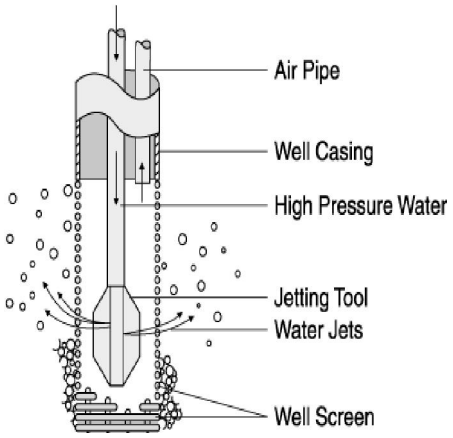
تطوير وصيانة الآبار :

يهدف تطوير الآبار إلى زيادة سعتها النوعية ورفع كفاءتها وإطالة عمرها . وتتم هذه العملية بعد الانتهاء من حفرها وإكمالها ، وتعتبر المرحلة النهائية من مراحل تجهيز الآبار للضخ . وتعني إزالة الرمال والمواد الناعمة من الطبقات المائية المحيطة بالمصافي ومقاطع التغليف المثقبة ، والقضاء على البكتريا والكائنات الحية الدقيقة لخلق نطاق طبيعي ونقي حول المصافي و حشوة الحصى يمنع تسرب جزيئات الطبقة المائية من الدخول إلى البئر ، وتتراوح سماكته من عدة ديسمترات إلى عدة سنتمترات ولان نفاذية هذا النطاق أعلى من نفاذية الطبقة المائية نفسها ، وتوزيع حجم الحبيبات بشكل تدريجي ، أي ان الحبيبات الخشنة تظهر عند المصفاة وتتدرج للخلف حسب الحجم حيث مواد الطبقة المائية ، فان هذا النطاق يعمل على زيادة نصف قطر التاثير ,وتجدر الإشارة إلى ان هذا النطاق يكون غير ثابت في حالة اختيار مصافي غير مناسبة خاصة في الآبار المحفورة في الطبقات المائية ذات النسيج الناعم والمنتظم ، ويمكن ان يستمر خروج الرمال لفترة زمنية طويلة قد تصل إلى عدة سنوات أثناء ضخ المياه من هذه الآبار . ويعتمد مبدأ تطوير الآبار على خلق حركة سريعة متبادلة للمياه من البئر إلى الطبقة المائية ومن الطبقة المائية إلى البئر ، لإزالة الجزيئات الناعمة الموجودة في مسامات المواد وثقوب المصافي ، وتنتقل الجزيئات المنهارة إلى داخل البئر ليتم ضخها إلى الخارج . واهم الطرق المستعملة في تطوير الآبار هي :

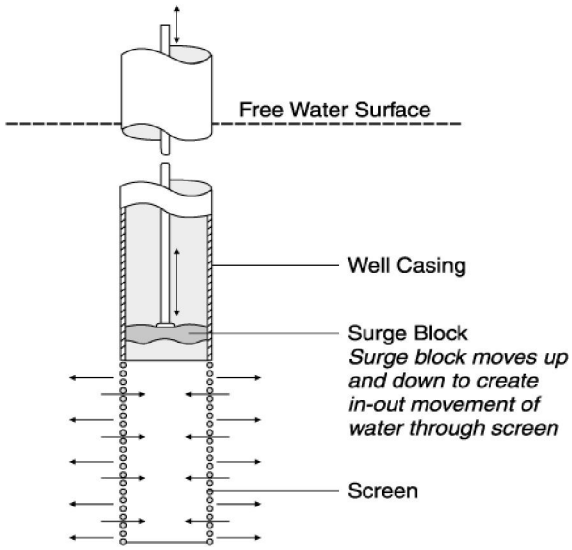
طريقة النفث : - Jetting method



تعتمد هذه الطريقة على خلق تدفق جانبي للمياه من الطبقة المائية إلى البئر ،باستعمال جهاز ينفث الماء او يقذفه إلى البئر من فوهتين متجاورتين او أكثر بسرعة عالية وبشكل عمودي ، مما يسبب تدفق المياه إلى الطبقة المائية ويحدث ضغطا موضعيا خلف ثقوب المصافي وأنابيب التغليف ، وهذا يسبب تدفقا عكسيا للمياه باتجاه البئر حول المنطقة التي تدخل منها وبتحريك جهاز النفث jetting device إلى الأعلى والأسفل وإدارته ، نحصل على تدفق عكسي في أجزاء الطبقة المائية حول البئر وتعتبر هذه العملية فعالة في تحطيم كعكة الطين المتكونة على جدران الآبار المحفورة بطريقة الحفر ألدوراني وخاصة اذا أضيف للماء مادة مبعثرة .ويساعد ضخ المياه من البئر أثناء عملية النفث في تحريك المواد الناعمة إلى البئر وقذفها للخارج .

طريقة الدفق : surging method

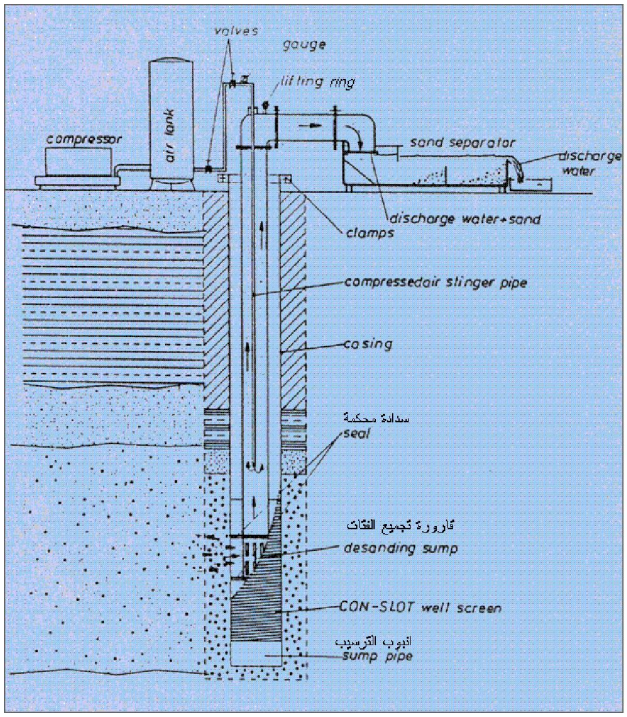
تعتبر هذه الطريقة من أكثر الطرق استعمالا في تطوير الآبار وتعتمد على ضخ المياه خارج البئر بواسطة مجموعة أنابيب متصلة مع جهاز يؤمن حركتها إلى الأعلى والأسفل لخلق تدفق مستمر من والى الطبقة المائية ينتج عنه تجمع الرمال والمواد الناعمة الأخرى أسفل البئر لتتم إزالتها بواسطة الدلو النازح ، ويجب الاستمرار بالنزح حتى لا يبقى أي رمل متجمع في الأسفل كما يجب ان تبدأ عملية السحب بشكل بطيء لتجنب فرق الضغط بين الطبقة المائية والبئر مما قد يؤثر على ثقوب المصافي . ولتجنب الضغوط الإضافية تم تزويد بعض منظومة الدفع بصمام يسمح بمرور الماء من خلالها أثناء دفعها إلى أسفل ويمكن تحقيق طريقة الدفع بضخ المياه من البئر بشكل متقطع باستعمال مضخة تور بينية بدون صمام ، فعندما يبدأ الضخ يهبط مستوى المياه الجوفية في البئر ويقل الضغط في الطبقة المائية حول البئر وعند إيقاف الضخ يرتفع مستوى المياه الجوفية فجأة وتندفع المياه للخلف



عبر المضخة ، وبزيادة الضخ عن الحد الطبيعي وما يتبعه من هبوط كبير في مستوى المياه الجوفية تندفع المياه إلى الطبقة المائية وهذا يعمل على تحريك الحبيبات الناعمة إلى البئر ليتم نزحها إلى الخارج.

طريقة دفع الهواء : air surging

وتعتمد هذه الطريقة على حقن هواء مضغوط إلى داخل البئر بسرعة عالية تقدر بثمانية أضعاف التدفق المتوقع من البئر وضغط عال يقدر بحوالي .10 atom باستعمال ضاغطة هواء يتصل بها انبوب هواء ينزل إلى البئر ويثبت حول أنبوب التصريف ويجب ان يكون الأنبوبان لهما قابلية على الحركة الرئيسية كما ويجب ان يتعدى عمق الماء في أنبوب التصريف ثلثي طول الأنبوب . ويراعى ان يكون أسفل أنبوب الهواء واقعا فوق أسفل أنبوب التصريف قبل بداية عملية التطوير . وعند ضخ الهواء يندفع مزيج الماء والهواء عبر الفراغ الحلقي بين أنبوب الهواء وأنبوب التصريف حاملا معه الرمال إلى الخارج . وعند توقف خروج الرمال مع المزيج يغلق صمام الهواء في الضاغطة ويسمح بتعاظم ضغط الهواء ثم ينزل أنبوب الهواء إلى حوالي 30 سم أسفل أنبوب التصريف ويفتح صمام الهواء في الضاغطة ويندفع الهواء بقوة كبيرة عبر أنبوب الهواء ضمن البئر مما يولد ضغطا موضعيا إضافيا داخل البئر يسبب حركة مفاجأة للمياه باتجاه الطبقة المائية . وبسحب أنبوب الهواء إلى أعلى يندفع مزيج الماء والهواء والرمال إلى خارج البئر مرة أخرى . ويسبب اندفاع المياه إلى الخارج تراجعا تدريجيا في الضغط مما يجعل حركة المياه من الطبقة المائية باتجاه البئر . ويجب رفع أنبوب الهواء إلى الأعلى وتنزيله إلى الأسفل عدة مرات حتى يتم تطوير وتنظيف الطبقة المائية حول المصافي ومقاطع التغليف المثقبة .



طريقة إعادة الغسل :

يتم تركيب أنابيب التصريف وأنابيب الهواء بطريقة مشابهة للطريقة السابقة ولكن إضافة أنبوب هواء قصير منفصل وصمام ذي ثلاث فتحات وغطاء محكم السد يثبت على فوهة البئر (شكل-) وعند ضخ الهواء عبر أنبوب الهواء الطويل يندفع الماء والهواء عبر أنبوب التصريف إلى الخارج . وعند توقف خروج المياه يغلق الهواء ويسمح لمستوى المياه الجوفية بالعودة إلى منسوبه الأصلي . وبعد ذلك يفتح الصمام ذي الثلاث فتحات ويصعد الهواء إلى قمة البئر عبر أنبوب الهواء القصير مما يتسبب في تصريف المياه بشكل عكسي من البئر عبر أنبوب التصريف ويثير حبيبات الرمال المحيطة بالبئر ويجبر الهواء على دخول البئر لتبدأ عملية الهروب من أنبوب التصريف ثم يقلب الصمام ذي الثلاث فتحات وتعاد العملية مرة أخرى حتى يتم تطوير البئر بشكل كامل .

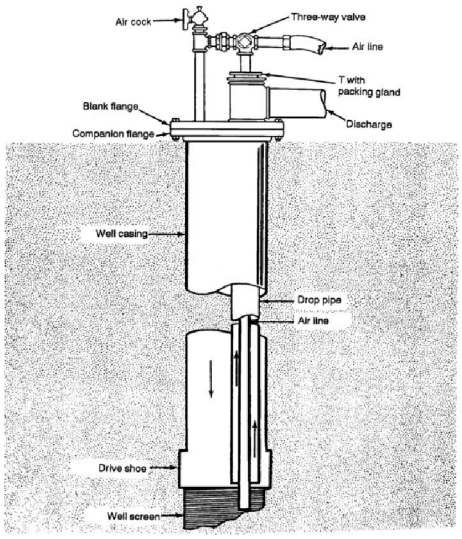
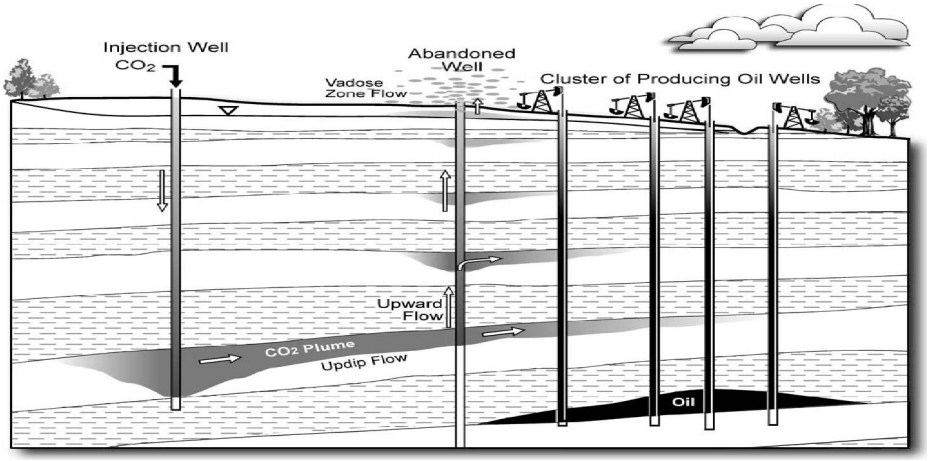


Figure 7-4. Arranging equipment to build up air pressure

شكل (14.4) طريقة الغسل المعاكس .

طريقة التطوير بحقن ثنائي اوكسيد الكربون :

تعتبر هذه الطريقة ابسط واحدث الطرق المستعملة في تطوير الآبار وتعتمد على دفع ثنائي اوكسيد الكربون المجمد الصلب إلى البئر بواسطة الهواء لتخثير المياه وخضها ورفع المواد الناعمة إلى الأعلى ، ويمكن إضافة حامض الهيدروكلوردريك لإزالة آثار الطين وتقليل الجريان من التكوين المائي . ويستعمل الهواء المضغوط لدفع المواد الكيماوية نحو الطبقات المسدودة بإزالة أثار الطين بعد غلق التغليف ليتم إنزال كتل من الجليد الجاف إلى البئر . ويولد غاز ثاني اوكسيد الكربون المتحرر بواسطة التسامي ضغطا يتسبب في انفجار الماء الذي يحمل معه المواد الناعمة المتحررة من البئر . ويمكن متابعة الضخ من البئر لحين توقف خروج الماء الوحل .



طريقة التطوير بالتصدع الميكانيكي: hydraulic fracturing

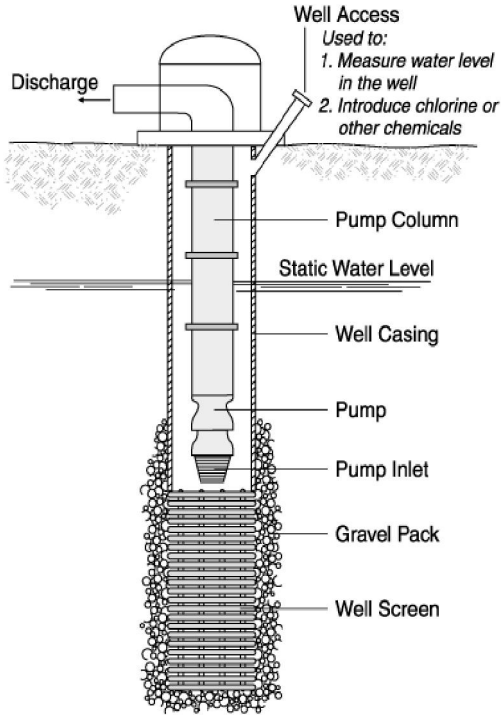
تهدف هذه الطريقة إلى زيادة إنتاجية الآبار المحفورة في الطبقات المائية المتماسكة ، وتعتمد على حقن سائل عالي الضغط في البئر الإنتاجية لتشقيق الصخور المتماسكة حول المصافي والمقاطع المثقبة ولتحقيق ذلك ، يفترض ان يكون ضغط السائل على عمق معين مساويا او يزيد عن ضغط التكاوين في ذلك العمق ، والشقوق الأفقية على امتداد مستوى التطبق . وقد أثبتت الدراسات النظرية والعملية حدوث التشقق عندما يصبح ضغط السائل حوالي 60 % من ضغط الطبقة ، ومعظم الشقوق تكون عمودية وتمتد بشكل شعاعي حول البئر . مع العلم بان إنتاجية الآبار تزداد بزيادة الاتصال العمودي بين الطبقات المائية المختلفة وهذا يزيد من التدفق الجانبي في الطبقات الأكثر نفاذية ونظريا يمكن ان تتطور الشقوق الأفقية في الطبقات إذا زاد ضغط السائل عن ضغط التكاوين ، ولكن حدوث التشقق العمودي تحت ضغط اقل يجعل تطور الضغط غير ممكن . ويفضل مزج السائل المستعمل في الحقن بالرمل او بأية مواد مناسبة أخرى لبقاء الشقوق المتكونة حديثا مفتوحة بعد الحصول على ضغط طبيعي في البئر .

طريقة التطوير بالحوامض :

تستعمل الحوامض لمعالجة الآبار المحفورة في الصخور الكربونية لزيادة مساميتها الثانوية وإذابة الجزيئات التي سدت الفراغات والشقوق والاقنية . يمكن استعمال حامض الهيدروكلوردريك ذو التركيز 15 % لهذا الغرض ، ويضاف الجيلاتين او المثبطات لحماية المصافي ومواسير التغليف من التآكل . وتتراوح المدة اللازمة لبقاء الحامض في حالة تلامس مع التكاوين المراد علاجها ما بين ساعة إلى عدة أيام ، ويجب ضخ المياه من البئر بعد المعالجة لحين تنظيفها من الحامض لمدة نصف يوم على الأقل .

تعقيم الآبار :

يعتبر التعقيم ، المرحلة النهائية في تجهيز الآبار للضخ ويهدف إلى قتل البكتريا والفيروسات التي ربما دخلت إلى البئر أثناء الحفر او التغليف او أثناء وضع المصافي . .الخ . ويمكن دخول الكائنات الحية والمجهرية من سطح الأرض إلى البئر بواسطة اليد البشرية او بواسطة الحيوانات او نتيجة تسرب المياه السطحية الملوثة او بسبب سقوط الأتربة والمواد الأخرى إلى البئر ويفضل تعقيم وتنظيف الحصى المستعملة في رص الآبار . وإضافة الكلور او أي مواد معقمة إلى البئر على فترات متقطعة أثناء الحفر لتطهير البئر أثناء التجهيز . ويستعمل عادة محلول الكلور بتركيز يتراوح ما بين 50 - 200 ملجم /لتر ، يمكن الحصول عليه بإضافة محلول هيبو كلورات الصوديوم او بإذابة هيبو كلوريد الكالسيوم او غاز الكلور في الماء . ويجب إبقاؤه في البئر لمدة أربع ساعات على الأقل حتى يتمكن من القضاء على البكتريا والفايروسات داخل البئر ، ويعتمد تأثير الكلور على إعداد البكتريا في الماء ، ويمكن معرفتها بضخ المياه من البئر لعدة ساعات ، حتى تنتشر البكتريا بشكل واسع في البيئة وفي التربة المحيطة ثم تؤخذ العينات وترسل للمختبر من اجل إجراء التحاليل الكيماوية اللازمة ويجب تنظيف البئر وإزالة المواد الغرينية والعالقة قبل عملية التطهير .



صيانة وترميم الآبار : maintenance

إن آبار المياه الجوفية المنتجة التي يتم تبطينها وتطويرها بناء على أسس علمية صحيحة ، كاختيار المصافي وأنابيب التبطين بناء على نتائج التحليل الميكانيكي لحبيبات مواد الطبقة المائية المنتجة وبناء على نوعية المياه ، ووضعها في المكان المناسب , سيكون عمرها أطول بدون عناية حثيثة ، الا انه يبقى محدودا دون تطويرها ، وقد تفشل بعض الآبار فتعطي كميات ضئيلة من المياه مع مرور الزمن وتقل كفاءتها ، ويمكن لبعضها ان يجف مع استمرارية الضخ ، لذا يصبح من الضروري عمل صيانة دورية لها ، وقد تمت مراقبة الآبار التي قلت إنتاجيتها مع مرور الزمن ولوحظ أنها عادت لسابق عهدها بعد تنظيفها وتطويرها ومعالجتها وعموما فان مشكلة تراجع الإنتاج في الآبار الارتوازية يعزى للأسباب التالية :

1 ـ انخفاض مستوى المياه الجوفية .
2 ـ تأكل وتلف المضخة وانسداد أجزائها .
3 ـ تآكل وتلف المصافي وانسدادها بمخلفات التآكل والكائنات الدقيقة .
4 ـ انسداد المصافي وثقوب أنابيب التبطين بالطين والرمال والمواد الناعمة .

وتجدر الإشارة إلى ان انخفاض إنتاجية الآبار يمكن إصلاحه إذا كان ناتجا عن الأسباب الثلاثة الأخيرة ويعتبر جمع المعلومات المستمر عن المستوى المائي وتذبذباته وعن نوعية المياه في جميع الآبار الإنتاجية أمرا ضروريا ومهما ولا تقل أهميته عن معرفة إنتاجية هذه الآبار ونوعية مياهها بعد حفرها وتجهيزها للمرة الأولى حتى نتمكن من تحديد الأسباب واختيار الطرق الصحيحة في معالجة مشكلة تراجع إنتاجيتها وتغير نوعية مياهها ، وسوف نبحث في هذه ا لفصل مشكلة تراجع إنتاجية الآبار وعلاجها .

تكوين القشرة :incrustation

تتعرض فتحات المصافي والحصى المحيطة بها ومواد الطبقة المائية حولها للسد او التلبس بقشرة بواسطة الرواسب الناتجة عن تفاعلات الكيماوية ونتيجة تراكم حبيبات الأتربة والطين والرمل ومخلفات التآكل المتكونة بفعل البكتريا ومخلفات الكائنات الدقيقة الأخرى غير الذائبة . وغالبا ما تعمل المواد الكربوناتية المترسبة على حبيبات الرمل بعضها مع بعض حول المصافي ، وأكثر المواد الكربوناتية التي تسبب ذلك هي بيكربونات الكالسيوم والصوديوم والمغنيسيوم والحديد ، وأصعب المواد تفتيتا وأزاله هي مركبات الحديد والمنغنيز ، وتعتبر رواسب الكالسيوم والمغنيسيوم من أهم نواتج الترسيب . وناتج الاتحاد الطبيعي لهذه المواد يكون بشكل غير مذاب ويترسب حول الثقوب وشقوق المصافي لان حمضية المياه الجوفية تزداد عند دخول المياه إلى البئر بسبب نقصان ثنائي اوكسيد الكربون غير المذاب في المياه الجوفية الناتج عن نقصان الضغط الراسي عند دخول المياه الجوفية من الطبقة المائية إلى البئر ، حيث يؤثر الضخ العالي من البئر الإنتاجية على المنسوب الاستقراري في المساحة المجاورة للبئر ، ويسبب ضغطا وزيادة في سرعة المياه وبالتالي خروج ثنائي اوكسيد الكربون من المياه الجوفية على شكل غاز ، وهذا يعطي المياه الجوفية قابلية على حمل المواد المعدنية الذائبة في المحلول الا انه يصبح عاجزا عن حمل محلول الأملاح المعدنية غير الذائبة ، لذلك فان بعض المعادن الذائبة تتسرب في المضخة وفي فتحات وشقوق المصافي وعلى جدران البئر ، ويلاحظ ذلك كثيرا في الآبار المحفورة في الطبقات المائية المكونة من الحجر الجيري والدولومايت المشقق وخاصة الآبار الإنتاجية التي يكون فيها مستوى الضخ أسفل السطح العلوي للحجر الجيري و الدولومايت ، ويمكن حدوث ترسيب للمعادن في الجزء العلوي من المصفاة إذا زاد الضخ وانخفض المستوى المائي إلى أسفل قمة المصفاة وتعمل بكتريا الحديد و الكائنات الدقيقة الناتجة عن دورة حياتها على تحويل الحديد إلى أملاح غير ذائبة وتكون قشرة تسد المصافي ومواسير التغليف المثقبة او المرشحة وينتج من تاكسد محاليل الحديد والمغنيسيوم في المياه الجوفية في مستويات تاكسد عالية مخلفات غير ذائبة تتراكم على شكل رواسب بنية اللون (حديد) ورواسب تميل للسواد (مغنيسيوم) على فتحات المصافي والأنابيب وهذا عامل آخر لتكون القشرة .

وتبدأ التفاعلات الكيماوية عندما تدخل المياه الجوفية إلى ابار وتصبح في وضع تلامس مع الاوكسجين الجوي ، وعند تاكسد الحديد بفعل بكتريا الحديد (تاكسد بيوكيماوي) يتحول الحديدوز إلى الحديديك ، وهذا لا يسبب نمو الاكاسيد غير الذائبة فحسب ، بل سيسارع في تآكل أجزاء المعادن في البئر .

التآكل : corrosion

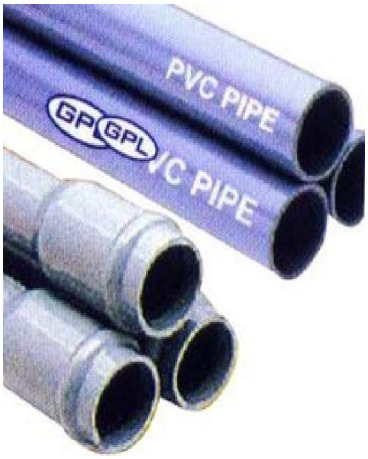
إن التآكل في المصافي والأجزاء السفلية للمضخة داخل الآبار الإنتاجية هو تحطيم تدريجي للمعادن المكونة لها وينتج من التفاعلات الكيماوية والالكتروكيماوية والبيوكيماوية البطيئة الذي تسببه الظروف البيئية المحيطة ويحدث تلفا في المواد . وهناك عدة أشكال للتآكل منها : التآكل الكيماوي المباشر والتحلل الكيماوي البسيط وجنزرة النحاس الأصفر وصدأ الحديد وتأكل الحبيبات البيني والتفاعلات الكيماوية على حدود البلورات المعدنية .

وأكثر أشكال التآكل المعروفة هو الصدأ - الناتج عن تفاعلات الأكسدة بين الحديد و الاوكسجين غير المذاب وينتج عن هذا التفاعل هيدرو كسيد الحديدوز غير المذاب الذي ربما يتراكم في مكان معين ويمتد إلى القشرة وتستمر تفاعلات الأكسدة حتى يتحطم الحديد كليا ، ويعتمد ذلك على حموضة المياه ، حيث يحدث تبادل لايونات الهيدروجين الموجودة في الماء مع ذرات الحديد المكونة للمعدن مسببة ذوبان ذرات الحديد في الماء وتتشكل طبقة هيدروجين على المعدن ، ويمكن ان تعمل على حماية المعدن من التآكل الا أنها تتحرك باستمرار بسبب وجود الاوكسجين غير المذاب في المياه والذي يتحد مع الهيدروجين ليكونا الماء . أما التآكل المعروف بالتآكل المركز للخلية الذي يسببه فرق الجهد الكهربائي المتولد من تلامس محلولين كيماويين غير متشابهين فانه يحدث في مقياس مرئي عندما يتغير التركيز الكيماوي للمياه الجوفية مع العمق ، ويحدث في مقياس غير مرئي في فتحات وشقوق المعدن الصغيرة وفي الأماكن المخفية الأخرى ، وربما ان المياه في هذه الأماكن تحتوي على نسبة منخفضة من الاوكسجين غير المذاب فان اختلاف نسبة الاوكسجين غير المذاب يولد جهدا كهربائيا يعمل على تعجيل عملية التآكل . وينتج من الجهد الكهربائي المتولد في حالة التلامس المباشر بين المعادن غير المتشابهة التي تعمل كأقطاب لإكمال الدورة الكهربائية التي تسبب تفاعلات تحليل كهربائي متراكم للرواسب المعدنية حول الأقطاب وهذا سبب آخر بل شكل آخر للتآكل .

والتآكل بواسطة البكتريا الذي تسببه مخلفات البكتيريا والتي تزيد تفاعلات التآكل هي أيضا احد أشكال التآكل فالبكتيريا الناتجة عن الكبريت (بكتيريا الكبريت) تتنفس الاوكسجين الموجود في اوكسيد الكبريت وتنتج كبريتيد الهيدروجين وهذا يزيد من حموضة المياه الجوفية وبالتالي يزيد سرعة التآكل ، علما بان هنالك أنواعا أخرى من البكتيريا تنتج أحماضا عضوية . يعمل التآكل في البداية على توسيع فتحات المصافي وثقوب الأنابيب ، ويسبب دخول الرمال ومواد الطبقة المائية والأتربة إلى البئر ، وبتراكم مخلفات التآكل تسد او تغلق فتحات المصافي وتتفاقم مشاكل تكون القشرة .

أما مصير المصافي و الأنابيب المثقبة مع الزمن وخاصة تلك التي ليس لها مقاومة للتآكل فهو التلف ، ويمكن ان تسقط تحت تأثير الضغوط الجانبية للطبقات المائية ويكون التآكل أكثر خطورة عندما تكون حمضية المياه اقل من 7 وعندما تحتوي المياه الجوفية على الاوكسجين غير المذاب وعلى الأملاح غير المذابة ، وخاصة عندما تصل نسبة الأملاح غير الذائبة في المياه الجوفية إلى 1000 ملغم لكل لتر ونسبة الكلور وثاني اوكسيد الكربون والكبريتيد الهيدروجين إلى 300 ملغم لكل لتر وبما ان جميع التفاعلات الكيماوية تزداد بارتفاع درجات الحرارة فان التآكل سيزيد بارتفاع درجات الحرارة أيضا . كذلك فان زيادة سرعات المياه الجوفية عبر فتحات المصافي تزيد سرعة التآكل .

.أهم صفات المياه الجوفية المؤكسدة ، انخفاض درجة الحمضية ووجود كبريتيد الهيدروجين وظهور الأوكسجين المذاب ، وزيادة مجموع المواد الصلبة الذائبة عن 1000 جزء بالمليون وزيادة ثاني اوكسيد الكربون عن 500 جزء بالمليون وزيادة نسبة الكلوريدات عن 500 جزء بالمليون . وتمتاز المياه الجوفية المسببة للصدأ بزيادة درجة الحمضية عن 8 وزيادة نسبة الحديد عن 2 جزء بالمليون وزيادة مجموع الصلابة عن 330 جزء بالمليون وزيادة مجموع القاعدية عن 300 جزء بالمليون وتميل المياه الجوفية إلى ترسيب المعادن على أسطح المصافي وعلى الفتحات المسامية لصخور التكوين الجيولوجي وتغلقها . ويمكن إزالة المعادن المترسبة بواسطة الأحماض ، ويتبع عملية التأكسد دخول كمية لا باس بها من الرواسب الناعمة إلى داخل البئر الإنتاجية . وتعتبر بكتيريا الحديد التي تتغذى على تحليل الحديد و المنغنيز وتأكسدهما سببا في إغلاق ثقوب المصافي بالبكتريا والمعادن . وغالبا ما يتم إزالة البكتريا بالكلور يتبع المعالجة بواسطة الأحماض لتقليل الحديد و المنغنيز . وفي هذه الحالة يجب ان تكون المصافي مصنوعة من معدن مقاوم للتآكل ، ويجب ان تكون المصافي طويلة وقادرة على تحمل ثقل الأنابيب لأنها تكون عرضة لاجهادات عالية كالضغط الجانبي لذلك يجب اختيارها من معدن ذي مرونة عالية جدا ويبين الجدول (3.4) نوعية المعادن المستعملة في تصنيع المصافي .



طرق المعالجة وإصلاح الآبار :treatment methods

يتم إصلاح الآبار ومعالجتها بالطريقتين التاليتين :

1- الطريقة الميكانيكية : mechanical method

تعتمد هذه الطريقة على سحب المصافي وأنابيب التبطين من البئر وتنظيفها او استبدالها ثم إعادتها إلى البئر .وتعتبر هذه الطريقة من الناحية الفنية صعبة ومكلفة ، ومع ذلك فان البئر المعالج بهذه الطريقة سوف يتعرض إلى نفس المشاكل السابقة مع مرور الزمن لان هذه الطريقة تعالج المصافي المسدودة والأنابيب السفلية للمضخة ولا تعالج مواد الطبقة المائية الا أنها في بعض الحالات وخاصة في حالة التآكل وتلف المصافي وأنابيب التبطين وأجزاء المضخة فانه لابد من سحبها ميكانيكيا ومحاولة إصلاحها او استبدالها .

2- الطرق الكيميائية : chemical method

وهي عملية معالجة المصافي وأنابيب التغليف وأجزاء المضخة المسدودة باستعمال الحوامض والمواد الكيماوية الأخرى بدون إخراجها من البئر بعد الكشف عنها بصور الكاميرا . ويمكن تلخيص العمليات الكيماوية المستعملة في معالجة الآبار كما يلي :

المعالجة بحامض الهيدروكلوريك :

يمكن إزالة القشرة التي تسبب زيادة في فاقد البئر ونقصا في سعتها النوعية وبالتالي تراجع في إنتاجيتها باستعمال حامض الهيدروكلورديك المركز (28% تقريبا) ، حيث يعمل هذا الحامض على تحليل الرواسب عند إنزاله إلى البئر ويجب رفع المضخة وعمود التصريف قبل إجراء عملية المعالجة . ويراعى ان تكون كمية الحامض ضعف حجم مقطع المصفاة تقريبا ويجب إضافة المثبطات وهي مواد كيماوية مانعة لتأكل المعادن بالأحماض ، كما يجب ان تكون مدة تلامس الحامض مع المواد الكربونية الموجودة على المصافي والثقوب حوالي ساعة إلى ساعتين يتخللها أثناء العملية إثارة وتحريك وتهيج للحامض ، باستعمال طرق تطوير الآبار مثل النفث - والدفع - ويجب إزالة الحامض بواسطة النازح او الدلو - بعد إتمام المعالجة لتنظيف المياه ، ويراعى إعادة المعالجة عدة مرات.

المعالجة بالبولي فوسفات :

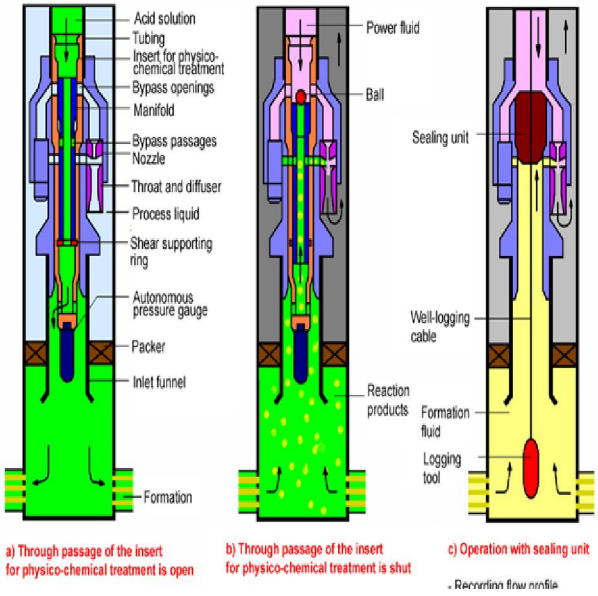
يستعمل البولي فوسفات - ألحامضي او القاعدي المضغوط في معالجة وإصلاح الآبار المحفورة في الطبقات غير المتماسكة ، وقد اظهر نجاحا في تنظيف مصافي الآبار الإنتاجية المسدودة بالرمال الناعمة والأتربة والطين والغرويات ، حيث تعمل هذه المادة بسرعة على تحريك وتفكيك وإزالة تلك الرواسب ، ويمكن استعمالها لمعالجة بعض الرواسب الحديدية الناعمة ويستعمل حوالي 2-4 كلغم من البولي فوسفات لكل 1000 لتر من الماء يتبعه إضافة هيبوكلوريد الصوديوم او أية مواد مطهرة أخرى لإنتاج تركيز من الكلور يعادل 100 -‘200 ملغم لكل لتر لقتل البكتيريا في البئر وتفكيك أغشيتها ، ويجب إبقاء الفوسفات حوالي يوم كامل مع الاستمرار في عملية التحريك وإثارة الماء باستعمال طرق تطوير الآبار المختلفة ويراعى تكرار المعالجة لعدة مرات ،علما بان المعالجة المزدوجة بالحوامض والفوسفات يمكن أن تكون أكثر فعالية في إزالة القشور .

المعالجة بالكلور:

تتم معالجة الآبار بالكلور عادة بعد المعالجة بالحوامض والفوسفات ، وتعتبر المرحلة النهائية من مراحل المعالجة الكيماوية لوضع البئر الإنتاجي في الخدمة ويمكن استعماله لوحده ، لان الكلور ذو التركيز (50 جزء بالمليون) له فاعلية لا باس بها والكلور ذو التركيز 200 جزء بالمليون - يعمل على تحطيم أنواع معينة من بكتيريا الحديد ، أما الكلور ذو التركيز 500 جزء بالمليون فيستعمل في معالجة الكبريت و البكتيريا . ويجب ان تكون على شكل مضغوط ، لإزالة الرواسب المفككة مثل الأتربة والرمال الناعمة ويمكن استعمال الجليد الجاف لإزالة المواد الناعمة من المناطق المجاورة للمصافي .

المعالجة بحامض المورياتيك :muriatic acid

يستعمل حامض المورياتيك الذي هو درجة تجارية لحامض الهيدروكلوريك الذي يحتوي على نسبة قليلة من مواد غير نقية - impurities في معالجة الآبار ، ويتم ذلك بحقن البئر الإنتاجية بمادة مركزة بنسبة 18 % ، ويضاف إلى الحامض مواد مثبطة ومواد ضد الرغوة - لزيادة فعالية الحامض ومنع تدفق الرغوة الزائد ، وتستعمل المواد المثبطة لمنع الترسيب الثانوي لرواسب الحديد غير الذائبة ، ويجب الانتباه إلى ان حامض المورياتيك لا يستعمل أبدا في الآبار الإنتاجية ذات التغليف والمصافي المعدنية ، ويستعمل في هذه الحالة حامض ألستريك citric acid وفي جميع الحالات يتم دفع الحوامض بواسطة وسائل الضخ ، ويتم حقن كمية كبيرة من محلول الحامض تحت ضغط عال ليتغلغل بشكل شعاعي في جميع الاتجاهات داخل البئر . وقد ثبت نجاح المعالجة بهذه الطريقة ، وخاصة الآبار المحفورة في الطبقات المائية المكونة من الحجر الجيري والدولومايت المشقق الذي يحتوي على فتحات مغلقة جزئيا ، وتعمل الشقوق المتصلة على إيصال الحوامض بشكل شعاعي إلى أكثر مساحة ممكنة داخل الطبقة المائية . وأفضل الوسائل لحماية الآبار ومنع التآكل هو استعمال وتامين مصافي ذات مساحات كافية تقلل سرعة دخول المياه الجوفية إلى البئر ، او استعمال مصافي وأنابيب تغليف مثقبة مصنوعة من معادن مقاومة للتآكل . ولا نستطيع تطبيق الطرق المستعملة في الصناعات البترولية للسيطرة على التآكل ، مثل عملية الحقن المستمر بالمثبطات وغيرها في آبار المياه الجوفية لما لها من تأثيرات عكسية على نوعية المياه وعلى تلوثها وربما يبقى استعمال المعادن المناسبة والأنابيب غير المعدنية مثل انابيب التغليف البلاستيكية المضغوطة والاسبست الأسمنتي هو الذي يطيل عمر الآبار الإنتاجية . واستعمال طريقة الحماية الكاثودية الشائعة في خطوط الأنابيب تحت السطحية يمكن ان تحمي الآبار من التآكل ، وتتلخص هذه العملية بدفن قطب موجب مصنوع من مادة أكثر تآكلا من مادة المصافي او انابيب التغليف على مسافة معينة من البئر . وبالمحافظة على تيار كهربائي مباشر من القطب الموجب إلى البئر يتم التخلص من التيار الضال حول البئر



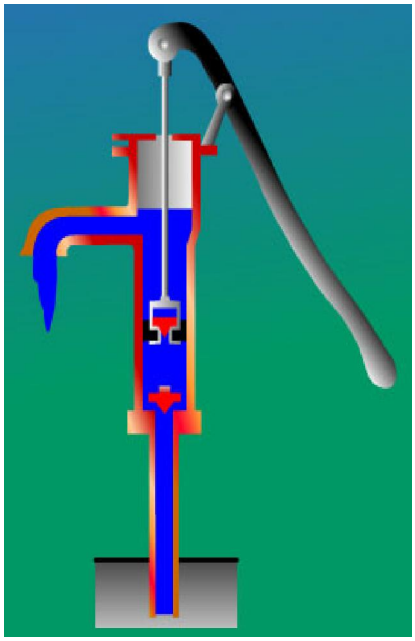
وبذلك يصبح القطب الموجب هو المنطقة او المساحة المعرضة للتآكل بينما يصبح البئر هو المنطقة او المساحة المحمية من التآكل . والحماية الكاثودية تميل إلى حماية السطح الخارجية لذلك فهي شائعة الاستعمال في خطوط الأنابيب تحت السطحية . ان معالجة الآبار المحفورة في الطبقات المتماسكة تعطي نتائج أفضل منها في الطبقات غير المتماسكة وهذا ينطبق على معظم طرق المعالجة وقد أظهرت التجارب ان الطبقات المتماسكة تحسنت بعد معالجتها بنسبة وصلت إلى 141 % بينما تحسنت الطبقات غير المتماسكة بنسبة 45 % وتجدر الإشارة إلى ان تكاليف المعالجة تتراوح ما بين 450 - 2400 دولار . وغالبا ما تتم المعالجة بمجموعة الطرق مجتمعة وهذا يعطي نتائج أفضل ، بل انه لن يزيد في التكلفة كثيرا .

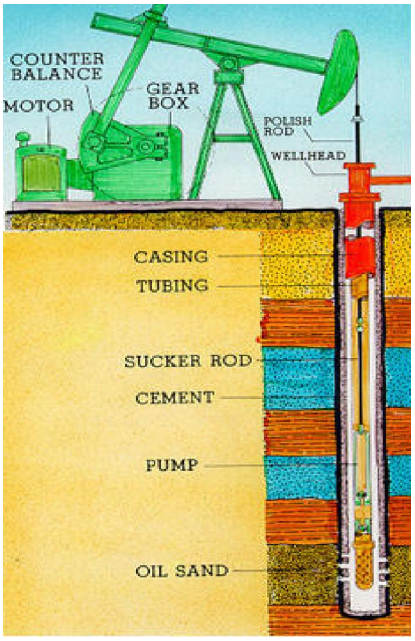
استخراج المياه من الآبار :

يمكن سحب الماء من الآبار بواسطة المضخات التي تقسم إلى نوعين رئيسيين هما : -

الأول :مضخات الإزاحة الثابتة

وتستعمل لرفع المياه ذات التصريف القليل ، وتسحب نفس حجم المياه المصمم لها عند ارتفاع معين .

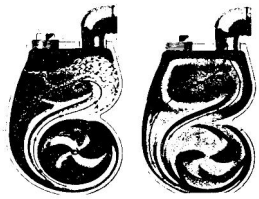




أما النوع الثاني فيسمى مضخات الإزاحة المتغيرة . وهي المضخات التي يتغير فيها التصريف حسب ارتفاع المنسوب وتقسم إلى :

المضخات النابذة أو مضخات الطرد المركزي :centrifugical pump

المضخة النابذة هي جهاز يستعمل لرفع الماء من مستوى إلى مستوى أعلى ، بتوليد ضغط كاف بفعل القوة الطاردة المركزية وتحتوي على رفاس او دافع - impeller يدور بسرعة 1750-3500 rpm.ويدخل الماء محوريا عبر مركز ليقذفه بشكل شعاعي من المحيط إلى داخل المضخة مكتسبا سرعة كافية تجعله يجري منها بسرعة مناسبة (شكل-) .

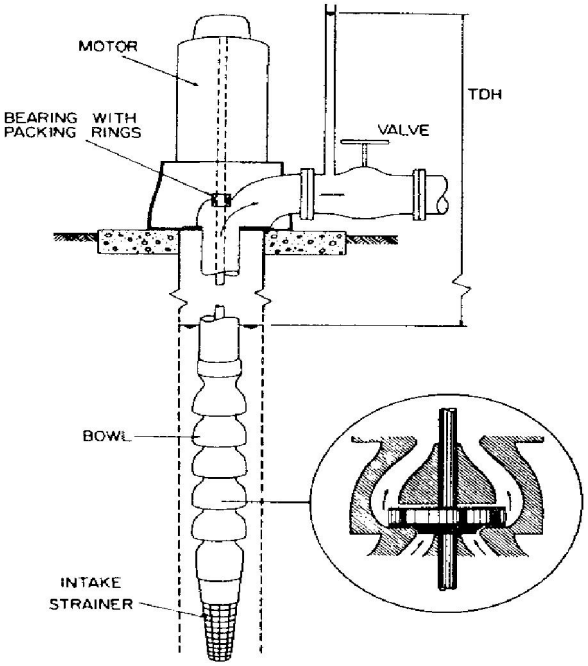


(شكل-) المضخة النابذة

ويمكن إيضاح مبدأ عمل المضخة النابذة بالمثال التالي :
إذا سمحنا لقطرة ماء ساكنة على ارتفاع معين من سطح الأرض h ان تسقط بحرية ، فإنها تصدم سطح الأرض بسرعة $v^2=2gh$ حيث ان v هي السرعة (م/ث) ، g هي التعجيل الأرضي او الجاذبية الأرضية (9.8 م/ثا^2 على سطح البحر) ، h هو ارتفاع السقوط (م) .
فإذا كان ارتفاع السقوط يعادل 20 مترا فان السرعة ستكون 19,64 م/ثانية .
وإذا أعطيت بنفس القطرة سرعة قدرها 19.64 م/ثانية فإنها سترتفع20 م فوق السطح . وهذه هي فكرة المضخة النابذة أي إعطاء الماء سرعة معينة حال خروجه من المضخة ، وعليه فان مضاعفة سرعة المضخة يضاعف سرعة الماء وتصبح 39.6 م/ثانية وبهذه السرعة الجديدة يمكن ضخ الماء إلى ارتفاع 80م .
ويلاحظ مما سبق بأنه في حالة مضاعفة سرعة المضخة يمكن إيصال نفس الكمية في الماء إلى ارتفاع يعادل أربعة أضعاف الارتفاع قبل مضاعفة السرعة ، وفي الحقيقة يكون ارتفاع الأخير اقل نسبيا من أربعة أضعاف بسبب الفاقد خلال المضخة من تأثير الاحتكاك .

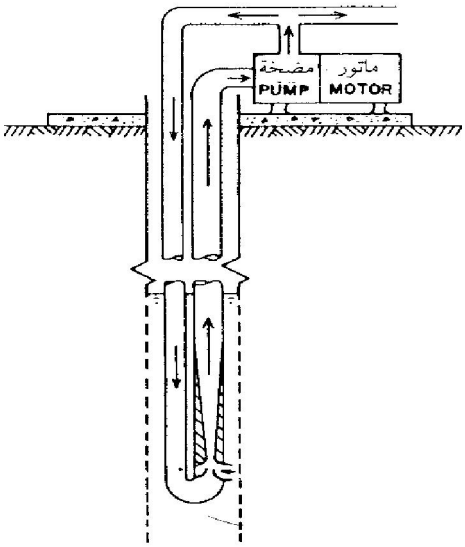
ويجب ان توضع المضخة داخل البئر على عمق كاف (6-8 م) تحت سطح الماء حتى تستطيع ان تعمل بكفاءة ولا يفضل استعمالها في حالة التذبذبات الكبيرة في المستوى المائي ويجب أن لا يزيد الهبوط في المستوى المائي عن 8 . ويجب مراعاة ذلك عند إنزال المضخة إلى البئر وتستعمل المضخات التوربينية العمودية التي هي إحدى المضخات النابذة للارتفاع الذي يزيد عمق الماء فيه عن 6 - 8 م. مع العلم ان المضخات التوربينية الحديثة تستعمل لضخ المياه من الآبار العميقة ومن ميزاتها أنها ذات قطر صغير ويمكن إنزالها داخل أنابيب التبطين . يسمى الرفع الكلي للمياه بالارتفاع الديناميكي الكلي .ويحسب كمجموع الرفع العمودي من مستوى الماء في البئر إلى سطح الأرض شكل ( ) .

ان سرعة الضخ في المضخات النابذة تقل بزيادة المنسوب الديناميكي الكلي وإذا بقيت سرعة المضخة ثابتة فان هذا النوع من المضخات يسمى بالمضخات ذات التصريف المتغير . وغالبا ما يتغير التصريف أثناء الضخ بسرعة ثابتة و يعتمد ذلك على اختيار الرفاس او الدافع ويزداد الارتفاع الديناميكي الكلي بتربيع قطر الدافع او الرفاس .وأخيرا تعتمد خصائص وميزات المضخة على نوعها وتصميمها ،والعلاقة ما بين التصريف والارتفاع الديناميكي الكلي .



شكل (16.4) مخطط توضيحي لمضخة تور بينية عمودية نابذة .

المضخة النفاثة : Jet pump



تعتبر هذه المضخة من المضخات الكهربائية ويعتمد مبدأ عملها على قوة الطرد المركزي وتستعمل لضخ المياه من الآبار الصغيرة ، ويتم ذلك بقذف المياه إلى البئر عبر أنبوب جريان ينحني في الأسفل باتجاه الأعلى (شكل -) ويمر الماء من فوهة ضيقة لتزيد سرعته . ونتيجة اختلاف الضغط الراسي بين المياه في الأنبوب وبين مياه البئر تندفع المياه باتجاه الانبوب عبر الفتحات الجانبية فوق الفوهة مباشرة وتنتقل إلى أعلى عبر أنبوب الجريان العلوي بنفس السرعة التي سحبت او اندفعت فيها من أعلى الفوهة . وتعيد باقي المياه دورتها عبر أنبوب الجريان السفلي وهكذا .وتستعمل هذه المضخات للتصريفات الصغيرة التي تصل إلى 200 لتر /دقيقة . ومن أهم ميزاتها أنها تستعمل في الآبار ذات الأقطار الصغيرة وتعتبر بسيطة التركيب وتكاليف وصيانتها قليلة .

(شكل – 17.4) شكل توضيحي للمضخة النفاثة .

مضخات الرفع الهوائية: Air lift system

يعتمد مبدأ عمل هذه المضخات على حقن هواء عالي الضغط بواسطة ضاغطة هواء داخل أنبوب ذي قطر صغير يعرف باسم أنبوب الهواء، يوضع داخل أنبوب ذي قطر كبير يعرف باسم أنبوب التصريف ، وعند ضخ الهواء في الماء تمتزج فقاعات الهواء مع الماء مكونة مزيجا من الماء والهواء كثافته النوعية specific gravity اقل من كثافة الماء ونتيجة لذلك يرتفع الماء داخل أنبوب التصريف ويخرج على السطح (شكل – 18.4) . وتعتبر كفاءة هذه الطريقة قليلة وتستعمل في حالات محدودة مثل تحريك الغازات ومخلفات التآكل أثناء عملية تطوير الآبار .

(شكل - 18.4) منظومة الرفع الهوائية .