تصميم الآبار

- يعتبر البئر بمثابة مجرى ينقل الماء من الطبقة الحاملة إلى السطح، وهذا المجرى يجب تصميمه كي:

1. يعطي أعلى إنتاجية بأقصى كفاءة وأقل انخفاض في المنسوب
2. يتناسب التصرف مع محطة الضخ وخصائص الطبقة الحاملة.
3. ينتج نوعية مياه جيدة ومحمية من التلوث وخالية من الرمل.

- تعظيم عمر البئر بما يتناسب مع التكلفة (> 50 سنة).
- يجب أن تكون التكلفة معقولة على المدى القصير والمدى البعيد
- يخضع التصميم النهائي للبئر إلى نوعية بيانات الموقع التي أخذت من بئر الاختبار.

- الهدف الشامل لتصميم البئر هو:

1. إيجاد منشأ ثابت ودائم لفترة طويلة وكفؤ وفيه مكان يكفي لتركيب مضخة
2. يسمح بانتقال الماء الأرضي من الطبقة الحاملة إلى البئر دون جهد
3. خالي من الرمل
4. أن يكون الماء بالكمية والنوعية المطلوبة،
5. يمنع النمو البكتيري وتعفن المواد في البئر.

اعتبارات هامة في تصميم الآبار

- أمور كثيرة يجب على الحفار أخذها بالاعتبار، مثل:
  - عمق البئر
  - نوع البئر
  - مادة المصفاة، حجمها (قطرها) وسمكها
  - تصميم مآخذ المياه
  - مانع تسرب التكوين
  - المراقبة والصيانة

فائدة الاستثمار في الآبار

- إن يكون الاستثمار المبدئي لتصميم الآبار مناسب، كي يعوض من خلال الأمور التالية:
- توفير مصدر دائم لتجهيز الماء يلبي الاحتياجات اللازمة بما يتناسب مع قابلية الطبقة الحاملة.
- نوعية مياه جيدة خالية من الرسوبيات والملوثات.
- زيادة العمر الافتراضي للبئر.
- خفض تكلفة تشغيل البئر وصيانته.
- سهولة مراقبة أداء البئر.

اختيار مقاول حفر البئر

- عند اختيار المقاول للحفر واختيار المواد اللازمة لا بد أن يعرف صاحب البئر الكثير عن طبيعة العمل وكيف تنفذ البئر 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.

المقاول

- يقوم المقاول أو بمسح أولي للآبار القائمة فعليا في المنطقة، وهذا يفيد في توفير معلومات هامة حول ما يلي:
- الإنتاجية النمطية للبئر ونوعية المياه.
- أي الطبقات التي يمكن التوقف عندها.
- الأنماط والطرق التي يمكن إتباعها في حفر البئر.
- المعدلات المقبولة المتوقعة من البئر ما قبل الحفر.

- يتعذر دائما على المقاول أن يحدد مسبقا العمق الذي يجد فيه الماء المناسب،
- فالآبار المجاورة توضح بعض المؤشرات ليس بالضرورة تكون أكيدة.
- في بعض الدول تتوفر هذه البيانات من الجهات الرسمية المختصة مقابل بعض الرسوم البسيطة، هذه 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

- اختيار موقع البئر قد يؤثر على سلامة البئر وأدائه.
- يجب أن يؤخذ بالاعتبار تطور الخطط المستقبلية للمساحة، مثل:
  1. التوسعات في الحظائر
  2. مظلات التخزين
  3. خزانات الوقود
- يجب 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

مواصفات حماية البئر من التلوث

- وضعت المواصفات التالية لمنع التلوث المحتمل للبئر والطبقات الحاملة، فهي مسؤولية المستفيد ومقاول الحفر للتأكد من:
- إمكانية الوصول إلى البئر لأغراض التنظيف، والاختبار، والمراقبة، والصيانة وإجراء التصليح.

- التأكد من أن ميل الأرض حول البئر متجه بعيدا عنه بقدر الإمكان لمنع أي جريان سطحي نحوه من الماء المتجمع.

- التأكد من أن موقع البئر يكون بأعلى الميل وبعيدا بقدر الإمكان عن مصدر التلوث المحتمل كالبيارات، وساحات الحظائر، والمسطحات المائية.

- 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.

- يجب أن لا يكون موقع البئر في حفرة

الاعتبارات النمطية لاختيار موقع البئر

- يجب تحليل بدائل خواص الموقع كي يتم اختيار طريقة الحفر وتصميم البئر، فالاعتبارات النمطية لموقع البئر تشتمل على ما يلي:

1. تقييم الماء: عند دراسة موقع البئر يجب تقييم وتقدير الماء الأرضي المتوفر للاستفادة منه.

2. هيدرولوجية المنطقة: قد تؤثر هيدرولوجية الموقع على طريقة إنشاء البئر.

يمكن تحديد مكان البئر 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 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

بشكل 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.
- 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: هذا عامل هام في اختيار طريقة الحفر والتصميم.

- تتطلب طريقة الحفر الدوارة إلى كميات كبيرة من ماء الشرب قد تصل إلى عدة مئات من الأمتار المكعبة لكل ساعة خلال عملية الحفر، بالإضافة إلى الأعمال الأخرى.
- طرق الحفر السلكية والحفر باستخدام الهواء تتطلب كميات أقل من الماء.

8. التعامل مع مخلفات الحفر السائلة:

تخلف عمليات الحفر خاصة الطريقة الدوارة كميات كبيرة من المخلفات السائلة، وهذا يتطلب إلى مكان واسع لخزنه.

إذا 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:

تحدث عمليات الحفر بأنواعها المختلفة ضوضاء مزعجة للسكان المجاورين للبئر

قد يتطلب حفر البئر أعمال متواصلة لأن التوقف عن الحفر قد ينتج عنه أثارا خطرة على البئر.

هناك طرق لكبح الأصوات الناجمة عن الحفر إلا إنها مكلفة خاصة إذا كانت التعليمات بوجوب الصوت يجب أن لا يتعدى موقع البئر.

أجزاء البئر

يشتمل البئر مكتمل التنفيذ على:

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

عمق البئر

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

مادة المصفاة، قطرها وسمكها

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

- 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 تستخدم الغطاس يجب أن يكون قطر الغلاف الداخلي على الأقل 10.16سم

- يوصى أن يكون القطر الأدنى للغلاف على الأقل أكبر بدرجة واحدة من القطر الخارجي للمضخة.

- كلما 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.
- الغلاف 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.
- يجب 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.

تصميم مآخذ المياه

- يتحرك الماء من الطبقة الحاملة نحو البئر من خلال مصفاة أو غلاف ذو الفتحات الطولية أو الدائرية.
- المصفاة عادة تصنع وتجهز بفتحات بأشكال منتظمة وأحجام متشابهة
- وتصمم بحيث تسمح بدخول أقصى كمية مياه مع أقل ما يمكن من رسوبيات التكوينات
- المصافي المصنعة من الحديد الغير قابل للصدأ
- هي أكثر الأنواع المستخدمة لأنها قوية ولها القابلية نسبيا لمقاومة الصدأ الناتج عن المياه.
- وهي مصنعة بأحجام فتحات مختلفة وأشكال تناسب الطبقات الحاملة
- الأنواع 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.
- هذا بدوره يقلل مقدار المساحة المفتوحة للسماح للماء بالدخول إلى البئر.
- الفتحات متفاوتة بالحجم مع احتمال أن يكون لها حواف خشنة وهذا يعتمد على طريقة تخريمها.
- هذا 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.
- يمكن 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.

- عادة يختار مقاول الحفر 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 التي ستخدم بمثابة فلتر طبيعي حول الفتحات الدائرية الموجودة في الغلاف.

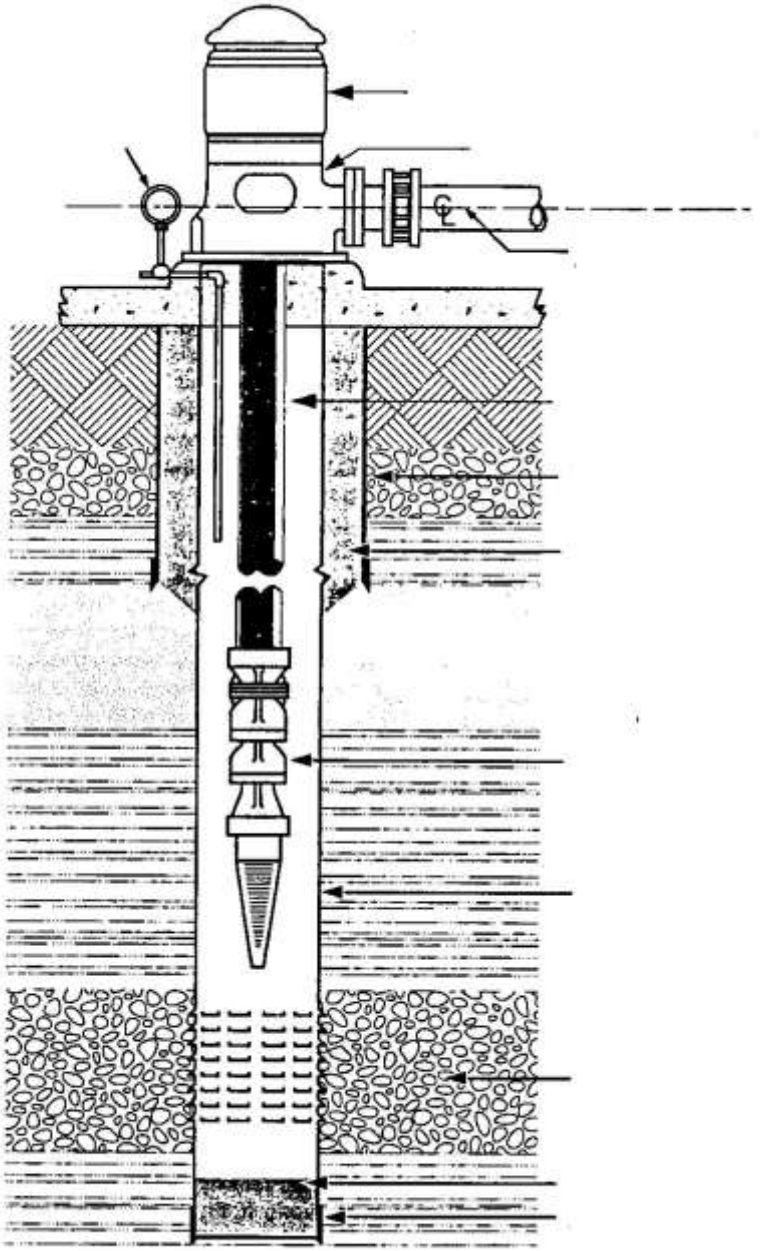


Figure 6.1. Typical well installation.

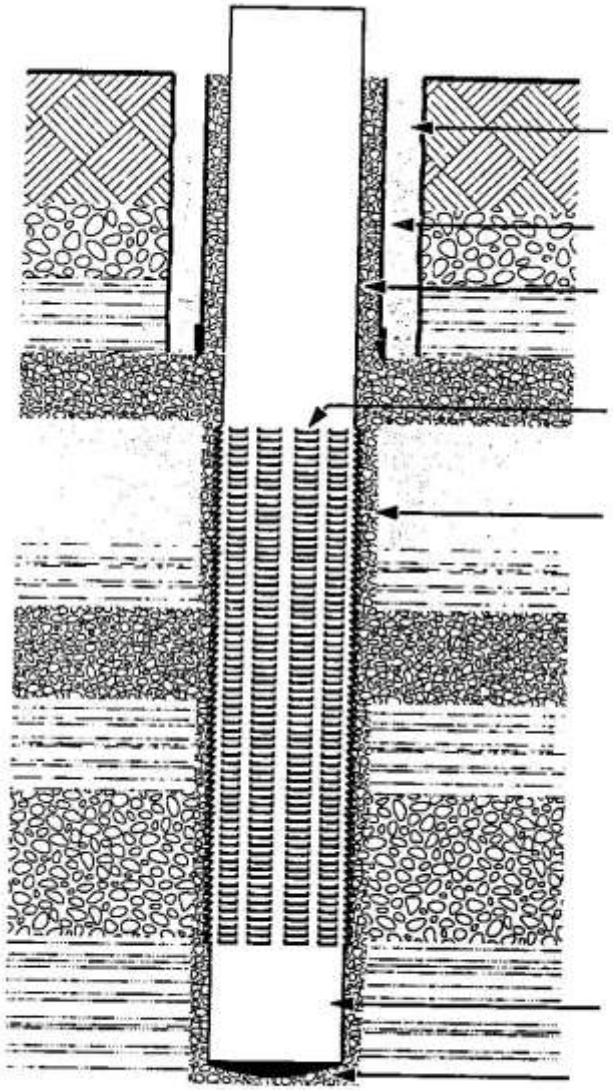


Figure 6.2. Gravel envelope well with gravel envelope to surface.

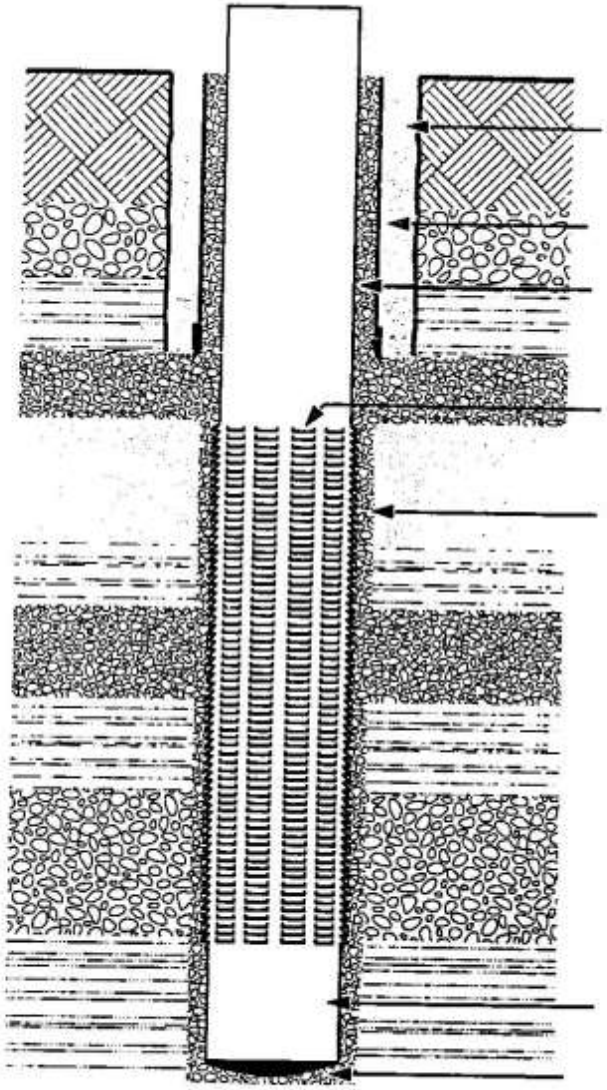
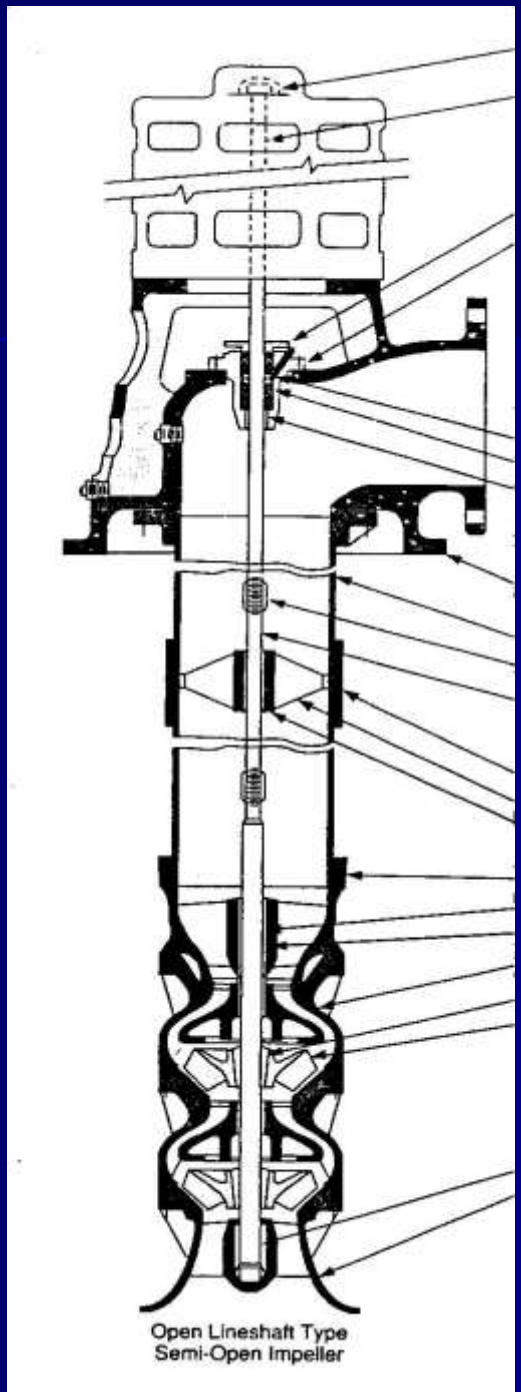
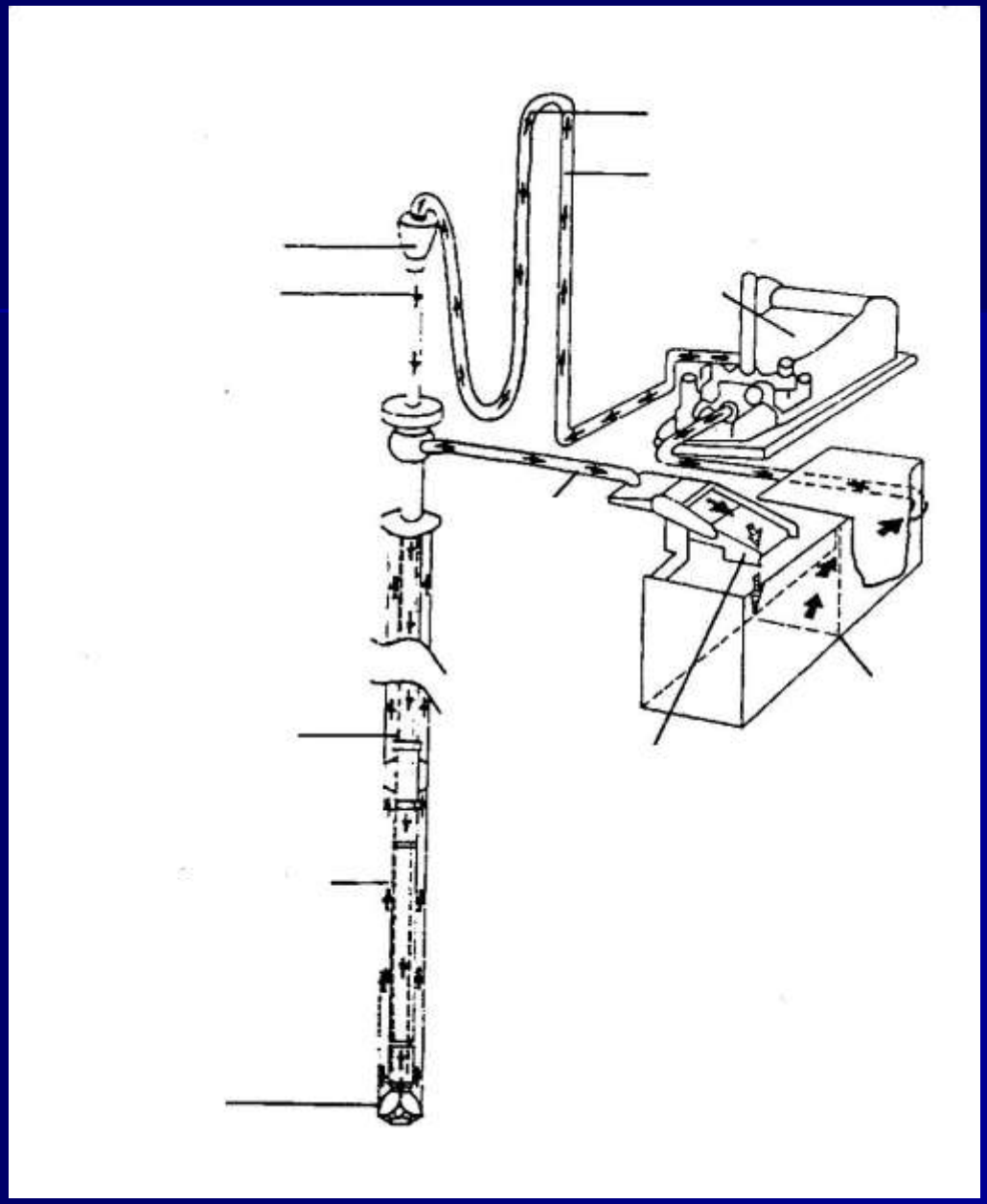


Figure 6.2. Gravel envelope well with gravel envelope to surface.



Open Lineshaft Type
Semi-Open Impeller



المساحة الكلية للمصفاة

- تعتمد المساحة الكلية للفتحات على طول الغلاف وقطره.
- طول المصفاة متغير
- القطر يحدد من خلال قطر غلاف البئر.
- تزداد إنتاجية البئر بزيادة قطر الغلاف.
- مضاعفة قطر المصفاة يزيد من سعة البئر فقط بما يعادل 20٪.
- يجب حساب مقدار مساحة المصفاة المجهزة بفتحات طولية أو دائرية لضمان عدم دخول الماء من الطبقة الحاملة بسرعة إلى البئر.

- كلما 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.

- الفراغات البينية في الطبقة الحاملة المجاورة إلى الفتحات قد تغلق بالمواد الدقيقة التي يمكن أن تقلل من الإنتاجية.

تحديد قطر البئر

- يتحكم العامل الاقتصادي في تحديد قطر البئر.
- زيادة 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٪.
- يراعى 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 مصنوعة من مادة الصلب المغلفن.
- الأنابيب التي تخترق الطبقة الحاملة للمياه تدعى المصفاة محيطها مخرم تسمح بدخول الماء إلى داخل البئر.
- المصفاة لها دور هام في زيادة أو تقليل تصرف البئر.
- ويتم حساب الطول اللازم للمصفاة من واقع معادلة التصرف التالية:

$$Q = A \cdot Vf$$

حيث أن:

Q= التصرف التصميمي للبئر مضافاً إليه 25٪ كعامل آمان

Vf=السرعة المسموح بها لتسرب الماء من خلال ثقوب المصفاة

- تتوقف هذه السرعة على نوعية التربة المحيطة بالمصفاة المتمثلة بالنفاذية k، وتتراوح قيمة k ما بين 5 سم/ث في حالة الرمال الناعمة و 100 سم/ث للرمال الخشنة

- يمكن تقدير السرعة بواسطة المعادلة الوضعية التالية:

$$Vf=65\ k1/3$$

A= مساحة الفتحات الموزعة بشكل تبادلي على المصفاة وتؤخذ عادة في حدود 20٪ من المساحة الكلية

$$A=0.2\ \pi\ DL$$ ∴

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 وإلى أعلى نهايته بقليل.
- مانع تسرب التكوين لحماية البئر من التلوث.
- قطر حفرة البئر عادة تكون أكبر بقليل من الغلاف الذي تم تركيبه.
- يطلق على المسافة ما بين الحفرة والغلاف فراغ حلق البئر.
- يجب غلق هذا الفراغ 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.
- لعزل الطبقة المنتجة عن غيرها يملئ الفراغ الحلقي مباشرة من فوق المنطقة المخرمة إلى سطح الأرض.

الانتهاء من أعمال البئر

- بعد الانتهاء من حفر البئر والمعدات في الموقع ما زال هناك عدة أعمال يجب أن يكملها مقاول الحفر قبل أن يصبح البئر جاهزا للاستخدام، فهو مسئول عن تنفيذ الأعمال التالية:
  - تنمية البئر
  - تعقيم البئر
  - إجراء اختبار الإنتاجية

تنمية البئر

- تنمية البئر هي عملية إزالة الرسوبيات وسائل الحفر من المناطق المحيطة والمجاورة للفتحات مباشرة.
- هذا 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.
- هذه العملية تكرر باستمرار لغاية خلو الماء من المواد الدقيقة ويصبح نقيا.
- المواد الأكبر حجما تبقى مكونة طبقة من الفلتر طبيعية حول المصفاة، والفتحات الطولية أو الدائرية.

- بما أن تكوينات الطبقات الحاملة خالية 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.
- هذه 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.
- الطريقة النمطية المتبعة هي اختيار حجم الفتحات الطولية للمصفاة بحيث أن 85% من المادة المتبقية خارج المصفاة.

اختبار الإنتاجية

- اختبار الإنتاجية غالبا ما يدعى اختبار الضخ فهو مهم لأن 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.
- إذا استخدمت مضخة لإزالة الماء يمكن قياس منسوب الماء كلما انخفض مستواه.
- توقف عملية إزالة المياه بعد ساعتين وتبدأ عملية مراقبة وتسجيل رجوع منسوب الماء.
- تؤخذ القياسات عند فترات زمنية محددة 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.

- هذا المعدل يعتبر معدل الضخ الآمن.

- يحدد اختبار الإنتاجية مستوى مقارنة جيد لأداء البئر.
- لإعادة 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.
- يحسب 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.
- التعقيم بمادة الكلورين ينفذ بعد تركيب معدات الضخ وقبل جعل البئر في حالة الإنتاج.

تنظيف الآبار

- يتم تنظيف البئر من الشوائب بعد تنفيذها بقصد التخلص من مخلفات عملية الحفر.
- تستمر عملية التنظيف لغاية الحصول على مياه خالية تماماً من أية شوائب بإحدى الطرق التالية:
  - ضخ تصرف يساوي مرة وربع من التصرف التصميمي.
  - دفع المياه بصورة عكسية إلى داخل الطبقات الحاملة على فترات متقطعة، تسبب هذه العملية خلخلة الطبقة المحيطة بمصفاة البئر.
  - ضخ الهواء المضغوط في البئر 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.
  - استعمال مكبس بقطر مساوي تقريباً للقطر الداخلي للبئر، وعند هبوط المكبس تضغط المياه من المصفاة خارج الطبقة الحاملة، وعند صعوده ترتفع المياه إلى داخل البئر حاملة معها الحبيبات الناعمة التي تضخ إلى خارج البئر.

أنواع الآبار

- آبار غير العميقة (آبار ضحلة)

1. انتاجيتها قليلة.
2. قريبة من سطح الأرض (30 متر أو أقل).
3. أقطارها كبيرة مما يجعلها تعمل كخزان .
4. تعتمد على المطر السنوي في تغذيتها.

- آبار متوسطة

الآبار العميقة

1. أقطارها صغيرة 10 إلى 20 سم.
2. عميقة جداً (مئات الأمتار).
3. أقل احتمالية تلوث.
4. يعتمد على ماء هذه الآبار كمصدر لأنه أقل تأثيراً بالظروف الجوية الموسمية.
5. طريقة الحفر هذا النوع من الآبار: الدوارة أو السلكية.

تصنيف الآبار حسب الغرض من حفرها

1. آبار استكشافية
2. آبار انتاجية
3. آبار مراقبة
4. آبار تجارب الضخ
5. آبار التغذية
6. أبار الصرف

طرق حفر الآبار الضحلة والمتوسطة

- تعتمد تكاليف الحفر على:

1. طبيعة الأرض.
2. تكاليف النقل.
3. أجور العمال.
4. إمكانية توفر المعدات الميكانيكية.
5. بناء جدران البئر (المواد المحلية أرخص من المستورد).

الآبار المحفورة بالطرق البسيطة

- قطر البئر يحدد من العوامل التالية:

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

إنشاء الآبار في الصخور المتماسكة

1. يتم البدء بحفر حفرة مركزية ذات قطر صغير.
2. تكسر جوانب الحفرة إلى أن يصبح قطرها مساوياً لقطر البئر.
3. ثم يحفر حفرة صغيرة أخرى في مركز قاع الحفرة الأولى.
4. تكرر هذه العملية إلى أن يتم الوصول إلى عمق البئر المطلوب.
5. الاستفادة من الشقوق والفواصل الموجودة في الصخور.

استخدام المتفجرات في الحفر:

1. يستخدم التفجير عندما تكون الصخور قاسية.
2. تستخدم المتفجرات بصورة منظمة ومخططة بشكل جيد.
3. تبدأ عملية التفجير من نقطة في مركز البئر.
4. ثم يتقدم العمل بعد ذلك تدريجياً إلى الجوانب.
5. عند استخدام بطارية يجب أن تتم بتتابع.
6. تختلف أنواع المواد المتفجرة تبعاً لاختلاف الصخور.

يمكن استخدام الجلجنايت أو جيلاتين لمتوسط الصلابة مثل الجرانيت والنايس وللأقل صلابة يستخدم الديناميت.

أنواع مادة الجدران:

1. **الخشب:** رخيص الثمن، سهل الاستعمال، إلا أنه يتلف بسرعة وبالتالي يلوث المياه ويضفي عليها طعماً ولوناً غير طبيعي.

1. الطابوق.
2. حواجز البناء.
3. حجر البناء.
4. الأنابيب الفخارية.
5. الخرسانة.
6. الحديد.

طرق حفر الآبار العميقة

يتوقف اختيار أنسب الطرق على العوامل التالية:

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

طريقة الحفر بالسلك والدق

عملية الحفر تشمل على:

- إسقاط ريشة الحفر الاسطوانية الثقيلة في ثقب الحفر بشكل متكرر.
- تكون الريشة مزودة بنهاية قاطعة.
- ترفع الريشة بواسطة سلك يمر فوق بكرة مثبتة على قمة برج الحفر.
- تؤدي عملية الرفع وسقوط الريشة إلى تحطيم وتفتيت الصخور المتماسكة.
- يتكون من المواد المحطمة والمفتتة طين رخو ويزال خارج البئر.

برج الحفر

- **يتكون البرج من:**

1. سارية شبه عمودية منتصبة فوق البئر.
2. رافعة متعددة الأسلاك يتراوح ارتفاعها ما بين 9 و 15 متر.
3. تكون هذه المجموعة مثبتة على مركبة نقل لخدم مواقع أخرى.

أداة التقطيع

- رأس الحفر.
- ساق الحفر.
- رجاجات الحفر.
- جلبة الحفر.

(تربط هذه الأجزاء بعضها ببعض بوصلات خاصة)

إكمال وتجهيز البئر

- تغليف البئر بمواسير حديد أو فولاذ أو نحاس أو الأسبست والأغراض من ما يلي:

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

تراجع الإنتاج في البئر

- **التصميم:** تنشأ معظم المشاكل من عدم مطابقة التصميم، مثل:
  - عدم ملائمة معدلات الضخ مع تصميم البئر.
  - معدل الضخ والتصميم لا يتلائمان مع العمر التصميمي للبئر.

- **الإنشاء**

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

التنمية والتطوير

1. استخدام طرق غير فعالة في تنمية وتطوير البئر
2. استخدام خاطئ للمواد الكيميائية.
3. تآكل وتلاف المضخة والمصافي ومواسير التغليف مما يقلل من كفاءة الآبار.

طرق معالجة وإصلاح الآبار

- **مشاكل الآبار تنقسم إلى قسمين هما:**

1. مشاكل يصعب علاجها مثل مشكلة التآكل وهذا يؤدي إلى هجر البئر.

2. مشاكل يمكن علاجها مثل دخول الرمل أو الطمي الناعم داخل البئر أو تغير لون المياه مع ظهور بعض الشوائب.

3. مشاكل ناجمة عن عمليات التقشير، تمثل 80% من المشاكل التي تحدث في الآبار. **فالتقشير قد يحدث لأسباب كيماوية أو بيولوجية أو ميكانيكية، ولكل من هذه الأنواع طرق معالجة خاصة به.**

- **طرق المعالجة هي:**

الطرق الميكانيكية:

1. سحب المصافي ومواسير التغليف من البئر لتنظيفها أو استبدالها وإعادتها إلى البئر.

2. يتم معالجة التقشير ميكانيكياً بوضع شحنة كهربائية طفيفة ومتماثلة على كل جزء من جزيئات السلت فتؤدي إلى تنافرها من بعضها وسقوطها في البئر، ثم تضخ خارج البئر.

الطرق الكيميائية:

استعمال الماد الكيماوية لمعالجة المصافي ومواسير التغليف وأجزاء المضخة المسدودة بدون إخراجها من البئر.

1. المعالجة بحامض الهيدروكلوريك:

- يستخدم حامض الهيدروليك المركز لإزالة القشرة الكربونية (كربونات الكالسيوم والمغنيسيوم وأكسيد وهيدروكسيدات الحديد).
- يجب رفع المضخة وعمود الصرف قبل إضافة الحامض مع إضافة بعض المثبطات لمنع تآكل المعادن.
- بعد إتمام المعالجة يجب إزالة بقايا الحوامض من البئر لتنظيف المياه.
- يمكن إعادة المعالجة عدة مرات لنفس البئر إذا تطلع الأمر.

2. المعالجة بالبوليفوسفات:

- يستخدم البوليفوسفات القاعدي أو الحامضي المضغوط في معالجة و إصلاح الآبار المحفورة بالطبقات الغير متماسكة.

- تعمل هذه المادة على تحريك وتفكيك وإزالة الرواسب الناعمة مثل الرمل والأتربة والطمي والغرويات.

- يمكن استعمال هذه المادة لمعالجة بعض الرواسب الحديدية الناعمة.

3. حامض الهيدروكسي استيك:

- يمكنه إذابة القشور المعدنية.
- بقتل البكتريا.
- يزيل قشور الحديد.
- معالجة بكتريا الحديد.
- يمنع إعادة ترسيب القشور.

4. المعالجة بالكلور:

- يتم معالجة اللآبار بالكلور بعد المعالجة بالحوامض والفوسفات.
- تعد المرحلة النهائية من مراحل معالجة الكيمياوية لوضع البئر في الخدمة.
- يستعمل أيضاً في معالجة الكبريت ويرقات البكتريا.
- كما يستعمل برمنجنات البوتاسيوم لإزالة التقشير البكتريولوجي.

الغازات في الآبار

- يجب توفيرالتهوية أثناء حفرالآبار القديمة.
- يمكن التأكد من وجود ثاني أكسيد الكربون بإنزال شمعة أو مصباح غازي.
- يمكن إزالة ثاني أكسيد الكربون بعدة طرق: استعمال ماء الجير، أو نثر رمل في البئر أو تحريك وعاء به جمر نار أو إنزال ورفع حزمة من الأعشاب أو ضخ هواء داخل البئر.
- ثاني أكسيد الكربون يسبب ضيق التنفس والموت.