv. البئر ذات التنمية الطبيعية ،وهي التي لاتحوي غلافا حصويا ويتم تحضير ه فى الموقع فاذاتم تجهيزالبئر بغلاف واحد علي كامل عمق البئر فانه يكون للمصفاة نفس قطر غلاف بيت المضخة ويمكن اجراء تخفيضات بحوالي 15to10cmاذاكان مطلوبا،

v. في البئر ذات التنمية الطبيعية وفي حالةعدم وجود غلاف(Open hole) فان المصفاة توضع في حفرة البئر ويكون قطرها اقل بحوالي 10cmمن قطر حفرة البئر خاصة اذا تم تركيب المصفاة يدويا ،امافي حالة التركيب الالي فيكون القطر اقل بحوالي 5cm.

2-6-4 اطوال المصافي و مواقعها :

العامل التصميمي المهم الذي يؤثر بشكل مباشر على انتاجية البئر هو سماكة الخزان الجوفي المشبع بالماء ، ومن ثم طول المصفاة الذي يخترق هذه السماكة المشبعة . لذلك فان طول المناسب للمصفاة يتم اختياره على اساس سماكة الخزان الجوفي وطبقاته ومقدار الهبوط. ففي الخزان المحصور confined aquifer المتجانس يكون طول المصفاة حوالي (55%الى 70%) من سمك الخزان وافضل موقع لهذه المصفاه هو ان توضع في الجزء العلوي من الخزان الجوفي. وفي حالة الخزان الجوفي المحصور غير المتجانس فان افضل موقع للمصافي هو الصخور الاكثر مسامية.

ومن فوائد تصميم الفلاتر زيادة السعة النوعية للبئر وخفض المواد الصلبة المنقولة مع الماء وخفض عمليات التآكل والصدا عند استخدام مصافي ذات ثقوب كبيرة.

2-7 الغلاف الحصوي gravel pack

المقصود به وضع الخليط الحصوي المتدرج للحجم في الفراغ الحلقي ليكون غلافاً محكماً حول المصافي في البئر.

يعتمد نجاح عملية وضع الغلاف الحصوي كما يلي:

i. ينبقي الا يقل سمك الغلاف الحصوي عن اربعه بوصات علي الاقل .
ii. استخدام خليط متجانس من الحصى.
iii. ان تكون مجموعة المصافي متوسطة في ثقب الحفر تماما ليكون الغلاف الحصوي محكم.

2-7-1 الخطوات الاساسيه لاختيار حجم حبيبات الغلاف الحصوي (الفلتر):
تشمل الخطوات ما يلي:-

1- تأخذ عينات ممثله من مختلف التطوينات الجيولوجيه من الحفارة مباشره بعد التأكد من اعماقها الحقيقيه وعدم اختلاطها بالطبقات العلويه .

2- تجري التحليل الحبيبي (size analysis) للعينات بعد تجفيفها .

3- معرفة المعامل $u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$

4- ترسم علي ورقه شبه لوغريثمي منحنى التحليل الحجمي للعينات خاصه التي سوف يتم عندها تركيب المصفاة.

5- نضرب القطر ذا (D_{50}) للتشكيل الجيولوجي ب4 الي 6 فنتحصل علي D_{50} للفلتر.

6- من هاتين النقطتين $6 * D_{50}$ و $4 * D_{50}$ نرسم منحنيين موازيين لمنحنى التحليل الحبيبي للتشكيل الجيولوجي.

7- يشار للنسب المئويه الماره عند النقاط التي يتقاطع عندها منحني التدرج الحبيبي للفلتر مع ثقوب فتحات المنخل المناسبه لتحديد وحدة النسب الماره المناسبة.

8- نختار الحصويات المتوفره التي تقع ضمن المنحنيين المرسومين داخلهما.

2-7-2 وضع الغلاف الحصوي:-

ان وضع الغلاف الحصوي هو اخر مرحلة من مراحل تصميم الغلاف الحصوي واول مرحلة في تطوير البئر .هنالك ثلاث طرق لوضع الغلاف الحصوي في حالة الابار المحفورة بواسطة الحفاره الرحويه او بالدوران (Rotary drilled wells) .

i. طريقة السكب لمادة الغلاف الحصوي في الفراق الحلقي (من السطح) .
ii. طريقة وضع الحصي عن طريق انبوب التغذية.
iii. طريقة الضخ خلال المعبر الثانوي (crossover) .

هذه الطرق الثلاث يمكن ان تستخدم مع تجهيزات الدوران المباشر و العكسي ،ومن المفضل التزويد بسائل الحفر اثناء عملية وضع الحصويات عدا الحاله التي يستخدم فيها المعبر الثانوي السفلي (crossover sub) .

3-7-2 عملية السكب:-

يوضع الحصي غالبا في حالة الابار العميقه والمتوسطة العمق الاقل من 1000ft بالسكب .تكون عملية السكب بطيئة لكن مستمرة لاسفل الفراغ الحلقي بين حفرة البئر وجدران المصفاه، وتكون معاكسة لعملية رجوع سائل الحفر . وفي الابار المحفورة بطريقة الدوران العكسي reveres rotary method ؛ فان الحصى يسكب احيانا في الفراغ الموجود بين جدار حفرة البئر والمصافي مع حركة سائل الحفر ويمكن المحافظة علي حركة دوران السائل بوضع انبوب حفر مفتوح النهاية قرب قاع المصفاه، ومن ثم ضخ السائل من هذا الانبوب .

4-7-2 وضع الغلاف الحصوي عن طريق انبوب التغذية feed pipe

ان الطريقة السابقة يكون استخدامها محدودا بسبب الفصل الحبيبي لمواد الحصي الذي يمكن ان يحدث ، ونادرا ما يحصل الفصل الحبيبي عند وضع الحصي الخشن اتثبيت التشكيل الجيولوجي ، فإذا كانت خواص سائل الحفر جيدة ومناسبة وكانت إضافة الحصي ببطء وبإستمرار فإنه يمكن إستخدام الطريقة عند إستخدام مواد فلتر ناعمة ؛ كما أن الفصل الحبيبي يمكن ان يحدث أثناء نقل الحصي و معالجتة اكثر من حدوثه اثناء وضعه .

وهذه الطريقة تستخدم في الابار الاعمق من 1000 ft ؛ كما يمكن استخدام هذه الطريقة للابار الضحلة اذا كان غلاف بيت المضخة طويلا خوفا من تجمع الحصويات في الفراغ الحلقي ، ومنع الحصويات الاقرب من المرور الي الاسفل .كما توجد إضافة للطرق السابقة طرق تقليدية لإنزال الغلاف الحصوي .

2-7-5 طريقة حساب الغلاف الحصوي :-

$$v = \frac{11}{4}$$

v=حجم الغلاف الحصوي.

D=قطر البئر.

d=قطر انابيب التغليف.

l=طول نطاق الغلاف الحصوي.

2-7-6 فوائد الغلاف الحصوي :

I. ذو اهمية في تصميم الآبار .
II. زيادة الإنتاجية .
III. يمنع دخول الرمال .
IV. يقلل صدأ فتحات المصافي .
V. يقلل من معدل التآكل . (4)

2-8 التسميت

يفهم من تسميت الابار وضع الاسمنت في منطقة معينة من الفراغ الحلقي بين انابيب التغليف وجدران البئر الداخلي وهو خليط في حالة سائلة مكونة من اسمنت والماء واحيانا مواد اخرى مكونا فيما بعد حجر اسمنت وان الهدف من عملية التسميت هو:

1 -عزل الخزانات المالحة اوالملوثة من الخزانات الصالحة
2 -حماية انابيب التغليف من ظاهرة التآكل
3 -حماية الخزانات الجوفية من التلوث
4 -تقوية انابيب التغليف اثناء عملية shooting
5 -يساعد في تماسك انابيب التغليف
6 -يعمل على تأمين والاسناد الميكانيكي لأنابيب التغليف توزيع الحمولة
7 -يعمل على حماية انابيب الانتاجية اثناء الحفر بالدقاقة لطبقة غير ثابتة

2-8-1 فحص وتصنيع مكونات الاسمنت

تتكون البدرة الأسمنتية من الصخور الجيرية والطينية بالإضافة الى التي تتواجد فيها كربونات الكالسيوم بنسبة عالية ؛ ويتم سحق وتجفيف هذه المكونات واضافتها مع بعضها البعض بنسبة معينة ويعرف الناتج في هذه المرحلة بمغذي الفرن ثم يوضع داخل الفرن بدرجة حرارة (2600-2800)درجة مئوية حيث تبدا عمليات التفاعل الكيميائي بين مكوناته ناتجا يسمى كلنكر clinker ثم يبرد بالهوا ومن ثم يخزن لفترة معينة؛ واخيرا يطحن الكلنكر مع كمية معينة من الجبس ومواد اخرى لتكزن منتج جديد يسمى الاسمنت cement والهدف من اضافة الجبس Caso.2Ho السيطرة على وقت التصلب وخواص الصلابة لمعجون الاسمنت

2-8-2 أصناف وانواع الاسمنت classes and type of cement

لقد صنف معهد البترول الامريكي API تسعة انواع من الاسمنت على اساس عمق وظروف البئر الذي يتم تسمييته وهي كما يلي:

1 -صنف A مخصص لإستعماله من السطح حتى عمق 6000 قدم ولا تحتاج لخواص معينة للاسمنت متوفر بنوعية الاعتيادي
2 -صنف B: ويستعمل من السطح حتى عمق 6000 قدم عندما تحتاج لمقاومة متوسطة الى عالية ضد الكبريتات ومتوفر بنوعيه المتوسط والعالي المقاومة للكبريتات

3 ـصنف C: يستعمل من السطح حتى عمق 6000قدم عندما تحتاج لمقاومة مبكرة عالية . ومتوفر بنوعيه المتوسط والعالي المقاومة للكبريتات

4 ـصنف D: يستعمل من عمق 6000قدم الى 10000قدم عندما يحتاج مقاومة متوسطة وعالية الحرارة والضغط . متوفر بنوعيه المتوسط والعالي المقاومة ضد الكبريتات

5 ـصنف E: يستعمل من عمق 10000 الى 14000قدم في ظروف متوسطة وعالية الحرارة والضغط. ومتوفر بنوعيه المتوسط والعالي المقاومة للكبريتات

6 ـصنف F: يستخدم حتى عمق 10000 الى 16000قدم في ظروف حرارة وضغط عاليين جدا. ومتوفر بنوعيه المتوسط والعالي المقاومة للكبريتات

7 ـصنفG :يستعمل من السطح حتى عمق 8000قدم بموجب خواص التصنيع إلا انه بالإمكان تغطية مجال واسع من عمق ودرجة حرارة في حالة اضافة مبطئات التصلب عند التصنيع . هذا الصنف من الاسمنت يضاف اليه الجبس او الماء او كليهما فقط اي الكلنكر ولا تضاف اي مادة اخرى ؛ومتوفر بنوعيه المتوسط والعالي المقاومةللكبريتات

8 ـصنف H: يستخدم من السطح حتى عمق 8000قدم بموجب خواص التصنيع إلا انه بالإمكان تغطية مجال واسع من عمق ودرجة حرارة في حالة اضافة مبطئات التصلب عند التصنيع . هذا الصنف من الاسمنت لايضاف اليه الجبس او الماء او كليهما فقط اي الكلنكر ولا تضاف اي مادة اخرى ؛ومتوفر بنوعيه المتوسط والعالي المقاومة للكبريتات

9 ـصنف J: يستخدم حسب التصنيع من عمق (12000 الى 16000) قدم في طروف حرارة وضغط عاليين جدا وكذلك بالإمكان الإستعمال مع مبطئات التصلب لتغطية مجال واسع من درجة الحرارة والضغط ولا يستعمل معه مبطء سوى كبريتات الكالسيوم او الماء او كليهما عند التصنيع.

2-8-3 فحص نوعية الاسمنت cement fineness

يجب فحص عينة الاسمنت قبل استعمالها لتسميت الابار ويمكن تصميم نوعية الاسمنت بصورة غير مباشرة عن طريق القياسات التالية:

1 ـالزمن الإبتدائي للتصلب initial setting time

يتم قياس الزمن الابتدائي للتصلب بواسطة جهاز يسمى vacate wheedle وذلك بقياس عمق اختراق ابرته لملاط مكون من الاسمنت والماء بنسبة وزنية 5 في ظروف درجة حرارة قدرها 140 فهرنهايت.

ويعرف بالوقت اللازم الذي تمتلك بعده خلطة الاسمنت تماسكيه معينة بحيث ان ابرة الجهاز لاتخترق النموذج كليا ودائما تبقى 3-5ملم فوق القاعدة السفلى ويعتبر الاسمنت ذو نوعية جيدة اذا كان الزمن الإبتدائي للتصلب يتراوح بين 95-140دقيقة اعتبارا من بدء تحضير خلطة الاسمنت

2 -الزمن النهائي للتصلب final setting time

يقاس الزمن النهائي للتصلب بنفس الجهاز اعلاه ويعطي مؤشرات حول زمن تصلب خلطة الأسمنت بحيث يكون بالإمكان إعادة استمرار عمليات حفر البئر . ويعرف زمن التصلب النهائي بالزمن المستغرق من بدء تحضير خلطة الاسمنت لحين وصوله الى حالة يتعذر على الإبرة اختراق خلطة الاسمنت . يعتبر الاسمن جيد اذا كان وقت وقت تصلبه النهائي بعد 45دقيقة كحد اقصى بعد زمن التصلب الإبتدائي

3 -نعومة الاسمنت

تعرف نعومة الاسمنت بالمساحة السطحية (سم المربع/جرام) وحدة اسمنت مقاسة بواسطة الغربال screen ويعتبر الاسمنت جيدا اذا لم يبقى منه اكثر من 1% في غربال ذو 0.03 فتحة للبوصة المربعة الواحدة

4 -الوزن النوعي لخلطة الاسمنت Specific gravity of cement salary

يعتبر الاسمنت جيد اذا كان الوزن النوعي لخلطة الاسمنت مكون من ماء واسمنت بنسبة وزنية قدرها 0.5 ويتراوح بين 1.8و1.84

5 -الماء الحر (الإستقرارية (Free water (stability

يعتبر الاسمنت جيد اذا كانت كمية الماء الموجودة لاتزيد عن 1% من حجم الخلطة الكلية (2.5-3)سم بعد ترك الملاط هادئا لفترة ساعتين وتحت ظروف المختبر

6 -ترشيح ملاط الاسمنت Filtration of cement slurry

يقاس ترشيح خلطة الاسمنت بنفس اسلوب قياس ترشيح سائل الحفر ويعتبر الاسمنت جيدا اذا كان حجم الراشح لخلة الاسمن من الماء الاسنت 0.5 لايزيد عن 850سم مكعب مقاس بجهاز بارويد في زمن 30 دقيقة و100 رطل/بوصة المربعة ؛يجب ان تكون الترشيح قليلا لكي لايؤثر على الطبقات المنتجة وعلى الاخص لكي لايؤدي الى حدوث تماسكية عالية لخلطة الاسمنت الأمر الذي يؤدي الى زيادة الضغط في المضخات وفي بعض الاحيان الى ايقاف الدوران

2-8-4 تميؤ الاسمنت Hydration of cement

عند وضع خلطة الاسمنت في الفراغ الحلقي حول انابيب التغليف يتعرض الى فرق ضغط عالي باتجاه جدران البئر ويبدأ فقدان الاء في الصخور بسبب نزع الماء Dehydration والتبخر

وتشكل المركبات المائية بنيان بلوري متشابك الذي يربط بجدار البئر من جهة وبانابيب التغليف من جهة اخرى وهذا الترابط يعتمد على نوعية السطح المراد تسميته مثلا يرتبط الاسمنت ع الصخور عن طريق نمو عملية البلورة حيث ان فراغ المسامات تتشابك مع عمود الاسمنت الرئيسي عن طريق نمو البلورات ؛ كما ان الاسمنت يرتبط بالسطح الخارجي لأنابيب التغليف عن طريق ملء فراغات الحفر الموجودة في جسم انابيب التغليف ووصل الربط

2-8-5 نسبة الماء للأسمنت Water ratio in cement

تؤثر نعومة الاسمنت على الكثافات الدنيا والقصوى لخلطة الاسمنت؛ وتعرف كمية الماء الدنيا لأي صنف من الاسمنت بتلك الكمية الممكن استعمالها والتي لاتؤدي الى تكوين خلطة اسمنتية ذو تماسكية اكثر من30 بوصة مقاسة بجهاز هاليبيرتونHalliburton .

اما كمية الماء القصوى هي تلك الكمية التي تمزج مع الاسمنت بدون ان تسبب إنفصال اكثر من 2.5 ملليتر من الماء بعد ترك خلطة الاسمنت هادئا لمدة ساعتين تحت الظروف المختبرية في انبوبة مدرجة سعتها 250مل

2-8-6 معدات التسميت Cementing equipment

تستعمل العديد من المعدات السطحية وتحت السطحية في عمليات تسميت الآبار بهدف مساعدة العاملين على التنفيذ ومن هذه المعدات نذكر مايلي:

1 رأس التسميت Cementing head

توجد عدة انواع منو رؤوس التسميت لتحقيق الرابط بين خطوط (انابيب) مضخات التسميت ومضخات سائل الحفر من جهة انابيب التخليف المطلوب تسميته من جهة ثانيه .

يحتوي راس التسميت علي غطاء سريع التبديل بحيث يمكن فتحه او ابعاده اذا طلب اطلاق او اسقاط سدادات المسح wiper pugs يدويا بدلا من استعمال صمامات الحجز ، ويسعمل عادة نوعين من راس التسميت ؛ اما النوع الاول فهو راس التسميت ذو السداد المنفرد اي يحتوي علي صمامين للحجز، النوع الثاني فهوراس التسميت ذو السدادين بحيث يحتوي نابض مقوس bow spring متصل برافعة lever

2 -الحذوة الدليلية guide shoe

تستعمل الحذوة الدليلية لتوجيه انابيب التغليف عند تنزيله داخل البئر وبالامكان ان يكون وصلة انبوب بسيطة مدببة النهاية او علي شكل قاطع cutter .

3 -معدات خلط الاسمنت :

i. مضخة تستخدم في ضخ الخلطة في البئر
ii. مستودع يستخدم لجلب الماء
iii. جهاز خلط من النوع النفاث
iv. شريط قياس

2-8-7 ممركزات انابيب التغليف Casing centralizers

في معظم الحالات لا يكون انبوب التغليف متمركزا في داخل البئر لان لا البئر ولا انبوب التغليف يكونان ذا استقامه مطلقة لذلك تكون انابيب التغليف علي تماس مع جدران البئر او كيك الطين المتكون اثناء عملية الحفر تساعد علي الممركزات عند وضعها بصوره ملائمة علي نجاح عملية التسميت عن طريقة :

- لوضع انبوب التغليف في مركز البئر
- تسمح بتوزيع متساوي للضغط الهيدرو ستاتيكي في الفراغ الحلقي
- تساعد علي ابعاد انبوب التغليف عن مقعد الخابور keysets
- تساعد علي ازاحة كيك الطين وابعاد امكانية تكوين قنوات داخل خلطة الاسمنت

سدادات المسح: wiper plugs

وتستعمل للحد من تلوث خلطة الاسمنت بطين الحفر ويتم تنزيلها داخل انابيب التغليف قبل وبعد خلطة الاسمنت . تصنع سدادات المسح من الالمونيوم المسبوك مع جسم خارجي من المطاط وبذلك تكون سهلة الحفر ، تصنف الي نوعين :

- علوية top plug
- قاعية Bottom plugs

2-8-8 طرق التسميت :-

1 -التسميت بمرحله واحدة single stage cementing

تستعمل عادة هذه الطريقه لتسميت انابيب التغليف السطحية والقصيرة حيث يتم تحضير خلطة واحده من الاسمنت وتضخ داخل انابيب التغليف السطحية بعد اكمال تنزيل انابيب التغليف داخل البئر يتم تدوير سائل الحفر الموجود بهدف تجانسه ومن ثم ينزل سداد المسح القاعي وبعده يتم ضخ الفاصل المائي وخلطة الاسمنت علي التوالي ؛ وباستمرار الضخ يدفع خلطة الاسمنت سداد المسح القاعي لحين طفؤه وباستمرار الضخ يتم تمزيق غشاء سداد المسح القاعي وبذلك يسمح بمرور الخلطة الاسمنتية من خلاله باتجاه الفراغ الحلقي ، يتم انزال سداد المسح العلوي ويباشر بضخ سائل الحفر الذي يوضع سداد المسح العلوي عند الاسفل سامحا لخلطة الاسمنت باخذ موضعه حول انابيب التغليف في الفراغ الحلقي ، تعتبر عملية التسميت متشعبه عند جلوس سداد المسح العلوي علي سداد المسح القاعي

2 -التسميت من خلال عمود الحفر cementing through drilling string

وتستعمل بهدف التقليل التلوث خلطة الاسمنت بسائل الحفر الي الحد الادني ويستعمل فيه عمدان الحفر لازاحة الاسمنت خلف انابيب التغليف . يجهز عمود الحفر في اسفله بالة ربط stinger والتي تدخل في سن مانع للتسرب sealing sleeve الموجود اصلا في قاع الحذوه الدليلية قبل المباشرة في عملية التسميت ينزل عمود الحفر مع الة الربط داخل انبوبة التغليف ويربط عمود الحفر من نهايته السفلى بالحذوة الدليلية ؛ ومن ثم يتم تدوير سائل الحفر لغرض لتجانسه وبعدها يتم ضخ الفاصل وخلطة الاسمنت علي التوالي من خلال عمود الحفر لحين وصول خلطة الاسمنت لموضعه حول انابيب التغليف

3 -التسميت المتعدد المراحل :

يتم ضخ ملاط الاسمنت فيها علي اكثر من مرحلة وكل مرحلة تعطي منطقة معينة من الفراغ الحلقي ؛ وفي المرحلة الاولى فقط يمر خلطة الاسمنت من خلال الحذوة الدليلية وتستخدم في انابيب التغليف الطويلة بهدف :

a. تحليل الضخ الكلي عند تسميت الابار العميقة التي تتطلب كميات كبيرة من ملاط الاسمنت
b. تحليل الضغط الهيدرو ستاتيكي الناتج من عمود خلطة الاسمنت
c. السماح بالتسميت الانتقائي selective cementing
d. تسميت الابار التي من المتوقع ان يصادف فيها درجات حرارة عالية والتي تقلل من زمن التثخين
e. السماح بتسميت طول عمود التغليف
f. تستعمل في الحالات التي تتطلب إستعمال عدد من وحدات التسميت التي لا يسعها المجال الموجود حول جهاز الحفر بهدف إيوائها

4 -التسميت بواسطة الدوران العكسي Cementing reverse circulation

وفيه يتم ضخ ملاط الاسمنت وسائل الازاحة مباشرة في الفراغ الحلقي لتحيق ذلك من الضروري سد الفراغ الحلقي على السطح بأحكام

5 -تسميت انبوب التغليف القاعي liner cementing

نعني به ذلك العمود القصير الذي لايصل الى السطح ويعلق في نهاية انابيب التغليف بواسطة اداة تعليق Hunger يتم تسميته بواسطة ضخ ملاط الاسمنت من خلال عمود الحفر وانبوب التغليف القاعي وفي النهاية ازاحته خلف عمود البطانة القاعي وفوق اداة التغليف مباشرة .في التطبيقات الحقلية تعتبر من اكثر عمليات التسميت صعوبة حيث غالبا ما يحدث تسرب عبر اداة التغليف او عبر المناطق المبطنة بواسطة العمود

2-8-9 الصفات الواجب توفرها في الخلطة الاسمنتية:

1 -ن تقاوم عمليات التشقق الهيدروليكي
2 -ن تقاوم التآكل من قبل المواقع الموجودة في الطبقات
3 -ن تكون ذات مقاومة انضغاطية وشد كافي لتثبيت الأنابيب
4 -ن لايحدث تغير في الحجم مما يؤدي الى تقليل قوة الترابط بين جدار البئر والأنابيب

2-8-10 الأعمال الختامية في عملية التسميت:

1 -مراجعة جودة عملية التسميت (مراجعة الطول الحقيقي للمسافة المسمتة) .

2 -مراجعة الأحكام ضد التسرب (يحفر كوب الاسمنت) .

3 -تصميم جودة التصاق حجر الأسمنت (بواسطة التسجيلات الصوتية) . (3)

الباب الثالث

طريقة تنفيذ البحث

تم الحصول علي بيانات بئر من شركة اعمال قندوانا للدراسات الجيولوجية والحفر وذلك لتوضيح مثال لتصميم البئر واكمالا لخطوات التصميم الموضحة في الابواب السابقة في هذا المشروع (التي تم الحصول عليها من المراجع المختلفة التي تتعلق بالتصميم ، وكذلك من الشبكة العنكبوتية) ان تصميم البئر ونجاحه يعتمد على طريقة الحفر المتبعة والخصائص الجيولوجية والهيدرولوجية للمنطقة والتي يتم الحصول عليها من الدراسات الجيوفيزيائية التي تسبق عملية الحفر؛ وايضا من خلال العينات المأخوذة من داخل البئر .

وتم حفر البئر بطريقة الحفر الدقاق cable-tool drilling .

وتم استخدام انابيب تغليف عادية ومصافي جونسون ووضع الغلاف الحصوي من القاع حتى عمق 536 قدم .والتسميت موضوع من السطح حتى نهاية انبوب الحماية وهي لتثبيت انابيب التغليف ومنع البئر من التلوث. والمصافي كانت بطول 40 قدم ،موضوعة حسب المعلومات الجيولوجية لتكوينات الخزان الجوفي وذلك لزيادة انتاجية البئر .

وتم استخدام 20 قدم من القاع hanging وهي مملوءة بالحصى و14 قدم كsand trap وهي تستخدم كمصيدة للرمال الناعمة التي تدخل البئر عبر المصافي او اثناء عملية الضخ التجريبي لتقدير انتاجية البئر او اثناء عملية التنمية .

Location: Faith village – Nahoud locality

Coordinates: Lat12 28 17.7N, long.28 46 34.4E.

Date of drilling: 11/21/2006 cased depth: 600feet

S.W.L: 480feet Total depth: 620 feet.

Litho logical description

Depth feet	Thickness feet	Litho logy
0 – 60	60	Superficial deposits; clayey sand, lateritic soil, brown.
60 – 65	5	Gravelly sand, coarse quartz gravel, whitish brown.
65 – 75	10	NSS. Mudstone, brown.
75 – 85	10	Sandy mudstone, light brown.
85 – 90	5	Sandy mudstone, reddish brown.
90 – 110	20	Mudstone, brown.
110 – 115	5	Breccia, angular quartz gravel, homogeneous, whitish.
115 – 145	30	Muddy sandstone, fine to med. Sand grains, light brown to gray.
145 – 160	15	mudstone, dark brown.

160 −170	10	Sandstone with some clay content, fine sand grains, light brown.
170 − 185	15	Ironstone, laterite, reddish brown.
185 − 215	30	Mudstone, koalinized, light gray.
215 − 300	85	Ironstone, laterite, reddish brown.
300 − 320	20	Sandy mudstone, light gray.
320 − 365	45	Sandy mudstone, with some few fine sand grains, light gray.
365 − 370	5	Gravelly sandstone, (Breccia) angular gravel, whitish to gray.
370 − 380	10	Sandstone, fine to med. Sands, ill sorted, light brown.
380 − 385	5	Mudstone, with some quartz gravel, whitish.
385 − 390	5	Sandstone, fine to med homogeneous, light gray.
390 − 420	30	Sandy mudstone, fine sand grains, light gray.
420 − 455	35	Mudstone, laterite, reddish brown.
455 − 470	15	Mudstone, with some fine sand, gray.
470 − 475	5	Gravelly sandstone, fine to med quartz gravel, angular to sub angular, whitish.
475 − 480	5	Sandstone, fine to med grains, well sorted, rounded, whitish.
480 − 485	5	sandstone, med to coarse, ill sorted, sub rounded,

		white to gray.
485 – 500	15	Sandstone, fine to med ill sorted, with some few clay, whitish.
500 – 540	40	Gravelly sandstone, med to coarse sand grains, ill sorted, clean, rounded to sub rounded, white.
540 – 580	40	Sandstone, fine to med sand grains, sorted, rounded to sub rounded, clean, white.

5-2 Tables: for results of mechanical analysis

1- Weight: 306.95 g depth: 475 – 480 feet

Sieve size mm	Weight retained in each sieve (gm)	Cumulative Weight retained in each sieve (gm	Cumulative retained %
4	–	–	–
2	150.09	150.09	49.36
1	41.05	191.14	62.86
.5	24.86	216	71
0.25	40.86	256.86	84.5
0.125	38.37	295.23	97.09
0.063	08.35	303.56	99.84
Pan	.48	304.06	100
Total	304.06		

2- Weight: 40.25 g depth: 480 - 485 feet

Sieve size mm	Weight retained in each sieve (gm)	Cumulative Weight retained in each sieve (gm	Cumulative retained %
4			
2	0.85	0.85	2.14
1	01.55	2.4	6.03
.5	5.09	7.49	18.83
0.25	16.1	23.59	59.33
0.125	13.8	37.39	94.06
0.063	2.12	39.51	99.39
Pan	0.23	39.74	100
Total	39.74		

3- Weight: 335.27 g depth: 485 - 495 feet

Sieve size mm	Weight retained in each sieve (gm)	Cumulative Weight retained in each sieve (gm	Cumulative retained %
4	123.35	123.35	36.91
2	109.3	232.65	69.62
1	24.98	257.63	77.09

.5	28.3	285.95	85.55
0.25	30.8	316.73	94.78
0.125	14.37	331.1	99.07
0.063	2.7	333.8	99.88
Pan	0.39	334.19	100
Total	334.19		

4-Weight: 201.66 g depth: 495 - 500 feet

Sieve size Mm	Weight retained in each sieve (gm)	Cumulative Weight retained in each sieve (gm)	Cumulative retained %
4	-	-	-
2	77.05	77.05	38.5
1	32.2	109.25	54.62
.5	42.39	151.64	75.82
0.25	34.59	186.23	93.31
0.125	11.73	197.98	98.99
0.063	02.05	200.01	99.84
Pan	0.33	200.34	100
Total	200.34		

5-Weight: 225.19 g depth: 515-520 feet

Sieve size mm	Weight retained in each sieve (gm)	Cumulative Weight retained in each sieve (gm	Cumulative retained %
4	-	-	-
2	107.93	107.93	48.03
1	35.81	143.74	63.97
.5	36.5	180.24	80.21
0.25	29.02	209.26	93.12
0.125	12.83	222.9	98.83
0.063	2.01	224.1	99.73
Pan	0.61	224.71	100
Total	224.71		

6-Weight: 290.96 g depth: 520-525 feet

Sieve size mm	Weight retained in each sieve (gm)	Cumulative Weight retained in each sieve (gm	Cumulative retained %
4			
2	32.53	32.53	11.1
1	57.41	89.94	30.83

.5	80.75	170.69	58.6
0.25	73.82	244.51	83.95
0.125	38	282.51	97.01
0.063	7.87	290.38	99.71
Pan	.58	290.96	100
Total	290.96		

7- Weight: 97.45 g depth: 525-575 feet

Sieve size mm	Weight retained in each sieve (gm)	Cumulative Weight retained in each sieve (gm	Cumulative retained %
4	-	-	-
2	15.05	15.05	15.67
1	12.29	27.34	28.37
.5	26.35	53.69	55.55
0.25	28.7	82.39	85.15
0.125	12.35	94.74	97.89
0.063	1.85	96.59	99.79
Pan	0.34	96.93	100
Total	96.93		

الباب الرابع

النتائج والمناقشه

4-1 WELL DESIGN PARAMETER

Well design parameter:

1- Slot size of screen = 1 mm or 0.04 inches (4/1000) inches

2- Size and range of artificial gravel pack = 1.4-2 mm

3- Pump size or diameter :

Q= 22000 g/h $\Longrightarrow$ diameter of casing =10 inches

Size of pump = 6 inches

Psd=sup + s.w.l + DD

Psd = $20+480+6$ =506 ft

4- Size of screen (Φ) diameter of final casing pending on the required discharge rate 22000 g/h

Diameter of well casing = 8 inches

5- Length of screen Ls= $\frac{Q}{7.48*V*A}$

Ls= $\frac{367}{(7.48*.6*5)*0.5} = 32.71 feet \Longrightarrow$ 40 feet

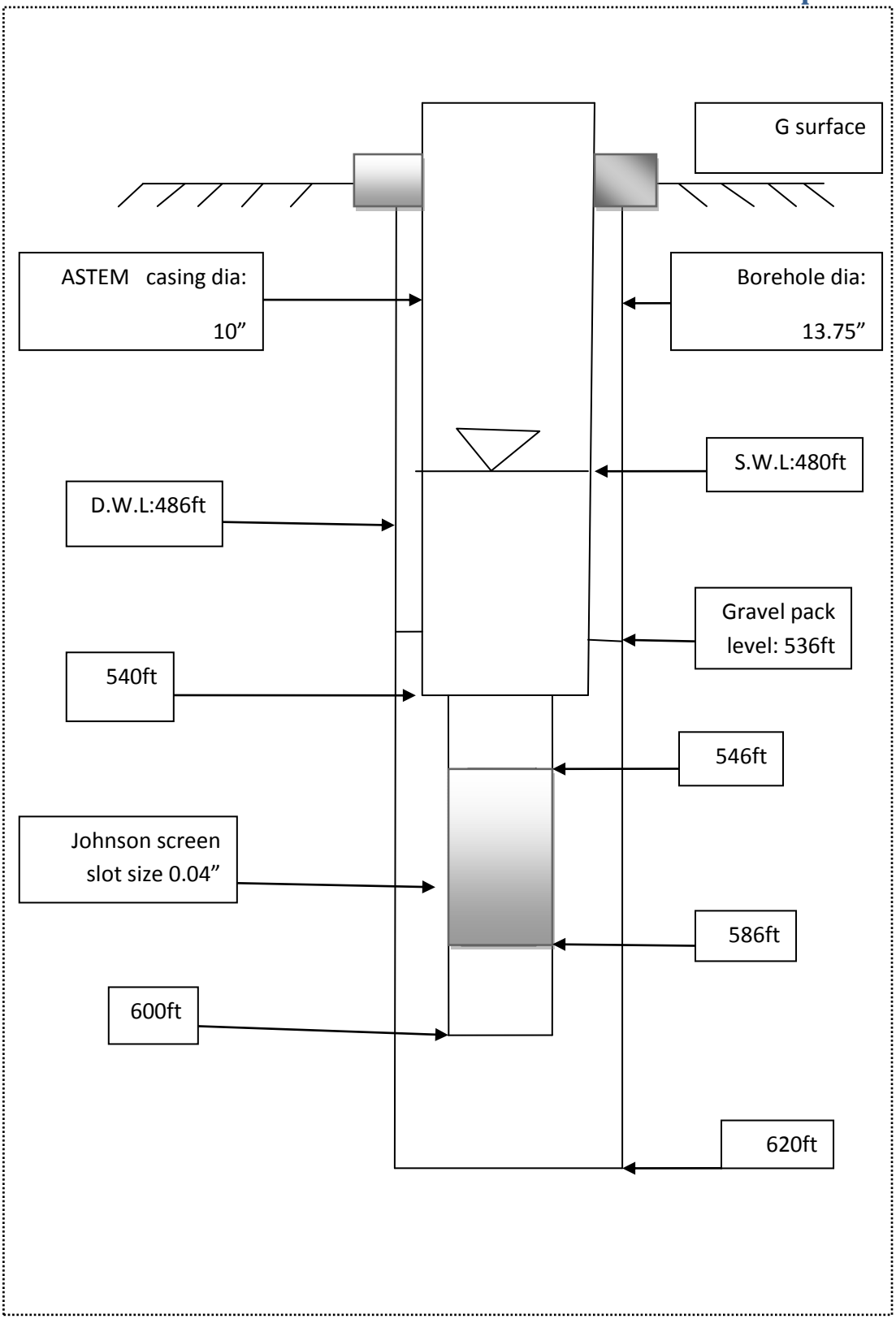
6- Size of bite from table C

Diameter of bite = $13\,3/4\ inches$

7- WELL PROFIL

Depth	Type of casing
From 0.00 to 540ft	Plain casing 10 inch
From 540 to 546ft	Plain casing 8 inch
From 546 to 586 ft	Johnson screen 8 inch
From 586 to 600 ft	Sand trap 8 inch
From 600 ft to 620 ft	Hanging

Fatih borehole profile



شكل (4−2) faith well profile

8− Volume of gravel pack of well(تلسكوب) حساب الغلاف الحصوي للبئر

بوصة وقطر انابيب التغليف 10بوصة و 8بوصة$^{3}/_{4}$ 13 قطر البئر

$D =$ قطر البئر

$d =$ قطر انابيب التغليف

i. Volume of gravel pack in annual space:

$$v = \frac{\pi D^2}{4} * l -$$

ii. Volume of gravel pack in annual space:

$$v = \frac{\pi *}{}$$

iii. Volume of gravel pack in hanging:

$$v = -$$

iv. Total volume of gravel pack:

$$Vt = 1.94 + 40.93 + 20.62 = 63.49 ft^3$$

المعلومات الهيدروجيولوجية:

- العمق الكلي 188.98متر (620 قدم)
- العمق المغلف 182.88 متر (600 قدم)
- قطر مواسير التغليف 10 بوصة

تجربة الإنتاج:-

منسوب الماء الثابت = 146متر (480 قدم)

منسوب الماء المتحرك = 148.13 متر (486قدم)

الهبوط = 1.83 متر

كفاءة البئر = 5.3م^2 /س/ م.

الإنتاجية المطلوبة للبئر = 22000ج/س = 83.3 م^3 /س.

عمق إنزال الطلمبة 146+6+3 = 155 متر.(508 قدم)

(6)

الباب الخامس

الخاتمة والتوصيات

5-1الخاتمة :

1 -خبرة مهندس الحفر تساعد في وضع المصافي في اماكنها بمعرفتة الجيدة للعينات
2 -تحديد سمك الخزان يعتمد على معرفة العينات و ترتيبها

5-2 التوصيات :recommendations

1 -اجراء الدراسات الجيولوجية الجيدة قبل البدء في عملية الحفر
2 -النقل الجيد لمعدات الحفر تفاديا للمشاكل التي تنجم عنها
3 -اختيار الحفارة المناسبة للمنطة المراد الحفر فيها
4 -التأكد من عمودية الحفر مع سطح الارض وذلك لضمان إستقامة البئر
5 -توفير السلامة المهنية للعمال وكل الاحتياجات الخاصة بعملية الحفر
6 -رصد مشاكل التي تحدث اثناء الحفر لكي نتفاداه في العمليات الحفر القادمة
7 -التأكد من جودة البنتونايت من حيث خصائصه تفاديا لمشاكل قد تنجم عن ذلك ؛ ثم خلطه بطريقة علمية
8 -خذ العينات كل 5قدم ووضعها في اكياس وكتابة العمق على اي عينة ووضعها بالترتيب في صندوق العينات
9 -إستعمال الطرق العلمية والمعادلات الحسابية لإختيار المواد والمعدات التي لها علاقة مباشرة مع الحفارة
10 - يجب اختيار انابيب التغليف على حسب طبيعة البئر والتي تقاوم الظروف الجيولوجية والجيوكيميائية للطبقات المختلفة

الجداول

Pump size & capacity:

Pumping rate (GPM)	Diameter of well (inch)
125	6
300	8
600	10
1200	12
2000	14
3000	16

Recommended well diameter:

Anticipated well yield in GPM	Nominal Size of pump diameter in inches	Optimum Size of well casing in inches	Smallest Size of well casing in inches
Less than 100	4	6 ID	5 ID
75 to 175	5	8 ID	6 ID
150 to 400	6	10 ID	8 ID
350 to650	8	12 ID	10 ID
600 to 900	10	14 ID	12 ID
3S50 to 1300	12	16 OD	14 ID
1200 to 1800	14	20 OD	16 OD
1600 to 3000	16	24 OD	20 OD

المصدر API stander

Open areas of telescope –size Johnson screen

Nominal screen size	Intake areas per lineal foot of screen in square inch						
	Slot 10	Slot 20	Slot 40	Slot 60	Slot 80	Slot 100	Slot 150
3	10	19	32	42	43	55	65
4	14	26	44	57	50	74	88
5	18	33	55	72	73	94	112
6	21	39	65	85	87	111	132
8	28	51	87	113	116	131	160
10	36	65	110	143	147	166	203
12	42	77	130	170	174	180	223
14 OD	38	77	123	163	177	198	251
15 OD	39	76	132	175	190	217	268

Optimum screen entrance velocity:

Coefficient of permeability Gpm /sq ft	Optimum screen entrance velocities Fpm
6000	12
6000	11
5000	10
4000	9
3000	8
2500	7
2000	6
1500	5
1000	4
500	3
500	2

المصدر API stander

اسماء المصادر والمراجع :

2 -محمود السلاوي–المياه الجوفية بين النظرية والتطبيق–الدار الجماهيرية للنشر والتوزيع – القاهرة–طرابلس–1986

3 -محمد احمدالسيد خليل–المياه الجوفية والابار–دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع_ القاهرة_ 2003

4 -أكرم حمودي عبدالوهاب الهين واخرون _هندسة حفر الابار النفطية(المرحلة الثالثة)_ وزارة التعليم والبحث العلمي العراقية_بغداد_1988

5 -ابراهيم حسن حميده_الهيدرولوجيا والمياه الجوفية_دار الكتب المصرية_ القاهرة _1991

6 -محمد منصور الشبلاق وعمارعبدالمطلب_الهيدرولوجيا التطبيقية_جامعة عمر المختار_بنغازي_1997

7 -GONDOWANA DRILLING CAMPANY

8 -www.google.com