تصميم الآبار

أهداف تصميم الآبار

بعد تحديد موقع البئر يوضع التصميم الأولي للبئر، ويعتبر البئر بمثابة قناة أو مجرى ينقل الماء من الطبقة الحاملة إلى السطح، وهذا المجرى يجب تصميمه كي:

1. يعطي أعلى إنتاجية بأقصى كفاءة مع أقل انخفاض في المنسوب
2. يتناسب التصرف مع محطة الضخ وخصائص الطبقة الحاملة.
3. ينتج نوعية مياه جيدة ومحمية من التلوث وخالية من الرمل.
4. يعظم عمر البئر بما يتناسب مع التكلفة (> 50 سنة).
5. تكلفة معقولة على المدى القصير والمدى البعيد

يخضع التصميم النهائي للبئر إلى نوعية بيانات الموقع المحدد التي أخذت من بئر الاختبار. والهدف الشامل لتصميم البئر هو إيجاد منشأ ثابت، ودائم لفترة طويلة، وكفؤ وفيه مكان يكفي لتركيب مضخة، ويسمح للماء الأرضي للانتقال من الطبقة الحاملة إلى البئر بدون جهد ويكون خالي من الرمل وبالكمية والنوعية المطلوبة، ويمنع النمو البكتيري وتعفن المواد في البئر.

اعتبارات هامة في تصميم الآبار

تفاصيل تصميم الآبار وطريقة حفرها يتم وضعها بعد اكتمال حفر بئر الاختبار وتحديد طبقات التربة من خلال المقطع أثناء حفر الاختبار، هناك أمور كثيرة تخص تصميم البئر يجب على الحفار أخذها بالاعتبار، والقرارات تؤخذ بخصوص الأمور الآتية :

1. عمق البئر
2. نوع البئر
3. مادة المصفاة، حجمها (قطرها) وسمكها
4. تصميم مآخذ المياه
5. مانع تسرب التكوين
6. المراقبة والصيانة

فائدة الاستثمار في الآبار

إن الاستثمار المبدئي لتصميم الآبار بشكل مناسب قد يعوض من خلال الأمور الآتية :

1. توفير مصدر دائم لتجهيز الماء يلبي الاحتياجات اللازمة بما يتناسب مع قابلية الطبقة الحاملة.
2. نوعية مياه جيدة خالية من الرسوبيات والملوثات.
3. زيادة العمر الافتراضي للبئر.
4. خفض تكلفة تشغيل البئر وصيانته.
5. سهولة مراقبة أداء البئر.

اختيار مقاول حفر البئر

عند اختيار المقاول للحفر واختيار المواد اللازمة لا بد أن تعرف الكثير عن طبيعة العمل وكيف تنفذ البئر، وبهذا يمكن أن العمل مع مقاول الحفر لضمان الحصول على البئر اللازم حسب التصميم.

يفضل اختيار أحد المقاولين الأكفاء ذو خبرة كافية في هذا العمل من نفس المنطقة، ومجاز من السلطات المحلية لحفر الآبار. يقوم المقاول أو المستفيد بمسح أولي للآبار القائمة فعليا في المنطقة، وهذا يفيد في توفير معلومات هامة حول ما يلي:

1. الإنتاجية النمطية للبئر ونوعية المياه.
2. أي الطبقات التي يمكن التوقف عندها.
3. الأنماط والطرق التي يمكن إتباعها في حفر البئر.
4. المعدلات المقبولة المتوقعة من البئر ما قبل الحفر.

يتعذر دائما على المقاول أن يحدد مسبقا العمق الذي يجد فيه الماء المناسب، لذا فأن الآبار المجاورة توضح بعض المؤشرات والتي ليس بالضرورة تكون أكيدة. في بعض الدول يمكن أن تتوفر هذه البيانات من الجهات الرسمية المختصة مقابل بعض الرسوم البسيطة، وهذه البيانات بعد تقييمها قد تحدد الطبقة المحتملة في احتوائها على المياه ونوعيته، ينصح باستشارة أصحاب الآبار المجاورة عن خبرتهم ومعرفتهم حول أداء آبارهم وصيانتها ومدى تغير نوعية مياها.

اختيار موقع البئر

أن قرار اختيار موقع البئر قد يؤثر على سلامة البئر وأدائه، وعند دراسة بدائل الموقع يجب أن يؤخذ بالاعتبار تطور الخطط المستقبلية للمساحة كالتوسعات في الحظائر ومظلات التخزين وخزانات الوقود، ويجب مراعاة التعليمات الموضوعة من الجهات الرسمية التي تحدد موقع البئر.

تدخل معظم الملوثات إلى البئر إما من الأعلى حول المحيط الخارجي للغلاف، المياه الصحية أو الملوثات الأخرى قد تنفذ إلى الأسفل وتدخل إلى الطبقات الحاملة من خلال الطبقات العليا لسطح الأرض، والمواصفات الآتية وضعت لحماية لمنع التلوث المحتمل للبئر والطبقات الحاملة، فهي مسؤولية المستفيد ومسئول الحفر للتأكد من:

1. إمكانية الوصول إلى البئر لأغراض التنظيف، والاختبار، والمراقبة، والصيانة وإجراء التصليح.
2. التأكد من أن ميل الأرض حول البئر متجه بعيدا عنه بقدر الإمكان لمنع أي جريان سطحي نحوه من الماء المتجمع.
3. التأكد من أن البئر بأعلى الميل وبعيد بقدر الإمكان من مصدر التلوث المحتمل كالبيارات، وساحات الحظائر، والمسطحات المائية.
4. يجب أن لا يكون البئر متصل بأي مبنى سوى محطة الضخ الفعلية، وهذه المحطة يجب أن تكون تهويتها متجهة نحو الخارج لتلافي تجمع الغازات السامة الخطرة المتكونة.
5. يجب أن لا يكون موقع البئر في حفرة.

الاعتبارات النمطية لاختيار موقع البئر

يجب تحليل بدائل خواص الموقع كي يتم اختيار طريقة الحفر (drilling) و تصميم البئر، فالاعتبارات النمطية لموقع البئر تشتمل على ما يلي:

1. **تقييم الماء:** في دراسة موقع البئر من الضروري تقييم وتقدير الماء الأرضي المتوفر للاستفادة منه.
2. **هيدرولوجية المنطقة:** قد تؤثر هيدرولوجية الموقع على طريقة إنشاء البئر. مكان البئر أو الآبار يمكن تحديدها بالاعتماد على معلومات تاريخية من مواقع قد تكون بالقرب من البئر بالإضافة إلى معرفة الخصائص الهيدرولوجية المحلية. ساعات التشغيل، ومعدلات الضخ، وتداخل الآبار التي

تؤثر على ضخ الماء ومجموع الضاغط الديناميكي الكلي تعد عناصر هامة في تحديد مسافات بين الآبار.

3. **نوعية المياه:** تعتمد نوعية الماء الأرضي بالأساس على التلامس بين الماء والتكوينات الجيولوجية التي تمر بها، ولكن في بعض الحالات يلوث الإنسان هذه المياه، وهذا يحتاج إلى معرفة كلا من النطاق والحدود الرأسية لنوع المياه الرديئة وتأثير المعدلات المقترحة على انتقال الملوثات. وانتقاء منطقة الاختبار قد يكون لابد منه التحديد الطبقات الحاملة المقبولة. تصميم الآبار يجب أن يأخذ بالاعتبار غلق مناطق التلوث بإحكام.
4. **جغرافية الموقع:** تؤثر العناصر الجغرافية على تصميم البئر ومنها طبوغرافية الموقع والصرف.
5. **مساحة الموقع:** قد تكون المساحة 20 × 30م هي اللازمة للإنشاء وتركيب المضخة وصيانة البئر ولكن يجب أن يعاد النظر بالمساحة للأخذ بالاعتبار بعض الأمور الأخرى. قد تكون المساحة وشكلها تأثرتا ببعض الظرف المحلية مثل الحد الأدنى لمساحة الموقع، وبعض المعوقات. ويجب الأخذ بالاعتبار خطوط نقل الزيت ، وفي حالة تجهيز المياه المنزلية قد تكون الحاجة لمساحة أكبر لوضع خزانات مائية أو تركيب معدات للتنقية.

   زيادة التكلفة الناتجة عن زيادة مساحة الموقع عن الحد الأدنى قد تعوض من التوفير بأعمال الإنشاء ومن خلال إتباع أعمال الصيانة السهلة. المواقع الأكبر توفر مساحة أوسع لحفريات البئر، فالمكان غير المنتظم أو الضيق قد يجعل تغيير رأس الحفارة وملحقاته، والمعدات المساعدة، والحصى، وأنابيب دخول الماء عملية صعبة ومكلفة.
6. **سهولة الوصول للموقع:** يجب الأخذ بالاعتبار قرب البئر من خطوط الكهرباء والمجاري الصحية أو البيارات، وبشكل عام التعليمات الصحية تتطلب مسافة تفصلها عن خطوط المجاري الصحية على الأقل 50 متر، و 100 إلى 150متر من البيارات الحالية أو المستقبلية والمصارف الزراعية وسهولة الوصول للموقع، هناك تعليمات من البلدية أو الجهات الرسمية في بعض بلدان العالم تحدد الحد الأدنى لمسافة البئر عن المواقع الأخرى كما يلي:
   - 10م من البيارة
   - 50م من مناطق الصرف الصحي المتجه نحو الماء الأرضي.
   - 100م من المستنقعات الصحية
   - 50م من خزانات الوقود

- 2م من خطوط الكهرباء العلوية إذا كان الخط معزول أو يعمل بـ 750 واط أو أقل. و 6م إذا كان البئر غير مجهز بأنبوب أو ما شابه ذلك، و12م أذا كان هناك منشآت تابعة للبئر.
- 500م

الأنظمة المعمول بها: يجب الإلمام بقوانين وتعليمات الجهات الرسمية والأعراف المحلية لأنها قد تؤثر على تصميم البئر(معدلات الضخ المسموح بها، أو التقيدات البيئية).

7. **توفر ماء للحفر:** وهذا عامل هام في اختيار طريقة الحفر والتصميم. تقنيات كلا طريقتي الحفر الدوارة تتطلب إلى كميات كبيرة من ماء الشرب قد تصل إلى عدة مئات من الأمتار المكعبة لكل ساعة خلال عملية الحفر، بالإضافة إلى الأعمال الأخرى، بينما طرق الحفر الأخرى كالطريقة السلكية والحفر باستخدام الهواء تتطلب عادة كميات من الماء أقل.
8. **التعامل مع مخلفات الحفر السائلة:** تخلف عمليات الحفر خاصة الطريقة الدوارة كميات كبيرة من المخلفات السائلة، وهذا يتطلب إلى مكان واسع لخزنه، وإذا كان المكان يسمح بالتخلص من السائل المحمل بالمواد الصلبة بالتدفق نحو أماكن مخصصة لجمع الطين،في المناطق الريفية تستخدم شاحنات التفريغ لنقل السائل، وهذه الطريقة مكلفة للغاية.
9. **مستوى الضوضاء في الموقع:** عمليات الحفر بأنواعها المختلفة تحدث ضوضاء مزعجة للسكان المجاورين للبئر، وقد يتطلب حفر البئر أعمال متواصلة لأن التوقف عن الحفر قد ينتج عنه أثارا خطرة على البئر. وهناك طرق لكبح الأصوات الناجمة عن الحفر إلا إنها مكلفة خاصة إذا كانت التعليمات بأن الصوت يجب أن لا يتعدى موقع البئر.

أجزاء البئر

يوضح الشكل (10) أهم أجزاء البئر مكتمل التنفيذ ويشتمل على:

1. صبة خرسانية في أعلى البئر للحفاظ عليه من التلوث السطحي.
2. أنبوب محيط بأنبوب الضخ لتقوية الحفرة وتوفير مجرى لنقل الماء من مدخل البئر.
3. مدخل البئر يسمح بفتح الحفرة، ومصفاة البئر.
4. محطة الضخ وملحقاتها.

شكل 10. مقطع يبين أجزاء بئر

عمق البئر

يحدد المقاول أعماق التكوينات خلال حفر البئر الاختباري، حيث تؤخذ عينات من التربة والصخور للأعماق المختلفة من التكوينات الجيولوجية وتدون في سجلات البئر، وعلى ضوء هذه المعلومات يمكن للحفار أن يتعرف على الطبقات الحاملة ومدى قابليتها لتجهيز الماء. وبعض الحفارين يجرون الاختبارات الكهربائية أو بأشعة كاما لتوفير المزيد من المعلومات عن تكوينات التربة وتحديد الطبقات الحاملة، وهذا يعطي معلومات أكثر صحة عن موقع الطبقة الحاملة. وعادة يحفر البئر لغاية قعر الطبقة الحاملة، مما يسمح لاستغلال معظم الطبقة الحاملة ولتأمين أعلى إنتاجية من البئر.

1. مادة المصفاة، حجمها (قطرها) وسمكها

تحديد قطر ونوع تغليف (casing) البئر يتم عادة بعد دراسة الأمور الآتية :

- خصائص الطبقة الحاملة
- العوامل الهيدروليكية التي تؤثر على أداء البئر
- طريقة الحفر
- التكلفة

يجب أن يكون التغليف كبير يكفي لتغليف المضخة ويعطي فراغ كافي للتركيب وتشغيل كفء. فإذا كانت المضخة التي ستستخدم من النوع الغاطسة يجب أن يكون قطر مدخل الغلاف الداخلي على الأقل 10.16سم، ويوصى أن يكون القطر الأدنى للغلاف على الأقل أكبر بدرجة واحدة من القطر الخارجي للمضخة، فكلما كان الفراغ بين المضخة والغلاف أكبر تكون عملية الصيانة وإصلاح المضخة أسهل في المستقبل.

يوجد نوعين شائعين من المادة المستخدمة للغلاف وهما الحديد و البلاستك، فالغلاف الحديد هو الأقوى ولكنه يصدأ، إما غلاف البلاستك أصبح في الفترة الأخيرة أكثر شيوعا بالاستخدام لمقومته للصدأ. بشكل عام جميع أنواع الغلاف يجب أن تكون حديثة وغير ملوثة، ويجب أن يكون الغلاف البلاستيكي مصنوع من مادة البلاستيك الأصلية وليس من بلاستك معاد التصنيع، وكذلك بالنسبة للمواد المستخدمة في حفر وإنشاء آبار المياه يجب أن تكون حديثة وغير ملوثة.

توضح التعليمات الاحترازية تفاصيل لأقطار الغلاف وسمكه، يجب أن تكون أغلفة الآبار متطابقة مع المواصفات القياسية الموضوعة من بعض الجهات الرسمية أو الجهات العلمية المعترف بها دوليا مثل: المنظمة الكندية للمقاييس أو الجمعية الأمريكية للاختبار والمواد.

2. تصميم مآخذ المياه

يتحرك الماء من الطبقة الحاملة نحو البئر من خلال مصفاة أو غلاف ذو الفتحات الطولية أو الدائرية. والمصفاة عادة تصنع وتجهز بفتحات بأشكال منتظمة وأحجام متشابهة، وتصمم بحيث تسمح بدخول أقصى كمية مياه مع أقل ما يمكن من رسوبيات التكوينات، والمصافي المصنعة من الحديد الغير قابل للصدأ هي أكثر الأنواع المستخدمة لأنها قوية وله القابلية نسبيا لمقاومة الصدأ الناتج عن المياه. وهي مصنعة بأحجام فتحات مختلفة وأشكال تناسب الطبقات الحاملة، والأنواع المختلفة للغلاف كالمجهزة بفتحات طولية أو فتحات دائرية أو المبطنة تم عمل فتحاتها باستخدام أدوات قاطعة لهذا العمل، علاوة على توفر أنابيب بلاستيكية مجهزة بالفتحات مسبقا من المصنع.

الفتحات المستطيلة أو الدائرية توزع على محيط الغلاف بمسافات متباعدة أكثر من فتحات المصفاة، وهذا بدوره يقلل مقدار المساحة المفتوحة للسماح للماء بالدخول إلى البئر، والفتحات متفاوتة بالحجم واحتمال أن يكون لها حواف خشنة وهذا يعتمد على طريقة تخريمها، وهذا النوع يحد من دخول الماء في البئر وقد لا يمنع من دخول رواسب التكوين.

يقوم مقاول الحفر بتفحص الحفرة ويقرر فيما إذا سيستخدم المصفاة أو الغلاف المجهز بفتحات، علما بأن المصفاة خيار أكثر تكلفة، ولكنه ضروري في حالة كون الطبقة الحاملة تحتوي مادة رخوة كالرمل، والحصى أو حصى رملي ناعم، ويمكن أن يستخدم الغلاف المجهز بفتحات طولية أو مبطن عندما يكون تكوين الطبقة الحاملة أكثر صلابة مثل الحصى الرملي الصلب أو مكونات صخرية. وبعد أن يتم الاختيار بين الغلاف أو المصفاة أو الغلاف المجهز بفتحات دائرية أو مبطن تؤخذ القرارات بخصوص ما يلي:

- حجم الفتحات الطولية
- المساحة الكلية للمصفاة أو للفتحات الدائرية المعرضة للطبقة الحاملة
- وضع المصفاة أو الفتحات ضمن الطبقة الحاملة

يجب التأكيد على أن مستوى الماء في البئر عند الضخ لا ينخفض إلى أسفل أعلى الفتحات الطولية أو الدائرية، لأن ذلك يمنع الطبقة الحاملة من التعرض إلى الأوكسجين وبالتالي يعزز نمو البكتيريا وتقل إنتاجية البئر.

حجم الفتحات الطولية

يجب أن تكون أحجام الفتحات الطولية صغيرة بما فيه الكفاية للسماح بسهولة لدخول الماء إلى البئر وتمنع دخول الرسوبيات. الفتحات الطولية المختارة تعتمد على حجم حبيبات مادة التربة في الطبقة الحاملة المنتجة.

وعادة مقاول الحفر يختار حجم الفتحات بحيث تسمح لـ 60٪ من مادة الطبقة الحاملة من المرور منها خلال مرحلة تنمية (تطوير) البئر، والـ 40٪ المتبقية تشتمل على المواد الخشنة والتي ستكون بمثابة فلتر طبيعي حول الفتحات الدائرية الموجودة في الغلاف.

المساحة الكلية للمصفاة

تعتمد المساحة الكلية للفتحات على طول الغلاف وقطره، بينما يكون طول المصفاة متغير يكون القطر يحدد من خلال قطر غلاف البئر. تزداد إنتاجية البئر بزيادة قطر الغلاف ولكنها غير متناسبة، مضاعفة قطر المصفاة يزيد من سعة البئر فقط بما يعادل 20٪.

يجب حساب مقدار مساحة المصفاة أو الغلاف المجهز بفتحات طولية أو دائرية لضمان عدم دخول الماء من الطبقة الحاملة بسرعة إلى البئر، وكلما كانت مساحة الفتحات أكبر كلما سمحت للماء بالدخول إلى البئر بمعدل أقل، مسببة نقص قليل في ضغط الماء أثناء الدخول، بينما يؤدي تدفق الماء بسرعة إلى مشاكل التقشر.

التقشر يحدث نتيجة تراكم المعادن المذابة في الماء الأرضي بعد خروجها من المحلول وترسبها على الغلاف أو المصفاة، ونتيجة لذلك تغلق الفتحات ولا يتمكن الماء من الدخول إلى البئر بنفس المعدل، وبالتالي تقل إنتاجية البئر، والفراغات البينية في الطبقة الحاملة المجاورة مباشرة إلى الفتحات قد تغلق أيضا بمواد دقيقة التي يمكن أن تقلل من الإنتاجية.

تحديد قطر البئر

يتحكم العامل الاقتصادي في تحديد قطر البئر، فزيادة القطر يقلل من الفواقد الهيدروليكية بالاحتكاك ويقلل من الطول اللازم للمصفاة، كما أن مضاعفة القطر لا تؤدي إلى مضاعفة التصرف ولكنها قد تسبب زيادة طفيفة في التصرف قد تصل إلى حوالي 10٪. ويراعى أيضا أن يكون القطر مناسباً لحجم المضخة التي قد تستخدم في ضخ المياه من البئر.

طول المصفاة

يتكون الجزء العلوي من البئر من أنابيب غير مخرمة، وهي مصنوعة عادة من مادة الصلب المغلفن، أما الأنابيب التي تخترق الطبقة الحاملة للمياه فتدعى المصفاة لأن سطح محيطها مخرم كي تسمح بدخول الماء من خلالها إلى داخل البئر. وللمصافي دور هام في زيادة أو تقليل تصرف البئر، ويتم حساب الطول اللازم للمصفاة واقع معادلة التصرف الآتية :

$$Q = A \cdot V_f \quad \ldots\ldots (50)$$

حيث أن:

Q= التصرف التصميمي للبئر مضافاً إليه 25٪ كعامل آمان

V_f=السرعة المسموح بها لتسرب الماء من خلال ثقوب المصفاة

وتتوقف هذه السرعة على نوعية التربة المحيطة بالمصفاة المتمثلة بالنفاذية k، وعادة تتراوح قيمة النفاذية ما بين 5 سم/ث في حالة الرمال الناعمة و 100 سم/ث للرمال الخشنة، و يمكن تقدير السرعة بواسطة المعادلة الوضعية الآتية :

$$V_f = 65\, k^{1/3} \quad \ldots\ldots (51)$$

A= مساحة الثقوب (الفتحات) الموزعة بشكل تبادلي على أنبوب المصفاة، وتؤخذ عادة في حدود 20٪ من المساحة الكلية

$$\therefore A = 0.2\, \pi\, DL \quad \ldots\ldots (52)$$

D=قطر أنبوب المصفاة L=طول المصفاة اللازم k=نفاذية الطبقة الحاملة

غلاف الحصى

يوضع غلاف من الحصى حول أنابيب المصفاة بسمك لا يقل عن 7.5 سم، وبعمق 5 متر من نهاية المصفاة في أسفل البئر وإلى أعلى نهايته بقليل.

مانع تسرب التكوين

منع التسرب يحمي البئر من تكون منطقة ملوثة فيه ، عادة يكون قطر حفرة البئر أكبر بقليل من الغلاف الذي تم تركيبه، ويطلق على المسافة ما بين الحفرة والغلاف فراغ حلق البئر، وهذه يجب غلقها بإحكام لمنع أي تلوث سطحي من الانتقال إلى الأسفل وتلويث المصدر المائي.

تتطلب بعض التعليمات أن يكون الفراغ الحلقي مليء بمادة غير نفاذة كالاسمنت أو البنتونايت، ولعزل الطبقة المنتجة عن غيرها يملئ الفراغ الحلقي مباشرة من فوق المنطقة المخرمة إلى سطح الأرض.

الانتهاء من أعمال البئر

في الوقت الذي يتم فيه الانتهاء من حفر البئر والمعدات في الموقع لازالت هناك عدة أعمال يجب أن يكملها مقاول الحفر قبل أن يصبح البئر جاهزا للاستخدام، فهو مسئول عن تنفيذ الأعمال الآتية :

- تنمية البئر
- تعقيم البئر
- إجراء اختبار الإنتاجية

تنمية البئر

تنمية البئر هي عملية إزالة الرسوبيات وسائل الحفر من المناطق المحيطة والمجاورة للفتحات مباشرة، وهذا من شأنه أن يزيد من قابلية البئر لإنتاج الماء ويعظم الإنتاجية من الطبقة الحاملة. يستخدم لهذا الغرض عدة طرق منها الدفق النفاث، والحقن، والغسل، والضخ المستفيض، عادة يحقن الماء أو الغاز ويسحب مرارا من خلال الفتحات وتضخ أو تغرف المواد الدقيقة المتجمعة في البئر والتي انتقلت إليه من التكوينات، وهذه العملية تكرر باستمرار لغاية خلو الماء من المواد الدقيقة ويصبح نقيا، والمواد الأكبر حجما تبقى مكونة طبقة من الفلتر طبيعية حول المصفاة، والفتحات الطولية أو الدائرية.

في حالة كون تكوينات الطبقات الحاملة خالية بطبيعتها من أي جزيئات خشنة نسبيا لتشكيل الفلتر قد يكون من الضروري وضع طبقة من الفلتر الاصطناعي. يوضع الفلتر حول المصفاة أو الفتحات كي يمكن

تنمية البئر، وهذه الطريقة ضرورية عندما تحتوي الطبقة الحاملة على رمل ناعم وحبيبات منفردة ومتجانسة في الحجم.

من المهم أن تتوافق حجم الحبيبات مادة الفلتر مع حجم الفتحات الطولية للمصفاة للحصول على أعلى إنتاجية من البئر. والطريقة النمطية المتبعة هي اختيار حجم الفتحات الطولية للمصفاة بحيث أن 85% من المادة المتبقية خارج المصفاة.

إجراء اختبار الإنتاجية

اختبار الإنتاجية وغالبا ما يدعى اختبار الضخ فهو مهم لأنه المعلومات المتحصل عليها أثناء هذا الاختبار تساعد مقاول الحفر لتقييم التالي:

- المعدل الذي عنده يضخ الماء من البئر
- العمق الذي عنده توضع المضخة

بعد الانتهاء من الحفر وتنمية البئر يجب على مقاول الحفر إزالة الماء من البئر لمدة ساعتين على الأقل. فإذا استخدمت مضخة لإزالة الماء فيمكن قياس منسوب الماء كلما انخفض مستواه، وبعد ساعتين توقف عملية إزالة المياه وتبدأ عملية مراقبة وتسجيل رجوع منسوب الماء، تؤخذ القياسات عند فترات زمنية محددة لفترة ساعتين أو لغاية منسوب الماء يعود إلى 90% من منسوبه الأصلي.

يقرر مقاول الحفر بعد الانتهاء من اختبار الإنتاجية عند أي معدل يضخ الماء من الطبقة الحاملة دون أن يخفض منسوب الماء الأرضي أقل من الحدود العليا للطبقة الحاملة وقمة الفتحات أو أخفض من مآخذ المضخة.

يجب أن تكون سعة المضخة التي تم تركيبها في البئر مساوية إلى أو أقل من المعدل الذي يمكن للبئر أن يجهز الماء لفترة زمنية دون أن ينخفض المستوى إلى أقل من مآخذ المضخة. وهذا المعدل يعتبر معدل الضخ الآمن.

يحدد اختبار الإنتاجية مستوى مقارنة جيد لأداء البئر، وإعادة هذا الاختبار في المستقبل يمكن أن تستخدم بياناته لتقييم أي تغير في ظروف البئر ويحدد موعد صيانة البئر.

تعقيم البئر

تتطلب التعليمات من مقاول الحفر تعقيم الآبار الجديدة بمادة الكلورين، ويحسب التركيز اللازم حسب حجم الماء الموجود في البئر. يجب أن يكون التركيز 200ملجم من الكلورين لكل لتر ماء موجود في البئر ويجب أن يترك بداخله لمدة لا تقل عن 12 ساعة للتأكد من أن البكتيريا الموجودة قد قضي عليها. والتعقيم بمادة الكلورين ينفذ بعد تركيب معدات الضخ وقبل جعل البئر في حالة الإنتاج.

تنظيف الآبار

يتم تنظيف البئر من الشوائب بعد إتمام تنفيذها بقصد التخلص من مخلفات عملية الحفر، وتستمر عملية التنظيف لغاية الحصول على مياه خالية تماماً من أية شوائب بإحدى الطرق الآتية :

1. ضخ تصرف يساوي مرة وربع من التصرف التصميمي.
2. دفع المياه بصورة عكسية إلى داخل الطبقات الحاملة على فترات متقطعة، تسبب هذه العملية خلخلة الطبقة المحيطة بمصفاة البئر.
3. ضخ الهواء المضغوط من فوهة البئر في الاتجاه العكسي إلى الطبقة الحاملة للمياه، فعند توقف الضغط تعود المياه ثانية داخل البئر حاملة معها الرمال والشوائب، ثم تضخ خارج البئر وتكرر العملية إلى أن ينظف البئر.
4. باستعمال مكبس بقطر مساوي تقريباً للقطر الداخلي للبئر، وعند هبوط المكبس تنضغط المياه من المصفاة خارجاً للطبقة الحاملة للمياه، وعند صعود المكبس ترتفع المياه إلى داخل البئر حاملة معها الحبيبات الناعمة التي تضخ إلى خارج البئر.

طرق حفر الآبار وصيانتها

كانت الآبار منذ العصور القديمة تعتبر أمرا ضروريا بالنسبة للإنسان وجزءاً متمماً من حياته وفعالياته الأساسية، تجهزه بالمياه الجوفية لسد احتياجاته خصوصا في المناطق التي تعاني من شحة في الموارد المائية السطحية وتذبذب في معدلات الأمطار ومواعيد سقوطها. فالآبار كانت وما تزال مصدرا حيوياً من مصادر المياه والحياة ورمزا للطمأنينة والرفاه وذلك لما تتمتع به من منزلة وأهمية رفيعة بالنسبة للإنسان.

ولم يقتصر استعمال الآبار في الأوانة الأخيرة كمصدر للمياه المنزلية والزراعية والري وللأغراض الصناعية فحسب بل تعداه إلى استخدام الآبار في خفض منسوب الماء الأرضي وصرف الأراضي الزراعية

والحد من تغدق (تشبع) التربة عند منطقة الجذور وللسيطرة على تقدم المياه المالحة بالإضافة لاستخدامها كوسيلة لإعادة تغذية الطبقات الحاملة وخزن المياه السطحية الفائضة عن الحاجة.

ويدل حجم حفر الآبار على أهميتها وتنميتها لاستغلال المياه الجوفية، حيث يقدر عدد مقاولي حفر الآبار في الولايات المتحدة الأمريكية بأكثر من عشرة ألاف يقومون بتشغيل أكثر من 22.000 حفارة ويحفرون حوالي 750.000 بئر سنويا، علما بأن المياه الجوفية تمثل حوالي 25٪ من مجموع الموارد المائية في الولايات الأمريكية.

والمياه الجوفية في الطبيعة تمثل أكثر من 97٪ من المياه العذبة المتوفرة في الكرة الأرضية، وأن اقل من 3٪ من المياه العذبة المتاحة توجد في الأنهار والبحيرات. فالمياه الجوفية تمثل المياه المختزنة تحت سطح الأرض، وقد تجمعت خلال قرون عديدة بالإضافة إلى المياه المترشحة نتيجة لسقوط الأمطار السنوية.

لقد كانت المياه الجوفية وما زالت مصدرا هاما للمياه على مر العصور، ويرجع استغلال المياه الجوفية إلى عصور ما قبل الميلاد، حيث قام المصرين والصينيين بحفر الآبار للحصول على المياه من مصادرها الجوفية، ولكن لمحدودية الإمكانيات المتوفرة آنذاك فقد ظل استغلالها محدودا بل ويكاد يكون محصورا في بعض المناطق الصحراوية القاحلة التي لا تتوفر فيها مصادر مياه سطحية.

ولكن مع التطور الكبير في أدوات الحفر في وقتنا الحاضر فقد تزايد استخدام المياه الجوفية مع تزايد السكان في جميع أنحاء العالم والاعتماد عليها لسد الاحتياجات المائية المتزايدة.

أنواع الآبار

يوجد نوعين رئيسيين من الآبار، وكل نوع يعرف بقطر الحفرة، وهما الآبار الغير عميقة والآبار العميقة.

- **الآبار الغير عميقة**

تنشأ هذه الآبار عادة عندما تكون إنتاجية الماء الأرضي قليلة وغالبا ما تكون قريبة من سطح الأرض، عادة تكون أقل من 30م. وتنشأ عادة باستخدام طريقة البريمة الدوارة (Rotary Bucket Auger)، وتكتمل هذه الآبار عادة بعد تركيب المصفاة مجهزة بفتحات طولية الشكل.

أن أحد فوائد هذا النوع من الآبار هو كون قطرها كبير (45–50سم) ، مما يجعلها تعمل كخزان للماء يمكن استخدامه خلال فترة الطلب القصوى، أما عيوب استخدام هذا النوع هو كونه يعتمد على المطر

السنوي في تغذيته، فعجز الماء قد يحدث ويتبعه فترات جفاف طويلة في الصيف ويمتد لفترات الإنجاد خلال فصل الشتاء.

- **الآبار العميقة**

الآبار العميقة تكون أقطارها أصغر، وتتراوح عادة 10–20سم، وعميقة جدا بالمقارنة مع النوع الأول من الآبار، وقد تصل إلى عدة مئات من الأمتار.والطبقة المنتجة عادة تكون أقل احتمالية للتلوث من مصادر السطح نتيجة للعمق. كما يكون الماء من هذه الآبار مصدر يعتمد عليه والسبب في ذلك لأنه أقل تأثرا بالظروف الجوية الموسمية، وتستخدم طريقتين للحفر في هذا النوع هما:

- الدوارة Rotary
- السلكية Cable tool

ويمكن تصنيف الآبار حسب الغرض من حفرها إلى ما يلي:

1. آبار استكشافية: تحفر من أجل البحث عن المياه الجوفية
2. آبار إنتاجية: تحفر من أجل استغلال المياه الجوفية
3. آبار مراقبة: تحفر من أجل مراقبة تذبذبات المستوى المائي وتستعمل لغاية إجراء
4. تجارب الضخ.
5. آبار التغذية: تحفر بغرض تغذية المياه الجوفية صناعيا
6. آبار الصرف: تحفر من أجل التخلص من مياه النفايات الزراعية أو الصناعية أو تخفيض منسوب الماء الأرضي لمنع تغدق التربة.

ويعتمد اختيار طريقة إنشاء البئر على الهدف من تجهيز المياه وعلى كمية المياه المطلوبة وعلى الظروف الجيولوجية للطبقات الأرضية وعمق المياه الجوفية وعلى العوامل الاقتصادية.

وبشكل عام يمكن تقسيم الآبار إلى ثلاثة أقسام حسب أعماقها وهي:

1. **آبار ضحلة:** وهي التي تتراوح أعماقها ما بين 20 و 30 مترا، ومثل هذه الآبار يمكن أن يتم حفرها بالطرق اليدوية البسيطة أو باستعمال أجهزة ومعدات يدوي بدائية، وإذا توفرت الطاقة الميكانيكية فإن عملية حفر مثل هذه الآبار الضحلة يمكن إتمامها بسهولة كبيرة.
2. **آبار متوسطة:** وهي الآبار التي تتراوح أعماقها ما بين 30 و 50 متر.
3. **آبار عميقة:** وهي الآبار التي تزيد أعماقها عن50 متر وقد تصل أحيانا إلى أكثر من 1000 متر، وتحفر عادة بواسطة حفارات، وتتراوح أقطارها في العادة ما بين 15 و30 سنتمتر أو لربما تزيد عن ذلك.

طرق حفر الآبار الضحلة والمتوسطة

تعتمد تكاليف حفر الآبار الضحلة أو متوسطة العمق بشكل نسبي على طبيعة الأرض، وتكاليف النقل، وأجور العمال، وإمكانية أو عدم إمكانية توفر المعدات الميكانيكية. وبصورة عامة إذا كانت الأعماق تتراوح ما بين 12 و 15 متر فإن إتمام حفرها بالمعدات الميكانيكية يكون أسرع وأقل تكلفة، في حين إذا قلت الأعماق عن ذلك فقد تكون عملية الحفر بالطرق البسيطة اقل تكلفة خاصة إذا لم تكن الصخور على درجة كبيرة من الصلابة، كما أن بناء جدران البئر من المواد المحلية المتوفرة مثل الطابوق أو الحجارة قد يكون أقل تكلفة من وضع أنبوبة تغليف ومصفاة مستوردتين. كما يمكن توسيع البئر المحفورة بالطرق البسيطة إلى أي قطر مناسب بحيث تزداد مساحة سطح الترشيح داخل البئر في حالة كون معدل رشح الماء داخل البئر بطيء جدا.

ولا يشترط أن تكون الآبار الضحلة دائما محفورة بالطرق البسيطة أو الطرق الميكانيكية، ولكن يمكن إنشائها كذلك بواسطة البريمة أو بواسطة أنابيب تدفع داخل الأرض تحت تأثير ضغط كبير، ثم تزال المواد الصخرية اللبية الموجودة داخل هذه الأنابيب باستعمال أدوات مناسبة لهذا الغرض أو بطرق هيدروليكية.

الآبار المحفورة بالطرق البسيطة

غالبا ما تكون هذه الآبار ذات مقطع دائري وتتراوح أقطارها في حالة استعمالها لتوفير المياه بكميات اكبر ما بين 5 و 15 متر أو لربما تصل أحيانا إلى 30 متر، ويعتمد تحديد قطر البئر من هذا النوع على العوامل الآتية :

1. عمق البئر.

2. طريقة الحفر.
3. طبيعة التكوين الحامل للمياه.
4. معدل عطاء البئر للماء.

فالآبار العميقة نسبيا تكون ذات أقطار اصغر، وذلك لاعتبارات خاصة بتكلفة بناء جدران البئر الداخلية. وعندما يكون معدل تحرك الماء في التكوين المائي بطيئا فإنه ينصح بأن يكون قطر البئر كبير نسبيا وذلك من أجل توفير فرصة كافية للماء لكي يرشح داخل البئر من جهة، ولضمان توفير كمية احتياطية من الماء داخل البئر من جهة أخرى. وإضافة إلى ذلك تقلل من سرعة الماء الذي يرشح داخل البئر وبالتالي تقلل من حركة دخول الرمل في البئر.

ويجب تقوية ودعم جوانب البئر ببناء جدران له تبدأ من سطح الأرض إلى أن تصل إلى تكوين صخري صلب. وهذه الدعامة أو جدران البئر الداخلية يمكن بناءها أما باستخدام الطابوق أو باستخدام الأحجار أو الإسمنت حسب توفر المواد وتكلفتها، وفي معظم هذه الأنواع من الآبار تكون جوانب البئر صلبة إلى حد يكفي لأن تظل هذه الجوانب قائمة إلى أن تنتهي عملية الحفر تماما، إلا أنه في حالات أخرى فلا بد من وضع دعامات مؤقتة للجوانب تسندها إلى أن يتم بناء الجدران تدريجيا مع تقدم عملية الحفر. وبصورة عامة فإن بناء الدعامة أو الجدران الداخلية يتم بدء من سطح الأرض حتى يصل إلى الصخر الصلب الذي ترتكز عليه هذه الجدران بشكل دائم. أما إذا كانت الصخور القريبة من سطح الأرض تسمح بحدوث تلوث للماء فإن دعامة جدران البئر يجب أن تمتد إلى أسفل حتى تصل إلى عمق مأمون، أو أنه يجب تغطية الصخر بالإسمنت بحيث لا يسمح لمرور المياه الضحلة (الملوثة) إلى البئر.

إنشاء الآبار في الصخور المتماسكة

يتم البدء بحفر حفرة مركزية ذات قطر صغير، ثم تكسر جوانب هذه الحفرة تدريجيا إلى أن يصبح قطرها مساويا لقطر البئر المطلوب. بعد ذلك تحفر حفرة صغيرة أخرى في المركز في قاع الحفرة الأولى، وتتكرر هذه العملية عدة مرات إلى أن يتم الوصول إلى عمق البئر المطلوب.

وأثناء عملية الحفر يجب الاستفادة من الشقوق والفواصل الموجودة في الصخور لأنها تساعد في تسهيل عملية الحفر. وإذا كانت الصخور على درجة كبيرة من القساوة فإنه يتم أحيانا اللجوء إلى استخدام المتفجرات من أجل حفر البئر، وهي عملية تساعد في تكسير الصخور القاسية. وإجراء عملية الحفر باستخدام المتفجرات يجب أن تتم بصورة منظمة ومخططة بشكل جيد بحيث تبدأ عملية التفجير من نقطة في مركز البئر ثم يتقدم العمل بعد ذلك تدريجيا إلى الجوانب، وعملية تفجير نقطة البداية من المركز تتم

بعمل حفرة رأسية واحدة، وإن كان يفضل عمل حفرتين أو أكثر تميلان إلى أسفل في اتجاهين متقابلين. وإذا تمت عملية التفجير باستخدام بطارية فيجب أن تتم بالتتابع بحيث يفصل بين كل تفجير والذي يليه ثانية واحدة على الأقل، بمعنى أنه يضغط على الزر الذي يفجر نقطة المركز أولا، وبعد ذلك بثانية واحدة يضغط على الزر الذي يفجر الشحنة التي تليها إلى الخارج وهكذا.

وتختلف أنواع المواد المتفجرة المستعملة تبعا لاختلاف الصخور، ففي حالة الصخور الصلبة والصخور المتوسطة الصلابة مثل الجرانيت والنايس يمكن استخدام الجلجنايت (62٪ نيتروجلسرين) أو جيلاتين متفجر (92٪ نيتروجلسرين)، أما إذا كانت الصخور أقل صلابة مثل الجرانيت المتآكل والصخور المشابهة له أو الأحجار الرملية القليلة الصلابة فإنه يفضل استخدام الديناميت. فالجيلاتين المتفجر اقوى من الديناميت رقم 1 (75٪ نيتروجلسرين) بمقدار 50٪، كما أن الجلجنايت أقوى منه بنسبة 15٪.

والجيلاتين المتفجر المأمون الاستعمال يفضل عن باقي أنواع المتفجرات الأخرى من الناحية الاقتصادية ، كما أن وزنه أخف من الديناميت رقم 1، ويمكن حفظه تحت الماء لفترة طويلة دون أن يتأثر، بينما يتفتت الديناميت بملامسته للماء. والجلجنايت هو مادة بلاستيكية مما تعطيه خاصية تشكيله بالشكل المطلوب، بحيث يملأ أي تجويف أو حفرة يوضع في داخلها.

يختلف معدل حفر الآبار بالطرق البسيطة دون استخدام شحنات متفجرة باختلاف نوع الصخور، كما يختلف معدل الحفر عندما يدخل الماء إلى البئر أثناء الحفر، فإذا كان معدل دخوله قليل فإنه يمكن التخلص منه بعملية النزح في الوقت الذي تسير فيه عملية الحفر بشكل مستمر، وعندما يكون معدل الانسياب الداخلي كبير فإنه يصبح من الضروري استعمال مضخة للتخلص من الماء. أما إذا كانت كميات المياه كثيرة جدا فإنه يفضل إتمام الحفر في موسم الجفاف عندما يكون مستوى سطح الماء عند حد ه الأدنى، وفي حالة عدم توفر مضخة فإنه يمكن الاستمرار في عملية نزح الماء بالطرق البسيطة لمدة 24 أو 48 ساعة متواصلة، ثم يتبعها عملية بناء سريعة لجدران البئر، وحتى يمكن إتمام ذلك يجب أن تكون مواد البناء متوفرة وجاهزة لهذا العمل.

بناء جدران البئر

تُعَّدُ عملية بناء جدران الآبار ضرورية خاصة للجزء العلوي منه وكذلك في الصخور قليلة الصلابة، لأنها تحفظ البئر من الردم وتحمي العمال من سقوط جوانب البئر عليهم أثناء العمل وتوفر لهم الأمان والطمأنينة أثناء تأديتهم أعمالهم داخل البئر.

أنواع مادة الجدران

1. **الخشب:** يستخدم في كثير من الحالات خشب البناء في إنشاء جدران البئر، فهو رخيص الثمن وسهل الاستعمال، إلا أنه يتلف بسرعة مع مرور الزمن ويصبح موطنا جيدا للنمل الأبيض الذي يعمل على إتلافه، وبالتالي يلوث المياه ويضفي عليها طعماً غير مستساغاً ولوناً غير طبيعي. ولكن يمكن استعمال الخشب بشكل مؤقت إلى أن يتم توفير مواد أخرى أو يستخدم كدعامات دائمة. ويمكن جعل الخشب أكثر مقاومة لعوامل التحلل عن طريق طلائه بدهانات معينة مقاومة لتأثير الماء أو أي مواد أخرى واقية.

2. **الطابوق:** يستعمل الطابوق العادي لبناء جدران البئر، فقد تتم عملية البناء من القاع إلى أعلى حتى يتم الوصول إلى سطح الأرض، كما يمكن البدء بشكل عكسي أي من أعلى إلى أسفل وذلك أثناء تقدم عملية الحفر. والطريقة الأخيرة هي المفضلة أثناء حفر الآبار العميقة نسبياً. فإذا استعمل الطابوق في بناء جدران الآبار فإنه يمكن الحصول على شكل جيد للبئر ، فإذا وجد فراغ بين الطابوق وجوانب البئر لا بد وأن يحشى ويحكم بشدة حتى لا يحدث تلوثا لماء البئر. إلا أنه في حالة عدم توفر مصنع طابوق بالقرب من منطقة البئر فإن عملية النقل تصبح باهظة التكاليف.

3. **حواجز البناء:** تستخدم أنواع مختلفة من الحواجز في الآبار حسب الغرض التي تعمل من أجله. وأبسط أنواع هذه الحواجز يتكون من حلقة مسطحة من الخشب أو الحديد (شكل 5) أو الإسمنت المسلح، وتستعمل مثل هذه الحواجز لبناء جدار البئر ذاته، حيث أنها تزود البئر بالقوة والمتانة، أو تستخدم لدعم وسند الجدران أثناء عمليات الحفر. وتكون هذه الحواجز أسطوانية الشكل مزودة بحافة حديدية قاطعة عند نهايتها السفلى لتسهيل حركتها إلى أسفل.

4. **حجر البناء:** تستخدم أيضا أحجار البناء في أعمال بناء جدران البئر، ويمكن جمع هذه الأحجار الملائمة لهذا الغرض من المناطق القريبة من موقع البئر وتشكيلها لتستعمل في بناء الجدران. وتمتاز بعض هذه الأنواع في مساميتها العالية مما تساعد على رشح المياه من خلالها بشكل جيد. كما أن لها قابلية بأن تزداد صلابة نتيجة لتجمع رواسب أوكسيد الحديد فيها.

5. **الأنابيب الفخارية:** تستعمل هذه الأنواع من الجدران بكثرة في بعض الأقطار، خاصة أمريكا، وتكون أقطار هذه الأنابيب كبيرة. ويتم وضع هذه الأنابيب عادة من الأسفل إلى أعلى. ويستعمل الإسمنت في ربط بعضها ببعض، فإن هذا النوع من التغليف يكون نظيفا ومأموناً، ويدوم لفترة طويلة. كما أن تكلفته تكون مناسبة إذا ما قورنت بالمواد الأخرى. ويمكن عمل بعض الفتحات (ثقوب) في جدار هذه الأنابيب ليسهل عملية دخول الماء إلى البئر من الجوانب إذا تعذر دخوله من القاع.

6. **الخرسانة:** تُعَدّ الخرسانة أحد أفضل الطرق المتبعة لتغليف الآبار، وذلك لأنه قوي ويدوم لفترة طويلة، كما تستخدم الأسطوانات الخرسانية التي تبلغ أقطارها متر واحد إلى مترين في بناء الآبار الضحلة، وتكون أكثر قوة وديمومة عندما تكون مسلحة، ويمكن إنزالها حتى أعماق 15 – 20 متر إذا كانت طبيعة الأرض ملائمة.

7. **الحديد:** لقد استعملت في الماضي أنواع مختلفة من الحديد لتغليف الآبار وهي بالطبع باهظة التكاليف. وتمتاز الأسطوانات الحديدية بأنه يمكن إدخالها في الأرض المفككة وكذلك تحت منسوب الماء الأرضي، إلا أن ثمنها وتكاليف نقلها إلى الأماكن النائية باهظة.

إنشاء الآبار في الصخور المفككة (ضعيفة التماسك)

تكون عملية حفر الآبار غير سهلة تماماً في الأراضي الضعيفة التي يمكن انهيارها أثناء الحفر خاصة التي يمتد عمقها إلى أسفل منسوب المياه الأرضية. وتشمل مثل هذه الصخور التربة الرملية، والرمال المتحركة، وكذلك الطين. وفي حالة الأراضي الجافة (عدم وجود ماء) تتم عملية الحفر بالطرق العادية، وأما تحت منسوب الماء الأرضي فلا بد من استعمال آلة حفر ميكانيكية ومضخة.

فإذا كان العمق المطلوب حفره لا يتعدى 10 متر داخل صخور غير متماسكة فإنه يمكن إنجاز العمل كما هو مبين في الشكل. ويمكن تنفيذ ذلك في حالة توفر العمالة الكافية الرخيصة من جهة وفي حالة عدم توفر المواد اللازمة لبناء جدران البئر بشكل سريع من جهة أخرى. وعند الوصول إلى الصخر الصلب فإنه يمكن بناء جدران البئر من هذا الصخر الصلب إلى أعلى أما بواسطة الطابوق أو أي مادة أخرى متوفرة مثل الخشب أو الطابوق الخراساني أو الأسطوانات الحديدية.

طرق حفر الآبار العميقة

حفر الآبار العميقة لا يمكن أن تتم باستعمال الطرق البسيطة، إذ لا بد من استخدام آلات حفر ومعدات متطورة لهذا الغرض. ويتوقف اختيار أنسب هذه الطرق على العوامل الآتية :

1. عمق البئر المطلوب حفرها.
2. طريقة إنشاء البئر.
3. التكلفة الاقتصادية.
4. قطر البئر.
5. طريقة حماية البئر من التلوث.
6. الهدف من إنشاء البئر.

يمكن أن تدرج جميع طرق حفر الآبار العميقة تحت قسمين رئيسيين، وهما: طرق الحفر بالسلك والدق وطرق الحفر الدوارة.

طريقة الحفر بالسلك والدق

تتم عملية حفر الآبار في هذه الطريقة برفع وإسقاط ريشة الحفر الأسطوانية الشكل الثقيلة في ثقب الحفر بشكل متكرر ومنتظم. وتكون هذه الريشة مزودة بنهاية قاطعة، وتتم عملية رفع الريشة بواسطة سلك يمر فوق بكرة مثبتة على قمة برج الحفر ومتصل بأسطوانة تُدار بمحرك يستخدم البخار أو الزيت أو أي مصدر للطاقة. وعملية رفع الريشة إلى الأعلى وتركها تسقط تؤدي إلى تحطيم وتفتيت الصخور المتماسكة والهشة، كما تعمل أيضا على خلط المواد المحطمة والمفتتة بالماء لتصبح على هيئة طين رخو، إذ يضاف الماء إلى البئر في حالة عدم الوصول للطبقة الحاملة لغرض خلط هذه المواد، ويتم إزالة هذه المواد المفتتة من آن لآخر إما بواسطة مضخة أو شفاط.

يتكون برج الحفر من سارية شبه عمودية منتصبة فوق البئر، ورافعة متعددة الأسلاك ودعامة متحركة، وتكون عالية بصورة كافية تسمح لأطوال مجموعة من الأدوات والأنابيب لأن ترفع خارج البئر، ويتراوح ارتفاعها ما بين 9 و 15 متر تقريباً، وغالبا ما تكون هذه المجموعة مثبتة على مركبة نقل ليتم نقلها من موقع إلى آخر بشكل سريع (شكل 8) كما تتكون أداة التقطيع من أربعة أجزاء رئيسية ، وهي:

1. رأس الحفر.

2. ساق الحفر.
3. رجاجات الحفر.
4. جلبة الحبل.

تربط هذه الأجزاء ببعضها البعض بوصلات خاصة، ويقوم رأس الحفر بتفتيت الصخور عند سقوطه إلى قاع البئر في حين يقوم ساق الحفر بزيادة الثقل كما يساعد في الوقت نفسه حفظ اتجاه الحفر بشكل رأسي، أما رجاجات الحفر فتعمل على رجرجة رأس الحفر عندما ينغرس في مادة صخرية ويصعب رفعها مرة ثانية، ويتم وصل الأجزاء السابقة بسلك الرفع والتنزيل عن طريق جلبة الحبل، ويسمى السلك الذي يحمل الريشة بخط الحفر. ويتكون من أسلاك مبرومة بقطر يتراوح ما بين 2 و3 سنتمتر. يتم رفع وإسقاط الريشة بمعدل 20 –60 دقة/دقيقة، ويتم تدوير سلك الحفر ليتمكن من تكوين حفرة مستديرة. ويجب أن يدق قعر البئر بشكل دائم مع الاستمرار في إضافة الماء إلى البئر لتبريد الريشة لتقليل تأثير الاحتكاك. وتعتمد سرعة الحفر على نوع الصخر وعلى وزن وقطر ريشة الحفر وعلى عدد الدقات في التدقيقية وعلى الخبرة العملية. ويمكن أن تصل سرعة الحفر في المواد المتماسكة إلى عدة أمتار في اليوم، أما في الصخور الصلبة فتصل إلى نصف متر أو أقل. وكلما زاد عمق البئر لزم أسلاك حفر إضافية وزاد الزمن اللازم لتحريك وإدخال حبال الحفر

ودفع مواسير التغليف، ويتراوح العمق العملي ما بين 1000 و2000 متر، وهذا يعتمد على نوع الأجهزة والظروف الحقلية، وبشكل عام فإن هذه الطرق لا تستعمل في الآبار التي يصل عمقها إلى 600 متر.

عملية التغليف ليست ضرورية في التكوينات المتماسكة، ولكنها تكون ضرورية في الأجزاء القريبة من سطح الأرض، كما أنها تعمل على منع دخول أو رشح المياه الضحلة والمياه السطحية داخل البئر. أما في التكوينات غير المتماسكة فمن الضروري إجراء عملية التغليف لحفظ البئر من الانهيار، ويجب دفع مواسير التغليف إلى أسفل البئر في حفر الطين أو في المواد الرخوة الأخرى ، هذا ويجب تغليف البئر في تكوينات الحصى والرمال.

تُعَد تكاليف عملية الحفر بالدق رخيصة إذا ما قورنت بطريقة الحفر ألدوراني، إلا أنها تحتاج إلى وقت أطول، والعمق الذي يمكن الوصول إليه في هذه الطريقة يكون محدوداً، وعموماً فإنه من المهم عند حفر أي بئر عميق عمل أرصفة على فوهة البئر بحيث لا تتداخل مع أجزاء المضخة لتؤمن سهولة تشغيلها، كما يسمح بانحراف رأسي في البئر لغاية 15سم لكل 30.5متر، ومن الممكن تعديل الانحراف في حالة الطبقات الصخرية الصلبة، وذلك باستعمال المتفجرات عند القاع لبعثرة الصخور المحيطة ثم متابعة الحفر بشكل رأسي.

يتكون برج الحفر من الأجزاء الآتية :

1. سارية شبه عمودية منتصبة فوق البئر ارتفاعها ما بين 9 و 15 متر.
2. رافعة متعددة الأسلاك.
3. دعامة متحركة.
4. مركبة مثبت عليها البرج.

طريقة الحفر ألدوراني

بهذه الطريقة يتم حفر البئر باستعمال حفارة تدور بشكل لولبي، وتتكون ريشة الحفر من عدة دواليب مسننة دائرية تكون شكلاً مخروطي وتنتهي بنتوءات كاربيدية مرنة مصنوعة بشكل برعمي، ويتم ربط ريشة الحفر في أسفل أنبوبة الحفر المجوفة وتدار بسرعة تتراوح ما بين 30 و60 دورة في الدقيقة داخل البئر، ويتكون برج الحفر من رافعة أو سارية ومنضدة دوارة ومضخة لرفع فتات الحفر ومحرك ، وتتم عملية الحفر بفعل التكسير والطحن الذي تسببه الدواليب المسننة أثناء دورانها فوق التكوينات المختلفة الواقعة داخل البئر.

يتم إزالة فتات الحفر بواسطة تيار قوي من سائل الحفر يوجه إلى أسفل من خلال قضيب الحفر ليصل إلى الريشة. ويتكون هذا السائل من خليط من البتونايت أو الطين والماء، حيث يعمل على تبريد الريشة ويقلل من تأثير احتكاكها ويقوم برفع القطع الصخرية المحطمة إلى الأعلى عبر المنطقة الفارغة بين جدران البئر وبين أنبوب الحفر، ويمكن إعادة استعمال طين الحفر المتدفق وضخه مرة أخرى بعد تخليصه من الفتات الصخري الموجود فيه. كما أن سائل الحفر يعمل على تكوين غشاء طيني على جدار البئر مما يساعد على منع انهيار جدار البئر ويغني عن استعمال أنابيب التغليف أثناء الحفر.

أن للزوجة سائل فتات الحفر الأثر الكبير على عملية الحفر، فإذا كانت لزوجة السائل عالية فإنها تعرقل عملية صعود الفتات الصخري إلى الأعلى، وهذا يسبب تجمع المواد الصخرية المفتتة حول ريشة الحفر، مما ينتج عنه نقصان في سرعة الدوران وبالتالي تعرقل عملها.

وتعتمد سرعة الحفر أيضا على صلابة الصخور وعلى شكل وحجم ونوعية ريشة الحفر وسرعة دورانها وعلى الوزن الكلي المسلط عليها، وعلى خواص سائل الحفر وضغطه أسفل البئر. وتُعَّدُ أجهزة الحفر ألدوراني معقدة وغالية الثمن بالمقارنة مع أجهزة الحفر بالسلك والدق. ولكنها تحتاج إلى وقت أطول ويمكن أن يصل قطر البئر المحفورة إلى 45 سم وأكثر.

وهناك طريقة أخرى تشبه طريقة الحفر ألدوراني تدعى طريقة الحفر ألدوراني العكسي (شكل 14)، وهي تشبه عمل الطريقة الأولى باستثناء دورة سائل الحفر تكون بالاتجاه المعاكس.أي أن الضخ يتم باتجاه الأسفل خلال الفراغ بين أنبوب الحفر وجدار البئر ويرتفع إلى الأعلى خلال ريشة وأنبوب الحفر، وهذه الطريقة لها المقدرة على حفر آبار ذات أقطار تصل إلى حوالي 122سم في التكوينات غير المتماسكة.

إكمال وتجهيز البئر

بعد الانتهاء من حفر البئر يجب تهيئتها لاستقبال المياه الجوفية وتأمين دخولها داخل التغليف وحوله. وعادة يتم دخول المياه الجوفية للبئر الإنتاجية من خلال أنابيب تغليف مثقبة أو مشرحة أو من خلال مصافٍ خاصة. وتعمل هذه الأنابيب والمصافي على منع الرمال والمواد الناعمة من الدخول إلى البئر، وهي ضرورية في الآبار المحفورة في التكوينات والطبقات الهشة ذات الحبيبات الناعمة، وغير ضرورية في الآبار المحفورة في التكوينات المتماسكة ذات الجدران الثابتة، حيث يتم دخول المياه الجوفية إلى البئر الإنتاجية من المسامات الطبيعية ومن الشقوق أو من أية فتحات أخرى في التكوين، علماً بأن التغليف بالقرب من السطح يعتبر ضروريا لحماية البئر من التلوث، وغالباً ما يكون التغليف ضروريا لحماية البئر الإنتاجية من سقوط الجدران وانخسافها. وتغليف البئر الإنتاجية بمواسير مصنوعة من الحديد أو من الفولاذ أو من النحاس أو الأسبست له أغراض كثيرة، منها ما يلي:

1. منع انهيار الحفر.
2. تجنب دخول الماء غير المرغوب فيه داخل البئر.
3. منع تسرب الماء الجيد من البئر إلى التربة السطحية.
4. تجنب اختلاط التربة من جوانب البئر مع الماء.

المصافي ونوعيتها

المصفاة هي أنبوبة أو اسطوانة مثقبة لها أقطار وأطوال مختلفة تسمح بدخول المياه إلى البئر وتمنع أو تقلل من دخول الرمال والحبيبات الناعمة. وتوجد المصافي بأنواع مختلفة إلا أن جميعها يؤدي نفس الغرض تقريبا، ويعتمد نوع المصفاة المراد استخدامها في الآبار الإنتاجية على نوعية المياه الجوفية. وعلى العموم يجب أن تكون المصافي مصنوعة من معدن مقاوم للصدأ والتآكل , ويجب أن تكون طويلة وقادرة على تحمل ثقل الأنابيب وتكون من معدن ذي مرونة عالية.

صيانة وترميم الآبار

قد تفشل بعض الآبار وتعطي كميات مائية ضئيلة مع مرور الزمن وتقل كفاءتها، ويمكن لبعضها أن تسد جزئياً مع استمرارية الضخ، لذا يصبح من الضروري عمل صيانة دورية لها، وعموما فإن مشكلة تراجع الإنتاج في الآبار يعزى إلى الأسباب الآتية :

أ- التصميم:

تنشأ معظم المشاكل من عدم مطابقة التصميم للظروف الهيدرولوجية والتي تتضمن ما يلي:

1. عدم ملائمة معدلات الضخ مع تصميم البئر.
2. معدل الضخ والتصميم لا يتلاءمان مع العمر التصميمي للبئر.
3. عدم ملائمة معدلات الضخ مع تصميم البئر.

ب- الإنشاء:

5. الفشل في التعرف على الطبقات المنتجة وتحديد أعماقها بدقة.
6. عدم استقامة وعمودية ثقب الحفر.
7. عدم ربط وتلحيم وصلات أنابيب التغليف بشكل جيد.
8. أخطاء في عملية تسميت أنابيب تغليف البئر.
9. انسداد الفجوات أو الشقوق في التكوين المنتج أثناء الحفر بفعل سائل الحفر.
10. دخول بعض البكتريا من السطح إلى البئر مع المواد المكونة لسائل الحفر.

ج- التنمية والتطوير

استخدام طرق غير فعالة في تنمية وتطوير البئر.

استخدام خاطئ للمواد الكيماوية.

وعلى العموم فإن جميع هذه العوامل قد تؤدي بالتالي إلى تآكل وتلف المضخة والمصافي ومواسير التغليف مما يقلل من كفاءة الآبار.

طرق معالجة وإصلاح الآبار

يمكن معالجة مشكلة انخفاض إنتاجية الآبار قبل تفاقم المشكلة وذلك بعد معرفة الحالة، وعليه يمكن تقسيم المشاكل التي تحدث في الآبار إلى قسمين رئيسيين، وهما:

1. مشاكل يصعب علاجها مثل مشكلة التآكل، وقد يؤدي ذلك إلى هجر البئر.
2. مشاكل يمكن علاجها مثل دخول الرمل أو الطمي الناعم داخل البئر أو تغير لون المياه مع ظهور بعض الشوائب. أو المشاكل الناجمة عن عمليات التقشير التي تمثل 80٪ من المشاكل التي تحدث في الآبار. أما طرق المعالجة والإصلاح فيمكن تلخيصها كما يلي:

الطرق الميكانيكية

بهذه الطريقة تسحب المصافي ومواسير التغليف من البئر لتنظيفها أو استبدالها ثم إعادتها إلى البئر، وهي من الناحية الفنية صعبة ومكلفة، علاوة على أن البئر المعالجة بهذه الطريقة سوف تتعرض ثانية إلى نفس المشاكل السابقة مع مرور الزمن، لأن هذه الطريقة تعالج المصافي ومواسير التغليف المسدودة والأنابيب السفلية للمضخة ولا تعالج مواد الطبقة المائية، إلا أنه في بعض الحالات وخاصة في حالة تآكل وتلف المصافي ومواسير التغليف وأجزاء المضخة السفلى فإنه لا بد من سحبها ميكانيكياً ومحاولة إصلاحها أو استبدالها.

ويتم أيضا معالجة التقشير ميكانيكيا بواسطة وضع شحنة كهربائية طفيفة ومتماثلة على كل جزيء من جزيئات السلت فتؤدي إلى تنافرها من بعضها وتسقط في البئر، ثم تضخ خارج البئر بعد إحلالها لمدة 24 ساعة.

الطرق الكيمائية

وهي عملية معالجة المصافي ومواسير التغليف وأجزاء المضخة المسدودة باستعمال الحوامض والمواد الكيماوية الأخرى بدون إخراجها من البئر، فالتقشير قد يحدث لأسباب كيمياوية أو بيولوجية أو ميكانيكية، ولكل من هذه الأنواع طرق معالجة خاصة به.

1- المعالجة بحامض الهيدركلوريك:

يمكن معالجة وإزالة القشرة الكربونية (كربونات الكالسيوم والمغنيسيوم وأكسيدات وهيدروكسيدات الحديد) التي تسبب تراجعاً في إنتاجية البئر باستعمال حامض الهيدروكلوريك المركز جداً، حيث يعمل هذا الحامض على تحليل الرواسب عند إضافته إلى البئر. وقبل إجراء عملية المعالجة يجب رفع المضخة وعمود التصرف، وقبل إضافة الحامض تضاف بعض المثبطات وهي مواد كيمياوية مانعة لتآكل المعادن بالأحماض، وبعد إتمام المعالجة يجب إزالة بقايا الحوامض من البئر لتنظيف المياه. ويمكن إعادة المعالجة لعدة مرات لنفس البئر إذا تطلب الأمر إلى ذلك.

2- المعالجة بالبوليفوسفات:

يستعمل البوليفوسفات ألحامضي أو القاعدي المضغوط في المعالجة وإصلاح الآبار المحفورة في الطبقات غير المتماسكة، حيث تعمل هذه المادة بسرعة على تحريك وتفكيك وإزالة الرواسب الناعمة مثل الرمل والأتربة والطمي والغرويات. ويمكن استعمالها لمعالجة بعض الرواسب الحديدية الناعمة. ويجب إبقاء الفوسفات حوالي يوم كامل مع الاستمرار في عملية التحريك وإثارة الماء باستعمال طرق تطوير الآبار المختلفة ن علماً بأن المعالجة المزدوجة بالحوامض والفوسفات يمكن أن تكون أكثر فاعلية في إزالة القشور.

3- حامض الهيدروكسي اسيتك

وهو حامض عضوي سائل لا يسبب التآكل، وله أبخرة سامة ويمكنه إذابة القشور المعدنية ويقتل البكتيريا ويعمل بشكل ممتاز على قشور الحديد ومعالجة مشاكل بكتريا الحديد، فهو يذيب ويحفظ أيونات المعدن في السائل ويمنع إعادة ترسيب القشور حتى بعد انتهاء مفعول الحامض.

وهناك بعض القواعد العامة التي يجب مراعاتها عند المعالجة بالأحماض، وهي:

1. استعمال الملابس والقفازات الواقية.
2. إضافة الحامض ببطء في الماء وعدم إضافة الماء في الحامض أبداً.
3. استعمال الحامض في الجزء المفتوح من البئر أو في مقابل المصافي.
4. يجب ضخ الحامض المستعمل من البئر.

4- المعالجة بالكلور

تتم معالجة الآبار بالكلور عادة بعد المعالجة بالحوامض والفوسفات، وتعد المرحلة النهائية من مراحل المعالجة الكيميائية لوضع البئر في الخدمة، لأن الكلور له فاعلية كبيرة في قتل أنواع معينة من بكتريا

الحديد، ويستعمل أيضا في معالجة الكبريت ويرقات البكتريا. كما يستعمل برمنجنات البوتاسيوم لإزالة التقشير البكتريولوجي.

المعالجة بالتفجيرات

تستخدم هذه الطريقة في الآبار المحفورة في الطبقات المتماسكة ولجميع أنواع رواسب المصافي في طبقات الحجر الرملي المتماسك وطبقات الحجر الجيري الصلب، والتفجير الاهتزازي هو احد أشكال التفجير، إذ يتم فيه تقسيم المواد المتفجرة إلى شحنات صغيرة مرتبة بحيث يسمح بتفجيرها بشكل سريع ومتسلسل ليعطيها تأثيراً اهتزازياً. ومواد التفجير المستخدمة هي الجلاتين والديناميت والنترجلسين، وعادة يفضل الديناميت على مادة النتروجلسرين لأنه أقل خطورة.

أما أهم الإرشادات التي يجب أن تراعى أو تتبع أثناء حفر الآبار الضحلة والعميقة فيمكن تلخيصها فيما يلي:

توضيح أهمية إتباع الإرشادات العامة في السلامة للعاملين في مجال حفر الآبار:

1. يجب اختيار الآبار القديمة قبل دخولها من أجل تنظيفها أو لأي غرض آخر للتأكد من خلوها من الغازات السامة أو الضارة، فإذا تبين وجود غازات ضارة بها فإنه يجب تهويتها قبل النزول فيها.
2. يجب ارتداء ملابس واقية للجسم أثناء عمليات الحفر مع ارتداء خوذة الرأس الواقية وقفازات اليدين.
3. الحذر والانتباه الدائم أثناء عمليات الحفر، لأن السهو والإغفال في أي لحظة قد يؤدي إلى وقوع الحوادث.

يجب أن تصمم أبراج الحفر بطريقة آمنة بحيث لا تسبب أخطارا محتملة للعمال أثناء الحفر.

4. يجب وقاية الأجزاء الخطيرة من الآلة المستخدمة، مثل: الأعمدة، والوصلات، والبكرات، والتروس، والسيور....
5. يجب وقاية أي نقطة قد ينجم عنها خطر الضغط أو القص.
6. يجب أن تطابق مواصفات الواقيات المستخدمة للمواصفات القياسية السعودية.
7. يجب وضع العلامات والإشارات والتعليمات والرموز التحذيرية على أجزاء الآلة التي فيها خطورة على عمال التشغيل والصيانة. ويجب أن تكون إشارات السلامة مطابقة للمواصفات القياسية السعودية.

8. يجب أن توضع المواد الخطرة كالمتفجرات في أماكن آمنة خاصة حسب التعليمات المدونة عليها على أن تستخدم عند الحاجة تحت إشراف خبراء مختصين، كما يجب أن توضع علامات تحذيرية في مواقع العمل.
9. في الآبار الضحلة يجب تقوية ودعم جوانب البئر أثناء الحفر وبعده لكي لا تنهار الجدران على العاملين فيه.
10. اتخاذ الاجرأت اللازمة لمنع تلوث مياه الآبار أثناء الحفر وبعده.
11. يجب أن تزود الآبار المكتملة بأغطية محكمة منعاً من سقوط الأشخاص أو من العبث، والتقليل من احتمالية تلوث المياه.

بالإضافة إلى ما تقدم يجب مراعاة وإتباع تعليمات الدفاع المدني الخاصة بالسلامة للوقاية من السقوط في الآبار.

ملاحظات

- عدد الآبار المحفورة في السعودية لغاية 1975 م يقدر بحوالي 69409.
- معدل حفر الآبار في السعودية ما بين عام 1402 و1406هـ كان 3348 بئر/سنة.
- عدد مقاولي الحفر في الولايات المتحدة الأمريكية يقدرون بأكثر من 10000 مقاول يقومون بتشغيل أكثر من 22000 حفارة.
- معدل حفر الآبار في الولايات المتحدة الأمريكية 750.000 بئر سنوياً.
- يمكن حفظه تحت الماء لفترة طويلة دون أن يتأثر (الديناميت يتفتت عند ملامسة الماء) الجلجنايت هو مادة بلاستيكية مما تعطيه خاصية تشكيلية بأي شكل مطلوب

الغازاتٍ في الآبار

1. غالباً تحتوي الآبار القديمة على غازات سامة
2. تشمل هذه الغازات بشكل رئيسي ثاني وأكسيد الكربون
3. يتجمع ثاني وأكسيد الكربون في قيعان الآبار لكثافته العالية
4. يتجمع خاصة في الآبار العميقة المغطاة جزئياً
5. يسبب هذا الغاز ضيق التنفس وأحياناً الموت
6. يجب توفر نوع من التهوية أثناء الحفر حرصاً على حياة الحفارين

7. يمكن التأكد من وجود ثاني وأكسيد الكربون بإنزال شمعة أو مصباح غازي في البئر
8. يجب اختيار الآبار القديمة بهذه الطريقة قبل دخولها لأغراض الصيانة

غالبا ما تحتوي الآبار القديمة التي تبلغ أعماقها 15 مترا أو أكثر على غازات سامة تسبب إضرارا صحية أو لربما تؤدي أحيانا إلى الموت. وتشمل هذه الغازات بشكل رئيسي ثاني أوكسيد الكربون الذي يتواجد دائما في الهواء الجوي والذي يميل إلى التجمع في قيعان الآبار كنتيجة للكثافة العالية نسبيا. ويحدث هذا بشكل خاص في الآبار العميقة المغطاة جزئيا، والتي لا تتوفر لها التهوية الطبيعية، وهذا الغاز يسبب ضيق تنفس للحفارين إثناء قيامهم بحفر الآبار التي تزيد أعماقها عن 30 متر، ولهذا السبب يجب توفر نوع من التهوية أثناء حفر الآبار المتوسطة العمق حرصا على حياة العمال ويصبح توفر هذه التهوية مطلبا أساسيا بالنسبة للآبار العميقة.

ويمكن التأكد من وجود ثاني أوكسيد الكربون في البئر بإنزال شمعة موقدة أو مصباح غازي داخل البئر، فإذا انطفأت الشعلة أو خف وهج الضوء فمعنى ذلك وجود كميات خطيرة من الغازات الثقيلة. وعلى كل حال فإنه يجب اختيار الآبار القديمة بهذه الطريقة قبل دخولها من أجل تنظيفها أو لأي غرض آخر، فإذا تبين وجود غازات ضارة بها فإنه يجب تهويتها قبل النزول فيها.

ويمكن إزالة ثاني أوكسيد الكربون بطرق مختلفة، مثل: استعمال ماء الجير، أو نثر رمل في البئر، أو تحريك وعاء به جمر نار متوهج إلى الأعلى وإلى أسفل داخل البئر، أو إنزال ورفع حزمة من فروع الأشجار المورقة أو حزمة من الأعشاب أو الأكياس المربوطة ببعضها. إن جميع هذه الطرق تعمل على توليد تيارات هوائيه داخل البئر.

ولكن إذا توفرت الإمكانيات المناسبة فإنه يفضل عادة ضخ هواء داخل البئر من مضخة بواسطة خرطوم مطاطي مرن، أو باستعمال مروحة يدوية يصل قطرها إلى 30 سم متصلة بأنبوب قطره 10 سم ينقل الهواء داخل البئر.

طرق إزالة ثاني أوكسيد الكربون من الآبار

يمكن استخدام إحدى الطرق الآتية لتحريك التيارات الهوائية داخل البئر

1. استعمال ماء الجير
2. نثر رمل في البئر
3. تحريك وعاء فيه جمر نار متوهج إلى الأعلى والأسفل داخل البئر

4. إنزال ورفع حزمة من فروع الأشجار المورقة أو حزمة من الأعشاب
5. أو الأكياس المربوطة ببعضها

الأرشادات العامة في السلامة أثناء حفر الآبار الضحلة والعميقة

1. التأكيد على إتباع الإرشادات العامة في السلامة
2. اختيار الآبار القديمة قبل دخولها للتأكد من خلوها من الغازات السامة
3. ارتداء الملابس الواقية والخوذة والقفازات أثناء عمليات الحفر.
4. الحذر والانتباه الدائم أثناء عمليات الحفر وعدم السهو أو الإغفال
5. تصميم أبراج الحفر بطريقة آمنة بحيث لا تسبب إخطارا للعمال إثناء الحفر.
6. وقاية الأجزاء المتحركة من اللات مثل الأعمدة والبكرات والتروس والسيور
7. يجب أن تطابق مواصفات الواقيات للمواصفات القياسية السعودية
8. وقاية أي نقطة قد ينجم عنها خطر الضغط أو القص
9. وضع العلامات والإشارات والتعليمات والرموز التحذيرية على أجزاء الآلة
10. وضع المواد الخطرة كالمتفجرات والمواد الكيماوية في أماكن آمنة حسب التعليمات المدونة عليها.
11. يجب أن تستخدم المواد الخطرة عند الحاجة تحت إشراف خبراء مختصين 12- يجب وضع علامات تحذيرية في مواقع العمل عند استخدام المواد الخطرة.
12. يجب تقوية ودعم جوانب الآبار الضحلة أثناء الحفر وبعده لكي لا تنهار الجدران على العاملين فيه.
13. اتخاذ الإجرأت اللازمة لمنع تلوث مياه الآبار أثناء الحفر وبعده.
14. يجب أن تزود الآبار المكتملة بأغطية محكمة منعاً من سقوط الأشخاص أو من العبث، والتقليل من احتمالية تلوث المياه.

بالإضافة إلى ما تقدم يجب مراعاة وإتباع تعليمات الدفاع المدني الخاصة بالسلامة للوقاية من السقوط في الآبار.

أغراض التغليف

منع انهيار الحفر

تجنب دخول الماء غير المرغوب فيه

منع تسرب الماء الجيد من البئر

تجنب اختلاط التربة من جوانب البئر مع الماء

صيانة وترميم الآبار

قد تفشل أو تسد جزئياً بعض الآبار وتقل كفاءتها مع مرور الزمن واستمرارية الضخ، فتراجع الإنتاج في الآبار يعزى إلى الأسباب الآتية :

أ- التصميم:

تنشأ معظم المشاكل من عدم مطابقة التصميم للظروف الهيدرولوجية والتي تتضمن ما يلي:

عدم ملائمة معدلات الضخ مع تصميم البئر

معدل الضخ والتصميم لا يتلاءمان مع العمر التصميمي للبئر

عدم ملائمة معدلات الضخ مع تصميم البئر

ب- الإنشاء:

الفشل في التعرف على الطبقات المنتجة وتحديد أعماقها بدقة

عدم استقامة وعمودية ثقب الحفر

عدم ربط وتلحيم وصلات أنابيب التغليف بشكل جيد

أخطاء في عملية تسميت أنابيب تغليف البئر

انسداد الفجوات أو الشقوق في التكوين المنتج أثناء الحفر بفعل سائل الحفر

دخول بعض البكتريا من السطح إلى البئر مع سائل الحفر

ج- التنمية والتطوير

استخدام طرق غير فعالة في تنمية وتطوير البئر

استخدام خاطئ للمواد الكيميائية

جميع هذه العوامل قد تؤدي إلى تآكل وتلف المضخة والمصافي ومواسير التغليف مما يقلل من كفاءة الآبار.