

فصل سوم
توسعه چاه، آزمائش
پمپاژ، طراحي فني اقتصادي
چاه

۱- توسعه چاه (Development of wells) در زمینهای آبرفتی

هدف از توسعه و شستشوی چاه، حذف مواد دانه ریز لایه آبدار در مجاورت و حریم دیواره چاه بمنظور بالا بردن نفوذپذیری لایه و ایجاد سهولت برای کمک به جریان آب از درون لایه به داخل چاه می‌باشد. در زمینهای آبرفتی که از مخلوط دانه های ریز و درشت تشکیل شده اند، فضاهای خالی بین دانه های درشت توسط دانه های ریز اشغال شده و در نتیجه نفوذپذیری لایه کم می‌گردد. حال چنانچه بتوانیم نفوذپذیری بخشی از لایه های درشت تر را افزایش دهیم، آبدهی چاه افزایش می‌یابد. در اثر این عمل تمامی دانه های ریز که قطرشان از دانه های درشت در بر گیرنده آنها حداقل $\frac{4}{5}$ برابر کوچکتر باشد می‌توانند از فضاهای خالی بین دانه ها عبور نمایند. اگر قطر دانه های ریز d و دانه های درشت D باشد می‌باید $d < \frac{4}{5} D$ گردد. در اثر اجراء عملیات توسعه، منافذ مجاور دیواره چاه که در اثر حفاری مسدود شده و یا از بین رفته اند باز می‌شوند. خروج ذرات ریز سیلت و ماسه در جریان عملیات توسعه و عدم ماسه دهی چاه در دوران بهره برداری باعث تثبیت دیواره چاه و با عدم ایجاد غار و حفره موجب جلوگیری از سقوط و ریزش دیواره ها و نهایتاً حفظ لوله ها و چاه می‌گردد. توسعه به دو روش طبیعی و مصنوعی انجام می‌شود.

۱-۱- توسعه طبیعی چاه

خاص زمینهای آبرفتی آبدار متشکل از مخلوط دانه های ریز و درشت می‌باشد. در این روش بعد از خاتمه حفاری و لوله گذاری جدار به کمک پمپاژ و یا سنبه زنی، دانه های ریز ماسه و سیلت از عرض شکافهای لوله مشبك عبور کرده و وارد چاه می‌شود و دانه های درشت تر در پشت لوله اسکرین باقی می‌مانند و بدین ترتیب یک دانه بندی طبیعی از درشت به ریز با دور شدن از جدار چاه در داخل لایه آبده بوجود می‌آید که وسعت آن تابعی از قدرت مکش پمپ خواهد بود.

این فیلتر طبیعی ایجاد شده دارای دانه بندی یکنواخت تر با نفوذپذیری بیشتر و فاقد ذرات ریز شن و ماسه می‌باشد. چنین چاه توسعه یافته ای در زمان بهره برداری

داراي آبدهي بيشتري و افت سطح آب كمتر مي‌باشد. اگر اندازه عرض شبكه‌هاي لوله جدار مشبك خيلي كوچك باشد ذرات ريز نمي‌توانند از ميان آن عبور كنند و در نتيجه عمل توسعه طبيعي چاه انجام نمي‌گردد. بنابراين اندازه شبكه‌ها متناسب با دانه‌بندي لايه آبده تعيين مي‌گردد. در حالت ديگر از توسعه طبيعي ميتوان مخلوطي از دانه‌هاي شن (گراول) نسبتاً درشت و يكنواخت و در بعضي موارد غير يكنواخت را در اطراف لوله مشبك ريخته و سپس عمليات شستشو و توسعه طبيعي را انجام داد. دانه‌هاي شن از نوع رودخانه‌اي گرد شده و حتي‌الامكان از جنس سنگهاي سيليسي مي‌باشد و لايه‌اي به ضخامت حدود ۸ اينچ با نفوذپذيري بيشتري در اطراف لوله بوجود مي‌آورد. با اجرا عمليات توسعه طبيعي، ذرات دانه ريز موجود در بين دانه‌هاي درشت‌تر لايه آبدار از لابي دانه‌هاي شن ريخته شده عبور کرده و با جريان آب وارد چاه مي‌شود. در نتيجه عمل جورشدگي (Sorting) طبيعي زمين در پشت فيلتر شني ريخته شده بوجود مي‌آيد. به اين لايه شن ريخته شده سازند تثبيت كننده (Formation stabilizer) مي‌گويند. اولين هدف توسعه، از بين بردن آثار منفي ناشي از اجراء عمليات حفاري بر روي نفوذپذيري لايه آبدار در مجاورت چاه حفاري شده مي‌باشد. نفوذ گل حفاري در خلل و فرج لايه خصوصاً زمينهاي آبرفتي ريزدانه مي‌تواند آبدهي چاه را با خطر جدي روبرو كند. همچنين در روش حفاري ضربه‌اي كابلي، حفاري همراه با لوله‌گذاري در زمينهاي ريزشي و پايين بردن لوله جدار به كمك ضربه و در نتيجه چسبیدن آن به ديواره چاه باعث فشردگي رسوبات و کاهش تخلخل آنها مي‌گردد. بطور كلي تخلخل طبيعي دانه‌هاي زمين حداكثر مي‌باشد كه در اثر جابجايي در مجاورت مته حفاري، کاهش يافته و در نتيجه آبدهي نقصان مي‌يابد هدف توسعه از بين بردن لايه كيك گل حفاري از روي ديواره چاه و توسعه و شستشوي لايه بفاصله دورتري از محور چاه مي‌باشد. نتيجه نهايي توسعه ايجاد يك دانه‌بندي تدريجي از ريزدانه به درشت دانه در جهت و امتداد از داخل لايه به طرف جدار چاه خواهد بود.

۱-۲- توسعه مصنوعي چاه

در زمينه‌هاي ماسه‌اي ريزدانه يکنواخت از طريق ريختن شن رودخانه‌اي گرد شده دانه نخودي تميز در اطراف لوله‌هاي جدار مشبك (Screen) و انجام عمليات توسعه به کمک پمپاژ و يا سنبه زني، ميتوان نفوذپذيري لايه اطراف چاه را افزايش داد و از ورود ماسه به داخل چاه جلوگیری کرد. حداکثر و حداقل ضخامت شن ريخته شده بين ۳ تا ۸ اينچ مي‌باشد. اگر اندازه دانه‌هاي گراول ريخته شده بزرگ باشد با ورود و جاگزيني دانه‌هاي ماسه در درون فضاهاي خالي بين دانه‌هاي گراول، نفوذپذيري کاهش يافته و عمل توسعه مجبوبي انجام نمي‌گيرد با تغييرات شدت و سرعت حرکت آب، ذرات ريزماسه وارد چاه شده و بهنگام بهره‌برداري از چاه آب توأم با ماسه استحصال مي‌شود.

اسکرين مورد استفاده در اين چاهها بايد شکافي به شکل (V) داشته باشد تا آب متلاطم درون چاه بهنگام انجام عمليات توسعه از طريق آن مستقيماً وارد خلل و فرج فیلتر شني شده و بهنگام بازگشت به درون چاه ذرات موجود در بين دانه‌هاي گراول را به درون چاه وارد کنند. چنانچه قطر ذرات ماسه‌اي با دانه‌بندی يك شکل يکنواخت برابر $0/3$ ميلي‌متر باشد بزرگي شبكه‌اي که بتواند جلوي ورود اين ذرات را به داخل چاه بگيرد بايد حداکثر $0/25$ ميلي‌متر گردد. چون ايجاد چنین شبكه‌هاي عملاً امکان ندارد لذا ميتوان يك لايه از دانه‌هاي گراول به قطر 4 برابر ذرات مذکور يعني قطر $1/2$ ميلي‌متر در اطراف لوله مشبك که اندازه عرض شبكه‌هاي آن 1 ميلي‌متر است قرار داد. اين نوع توسعه را Gravel packing گويند اگر چنین لوله‌اي در دسترس نباشد ميتوان يك لايه جديد از شن که قطر دانه‌هاي آن 4 برابر قطر دانه‌هاي قبلي يعني $4/8$ ميلي‌متر باشد در اطراف لوله مشبك ريخت و در اين صورت عرض شبكه‌ها ميتواند حدود 4 ميلي‌متر باشد.

براي صرفه‌جويي در هزينه‌هاي حفاري و تهيه شن، حداقل ضخامت فیلتر شني يعني 3 اينچ را در نظر مي‌گيرند. بدین ترتيب قطر چاهي با لوله جدار 12 اينچ مي‌بايد 18 اينچ باشد و اگر احتياج به دو لايه فیلتر باشد قطر حفاري 22 اينچ خواهد بود.

براي انتخاب اندازه دانه هاي شن از فرمول زير استفاده مي کنند.

$$\frac{\text{قطر } 50 \text{ درصد از دانه هاي شن}}{\text{قطر } 50 \text{ درصد از دانه هاي لايه آبدار}}$$

براي مثال اگر قطر 50 درصد از دانه هاي لايه آبداري 1/35 ميلي متر باشد. قطر دانه هاي فيلتر شني بايد 6 ميلي متر انتخاب گردد.

$$\frac{\text{قطر } 50 \text{ درصد از دانه هاي شن}}{1/35}$$

ميلي متر 6 = 1/35 × 5/4 = (قطر 50 درصد دانه هاي فيلتر شن)

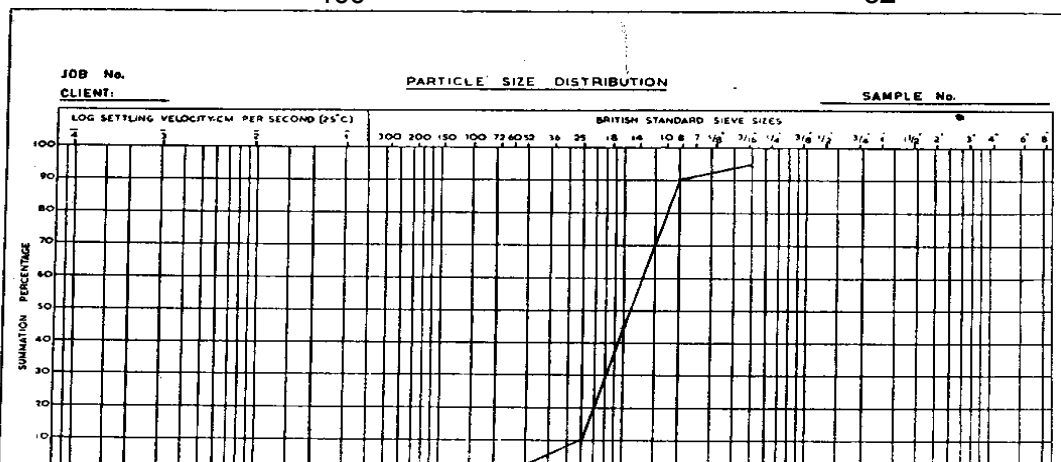
۱-۳- تعیین دانه بندی لایه آبدار

براي اين منظور از الكهاي با نمره ۱ تا ۲۰۰ استفاده مي شود.

براي مثال اگر از ۱۰۰۰ گرم نمونه مقدار ۲۵۰ گرم آن روي الك نمره ۱۵ و ۳۵۰ گرم روي الك نمره ۳۰ و ۴۰۰ گرم روي الك نمره ۵۰ باقي بماند معلوم مي شود كه ۲۵٪ از 1/10

اينچ و ۳۵٪ از 1/30 اينچ و ۳۰٪ از 1/50 اينچ بزرگتر مي باشند. با توجه به منحنی درصد دانه هاي نمونه كه از الكهاي مختلف عبور کرده اند بدین شرح است:

الك نمره 3/16 اينچ ، ۹۵٪ ، الك نمره 1/8 اينچ ، ۹۰٪ ،
الك نمره 1/16 اينچ ، ۴۵٪ ،
الك نمره 1/52 اينچ ، ۲٪ ، الك نمره 1/100 اينچ ،



۱-۴- تعیین اندازه شبکه‌ها برای توسعه لایه آبدار

برای انجام توسعه با توجه به نتیجه آزمایش دانه‌بندی لایه، اندازه شبکه‌ها بگونه‌ای تعیین می‌گردد تا مقدار مشخصی از دانه‌ها از آن عبور کرده و بقیه باقی بمانند درصد دانه‌های عبوری از شبکه باید بین ۴۰ تا ۸۵ درصد باشد چنانچه بیش از ۸۵ درصد دانه‌ها بتواند از درون شبکه‌ها عبور نماید احتمالاً ماسه دهی چاه در طول دوره بهره‌برداری ادامه خواهد یافت و اگر کمتر از ۴۰ درصد دانه‌های ریز وارد چاه گردند عمل توسعه بطور کامل انجام نشده، قابلیت نفوذ پذیری افزایش نیافته و در نتیجه مقدار افت آب در چاه همچنان در حد زیاد باقی می‌ماند.

برای تعیین مشخصات شبکه‌ها از دو عامل اصلی ضریب همشکلی (Uniformity Coefficient) و اندازه موثر دانه‌ها (Effective Grain) استفاده می‌گردد.

ضریب همشکلی یک نمونه از تقسیم اندازه قطر ۶۰٪ دانه‌ها (D₆₀) بر اندازه قطر ۱۰ درصد دانه‌ها (D₁₀) حاصل می‌شود. برای مثال چنانچه قطر ۶۰٪ دانه‌ها ۳ میلی‌متر و ۱۰٪ دانه‌ها ۰,۵ میلی‌متر باشد ضریب هم‌شکلی عبارتست از:

$$\frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{3}{0.5} = 6$$

اندازه قطر ۱۰٪ دانه‌ها را (D₁₀) اندازه موثر دانه‌ها می‌نامند.

برای تعیین مشخصات شبکه‌ها علاوه بر استفاده از روابط فوق بر اساس تجارب شخصی مهندسین ناظر توصیه شده که در سازندهای ریزدانه نیمه متراکم نظیر آبرفتهای رس‌دار اگر مقدار ضریب هم‌شکلی بزرگتر از ۳ باشد ۷۵٪ دانه‌ها و در صورتیکه کوچکتر از ۳ گردد ۶۰٪ دانه‌های ریز بتوانند از شبکه‌های لوله وارد چاه شوند.

در سازندهای آبرفتی سست بدون سیمان اگر ضریب هم‌شکلی از ۳ بزرگتر باشد ۶۰٪ و چنانچه کوچکتر از ۳ گردد ۴۰٪ دانه‌ها باید بتوانند از میان شبکه‌ها عبور نمایند.

۱-۵-۵- توسعه به کمک پمپاژ بیش از ظرفیت و بازشویی چاه
برای انجام توسعه سفره آبی از وسایل مکانیکی، مواد شیمیایی و یا وسایلی که بتواند رسوبات ریزدانه لایه آبدار (اکیفر) را خارج نموده به جریان آزاد و راحت آب به درون چاه کمک نماید، استفاده می‌گردد. پمپاژ چاه بیش از ظرفیت آبدهی لایه (Over pumping) سبب می‌گردد که افت آب در داخل چاه به حداکثر رسیده و آب از پایین‌ترین نقطه با حداکثر هد (Head) یا ارتفاع از چاه خارج گردد. در اثر این عمل رسوبات ریزدانه ماسه و شن درون لایه آبدار از طریق شبکه‌های لوله جدار وارد چاه شده و بوسیله پمپ آب به بیرون منتقل می‌گردد.
ممکن است ذرات ریز ماسه در فضای بین دانه‌های درشت لایه آبدار و یا دانه‌های گراول تثبیت کننده ایجاد پل نموده و سفره کاملاً توسعه نیابد برای رفع این مشکل لازم است همزمان با عمل پمپاژ، آب چاه متلاطم گردد که امکان پذیر نمی‌باشد. به دلیل گرانی پمپ و لوازم پمپاژ برای نصب در اعماق زیاد و استهلاک شدید قطعات درونی آن توسط ماسه در جریان پمپاژ قوی و بروز مشکل پل‌بندی ذرات دانه ریز، استفاده از این روش در چاه‌های کم عمق با آبدهی پایین مقدور می‌باشد و در چاه‌های عمیق با آبدهی زیاد فاقد کارایی مفید بوده و ضمناً توجیه اقتصادی ندارد.

۱-۶-۱- توسعه به روش شستشوی چاه

توسعه به روش شستشوی چاه شامل کلیه شیوه‌های ایجاد تلاطم و آشفتگی در چاه به منظور جلوگیری از پل‌بندی ذرات و استخراج مواد دانه‌ریز لایه آبدار برای افزایش نفوذپذیری و بازدهی چاه بشرح ذیل می‌باشد.

۱-۶-۱-۱- آبکشی متناوب از چاه

بوسیله پمپ توربینی شافت و غلافی از طریق کلاج زدن متناوب موتور همراه با آبکشی متناوب از چاه صورت می‌گیرد. در این روش ابتدا پمپ با کمترین ظرفیت خود شروع به کار می‌کند و بتدریج دور آنرا زیاد می‌نمایند تا با حداکثر دور بیشترین افت آب بوجود آید. در این

حالت، حرکت پمپ را متوقف کرده (کلاج زدن) و اجازه می‌دهند تا آب موجود در لوله‌های آبدۀ با سرعت از داخل پمپ به درون چاه تخلیه گردد. این عمل سبب خروج آب برگشتی پمپ از داخل شبکه‌ها به درون فضای موجود در بین دانه‌های گراول و همچنین سازند آبدار می‌گردد. با شروع مجدد پمپاژ ذرات ریزدانه به داخل لوله مشبك مکیده شده و با جریان آب توسط پمپ از چاه خارج می‌شود.

۱-۶-۲- شستشو و توسعه چاه بوسیله پمپ گل

درخاتمه حفاری با روش دورانی مستقیم يك لایه از گل حفاری (كیك حفاری) و در سیستم حفاری معکوس که با آب صاف انجام می‌شود يك لایه از رسوبات ریزدانه لایه‌های حفاری شده بر روی دیواره چاه تشکیل می‌گردد. این لایه به علت نفوذ در فضای بین دانه‌ها و مسدود نمودن آنها، از آبدۀ چاه بشدت می‌کاهد. لذا ضروری است بلافاصله بعد از خاتمه حفاری نسبت به شستشوی این لایه با تزریق آب صاف توسط پمپ گل دستگاه حفاری اقدام گردد. برای این کار بعد از نصب لوله جدار و شن ریزی (گراول پکینگ) سوزنها را تا انتهای چاه پایین داده و آب صاف را توسط پمپ گل از درون سوزنها در چاه تزریق می‌کنیم. با نصب یک عدد پکرلاستیکی در دهانه لوله جدار از خروج آب تزریق شده به بیرون چاه جلوگیری می‌نماییم و در نتیجه آب تزریق شده از طریق شبکه‌ها وارد فضای بین دانه‌های گراول شده و از حد فاصل دیواره چاه و لوله جدار بطرف بالا حرکت می‌کند و بدین ترتیب رسوبات تشکیل شده بر روی دیواره را شسته و به بیرون منتقل می‌کند. اگر در شستشوی گل حفاری وقفه چند روزه بوجود آید ضروری است از پودر پلی‌فسفات سدیم برای متفرق کردن گل بنتونیت سفت شده بر روی دیوار چاه استفاده نمود.

۱-۶-۳- شستشو و توسعه به کمک هوای فشرده

توسعه چاه به کمک تزریق هوای فشرده به دو روش شستشوی باز و شستشوی بسته صورت می‌گیرد. در روش بسته هوای فشرده از طریق دو لوله فولادی داخل هم یکی حدود یک متر کوتاهتر و بقطر حدود سه چهارم اینچ و دیگری بلندتر بقطر حدود ۵ اینچ به درون چاه تزریق می‌شود. این دو لوله در درون لوله جدار تا عمق ۶۰ الی ۷۰ درصد طول آن در زیر سطح آب و یا تا نزدیک لبه فوقانی اسکرین نصب می‌گردد.

دهانه فوقانی لوله جدار بوسیله یک صفحه با سوراخهایی برای ورود لوله های هوا و تخلیه آب پمپاژی، مسدود می‌گردد هوا از طریق لوله باریکتر وارد چاه شده و آب گل‌آلود چاه را با فشار از درون لوله تخلیه ۵ اینچ به بیرون چاه می‌ریزد. این موضوع سبب پائین رفتن سطح آب چاه تا لبه پائینی این لوله می‌شود در این هنگام تزریق هوا را متوقف نموده و تا بالا آمدن سطح آب در درون چاه صبر می‌نمایند. با بالا آمدن سطح آب در چاه هوای فشرده را از بیرون لوله های تداخلی و از بخش فوقانی چاه وارد لوله جدار می‌کنیم فشار این هوا بر سطح آب درون چاه موجب پایین رفتن آب و ورود آن به داخل لایه های زمین از طریق شبکه های لوله اسکرین می‌گردد. هنگامیکه سطح آب چاه به زیر لبه لوله تخلیه آب و گل برسد هوای تزریقی از طریق این لوله از چاه خارج می‌شود و در نتیجه سطح آب در این محل ثابت می‌ماند حال تزریق هوا از دهانه لوله جدار را قطع و مجدداً تزریق هوا از طریق لوله سه چهارم اینچ را آغاز می‌کنیم تا آب گل‌آلود همراه با ماسه را که از درون لایه ها خارج شده به بیرون پمپاژ کند. با تکرار این عمل ذرات ماسه از درون لایه ها خارج شده و چاه توسعه می‌یابد. در شستشو به روش تزریق هوای فشرده در لوله جدار دهانه باز، ابتدا چاه را توسط گل کش تمیز می‌نمایند. یک لوله فولادی بقطر حدود هشت اینچ در داخل چاه تا یک متری کف اسکرین نصب می‌نمایند. لوله هوا را از درون آن تا کف اسکرین پایین برده و جریان هوای فشرده را برقرار می‌کنند. در این هنگام آب درون چاه بشدت متلاطم شده و بعد لوله هوا را حدود ۳ متر بالا

کشیده و در نتیجه آب گل آلود درون لوله اسکری با فشار از داخل لوله تخلیه ۸ اینچ به بیرون چاه می‌ریزد. این عمل را آنقدر تکرار می‌کنند تا آب خارج شده از چاه تقریباً فاقد شن و ماسه باشد. حال لوله‌ها را حدود سه متر بالا کشیده و این عمل را در طول اسکری آنقدر تکرار می‌کنند تا لایه در برگیرنده آن کاملاً از ماسه‌های ریز عاری شود و بدین وسیله عمل توسعه چاه در امتداد سطح لوله اسکری کامل شود. برای انجام توسعه به روش تزریق هوای فشرده از یکدستگاه کمپرسور هوا به ظرفیت تولید هوا معادل CFM ۱۲۵ با فشار حدود (PSI) ۱۰۰ الی ۱۵۰ استفاده می‌شود.

۱-۶-۴- شستشو و توسعه به کمک فوران شدید آب

در این روش با استفاده از یک قطعه لوله ته بسته بقطر ۲ یا ۴ اینچ که دارای ۴ سوراخ بنام انژکتور به قطر یک چهارم تا یک دوم اینچ در دو امتداد عمود بر هم می‌باشد آب را با فشار زیاد به طریقه جت (Jet) به بیرون می‌پاشند.

این لوله شستشو را بوسیله لوله‌های رابط فلزی به درون چاه و داخل لوله اسکری می‌فرستند و آب صاف را توسط یک پمپ فشار قوی به درون این لوله‌ها هدایت می‌کنند. آب پرفشار خروجی از درون شبکه‌های لوله اسکری وارد لایه در برگیرنده شده و ذرات ریز ماسه را از درون لایه شسته و خارج می‌کند. همچنین لایه نازک گل حفاری (کیک گل Mud cake) روی دیوار چاه با فشار آب شسته و توسط جریان آب وارد لوله‌های چاه می‌شود. قطر خارجی دستگاه فوران آب حدود یک اینچ کمتر از قطر داخلی لوله جدار است. به هنگام انجام شستشو لازم است لوله شستشو را در امتداد طول اسکری بالا و پایین کرده و آنرا بچرخانند تا تمامی سطوح لوله اسکری و لایه در برگیرنده آن در امتداد کل طول لوله اسکری عاری از ماسه شده و عمل توسعه لایه مجربی انجام شود. قطر سوراخ انژکتورها و تعداد آنها تابع قدرت پمپ تزریق آب می‌باشد.

فشار ۲۵۰ PSI		فشار ۲۰۰ PSI		فشار ۱۰۰ PSI		قطر روزنه انژکتور اینچ
میزان آبدهی گالن در دقیقه	شدت تزریق فوت بر ثانیه	میزان آبدهی گالن در دقیقه	شدت تزریق فوت بر ثانیه	میزان آبدهی فوت بر ثانیه	شدت تزریق فوت بر ثانیه	
۲۹	۱۸۰	۲۶	۱۵۰	۱۷	۱۱۰	$\frac{1}{4}$
۶۱	۱۸۰	۵۶	۱۵۰	۳۸	۱۱۰	$\frac{3}{8}$
۱۱۰	۱۸۰	۱۰۰	۱۵۰	۶۷	۱۱۰	$\frac{1}{2}$

جدول ۱ (شدت و میزان آبدهی انژکتورهای مختلف)

برای تعیین ظرفیت پمپ تزریق آب می‌باید مجموع افت فشار در مسیر لوله‌های تزریقی تا محل خروج آب از انژکتورها را در نظر بگیریم بعنوان مثال برای توسعه چاهی به عمق ۲۰۰ فوت توسط یک دستگاه شستشو با دو انژکتور به قطر $\frac{3}{8}$ اینچ و لوله رابط به قطر ۲ اینچ با جریان آب به سرعت ۱۵۰ فوت در ثانیه بر طبق جدول ۱ به پمپ تزریق آب با قدرت فشار ۲۰۰ PSI (پوند بر اینچ مربع) نیاز است.

بر طبق این جدول میزان آبدهی یک انژکتور ۵۶ گالن در دقیقه و برای دو انژکتور ۱۱۲ گالن در دقیقه می‌باشد و بر طبق جدول ۲ مقدار افت فشار در طول لوله رابط دو اینچ با این میزان آبدهی حدود ۱۰ PSI برای چاه بعمق ۱۰۰ فوت و ۲۰ PSI برای چاه بعمق ۲۰۰ فوت خواهد بود. بنابراین برای ایجاد فشار ۲۰۰ PSI در انژکتورها با احتساب افت فشار در دستگاه آبپاش معادل ۱۰ PSI کلاً یک پمپ تزریق با فشار ۲۳۰ PSI مورد نیاز است. مدت زمان لازم برای شستشو و توسعه در این روش ۲ تا ۸ ساعت بوده و آب صاف کافی مورد نیاز باید در دسترس باشد. در این

مثال مقدار آب مورد نیاز در هر ساعت برابر با ۶۷۲۰ گالن یا ۳۰۵۷ لیتر خواهد بود.

این روش توسعه در لوله های اسکریپت کارخانه های شبکه های (V) شکل موثر بوده و سرعت مطلوب فوران آب می باید ۱۰۰ فوت بر ثانیه باشد. در مواردیکه چاه با گراول پک مصنوعی پر شده برای شستشوی لایه های رسی چسبنده از فشار آب بالاتر استفاده می شود.

نیروی فوران آب بعد از عبور از فضای بین خطوط شبکه ها که همانند یک انژکتور عمل می کنند تقویت شده و با شدت بیشتری به مواد لایه های دیواره چاه برخورد و با ایجاد تلاطم مناسب سبب شستشو و توسعه چاه می گردد.

آبدهی چاه پمپاژ شده (گالن در دقیقه (GPM)	افت فشار در هر ۱۰۰ فوت لوله بقطر دو اینچ (پوند بر اینچ مربع) PSI
۵۰	۴
۱۰۰	۱۰
۱۵۰	۱۹
۲۰۰	۳۱

«جدول ۲»

برای خارج نمودن رسوبات ریزدانه استخراجی از درون لایه به داخل چاه در صورت امکان از پمپاژ همزمان با فوران شدید آب استفاده می شود. اگر این امکان وجود نداشته باشد از روش متناوب پمپاژ چاه و فوران شدید آب استفاده می گردد. میتوان آب استخراجی را وارد حوضچه ای نموده و بعد از رسوبگیری از آب صاف بازیافت شده مجدداً استفاده کرد. در روش های حفاری ضربه ای و یا روتاری با گردش معکوس که از آب صاف بدون بنتونیت برای حفاری استفاده می شود مقداری رسوبات ریزدانه مثل رس، سیلت و شن زمین حفاری شده بر روی دیواره چاه رسوب می کنند که بوسیله شستشو و توسعه چاه میتوان آنها را برطرف کرد. در این روش توسعه حداکثر ضخامت لایه فیلتر شن دور لوله جدار چاه برابر ۸ اینچ و فشار آب لازم حدود ۱۵۰ پوند بر اینچ مربع (PSI) و اندازه روزنه انژکتورها تا حد امکان بزرگ باشد.

برای مثال عمل توسعه به کمک فوران آب در یک چاه به عمق ۹۶۲ فوت که دارای لوله اسکرین بقطر ۸ اینچ با شکاف نمره ۳۰ بوده و اطراف لوله‌ها شنریزی شده است در دو مرحله انجام شد. در مرحله اول با ایجاد تلاطم توسط یک پمپ توربینی نصب شده در چاه با کارانداختن پمپ و توقف آن (کلاچ زدن) بطور متناوب و سرانجام خارج کردن رسوبات ته‌نشین شده در ته چاه توسط گل‌کش، مقدار آبدهی چاه ۴۳ گالن در دقیقه برای ۱۰۰ فوت افت آب حاصل شد. در مرحله دوم توسعه با روش فوران شدید آب پس از گذشت مدت ۲ روز میزان آبدهی چاه به ۳۱۷ گالن در دقیقه به ازاء ۱۰۰ فوت افت آب افزایش یافت.

۱-۷- توسعه سفره آب به روش پیستون زنی

توسعه سفره آبی با ایجاد حرکات موجی (surging) به وسیله بالا و پایین بردن پیستون (plunger) در داخل لوله جدار صورت می‌گیرد. این روش توسعه بیشتر برای چاههای حفاری شده به طریقه ضربه‌ای صورت می‌گیرد.

قطر پیستون تقریباً برابر قطر داخلی لوله جدار می‌باشد. به هنگام پایین بردن آن، آب با فشار از شبکه‌ها وارد لایه آبدار می‌گردد و با ایجاد تلاطم و آشفتگی و در نتیجه جابجایی و شستشوی ذرات ریز سیلت، ماسه و رس را موجب شده و بهنگام بالا کشیدن پیستون، آب تزریقی به درون لایه به همراه گل و لای و رسوبات ریزدانه به درون لوله مشبک مکیده می‌شود.

ساده‌ترین نوع پیستون را بوسیله پیچیدن گونی، پارچه و یا طناب به دور گل‌کش و یا لوله‌های حفاری می‌توان ساخت. بدیهی است که قطر پیستون با قطر داخلی لوله جدار تقریباً هم‌اندازه می‌باشد. پیستون زنی در سفره‌های آبی رسی و سیلتی باعث اندود و انسداد شبکه‌ها توسط این رسوبات می‌گردد.

پیستون‌ها به دو شکل سخت و سوپاپ‌دار ساخته می‌شوند. پیستون سخت از چند ورقه چوبی یا آهنی گرد با صفحات لاستیکی به قطر بزرگتر مستقر در بین آنها درست شده و در حول محور استم دستگاه ضربه‌ای کابلی و یا سوزن دستگاه روتاری نصب می‌گردد. قبل از اقدام به پیستون زنی با

انجام تست بیدار از ورود آب به داخل چاه باید مطمئن بود زیرا پیستون زنی در چاههایی که مشبکها به هر دلیلی بسته باشند، نباید انجام شود. پیستون را داخل لوله جدار کرده و تا لبه بالایی لوله مشبک پایین برده و سپس آن را رو به بالا حرکت می‌دهیم که در اثر بالا و پایین رفتن تلاطم آب شروع می‌شود. به هنگام پایین بردن پیستون آب درون چاه با فشار از شکافهای لوله مشبک وارد لایه آبدار و یا شن‌های پشت لوله جدار می‌گردد و ذرات ریز مابین دانه‌ها را جابجا می‌کند. به هنگام بالا کشیدن ذرات ریز که در فضای بین‌دانه‌های درشت‌تر پل درست کرده‌اند به داخل لوله مشبک مکیده می‌شوند و در نتیجه دانه‌های درشت با فضای خالی بین دانه‌های بزرگ و تخلخل و نفوذپذیری بیشتر در مجاورت اسکرین باقی می‌ماند. دقت شود که عملیات پیستون زنی به آرامی شروع شده و به تدریج سرعت آن زیاد شود و به شکل ضربه زدن نباشد. عمل پیستون زنی را می‌توان با طرز کار یک سرنگ تزریق پزشکی مقایسه نمود. قطر پیستون باید به اندازه‌ای باشد که درون لوله جدار به راحتی حرکت نماید و سعی شود به هنگام بالا آمدن از آب خارج نشود.

مقدار دامنه حرکت پیستون را در اولین مرحله به اندازه‌ای انتخاب می‌کنیم که مقدار رسوبات ریزدانه وارد شده به چاه، از سطح لوله‌های مشبک بالاتر قرار نگیرد و سپس دقت شود در مراحل بعدی پیستون زنی، وقتی مقدار رسوبات وارده به لوله مشبک تا ارتفاع کمی قبل از سطح فوقانی لایه آبدار رسید، عمل تخلیه رسوبات به بیرون انجام گردد. اگر عمل تخلیه به موقع انجام نشود به علت پر بودن چاه از رسوبات، تاثیر پیستون زنی و در نتیجه توسعه لایه فقط در بخش‌های فوقانی چاه که از رسوبات خالی می‌باشد صورت می‌گیرد. تخلیه در سیستم ضربه‌ای کابلی توسط گل‌کش و در سیستم روتاری توسط پمپ گل‌از طریق سوزنهای درون چاه که پیستون به آن متصل شده، صورت می‌گیرد. عملیات پیستون زنی تا زمانی که ورود رسوبات ریزدانه به داخل چاه متوقف و توسعه لایه کامل شود، ادامه می‌یابد.

چنانچه پیستون زنی بوسیله استم دستگاہ حفاری کابلی ضربه‌ای انجام می‌شود، پیستون را حدود ۵ متر به زیر سطح آب پایین برده و با حرکات آرام آن را بالا و پایین برده و سعی شود پیستون از آب خارج نگردد. این حرکات بدون عمل ضربه‌زدن به تدریج تندتر می‌شود. در صورت استفاده از دستگاہ روتاری پیستون متصل شده به لوله حفاری (سوزن) را حدود ۱ تا ۱/۵ متر زیر سطح آب پایین و بالا می‌بریم. بعد از چند بار موج دادن پیستون را از چاه خارج و رسوبات ریزدانه جمع شده در ته چاه را بوسیله گل‌کش (بیلر BAILER) و با برقراری جریان آب توسط پمپ گل از چاه خارج نمی‌نمایند و سپس عمل پیستون زنی را تکرار می‌کنند.

پیستون‌های سوپاپ‌دار مشابه پیستون سخت بوده که دارای چند سوراخ به قطر یک اینچ است و در مواردی که سفره آبدار از رسوبات دانه‌ریز با آبدی ضعیف تشکیل شده باشد استفاده می‌گردد.

در چنین حالتی چون به هنگام حرکت رو به پایین پیستون به علت ریزبودن خلل و فرج لایه آبدار و وجود موانعی نظیر دانه‌های گراول ریخته شده و اسکرین نصب شده در چاه، برگشت آب به داخل لایه به‌کندی صورت می‌گیرد لذا برای جلوگیری از اعمال فشار زیاد به لایه سفره آب زیرزمینی لازم است از پیستون سوپاپ‌دار استفاده شود تا به صورت فشار شکن عمل نموده و آب اضافی تحت فشار از سوراخ‌های آن خارج و در بالای پیستون جمع شود.

هنگام بالا کشیدن پیستون، لایه چرمی یا لاستیکی مستقر در روی صفحه سوراخ‌دار پیستون بر اثر فشار آب و هوای موجود روی آن به صفحه می‌چسبد و در نتیجه قدرت مکش پیستون زیاد می‌گردد.

برای مثال وضعیت توسعه در یک چاه حفاری شده به شرح ذیل می‌باشد:

عمق (متر)	ضخامت (متر)	نوع سازند
۴/۲	۴/۲	خاک و بقایای گیاهی

۱۵/۲	۱۱	لایه رس خشك
۱۷	۱/۸	شن و سنگریزه همراه دانه ریز
۲۲	۵	شن و سنگریزه درشت دانه

در این چاه تا عمق ۱۷ متر لوله جدار ساده و از این عمق تا عمق ۲۲ متر به مقدار ۵ متر لوله اسکرین شماره ۱۰۰ که بتواند بخش قابل توجهی ماسه را از خود عبور دهد کار گذاشته شد و لذا آبدهی چاه به دو برابر افزایش یافت. لوله جدار غیر مشبك مقدار ۱/۸ متر در داخل لایه شن و سنگریزه درشت پایین رفته و در حقیقت سطح فوقانی اسکرین ۱/۸ متر پایین تر از بخش تحتانی لایه رس سخت قرار گرفته و در نتیجه تلاطم حاصل از پیستون زنی نمی‌تواند بر روی لایه رسی اثر گذاشته و سبب تخریب و ریزش آن گردد.

به چگونگی توسعه سفره آبی در چاه حفاری شده به شرح ذیل توجه نمائید:

سازند	ضخامت (متر)	عمق (متر)
خاك و شن	۱/۸	۱/۸
رس	۲/۴	۴/۲
شن خشك	۷	۱۱/۲
رس خشك سخت	۵/۲	۱۶/۴
ماسه ریزدانه آبدار	۲/۷	۱۹/۱
رس همراه ماسه	۱/۲	۲۰/۳
ماسه درشت آبدار	۳/۵	۲۳/۸

در این چاه از عمق ۲۰/۸ متری تا عمق ۲۳/۸ متری مقدار ۳ متر اسکرین نمره ۴۰ نصب شده است. ابتدا به کمک پمپ گلکش و برقراری جریان چرخش گل حفاری ماسه‌های موجود در اسکرین را خارج کرده و سپس پیستون زنی آرام را شروع و تعداد حرکات پیستون در دقیقه را به حداکثر ۲۰ بار افزایش می‌دهند. احتیاط شود حرکات تلاطمی آب اگر قوی باشد باعث ریزش لایه‌های فوقانی رس ماسه‌ای و ماسه ریزدانه روی آن می‌شود.

در حالتیکه سازند آبدار حفاری شده متنوع باشد، توسعه آن بنحو ذیل خواهد بود:

عمق (متر)	ضخامت (متر)	نوع سازند
۱	۱	خاک معمولی
۳/۱	۲/۱	ماسه درشت
۲۴/۱	۲۱	رس
۲۵/۶	۱/۵	رس همراه ماسه و آبدار
۳۱/۴	۵/۸	ماسه ریزدانه
۳۴/۱	۲/۷	ماسه با دانه بندی متوسط
۳۵/۹	۱/۸	ماسه درشت دانه
۳۹/۲	۳/۳	سنگریزه
۴۰/۵	۱/۳	قلوه سنگ

همانگونه که ملاحظه می‌گردد دانه بندی مواد از بالا به پایین درشت می‌گردد و با توجه به اندازه های مختلف دانه ها در اعمال مختلف، از اسکرین های سایز متفاوت استفاده می‌گردد.

از عمق ۳۳ تا ۴۰/۵ متر اسکرین گذاری شده که بترتیب از بالا به پائین مقدار ۱/۵ متر شماره ۲۰، ۱/۸ متر شماره ۳۰، ۳/۳ متر شماره ۵۰ و ۱/۳ متر آخر شماره ۱۰۰ می‌باشد. برای توسعه از پیستون سوپاپدار استفاده می‌گردد.

جهت توسعه یکنوع سازند نسبتاً متداول به شرح ذیل چگونگی کار توضیح داده می‌شود:

عمق (متر)	ضخامت (متر)	نوع سازند
۰/۶	۰/۶	خاک
۸/۷	۸/۱	ماسه ریزدانه خشک
۱۰/۲	۱/۵	ماسه درشت دانه خشک
۱۰/۸	۰/۶	ماسه درشت مخلوط با سنگریزه (آبدار)
۱۲/۶	۱/۸	ماسه ریزدانه آبدار
۱۶/۳	۳/۷	ماسه خیلی ریز
۱۸/۵	۲/۲	ماسه ریزدانه
۲۲	۳/۵	ماسه نسبتاً درشت دانه

برای توسعه چنین سفره آبی ماسه‌ای باید پیستون زنی با سرعت متوسط انجام گردد.

همچنین اگر شکاف‌های اسکرین درشت باشد باعث ماسه‌دهی چاه شده و اگر خیلی ریز باشد توسعه به خوبی انجام نشده و بازدهی چاه کم می‌شود لذا اسکرین انتخابی باید تلفیقی از هر دو نوع یعنی سایز ۵۰ باشد تا نتیجه توسعه رضایت بخش گردد.

به طور کلی در عمل توسعه باید دقت شود که قبل از پر شدن لوله اسکرین از رسوبات ریزدانه نسبت به تخلیه آن اقدام گردد و در غیر اینصورت ادامه پیستون زنی باعث بروز آسیب به لایه‌های فوقانی و چاه می‌گردد.

مدت انجام عملیات توسعه به جنس و ضخامت لایه آبدار و تعداد سفره‌های آبی در یک چاه حفاری شده، عمق و قطر چاه و سطح ایستابی بستگی دارد و معمولاً از ۳ تا چند روز ممکن است بطول بیانجامد.

۲- آزمایش پمپاژ (Pumping test)

آزمایش تعیین آبدی چاه یا آزمایش پمپاژ برای تعیین خصوصیات هیدرولیکی سفره آبدار جهت مطالعه وضعیت آبهای زیرزمینی یک منطقه و یا برای تعیین مقدار آبدی و افت سطح آب در یک چاه انجام می‌شود.

هدف اصلی آزمایش پمپاژ تعیین ظرفیت مخصوص چاه یا نسبت آبدی (Q) به مقدار افت سطح آب (S) جهت انتخاب پمپ و متعلقات مربوطه برای برآورد میزان هزینه‌های لازم برای تجهیز چاه می‌باشد. ضمناً در نتیجه عمل پمپاژ مواد ریزدانه باقیمانده در مراحل حفاری و توسعه، از چاه خارج شده و توسعه طبیعی و برقراری ارتباط آبی سفره با چاه فراهم می‌شود. ظرفیت مخصوص معرف قدرت آبدی چاه می‌باشد که بدون نیاز به وجود چاه‌های مشاهده‌ای صورت می‌گیرد. در حالی که در آزمایش سفره آب وجود چاه‌های مشاهده‌ای یا چاه‌های پیزومتر با فواصل معین نسبت به چاه اصلی در حال آزمایش الزامی است.

۲-۱- تعاریف

۲-۱-۱- قانون دارسی

بر طبق قانون دارسی مقدار جریان آب (Q) از داخل یک لایه قابل نفوذ نسبت مستقیم با افت فشار ارتفاع (Head Loss) و نسبت عکس با طول مسیر جریان دارد و با ضریب ثابت k متناسب است.

$$Q = kiA \Rightarrow \frac{Q}{A} = V = Ki$$

در این فرمول:

Q : مقدار جریان آب بر حسب متر مکعب در روز

K : ضریب ثابت دارسی بر حسب متر در روز

i : شیب هیدرولیک یا مقدار افت فشار مربوط به ارتفاع h

در طول مسیر L

A : سطح مقطع عمود بر جهت جریان آب بر حسب متر مربع

V : سرعت جریان بر حسب متر در روز

ضریب K را قابلیت هدایت هیدرولیکی یا قابلیت نفوذ (Permeability) گویند و آن مقدار جریان از واحد سطح مقطع گذرگاه آب تحت اثر شیب هیدرولیکی واحد می‌باشد. مقدار

قابلیت نفوذ یا ضریب k برای رس $۱۰^{-۷}$ تا $۱۰^{-۵}$ ، سیلت $۱۰^{-۶}$ ،
ماسه ریز $۱۰^{-۱}$ تا $۱۰^{-۲}$ ، ماسه درشت ۱۰ تا ۲۰۰ و شن ۱۰
تا ۱۰۰۰ متر در روز می‌باشد.

بار پیزومتریک (Piezometric Head) عبارتست از ارتفاع سطح
آب زیرزمینی در یک سفره تحت فشار (محصور) در داخل چاه
مشاهده‌ای در مقایسه با یک سطح مبنا مثل سطح دریا.
سطح پیزومتریک به سطح فرضی آب کلید چاه‌های مشاهده‌ای
که در یک سفره تحت فشار حفر شده‌اند و آب تا آن سطح
بالا می‌آید، گفته می‌شود. سطح فراتیک (phreatic) یا سطح
آزاد آب در چاهی که در سفره آزاد حفر شده، عبارتست
از ارتفاعی که فشار آب زیرزمینی با فشار آتمسفر برابر
باشد.

۲-۱-۲- اختصاات هیدرولیکی (Hydraulic Properties)

اختصاات هیدرولیکی سفره آب عبارتند از:

۲-۱-۲-۱-۲- قابلیت انتقال (Transmissivity)

قابلیت انتقال (T) عبارتست از مقدار شدت جریان در شیب
هیدرولیک واحد از داخل مقطعی از سفره آب به عرض واحد
و ارتفاع ضخامت سفره آب بر حسب مجذور طول بر زمان و
یا متر مربع در روز و از حاصلضرب مقدار متوسط قابلیت
نفوذ در ضخامت سفره بدست می‌آید.

۲-۱-۲-۲- ضریب ذخیره (Storage Coefficient) و آبدهی ویژه (Specific Yield)

ضریب ذخیره یا گنجایش (sy) و آبدهی ویژه (s) حجم آبی است
که سفره آب می‌تواند در واحد سطح اکیفر به ازاء تغییر
مقدار یک واحد فشار در خود جای دهد یا خارج کند.
ضریب ذخیره در سفره‌های محصور تابع قابلیت ارتجاع مواد
سازنده سفره و آب است و بین $۱۰^{-۴}$ تا $۱۰^{-۶}$ متغیر است.
آبدهی ویژه در سفره‌های آزاد عملاً برابر تخلخل مؤثر
می‌باشد. در رسوبات ریزدانه فضاهای کوچک بین دانه‌ای در
تخلخل مؤثر لایه تأثیری ندارد زیرا نیروی نگهدارنده آب

بزرگتر از وزن آب می‌باشد. مقدار آبدهی ویژه ماسه بین ۰/۱ تا ۰/۲ است.

۲-۱-۲-۳- مقاومت هیدرولیک (Hydraulic Resistance)

مقاومت هیدرولیک یا مقاومت در برابر جریان عمودی یا ضریب معکوس تراوش (Reciprocal leakage Coefficient) خاص سفره‌های نیمه محصور بوده و از تقسیم ضخامت بخش اشباع لایه نیمه قابل نفوذ (D) بر قابلیت نفوذ آن لایه برای جریان عمودی (K') یعنی $\frac{D}{K'}$ بدست می‌آید.

۲-۱-۲-۴- فاکتور تراوش (Leakage Factor)

این فاکتور منشاء آب حاصل از چاه حفر شده در یک سفره آب را نشان می‌دهد و بر حسب متر بیان می‌شود. اگر مقاومت لایه نیمه قابل نفوذ در برابر جریان آب در مقایسه با مقاومت خود سفره آب زیاد باشد، فاکتور تراوش زیاد بوده و تأثیر تراوش کم است.

۲-۱-۲-۵- فاکتور زهکشی (Drainage Factor)

فاکتور زهکشی در سفره آبهای آزاد با آبدهی تأخیری قابل مقایسه با فاکتور تراوش در سفره‌های نیمه محصور است و واحد آن متر طول می‌باشد. اگر مقدار این فاکتور مساوی بی‌نهایت شود آبدهی سفره فوری و سریع بوده و همزمان با پائین رفتن سطح ایستابی خواهد بود.

۲-۲- انواع سفره‌های آبدار

۲-۲-۱- سفره آب غیرمحصور (Unconfined Aquifer)

سفره آب غیر محصور عبارتست از یک لایه قابل نفوذ که قسمتی از آن دارای آب اشباع بوده و بر روی یک لایه تقریباً غیرقابل نفوذ قرار گرفته باشد. سطح آب در این سفره‌ها همان سطح آزاد یا سطح فراتیک است. خروج آب از درون فضاهای بین دانه‌ها در سفره‌های غیرمحصور دانه‌ریز تحت تأثیر نیروی ثقل به آرامی و پس از گذشت مدتی از پائین رفتن سطح ایستابی صورت می‌گیرد که به آن سفره غیر محصور

با آبدهی تأخیری (Unconfined Aquifer with delayed yield) می‌گویند.

۲-۲-۲- سفره آب محصور (Confined Aquifer)

هر گاه یک لایه نفوذپذیر اشباع از آب از بالا و پائین بوسیله دو لایه نفوذناپذیر محصور شود، سفره آب محصور بوجود می‌آید. در این سفره‌ها فشار آب معمولاً بیش از فشار آتمسفریک بوده و به آن آب محصور یا آب تحت فشار می‌گویند که چنانچه سطح آب بالاتر از سطح فوقانی سفره آب قرار بگیرد به آن حالت آرتزین می‌گویند.

۲-۲-۳- سفره آب نیمه محصور (Semi confined Aquifer)

اگر لایه آبدار اشباع از بالا بوسیله لایه نیمه قابل نفوذ و از پائین بوسیله لایه غیرقابل نفوذ و یا کم نفوذ احاطه شده باشد بنام سفره نیمه محصور یا نشتی (Leaky) خوانده می‌شود.

۲-۲-۴- سفره آب نیمه غیرمحصور (Semi-Unconfined Aquifer)

سفره آب نیمه غیر محصور بوسیله لایه نیمه قابل نفوذ دانه‌ریز که قابلیت نفوذپذیری آن در جهت افقی قابل اغماض نباشد پوشیده شده است.

۲-۳- تجهیزات پمپاژ

تجهیزات لازم برای آزمایش پمپاژ عبارتند از: یک عدد پمپ توربینی به همراه مقدار کافی شافت و غلاف و لوله آبد، یکدستگاه موتور دیزل مجهز به کلاچ صنعتی، یکدستگاه جعبه دنده با نسبت ۵ به ۶ و یکعدد سر تخلیه.

لوازم اندازه گیری عبارتند از: عمق سنج و کف یاب، حرارت سنج، کرومومتر، کنداکتیویتی متر (EC سنج)، pH متر، رسوب سنج- صفحه اریفیس در اندازه های مختلف، ظرف نمونه گیری آب، فرمهای توسعه و آزمایش بر حسب نمونه آب، دورسنج موتور، آب آهک یا سود سوزآور جهت صابونی کردن روغن روی آب و خنثی سازی آن بمنظور جلوگیری از عایق کردن سرسوند اندازه گیری. برای انجام آزمایش پمپاژ یک حلقه چاه بعمق ۱۰۰ متر از یکعدد پمپ توربینی شافت و غلاف، یکدستگاه جعبه دنده ۱۲۰ اسب، یکعدد سر تخلیه و مقدار کافی لوله و شافت و غلاف و یکدستگاه موتور دیزل زمینی با کلاچ صنعتی استفاده میشود. قطر پمپ میتواند ۶ یا ۸ اینچ و لوله های آبد معمولاً به قطر ۶ اینچ بوده که با یک تبدیل به پمپ ۸ اینچ متصل میگردند.

چنانچه عمق چاه بیش از ۱۰۰ متر و حداکثر تا ۲۰۰ متر باشد از پمپ توربینی ۲۰ طبقه و شافت بقطر ۳۸ میلی متر و موتور ۲۷۹ اسب استفاده میکنند.

توضیح اینکه هر طبقه پمپ توربینی ۱۰ اسب بخار نیرو لازم دارد که با احتساب ۲۰٪ افت نیرو در مسیرهای انتقال برای یک پمپ ۱۰ طبقه میباید از یک جعبه دنده به قدرت ۱۲۰ اسب بخار و با احتساب ۲۵ درصد افت نیرو در جعبه دنده، از موتور دیزل ۱۷۵ اسب بخار استفاده شود.

پمپ های کاسه ای توربینی با شافت و غلاف بر اثر چرخش دورانی پروانه (Impeller) در درون کاسه پمپ (BOWL) و ایجاد نیروی گریز از مرکز آب را رو به بالا می راند. هر طبقه از پمپ میتواند آب را تا ارتفاع ۱۰ متر رو به بالا پرتاب کند و بنابراین برای رساندن آب به ارتفاع ۱۰۰ متر میباید ده طبقه پمپ را پشت سر هم کوپله نمایند.

پروانه ها توسط یک شافت سراسری که از درون لوله آبد (کالمن Column) عبور کرده است توسط نیروی موتور و به

کممك جعبه دنده به دوران در می‌آید. لوله آبدۀ به سر تخلیه متصل و از طریق يك لوله افقی آبدۀ یا لوله تخلیه (Discharge pipe) آب را در سطح زمین تخلیه می‌کند.

نیروی مولد موتور دیزل یا موتور برقی (الکتروموتور) توسط گاردان افقی به جعبه دنده منتقل می‌شود. جعبه دنده در روی سر تخلیه قرار گرفته و شافت پمپ به آن متصل می‌گردد که مقدار نیرو و سرعت دوران وارده توسط گاردان افقی از موتور مولد را تخییر داده و به شافتهای عمودی پمپ منتقل می‌کند.

رابطه تعداد دور موتور با دور جعبه دنده از عدد نسبی مثلاً نسبت ۵ به ۶ مشخص می‌گردد. در این رابطه به ازاء تعداد هر ۵ دور موتور، تعداد دور شافت توسط جعبه دنده به ۶ دور تبدیل می‌شود. در بعضی از انواع پمپ‌های توربینی مدل شافت و غلاف، موتور برقی بطور عمودی در بالای سر تخلیه نصب شده و مستقیماً به سر شافت متصل می‌گردد. برای جلوگیری از شکم دادن شافت و عدم برخورد با جداره لوله کالمن بفواصل ۳ متری يك لاستیک سه شاخه (spider) که در وسط آن يك شکاف حلقه‌ای دارای بوش برنجی برای عبور شافت دارد، قرار می‌دهند. چرخش شافت در اثر اصطکاک با حلقه میانی لاستیک ایجاد گرما می‌کند. خنک کردن شافت ممکن است مستقیماً توسط آب پمپ شده درون لوله کالمن باشد و یا اینکه در درون غلاف‌های لوله‌ای متصل بهم پر از روغن قرار گرفته و بدینوسیله خنک شود. قطر لوله غلاف حتی‌الامکان کم بوده و بفواصل معینی دارای بوش‌های یاتاقانی است که شافت از وسط آن عبور می‌کند تا در اثر دوران به دیواره غلاف برخورد نکند. روغن درون غلاف گرمای حاصل از اصطکاک چرخش شافت را می‌گیرد. لوله‌های غلاف در فواصل سه متری بوسیله لاستیک اسپایدر در وسط لوله کالمن مستقر می‌گردد تا در اثر چرخش شافت دچار لرزش و یا نوسان نشوند.

برای انجام آزمایش پمپاژ اطلاعات اولیه بشرح ذیل مورد نیاز است.

- نوع چاه، قطر و عمق آن
- مشخصات لوله جدار و اسکرین چاه
- مشخصات دانه‌بندی و جنس زمین

- عمق سطح برخورد به آب و تغییرات آن در طول دوره حفاری و سطح ایستابی
 - ضخامت ستون آب
 - نتیجه آزمایش آبدهی با گل کش یا ایرلیفت
- با توجه به اطلاعات فوق‌الذکر، پمپ آزمایش را به مقدار ۵ تا ۱۰ متر بالاتر از کف چاه نصب می‌کنند مگر آنکه دستور دیگری از طرف ناظر داده شود. برای جلوگیری از نفوذ آب پمپاژ شده از چاه به درون زمین و تأثیر منفی بر روی نتایج اندازه‌گیریها، لازم است این آب به مسافت دوری از چاه هدایت شود.

۲-۴- تکمیل توسعه به کمک پمپاژ

قبل از آغاز هر گونه عملیات ابتدا سطح ایستابی را بوسیله عمقیاب الکتریکی اندازه‌گیری می‌نمایند. بعد از انجام عملیات توسعه چاه توسط پمپ گل و یا پیستون زنی و خاتمه حفاری، برای تکمیل توسعه چاه عملیات پمپاژ با دور موتور ۹۰۰ شروع شده و سپس با دورهای ۱۱۰۰، ۱۳۰۰، ۱۵۰۰ ادامه می‌یابد.

هدف از انجام این مرحله از توسعه چاه، خارج نمودن گل و لای و ماسه باقیمانده و تمیز شدن چاه و شبکه‌های لوله‌های مشبک می‌باشد. طول زمان انجام پمپاژ توسعه برای هر دور موتور بستگی به صاف شدن آب خروجی داشته و معمولاً طولانی است. در طول مدت انجام شستشو به طریق پمپاژ می‌باید مرتباً کلاچ زده شود بدین معنی که با آزاد کردن درگیری موتور با جعبه دنده و توقف چرخش پمپ، تمامی آب موجود در طول لوله‌های آبده با سرعت به داخل چاه تخلیه شده و سبب ایجاد آشفستگی و بهم‌زدن رسوبات درون چاه می‌گردد. حال با برقراری مجدد چرخش پمپ، آب گل‌آلود از چاه خارج می‌گردد. این عمل تا حصول اطمینان از صاف شدن آب در هر دور موتور چندین بار تکرار می‌گردد. معیار اتمام عمل توسعه بستگی به مقدار بار رسوبی همراه آب دارد.

۲-۵- اجراء عملیات آزمایش آبدهی چاه (پمپاژ)

در اوايل شروع آزمايش، افت سطح آب سريع بوده و بنابراین فاصله زماني اندازه گيري ها کم مي باشد و بتدريج با ادامه آزمايش، فواصل اندازه گيري بيشتري مي شود.

فواصل زماني اندازه گيري ها به شرح ذيل توصيه مي گردد:

زمان پمپاژ	فاصله زماني بين دو اندازه گيري
از لحظه شروع تا دقيقه ۵	۰/۵ دقيقه
از دقيقه ۵ تا دقيقه ۶۰	۵ دقيقه
از دقيقه ۶۰ تا دقيقه ۱۲۰	۲۰ دقيقه
از دقيقه ۱۲۰ تا پايان پمپاژ	۶۰ دقيقه

هنگامي که پمپاژ آب متوقف مي گردد در لحظات اوليه سرعت صعود سطح آب در چاه زياد بوده وليکن با گذشت زمان از سرعت بالا آمدن آب کاسته مي شود. لذا اندازه گيري ها نيز ابتدا با فواصل زماني کم و سپس بتدريج با فواصل زماني زياد صورت مي گيرد.

در چاهي که سطح آب آن خيلي پائين است به علت شدت برگشت آب بداخل چاه اندازه گيري دقيق سطح آب در دقايق اوليه توقف پمپاژ مشکل مي باشد. طول دوره انجام آزمايش با تثبيت سطح آب سفره در چاه که در واقع نشانگر برقراري تعادل بين قابليت آبردهي سفره با مقدار آب پمپاژ شده است، بستگي مستقيم دارد.

در بعضي چاه ها بعد از چند ساعت از شروع پمپاژ، تعادل برقرار مي شود و در بعضي از آنها بعد از گذشت روزها و يا حتي هفته ها شرايط تعادل برقرار مي شود، گاه موارد پيش مي آيد که بعد از گذشت سالها از پمپاژ يك چاه شرايط تعادل ظاهر نمي شود. در شرايط متوسط در سفره هاي نيمه محصور پس از گذشت ۱۵ تا ۲۰ ساعت تعادل برقرار مي شود. سفره هاي محصور را بهتر است ب مدت ۲۴ ساعت پمپاژ نمايند. توصيه مي شود چاه هاي واقع در سفره آزاد آب را

مدت ۳ روز پمپاژ نمایند زیرا در این قبیل سفره ها افت آب و توسعه مخروط افت به آهستگی صورت می‌گیرد.

۲-۵-۱- روشهای انجام آزمایش پمپاژ

بعد از تکمیل عملیات توسعه و شستشوی چاه توسط پمپاژ آب چاه، برای تعیین آبدهی مجاز چاه از آزمایش آبدهی چاه یا پمپاژ به روشهای افت یا برگشت پله‌ای و ثبت مقدار آبدهی، دور پمپ، مقدار افت در هر پله و برداشت نمونه آب برای تجزیه شیمیایی طی حداقل سه مرحله یا پله، انجام می‌شود. ابتدا سطح آب چاه (سطح استاتیک) را بوسیله عمق سنج اندازه گرفته و همراه با عمق نصب پمپ یادداشت می‌کنند. برای انجام آزمایش از سه روش به شرح ذیل استفاده می‌شود.

۲-۵-۱-۱- آزمایش پمپاژ با آبدهی ثابت

در این نوع آزمایش، دور موتور از شروع تا پایان کار ثابت مثلاً ۱۵۰۰ دور در دقیقه می‌باشد. اندازه‌گیری مقدار افت سطح آب چاه در فواصل زمانی ۱، ۲، ۳، ۴، ۶، ۸، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰، ۷۵، ۹۰، ۱۰۰، ۱۲۰ دقیقه انجام می‌گردد. بعد از این مرحله هر نیم ساعت در طول مدت ۶ ساعت یک اندازه‌گیری و سپس هر یک ساعت یک اندازه‌گیری تا خاتمه آزمایش صورت می‌گیرد. اندازه‌گیری‌ها بایستی بموقع انجام شود. در غیر اینصورت در تجزیه و تحلیل خطا ایجاد می‌شود. اولین اندازه‌گیری مقدار آبدهی در زمان شروع آزمایش و سپس هر ۱۵ دقیقه باشد. برای جلوگیری از تأثیر نوسانات مقدار آب در ارتباط با تغییرات افت و بمنظور ثابت نگه داشتن مقدار آب خروجی، یکعدد شیر فلکه تنظیم در مسیر لوله تخلیه نصب می‌کنند. با ثابت شدن سطح آب در چاه، آزمایش خاتمه یافته و بلافاصله اندازه‌گیری‌های برگشت سطح آب در فواصل زمانی مشابه اندازه‌گیری افت در مرحله رفت، صورت می‌گیرد. در پایان ۱۲۰ دقیقه اندازه‌گیری‌ها تا رسیدن سطح آب به فاصله ۱۵ سانتیمتری سطح ایستابی می‌باید هر یکساعت انجام شود.

۲-۵-۱-۲- آزمایش پمپاژ با آبدهی متغیر

آزمایش تعیین مقدار آبدهی یا آزمایش پمپاژ با آبدهی متغیر به روش افت پله‌ای سطح آب سفره (Step Drawdown Pumping Test) با تغییرات منظم دور موتور در مرحله رفت و با موتور خاموش در مرحله برگشت انجام می‌شود. آزمایش ابتدا با دور موتور ۹۰۰ دور در دقیقه شروع شده و با دور ثابت ادامه می‌یابد تا جائیکه سطح آب درون چاه ثابت شده و دیگر افت نکند (پایان پله اول) مقدار افت سطح آب در ده دقیقه اول آزمایش هر یک دقیقه یکبار و سپس هر ۵ دقیقه یکبار اندازه‌گیری می‌شود. در پله دوم مقدار دور موتور بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ دور اضافه نموده و تا ثابت شدن مجدد سطح آب چاه، آزمایش با دور ثابت مثلاً ۱۱۰۰ دور ادامه می‌یابد. بدیهی است که در شروع پله دوم با افزایش دور موتور از ۹۰۰ به ۱۱۰۰ دور در دقیقه مقدار آبدهی افزایش یافته و سپس به علت ثابت ماندن دور موتور مقدار آن ثابت می‌ماند. نحوه اندازه‌گیریها مشابه پله اول است. برای اندازه‌گیری افت پله‌های بعدی، دور موتور را با همین روال تا جائیکه آبدهی زمین اجازه دهد افزایش می‌دهند و معمولاً حداکثر آن ۱۵۰۰ دور در دقیقه است. بعد از ثابت شدن سطح آب در آخرین پله، آزمایش افت باقیمانده به روش آزمایش آبدهی ثابت انجام می‌گردد. سپس موتور خاموش شده و مراحل برگشت سطح آب به سرعت و با دقت اندازه‌گیری می‌شود. در لحظات اولیه، سرعت صعود سطح آب زیاد بوده و اندازه‌گیریها با فواصل زمانی کم و بتدریج که سرعت صعود آب کم می‌شود با فواصل زمانی زیادتری انجام می‌شود. چنانچه در طول دوره آزمایش مرحله رفت مقدار آبدهی چاه نوسان داشته باشد برای کنترل نتایج اندازه‌گیریهای مرحله رفت ادامه آزمایش برعکس مرحله رفت و ازدور حداکثر به دور حداقل بصورت مرحله برگشت و به همان شکل پلکانی انجام می‌شود. اندازه‌گیریها نیز به همان ترتیب مرحله رفت می‌باشد. برای اندازه‌گیری آبدهی چاه معمولاً از اریفیس استفاده می‌گردد بدین صورت که ارتفاع آب را در لوله پیزومتریک اندازه‌گرفته و با توجه به قطر روزه و لوله مقدار آبدهی را از جدول مربوطه معین می‌کنند. چنانچه آبدهی چاه کم باشد مقدار

آبدهي را بوسيله بشكه (روش حجمي) اندازه گيري مي نمايند. آبدهي را معمولاً در لحظه ثابت شدن سطح آب در پايان هر پله اندازه گيري مي كنند.

۲-۵-۱-۳- آزمايش پمپاژ با افت ثابت

در چاههايي كه مقدار آب آن كم و افت آب شديد باشد، بجاي آزمايش بطريقه آبدهي ثابت از اين روش استفاده مي شود. براي ثابت نگه داشتن افت سطح آب مي بايد دور موتور را تغيير داده و يا جريان مكش آب قطع و وصل گردد. به اين علت آب خروجي همراه هوا مي باشد و اندازه گيري مقدار آن با يك مخزن با حجم مشخص مطمئن تر است. در اين صورت به محض خروج آب از لوله تخليه تا زمان قطع آن، اندازه گيري با ظرف صورت مي گيرد. بديهي است اندازه اين ظرف بايد جوابگوي ميزان آب مكیده شده باشد. اندازه گيريهاي بعدي در فواصل زماني ۵، ۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰ دقيقه و سپس هر نيم ساعت در مدت زمان باقيمانده تا خاتمه آزمايش مي شود. با استفاده از نتايج بدست آمده ميتوان موارد ذيل را مشخص نمود:

- حداكثر مقدار مجاز برداشت آب
- محاسبه ضرائب هيدروديناميكي لايه ها
- محاسبه ظرفيت و قدرت پمپ و نوع آن (شناور يا توربيني شافت و غلاف) و تعيين عمق مناسب نصب
- محاسبه قدرت موتور و جعبه دنده، قطر و متراژ لوله آبد و شافت و غلاف مورد نياز

۲-۵-۲- روشهاي اندازه گيري آبدهي چاه

مقدار آبدهي يا آبدهي را به دو روش مستقيم (حجم سنجي Volumetric) و غير مستقيم اندازه گيري مي نمايند.

انواع اندازه گيري به روش غير مستقيم عبارتند از:

- محاسبه آبدهي در لوله هاي افقي با خطكش جت (Flow from horizontal pipe)
- محاسبه آبدهي در لوله هاي قائم (Flow from vertical pipe)
- محاسبه آبدهي با اريفيس (Orifice)
- محاسبه آبدهي با لوله هاي پیتوت (Pitot tubes)

- محاسبه آبدهي با ونتوري متر
- محاسبه آبدهي با آبريزها Weirs (مستطيلي Rectangular و مثلثي Triangular)
- محاسبه آبدهي با پارشال فلوم (Parshal Flume)

۲-۵-۱- محاسبه آبدهي به روش مستقيم حجمي

اندازه گيري آبدهي به روش حجمي از طريق اندازه گيري زمان لازم براي پر شدن مثلاً يك بشكه ۲۲۰ ليتري انجام مي شود. اگر آبدهي زياد باشد احتمال خطاي اندازه گيري تا ۳۰٪ وجود دارد.

۲-۵-۲- محاسبه آبدهي به روش غير مستقيم

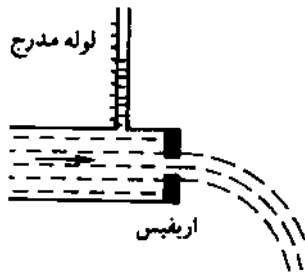
براي محاسبه آبدهي از فرمول كلي ذيل استفاده مي شود:
(سطح مقطع جريان) $A \times$ (سرعت جريان آب) $Q = V$ (دبي يا آبدهي)

۲-۵-۲-۱- محاسبه آبدهي در لوله هاي افقي آبده بوسيله خطكش جت

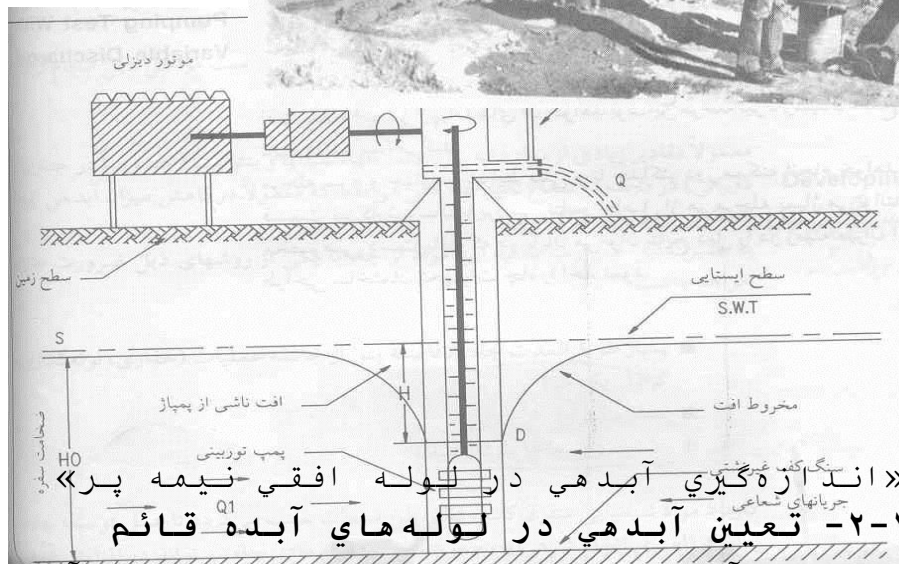
در اين روش از يك گونيائي فلزي يا چوبي مدرج به شكل L استفاده مي کنند. بازوي کوتاه آن به طول ثابت ۱۲ اينچ يا ۳۰/۴۸ سانتي متر و بازوي بلند آن بطول ۱ تا ۱/۵ متر است. براي اندازه گيري ميزان آبدهي، بازوي بلند را روي لوله آبده افقي طوري قرار مي دهيم كه نوک بازوي کوتاه آن با سطح آبي كه از لوله بيرون مي ريزد تماس گردد. طول پرتاب افقي آب بر حسب سانتي متر (L) و سطح مقطع لوله بر حسب اينچ مربع (A) و ضريب ثابت K برابر ۰/۹۰۵ را در فرمول $Q = K \times A \times L$ قرار داده و مقدار آبدهي (Q) بر حسب متر مكعب بدست مي آيد. فرمول مذکور در مورد لوله آبده كاملاً افقي و پر از آب استفاده مي شود. در حاليكه لوله نيمه پر باشد فرمول مربوطه بصورت زير در مي آيد:

$$Q = K \times A \times L \times \frac{\text{ارتفاع آب در لوله آبده (X)}}{\text{قطر لوله آبده (Y)}}$$

می‌توان بدون انجام محاسبات مقدار طول خوانده شده را با توجه به قطر لوله آبدی در جداول مخصوص برده و آبدی را مشخص نمود.



«اندازه‌گیری آبدی بطریقه جت در لوله افقی پرآب»

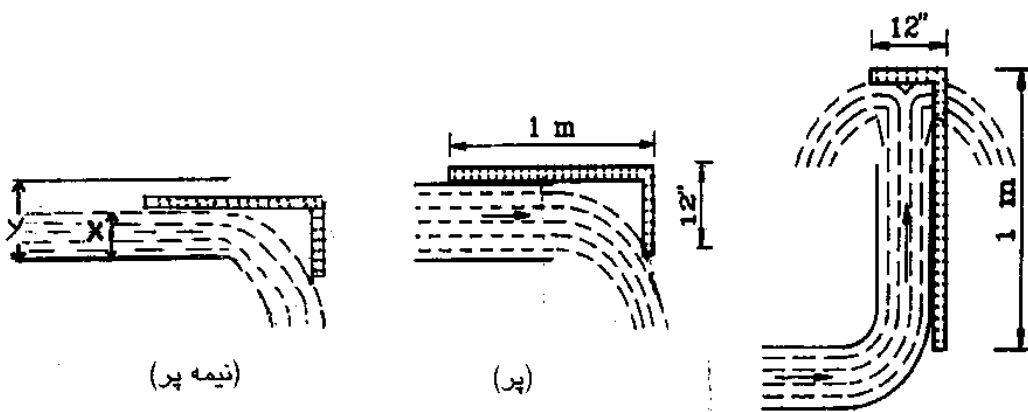


«اندازه‌گیری آبدی در لوله افقی نیمه پر»

۲-۵-۲-۲- تعیین آبدی در لوله‌های آبدی قائم

چنانچه لوله آبدی به حالت قائم و پر از آب باشد ارتفاع جهش آب از دهانه خروجی آن را با خطکش جت به روش لوله‌های افقی اندازه‌گیری نموده و با استفاده از جداول مخصوص آبدی را اندازه‌گیری می‌نمایند.

فرمول محاسباتی آبدی در این حالت عبارتست از $Q = K \times D^2 \times \sqrt{H}$ در این فرمول K ضریب ثابت معادل 0.2227 ، D قطر لوله آبدی به اینچ، H ارتفاع پرش قائم آب از دهانه به سانتی‌متر و Q میزان آبدی بر حسب لیتر در ثانیه می‌باشد.



«اندازه‌گیری در

«اندازه‌گیری در لوله قائم»

لوله افقی»

۲-۵-۲-۲- محاسبه آبدهی با اریفیس

اریفیس به روزنه‌ای می‌گویند که آب از درون آن با فشار عبور می‌کند. برای ساختن اریفیس از یک قطعه لوله بطول حدود $\frac{2}{5}$ متر که یک سر آن با یک صفحه فلزی دارای یک سوراخ گرد در وسط بسته شده و سر دیگر آن به سر تخلیه متصل می‌گردد، استفاده می‌شود. در روی بدنه این لوله بفاصله حدود ۶۱ سانتیمتر از سر آن یک سوراخ وجود دارد که یک لوله مدرج باریک و شفاف پلاستیکی بنام لوله پیزومتر به قطر $\frac{1}{8}$ یا $\frac{1}{4}$ اینچ به بلندی یک تا یک و نیم متر و بطور عمود بوسیله یک رابط متصل شده است.

لوله اریفیس را بطور افقی روی دهانه لوله خروجی آب نصب می‌کنند. آب درون لوله آبده ناچار است از داخل سوراخ اریفیس که قطر آن کمتر از قطر لوله آبده است با فشار خارج شود و بهمین دلیل آب در لوله شفاف پیزومتری بالا می‌رود که ارتفاع آن معرف میزان فشار آب می‌باشد. با اندازه‌گیری ارتفاع ستون آب داخل لوله مدرج و در نظر گرفتن قطرهای روزنه و لوله آبده می‌توان مقدار آبدهی را از جداول مخصوص اندازه گرفت. نحوه انجام محاسبات بدین ترتیب است:

$$v = \sqrt{2gh} \quad (\text{سرعت جریان آب})$$

A سطح مقطع لوله آبدۀ به اینچ مربع، g شتاب جاذبه برابر ۳۲/۲ فوت بر مربع ثانیه، h ارتفاع آب در لوله پیزومتر بر حسب اینچ

$$Q = A \times V \quad (\text{آبدۀی} = \text{گالن})$$

(بر دقیقه)

$$Q = A \times \sqrt{2gh}$$

K ضریب ثابت اریفیس که به قطر روزنه و لوله آبدۀ بستگی دارد.

$$Q = k \times A \times \sqrt{2gh} \quad \text{فرمول اریفیس}$$

ارتفاع آب لوله پیزومتر را بعد از آنکه آب از داخل روزنه اریفیس بطور کامل و پر خارج شد، اندازه می‌گیرند.

لوله اریفیس باید افقی و جریان آب از روزنه آن کاملاً پر و یکنواخت باشد.

فاصله محل اتصال لوله پیزومتر تا روزنه دهانه اریفیس باید حداقل سه برابر قطر لوله اریفیس باشد. برای مثال فاصله لوله پیزومتر از دهانه لوله اریفیس بقطر ۸ اینچ می‌باید ۲۴ اینچ بشود.

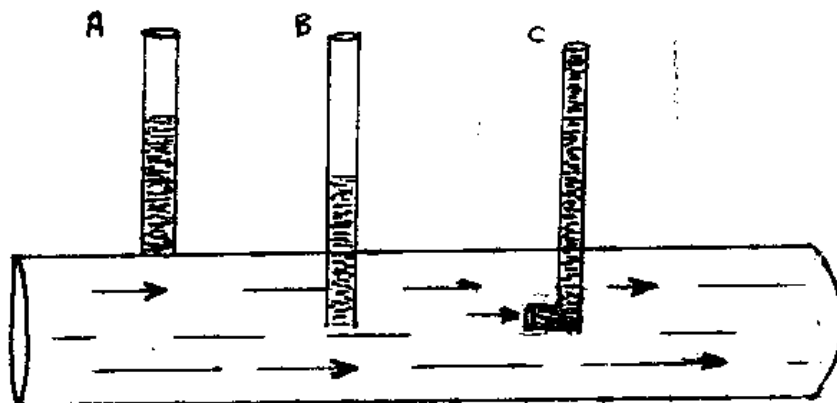
۲-۵-۲-۲-۴- محاسبه آبدۀی با لوله پیتوت

لوله پیتوت (pitot) که از نام یک مهندس فرانسوی گرفته شده، لوله‌ای است باریک که یک سر آن با زاویه ۹۰ درجه خم شده است. این لوله در داخل لوله آبدۀ طوری قرار می‌گیرد که دهانه آن در جهت جریان آب و در مرکز لوله باشد.

آب جاری وارد پیتوت شده و بعلت سرعت و فشار جریان در آن بالا می‌رود چون سرعت جریان آب در داخل لوله در تمام نقاط سطح مقطع عمود بر آن یکسان نمی‌باشد، لذا اندازه‌گیری را چند بار تکرار کرده و سرعت متوسط جریان (V_m) را حساب می‌کنند.

در یک جریان عادی نسبت سرعت آب اندازه‌گیری شده به سرعت حداکثر جریان که در محور لوله آبدۀ که نوک پیتوت

در آن قرار دارد در حدود $0/8$ تا $0/83$ بوده و آنرا ضریب لوله (c) می‌نامند. آبدی را از فرمول $Q = V_m \times A \times C$ بدست می‌آورند.

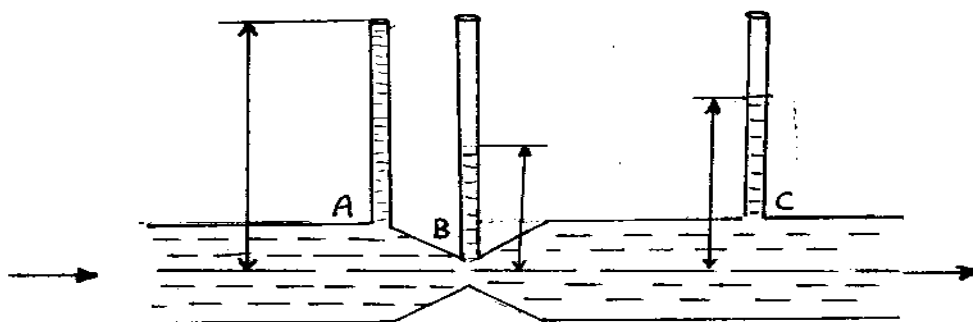


مطابق شکل لوله A مقدار فشار آب و لوله B که در مرکز لوله قرار دارد بعلت حداکثر سرعت آب، فشار کمتری را نشان می‌دهد. لوله C مجموع فشار و سرعت را نشان می‌دهد.

۲-۵-۲-۲-۵- محاسبه آبدی توسط ونتوری متر

ونتوری نام مهندس ایتالیایی و مخترع این وسیله است که بعدها توسط کلمنز هرشل Clemens Herschel کامل گردید. ونتوری متر از دو مخروط ناقص و غیر مساوی که در محل گلو بهم متصل هستند، درست شده است. دو لوله پیزومتر در محل گلو (نقطه B) و ابتدای مخروط کوتاه (نقطه A) قرار دارد.

مخروط کوتاه را رو به جریان آب قرار می‌دهند و آبدی آب را که تحت فشار در آن جریان می‌یابد با محاسبه نسبت اختلاف ارتفاع آب در نقاط A و B با استفاده از فرمول کلی که در لوله های پیتوت استفاده دارد، اندازه می‌گیرند. ارتفاع آب در لوله های پیزومتر معرف فشار آب در آن نقاط است. ارتفاع (C) مقدار فشار را بعد از عبور آب از مخروط نشان می‌دهد.



«ونتوری متر»

۲-۵-۲-۲-۶- اندازه‌گیری آبدی بوسیله آبریزها (Weirs)

آبریزها سد یا بندهای فلزی و یا چوبی هستند که برای اندازه‌گیری مقدار آب عبوری از داخل نهرها و کانال‌ها عمود بر جریان آب و در عرض کانال قرار می‌دهند. بطوریکه آب فقط از داخل شکاف بالای آن عبور کند. معمولاً از یک صفحه فلزی صاف و قائم با نیمرخ مستطیل، دوزنقه و یا مثلثی شکل درست شده‌اند. برای محاسبه

مقدار آب عبوري از اين مجراي هندسي منظم از فرمول هاي مربوطه بدین شرح استفاده مي شود:

- فرمول آبريز مستطیلی با حاشیه (گونه) جاني (فرمول فرانسيس)

$$Q = 3.33 L H^{3/2}$$

- فرمول آبريز مستطیلی بدون حاشیه (گونه) جاني

$$Q = 3.33(L - 0.2H)H^{3/2}$$

- فرمول آبريز مثلثي (فرمول کن cone)

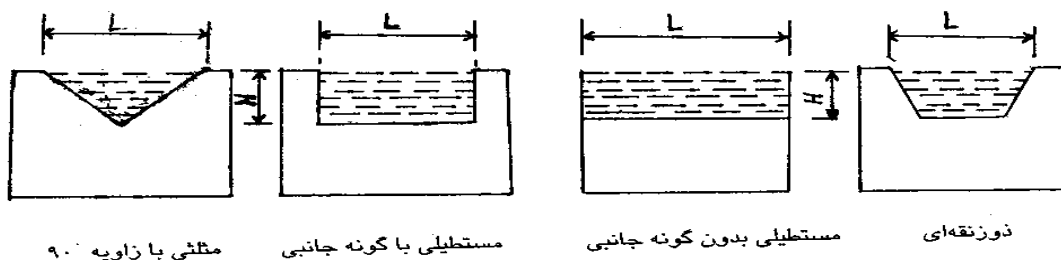
$$Q = 2.49 \times H^{2.48}$$

- فرمول آبريز ذوزنقه اي (فرمول سيپولتي cippoletti)

$$Q = 3.364 L H^{3/2}$$

در اين فرمول L عرض آبريز بر حسب فوت و H ارتفاع يا ضخامت آب عبوري از داخل شكاف آبريز به فوت و Q آبريز بر حسب فوت مكعب در ثانيه مي باشد.

لبنه پائيني آبريز در نوع مستطیلی و ذوزنقه اي خط افقي بطول L بنام پاشنه آبريز بفاصله Z از كف كانال قرار دارد و در نوع مثلثي با زواياي ۹۰، ۵۳ و يا ۲۷ درجه و بصورت يك نقطه است. آبريز را ميتوان از جداول مربوطه بطور مستقيم و بدون انجام محاسبات فرمولي بدست آورد.



«انواع آبريزها Weirs»

۲-۵-۲-۲-۷- پارشال فلوم

پارشال فلوم يك سازه هيدروليكي است كه همانند آبريزها براي محاسبه آبدهي جريان آب در داخل كانال ها کاربرد دارد و به علت آنكه در كف كانال اجراء مي شود و آب بدون مانعي به راحتي وارد آن مي شود همچگونه رسوبي از مواد معلق درون آب در پشت آن تشكيل نمي شود.

وليكن در آبريزها بعد از مدتي مواد معلق آب در پشت صفحه آبريز ته نشين شده و سبب بالا آمدن ارتفاع آب روي پاشنه آبريز و تخيير مقدار آبدهي اندازه گيري شده مي گردد.

ساختمان پارشال فلوم از سه قسمت شامل مقطع ورودي متقارب (Convergent) با كف افقي، مقطع دوم گلوئي (Throat) بلافاصله بعد از مقطع ورودي با شيب تقريبي ۸ به ۳ بطرف پائين و بالاخره مقطع خروجي متباعد (Divergent) با شيب تقريبي ۶ به ۱ بطرف بالا درست شده است.

در فاصله دو سوم از طول مقطع متقارب سوراخي است كه به لوله اي وصل مي باشد. دستگاہ را در كانال به گونه اي نصب مي كنند كه آب از مقطع متقارب وارد و از مقطع متباعد خارج شود و ارتفاع آب داخل فلوم در لوله اي متصل به آن اندازه گيري مي گردد.

بايد طريق نصب آن در كانال طوري باشد كه در آب غرق نشود. معمولاً پارشال فلوم را باندازه عرض گلوي ۳ و ۶ و ۹ اينچ از جنس آهن مي سازند.

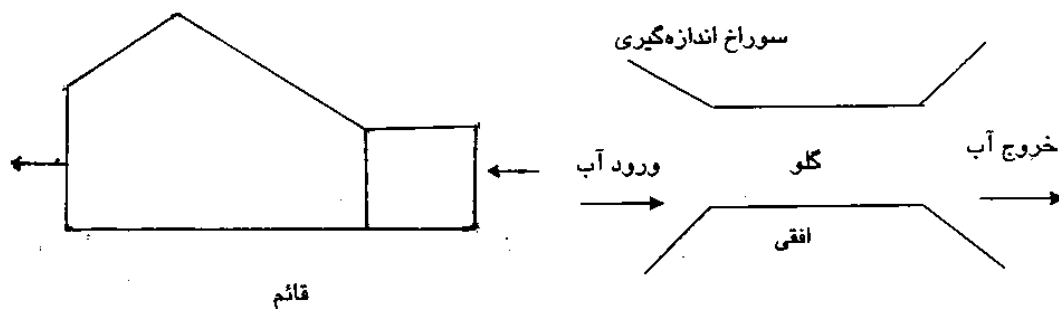
فرمول محاسبه آبدهي براي ابعاد مختلف فلوم عبارتست از:

$$Q = 0.992 H^{1.547} \quad \text{فرمول فلوم ۳ اينچي}$$

$$Q = 2.06 H^{1.58} \quad \text{فرمول فلوم ۶ اينچي}$$

$$Q = 3.07 H^{1.53} \quad \text{فرمول فلوم ۹ اينچي}$$

در اين فرمولها H ارتفاع آب داخل چاهك بر حسب فوت و Q آبدهي بر حسب فوت مكعب در ثانيه مقدار آبدهي را مي توان از اعداد و ارقام جدول مربوطه بدست آورد.



«مقطع پارشال فلوم»

۶-۲-۶-۲ حالات مختلف پمپاژ

۶-۲-۱-۱-۲ پمپاژ در چاه معمولی

بعد از انجام توسعه و برای تعیین مقدار آبدهی مجاز از روش اندازه‌گیری زمان برگشت سطح آب به مقدار اولیه قبل از شروع پمپاژ و یا به شیوه تعیین نحوه برگشت آب با کاهش دورپمپ از حداکثر به حداقل صورت می‌گیرد.

۶-۲-۲-۲ پمپاژ در چاه اکتشافی همراه با چاه پیزومتر

در این حالت ضمن انجام پمپاژ مشابه چاه‌های معمولی می‌باید اندازه‌گیری سطح آب بطور همزمان در چاه در حال پمپاژ و چاه‌های پیزومتر صورت گیرد.

۶-۲-۳-۲ پمپاژ در سازندهای ریزدانه

برای انجام پمپاژ در تشکیلات ریزدانه سیلت و ماسه، در مرحله توسعه و پمپاژ اصلی دقت شود افزایش دور موتور در هر مرحله بین ۲۰ تا ۳۰ دور باشد تا از وارد شدن فشار مکش ناگهانی به رسوبات و بهم‌ریختگی و ریزش آنها جلوگیری شود. بهمین دلیل پمپ‌های بهره‌برداري از این قبیل چاه‌ها باید از نوع توربینی شافت و غلاف با موتور دیزل و جعبه دنده با قابلیت کنترل سرعت دوران باشد. ضمناً لازم است به انتهای پمپ یک تکه لوله هم قطر لوله آبده متصل نموده و انتهای آنرا با توری مخصوص پمپ بپوشانند. همچنین محل نصب پمپ در فاصله‌ای دور از لوله مشبك می‌باشد.

۲-۶-۴- پمپاژ در سازند درشت دانه

در سازندهای درشت دانه نظیر رسوبات آبرفتی مخروط افکنه‌ای که قابلیت انتقال آب و نفوذ پذیری بالایی دارند و درصد رسوبات ریزدانه سیلتی و ماسه‌ای در آنها پائین می‌باشد محدودیت‌های خاصی در آزمایش پمپاژ و همچنین در زمان بهره‌برداری اعمال نمی‌گردد و می‌توان به راحتی از پمپ‌های الکتریکی با دور بالا نیز استفاده نمود. چاه‌های حفاری شده در این قبیل رسوبات، دارای آبدهی خوبی بوده، زمان برای تکمیل توسعه و پمپاژ آنها کوتاه و معمولاً از آبدهی خوب با بار رسوبی کمی برخوردارند.

۲-۶-۵- پمپاژ در سازندهای آهکی

در سازندهای آهکی بعلت گستردگی و وسعت زیاد، تنوع تغذیه و ویژگی آبخوان، آزمایش پمپاژ در یک دوره نسبتاً طولانی و با دقت زیاد نسبت به سازندهای آبرفتی متداول صورت می‌گیرد. کنترل تغییرات درجه حرارت آب با حرارت سنج و PH و EC آب چاه در حین انجام آزمایش، کمک بزرگی به تجزیه و تحلیل چگونگی تغذیه آبخوان می‌نماید.

۲-۶-۶- پمپاژ در چاه‌های گازدار

در زمینهای رسوبی عهد حاضر که حاوی بقایای گیاهی می‌باشند، بعلت انجام تخمیر و تولید گازمتان سفره‌های آبی بصورت گازدار بوده و حفاری در این قبیل زمینها با خطر انفجار و آتش‌سوزی همراه می‌باشد. ضمناً وجود گاز سبب خروج آب از چاه بصورت آب فشان و آرتزین گردیده و ممکن است ذخیره آبی در مدت زمان کوتاهی بشدت افت کرده و چاه بدون آب گردد. پمپاژ این نوع چاهها حتماً می‌باید توسط پمپ توربینی صورت گیرد و برای جداسازی گاز از آب یک قطعه لوله به طول یک متر در انتهای پمپ بجای توری نصب نموده و در طول آن کاسه‌های فلزی بصورت معکوس که این لوله از وسط آن عبور کرده بفواصل ۲۰ سانتیمتر قرار دهند. در سقف کاسه‌ها سوراخهای کوچکی تعبیه می‌گردد که گاز همراه آب، بعد از جدایش بعلت سبکی در سقف کاسه جمع شده و از این روزنه‌ها خارج شود. این گاز

به پشت لوله منحرف شده و بوسیله لوله گیج (Gauge) به خارج از چاه هدایت می‌شود.

۲-۶-۷- پمپاژ چاه‌های تحت فشار و آرتزین

در صورتیکه فشار آب چاه آرتزین ناشی از وجود گاز نباشد و آب‌دهی چاه کمتر از قدرت آب‌دهی پمپ باشد، پمپاژ چاه مانند چاه‌های معمولی غیر آرتزین انجام می‌گردد. مضافاً به اینکه ضرائب هیدرودینامیک، مقدار آب‌دهی آرتزین، ارتفاع عمودی یا فشار مانومتریک آرتزین و سقف سفره تحت فشار باید اندازه‌گیری و گزارش شود.

۲-۶-۸- پمپاژ همزمانی

انجام آزمایش پمپاژ چند حلقه چاه واقع در یک سفره آبی بطور همزمان و به اهداف مختلفی از قبیل تعیین آب‌دهی آبخوان یا حوزه بهره‌برداری، تعیین چگونگی تغذیه جانبی سفره، پائین نگه داشتن سطح آب در حد موردنظر، تحقیق و بررسی وجود درز و شکاف در محوطه سدها و تونل‌ها و ... صورت می‌گیرد. این نوع آزمایش حتماً توسط موتور دیزل انجام می‌شود و ضروری است یک موتور یدک آماده بکار برای کمک به سایر موتورها در کارگاه موجود باشد.

۳- طراحی فنی - اقتصادی چاه

طراحی یک چاه آب شامل قطر و عمق چاه و لوله جدار و اسکرین، تجهیزات مورد نیاز بهره‌برداری بر اساس مشخصات زمین‌شناسی و آب‌شناسی لایه‌آب‌دار و نتایج حاصل از آزمایش پمپاژ و بهره‌برداری با در نظر گرفتن صرفه اقتصادی و برای کسب حداکثر بازدهی پایه‌ریزی می‌گردد.

برای مثال در منطقه‌ای که آب در دسترس نباشد و آب مصرفی مورد نیاز روزانه ۱۰/۰۰۰ لیتر باشد، حفاری یک حلقه چاه کم عمق دستی و نصب یک پمپ برقی تک فاز مقرون به صرفه می‌باشد. ولیکن در منطقه‌ای که سطح آب زیرزمینی خیلی پائین بوده و احتیاج به حفر یک حلقه چاه خیلی عمیق و نصب پمپ قوی در سازندهای سنگی یکپارچه سخت و یا ریزشی باشد، نیازمند سرمایه‌گذاری سنگین اولیه است که بالطبع هزینه‌های جاری مصرفی، تعمیرات و لوازم یدکی

و از همه مهمتر استهلاك بالا خواهد بود. در چنین موردی باید هزینه خرید آب با این هزینه ها مقایسه و راه اقتصادی‌تر برگزیده شود.

انتخاب قطر مناسب حفاری بر اساس قطر پمپ بهره‌برداري آب تعیین می‌گردد و قطر پمپ بستگی به میزان آبدهی و افت سطح آب سفره بر اساس نتایج بدست آمده از آزمایش پمپاژ و عمق نصب و نوع پمپ (توربینی شافت و غلاف یا شناور) دارد.

در اینصورت قطر داخلی لوله جدار باید حداقل ۲ اینچ در مورد پمپ شافت و ۴ اینچ در مورد پمپ شناور برقی بزرگتر از قطر بیرونی پمپ باشد تا نصب آن در چاه بدون مشکل صورت گیرد. دقت شود قطر چاه در زمینهای آبرفتی غیرریزشی حداقل ۴ اینچ و در زمینهای آبرفتی ریزشی حداقل ۶ اینچ بزرگتر از قطر بیرونی لوله جدار باشد تا عمل گراولریزی دور لوله جدار با ضخامت کافی انجام پذیر گردد.

عمق چاه بر اساس اطلاعات چاههای منطقه، وضعیت دانه‌بندی و جنس لایه‌ها، میزان بارندگی سالیانه منطقه و وضعیت زمینشناسی ناحیه در ارتباط با چگونگی تغذیه منابع آب زیرزمینی و بالاخره مطالعات اکتشافی و ژئوفیزیکی تعیین می‌گردد.

بدیهی است در زمینهای که آبدهی ضعیفی دارند در صورتیکه عمق سنگ کف اجازه بدهد، میزان حفاری در زیر سطح برخورد به آب (سطح ایستابی) خیلی بیشتر از مواردی است که زمین از آبدهی قوی برخوردار باشد. چنانچه به دلیل رعایت نکات فنی و یا بهداشتی، مقداری از ضخامت سفره آبدار در مقابل دیواره چاه توسط لوله جدار غیر مشبك و یا سیمانریزی عایق شده باشد و آب این قسمت زمین نتواند وارد چاه شود، در تعیین عمق بخش آبده چاه این ضخامت عایق‌بندی شده باید منظور گردد.

در چاههای واقع در رسوبات ریزدانه منفصل بایستی بخش آبده زمین توسط لوله اسکرین (screen) کارخانه‌ای تجهیز شود. اندازه شبکه‌های اسکرین بر اساس منحنی دانه‌بندی سفره آبدار تعیین می‌شود و علاوه بر آنکه مانع ورود

ماسه به داخل چاه می‌گردد می‌باید اجازه ورود آزادانه آب را با سرعت کم به داخل چاه بدهد.

«جدول روابط بین میزان آبدهی و قطر پمپ با قطر لوله جدار»

حداقل قطر داخلی لوله جدار (اینچ)	مناسبتین قطر لوله جدار (اینچ)	قطر کاسه پمپ (اینچ)	آبدهی (Q) لیتر بر ثانیه
قطر داخلی =ID ۵	قطر داخلی =ID ۶	۴	کمتر از ۶/۳
قطر داخلی =ID ۶	قطر داخلی =ID ۸	۵	۴/۷ تا ۱۱
قطر داخلی =ID ۸	قطر داخلی =ID ۱۰	۶	۹/۵ تا ۲۵/۲
قطر داخلی =ID ۱۰	قطر داخلی =ID ۱۲	۸	۲۲/۱ تا ۴۱
قطر داخلی =ID ۱۲	قطر بیرونی =OD ۱۴	۱۰	۳۷/۸ تا ۵۶/۸
قطر داخلی =ID ۱۴	قطر بیرونی =OD ۱۶	۱۲	۵۳/۶ تا ۸۲
قطر داخلی =ID ۱۶	قطر بیرونی =OD ۲۰	۱۴	۷۵/۷ تا ۱۱۳/۶
قطر داخلی =ID ۲۰	قطر بیرونی =OD ۲۴	۱۶	۱۰۰/۹ تا ۱۸۹/۲

=OD (Outer Diameter) قطر بیرونی
=ID (Inner Diameter) قطر داخلی

۳-۱- توصیه‌هایی برای طراحی و تکمیل چاه

الف- قطر چاه حداقل ۶ اینچ بزرگتر از قطر لوله جدار باشد.

ب- قطر لوله جدار برای نصب پمپ از نوع شافت و غلاف حداقل ۴ اینچ و برای نصب پمپ شناور حداقل ۶ اینچ بزرگتر از قطر پمپ باشد.

ج- مقدار طول و قطر لوله مشبک بگونه‌ای باشد که سرعت ورود آب از لایه به درون چاه در حدود ۳ متر در ثانیه گردد.

د- برای انجام توسعه طبیعی چاه در لایه‌های حاوی رسوبات ریزدانه اندازه شبکه‌های لوله اجازه عبور حداقل ۴۰٪ و حداکثر ۶۵٪ دانه‌ها را به درون چاه بدهد.

ه- در سازندهای ماسه‌ای و شنی ریزدانه آبدار برای جلوگیری از ماسه‌دهی چاه در طول دوره بهره‌برداری اطراف لوله‌های مشبک با دانه‌های شن به اندازه مناسب که بتواند از ورود ۸۵٪ دانه‌های ماسه به داخل چاه جلوگیری نماید، پوشانده شود (گراول پکنینگ مصنوعی)

و- اگر ضخامت لایه آبدار زیاد باشد میتوان از لوله مشبک با قطر حداقل و طول حداکثر ممکن استفاده نمود چون افزایش قطر چاه به دو برابر، میزان آبدهی را حداکثر ۱۰٪ افزایش می‌دهد لذا افزایش طول اسکرین تاثیر بیشتری در میزان آبدهی چاه دارد تا افزایش قطر آن.

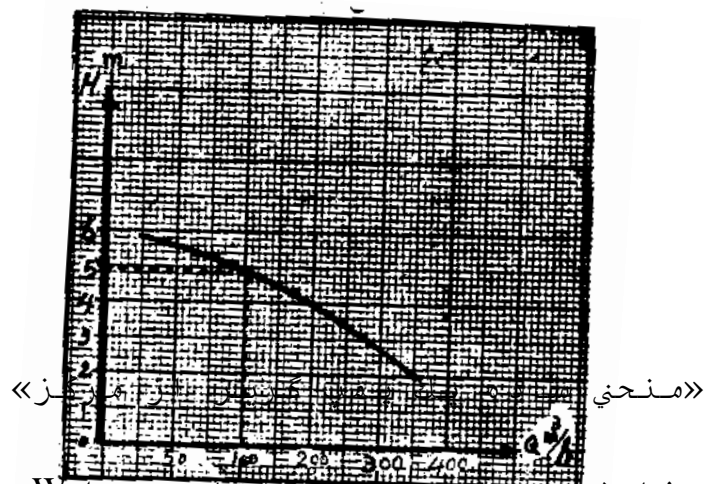
ز- برای آنکه چاه حفاری شده حداکثر بازدهی و عمر مفید را داشته باشد انجام توسعه طبیعی و مصنوعی آن ضروری است.

روشهای اجرایی متعدد و گوناگون می‌باشد که انتخاب هر کدام از آنها به شرایط زمین‌شناسی و آبشناسی سفره آبی و مشخصات چاه حفاری شده بستگی داشته و بدین شرح می‌باشد.

۳-۲- انتخاب تجهیزات مناسب بهره‌برداری

پس از انجام توسعه و آزمایش پمپاژ و تعیین قدرت آبدهی و افت آب سفره از طریق آزمایش افت پله‌ای (Step Drowdown) و یا برگشت پله‌ای (Step Recovery) و با توجه به میزان آب مورد نیاز، برای تجهیز چاه تصمیم‌گیری می‌شود.

در تعیین نوع و قدرت پمپ و متعلقات مربوطه علاوه بر تعیین مقدار آبدهی چاه، ارتفاعی که آب باید تا نقطه مصرف طی کند محاسبه می‌گردد.



این ارتفاع شامل عمق سطح ایستابی (S.W.T.=Static Water Table) ، مقدار افت آب، مقدار افت در اثر اصطکاک آب با دیواره لوله کالمن و مقدار ارتفاع از دهانه سر تخلیه تا نقطه‌ای که آب باید در آنجا تخلیه شود و بالاخره مقدار افت در اثر اصطکاک آب با دیواره لوله انتقال از سر چاه به نقطه مصرف.

برای مثال چنانچه در چاهی سطح ایستابی در عمق ۴۰ متری و مقدار افت آب ۱۵ متر، مقدار افت در لوله کالمن ۲ متر و در لوله انتقال آب از سر تخلیه تا نقطه مصرف ۱۰ متر، اختلاف ارتفاع سر تخلیه و مخزن آب ۴۰ متر باشد، مقدار واقعی ارتفاع انتقال صاع صعود آب

$$\Delta H = 40 + 15 + 12 + 40 = 107 \text{ متر می‌باشد.}$$

حال اگر آبدهی این چاه ۵۰۰۰ لیتر در دقیقه یا ۱۳۲۰ گالن در دقیقه باشد برای تعیین پمپ مناسب که بتواند این مقدار آب را تا ارتفاع ۱۰۷ متر پمپاژ نماید بشرح ذیل عمل می‌نمایند:

بر طبق جدول هر طبقه پمپ توربینی ۱۰XHH نوع A می‌تواند این حجم آب را در ۱۷۶۰ دور در دقیقه تا ارتفاع ۱۰/۲ متر (۳۳ فوت) با راندمان ۸۲٪ بالا برد. حال تعداد طبقات پمپ که بتواند آب را تا ارتفاع ۱۰۷ متر بالا برد عبارتست از: طبقه $10/5 = 107 \div 10/2$ اگر

تعداد طبقات را ۱۰ انتخاب کنیم در این صورت هر طبقه باید مقدار $10/7$ متر آب را پرتاب کند.

ارتفاع پرش آب هر طبقه (فوت) $= 35$ متر
 $= 10/7$ (طبقه) $107 \div 10$ (متر)

بر طبق جدول هر طبقه چنین پمپی می‌تواند مقدار ۴۱۶۶ لیتر در دقیقه یا ۱۰۷۵ گالن در دقیقه را با راندمان ۷۶ درصد مقدار ۳۵ فوت به بالا پرتاب کند.

چنانچه توربین ۱۱ طبقه انتخاب شود مقدار ارتفاعی که هر طبقه می‌تواند آب را به بالا پرتاب کند عبارتست از:
فوت $32 =$ متر $9/73 =$ (طبقه) $11 \div$ متر 107

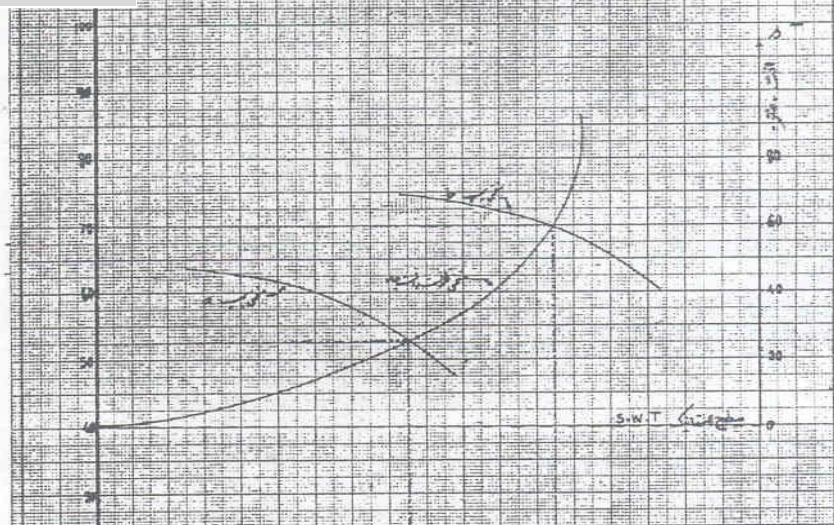
منحنی این پمپ معرف انتقال ۵۳۳۳ لیتر در دقیقه یا ۱۳۷۶ گالن در دقیقه با ارتفاع ۳۲ فوت با راندمان ۸۴ درصد بوده که بهترین گزینه است.

چنانچه منحنی مشخصات چاه را با منحنی پمپ تلفیق کنیم، نحوه کار پمپ در ارتباط با چاه مشخص می‌گردد. بر روی محور عمودی (y) مقدار (H) را که گویای سطح ایستابی و افت آب می‌باشد و بر روی محور (X) مقدار Q ظرفیت آبدهی را مشخص می‌کنند.

نقطه تلاقی منحنی چاه با منحنی پمپ نشانگر رابطه مشترک کاری پمپ و چاه است. بدین ترتیب پمپ a مقدار ۱۷۰ متر مکعب آب را تا ارتفاع ۵۲/۵ متر و پمپ b مقدار ۲۵۰ متر مکعب آب را تا ارتفاع ۷۰ متری پمپاژ می‌نماید. برای تعیین نوع پمپ، محل تلاقی قسمت کم شیب منحنی چاه را با منحنی پمپ ملاک انتخاب قرار می‌دهند.

ΔH
ارتفاع متر

منحنی مشترک چاه و
پمپ



«منحنی مشترک چاه و پمپ»

زیرا در این قسمت تغییرات میزان آبدهی چاه متناسب با مقدار افت آب می‌باشد در صورتیکه در بخش شیب تند منحنی، افزایش آبدهی با افت شدید سطح آب همراه است. بعد از انجام آزمایش په‌پاز و مشخص شدن نتایج عمق سطح ایستابی و دینامیک آب و مقدار حداکثر افت و تغییرات فصلی و سالانه سطح آب، عمق نصب پمپ مشخص می‌شود. در جدول مورد بحث عمق سطح استاتیک ۴۰ متر و مقدار افت ۱۵ متر و تغییرات فصلی و سالیانه آب ۱۰ متر فرض شده و لذا عمق نصب توربین ۶۵ متر خواهد بود. برای به حداقل رساندن افت ارتفاع ناشی از نیروی اصطکاک صعود آب، قطر لوله آبده (کالمن) را دو اینچ کمتر از قطر خارجی محفظه توربین انتخاب می‌نمایند.

در انتخاب قطر شافت، نیروی چرخش و مقدار کشش شافت که تابعی از عمق نصب و وزن توربین می‌باشد مؤثر است. با افزایش عمق مقدار نیروی دوران و نیروی فشار وارده از آب بر سطح پروانه‌ها برای رانش به بالا سبب کشیدگی شافت بطرف پایین شده که در محاسبه قطر شافت می‌باید به نیروی کشش وزن پمپ اضافه گردد. اندازه سر تخلیه بوسیله قطر داخلی دهانه و قطر خارجی آن تعیین می‌گردد مثلاً در سر تخلیه ۱۶×۸ قطر خارجی ۱۶ و داخلی ۸ اینچ می‌باشد. قطر داخلی سر تخلیه برابر قطر بیرونی لوله کالمن که به آن متصل می‌گردد و قطر بیرونی بر حسب تحمل وزن مجموعه

پمپ و لوله شافت و غلاف مشخص می‌شود. قدرت جعبه دنده نیز بر اساس عمق نصب، تعداد طبقات و ظرفیت آبدهی پمپ مشخص می‌گردد.

قدرت موتور بر حسب اسب بخار از فرمول
$$\frac{Q(\text{lit/sec}) \times \Delta H(m) \times 100}{75 \times R}$$
 بدست می‌آید.

در این فرمول Q میزان آبدهی بر حسب لیتر در ثانیه، H ارتفاع انتقال آب بر حسب متر، $\frac{100}{R}$ راندمان یا بازده و ۷۵ عدد ثابت است.

قدرت موتور مورد نیاز برای پمپ ۱۰XHH: با توربین ۱۱ طبقه با ظرفیت آبدهی ۸۹ لیتر در ثانیه و راندمان ۸۴ درصد عبارتست از:

$$\text{اسب بخار} = \frac{89 \times 107 \times 100}{75 \times 84} = 151$$

از بابت جبران نیروی اصطکاک جعبه دنده، میل گاردان، شافت لوله‌های آبده، مقدار نیروی بدست آمده را ۱۰ درصد اضافه می‌نمایند. **راندمان** از تقسیم کار مفید حاصل از یک ماشین به کار داده شده به آن (کار محرك) بر حسب درصد بدست می‌آید. برای مثال اگر به یک دستگاه مقدار ۱۰۰ واحد انرژی داده شود و مقدار ۸۰ واحد انرژی از آن گرفته شود دارای راندمان ۸۰ درصد می‌باشد و مقدار ۲۰ واحد انرژی کاری به گرما تبدیل می‌شود. واحد انرژی در مورد ماشین آلات و موتور پمپ‌ها، اسب بخار است. یک اسب بخار مقدار نیروی است که ۷۵ کیلوگرم را در مدت یک ثانیه یک متر حرکت دهد. در مورد پمپ می‌توان گفت یک اسب بخار مقدار ۷۵ لیتر آب را در مدت یک ثانیه یک متر جابجا کند و لذا نیروی لازم برای یک پمپ با ظرفیت آبدهی ۱۴ لیتر در ثانیه تا ارتفاع ۹ متر بر حسب اسب بخار چنین

$$\text{اسب بخار} = \frac{14 \times 9}{75} = 1.68$$

برای راه اندازی پمپ‌های توربینی می‌توان از الکتروموتور که بطور عمودی در بالای چاه مستقیماً به شافت پمپ متصل می‌شود استفاده کرد. چون تعداد دور در دقیقه این موتورهای برقی ۱۲۷۰ می‌باشد و کمتر از دور موتورهای دیزلی است، قدرت پرش آب هر طبقه پمپ ۶ متر محاسبه می‌گردد. از طرفی می‌توان با کم کردن قطر لوله کالمن نسبت به قطر پمپ این کاهش پرش را جبران کرد.

۳-۳- پمپ بهره‌برداري شناور برقي Submersible pump

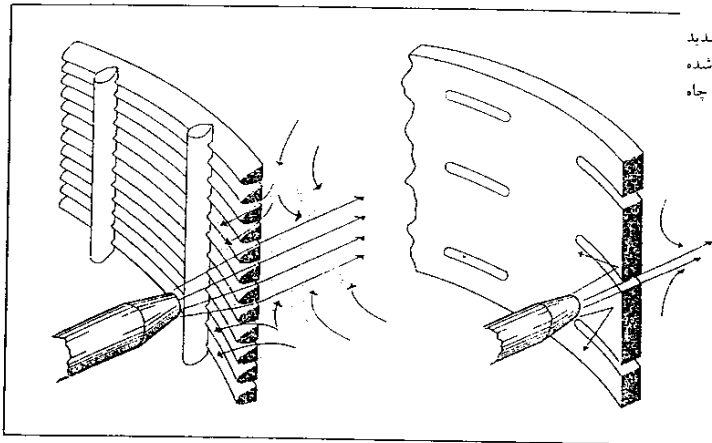
پمپ‌هاي شناور برقي در نواحی دارای برق از نظر اقتصادی و سهولت تعمیر و نگهداری با صرفه‌ترین نوع پمپ می‌باشد. همچنین در چاه‌های خیلی عمیق که استفاده از پمپ‌های شافت و غلاف سخت و بعضاً غیر ممکن است، این پمپ‌ها به راحتی قابل استفاده هستند.

الکتروموتور این پمپ‌ها در پائین و توربین آنها در بخش بالایی پمپ قرار دارد و مجموعه آن در انتهای چاه و درون آب قرار دارد و بوسیله دو کابل برق در بیرون چاه به مولد برق متصل می‌گردد. توربین این پمپ مستقیماً به لوله‌های آبد (کالمن) بدون شافت و غلاف بسته شده و آب از حد فاصل توربین و الکتروموتور به درون پمپ مکیده می‌شود. محاسبه تعداد طبقات توربین و قدرت موتور کاملاً شبیه به پمپ‌های توربینی شافت و غلاف است.

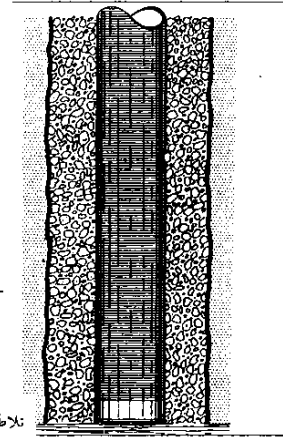
اختلاف قطر لوله جدار با پمپ شناور متناسب با افزایش عمق می‌باید بیشتر شود زیرا در اعماق پائین خطر گیر کردن کابل‌های برق به دیواره لوله جدار، احتمال زخمی شدن کابل، وقوع اتصال و برق‌گرفتگی وجود دارد.

نوع دیگر از انواع پمپ‌ها که برای چاه‌های با سطح ایستابی (static) کم عمق با افت حداکثر ۶ متر و آبدی زیاد کاربرد دارد پمپ کمرچاهی است. پمپ را در دیواره چاه و نزدیک به سطح استاتیک کار می‌گذارند. ارتفاع مکش آب در حدود ۶-۷ متر ولیکن قدرت پرش آب آنها متفاوت و ممکن است تا ۱۰۰ متر هم برسد.

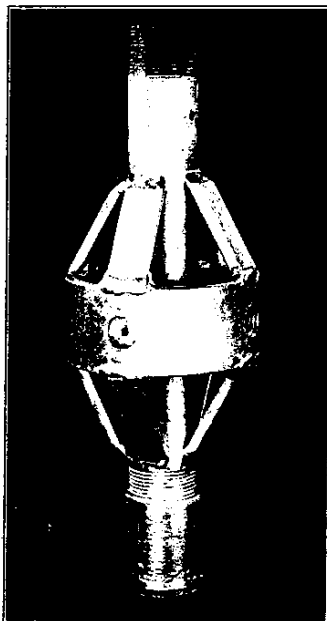
قدرت پمپ‌ها را می‌توان از روی منحنی مربوط به آن پمپ معین نمود. طبق شکل هر طبقه از این پمپ قادر است مقدار ۱۰۰ متر مکعب آب را تا ارتفاع ۵ متر پرتاب کند. لذا برای انتقال چنین حجم آبی تا ارتفاع ۵۰ متر یک پمپ ۱۰ طبقه نیاز است. پمپ‌های درون چاهی عمیق معمولاً از نوع چند طبقه‌ای گریز از مرکز می‌باشد که در امتداد قائم به دنبال هم قرار گرفته‌اند و آب را بطرف بالا پرتاب می‌کنند.



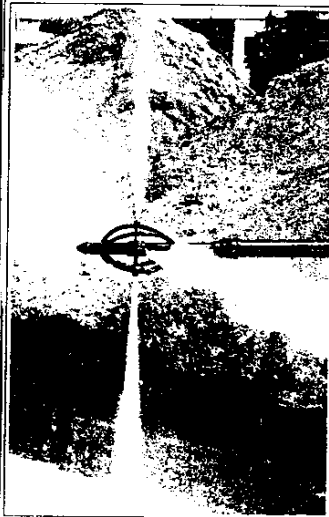
شکل پایین نشان می‌دهد که چگونه روش فوران شدید سبب می‌گردد که گل و لای سبب، و شن پیچیده شده بین فرماسیون طبیعی و گراول یک مصنوعي از چاه استخراج گردد.



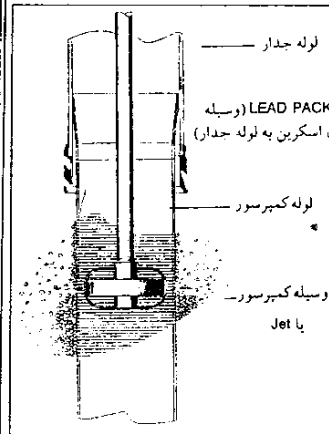
طرح خطوط جریان شدید آب در برخورد به اسکرین مشبک V شکل و یک لوله مشبک عمري فوران شدید آب از شکافهای اسکرین جانسون (سمت چپ) گذشته و در ششای موجود اطراف اسکرین تولید تلاطم می‌کند. اما در اسکرین سمت راست میزان کیفیت این دوش تنها ۵ درصد کیفیت را دارد و ۹۵ درصد مراقع آب به دیواره اسکرین برخورد می‌کند.



وسيله آب‌پخش‌کن چهار منفذ.

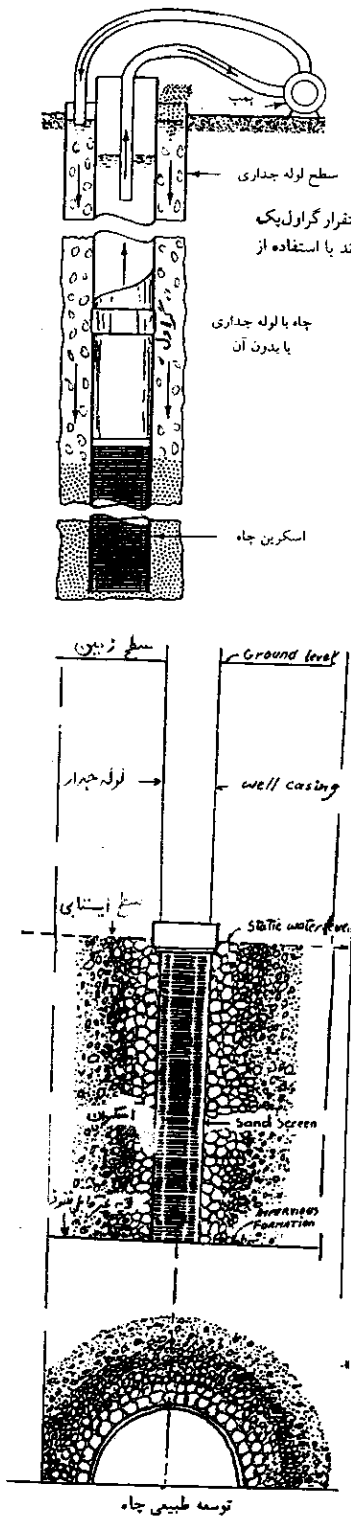


شکل بالا جریان آب را با سرعت شدید نشان می‌دهد. دستگاه مورد استفاده حاوی ۴ انژکتور است و محل آزمایش در سطح زمین می‌باشد.

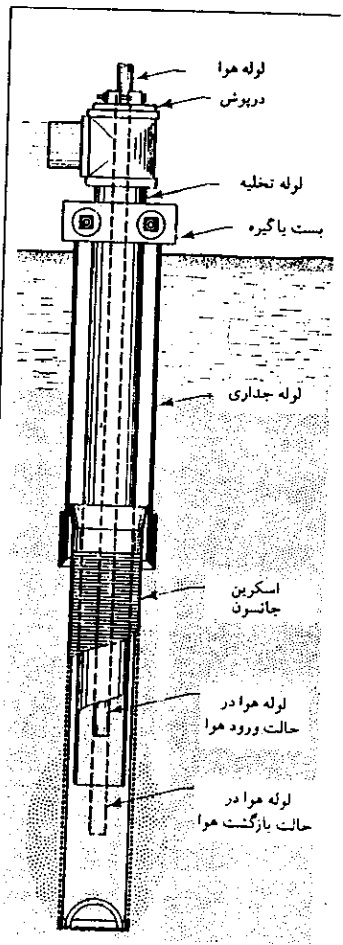


توسعه چاه توسط آب‌پخش‌کن

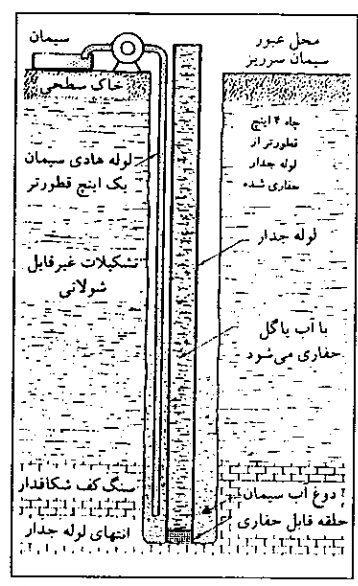
توسعه چاه پوسيله فوران شديد آب



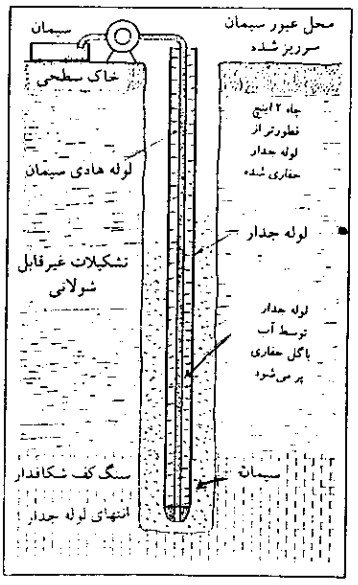
گردش آب با گل جهت استقرار گراول بکه برای چاههایی با عمق معمولی می تواند با استفاده از پمپهای موجود انجام شود.



وسایل لازم برای توسعه چاه بوسیله کمپرسور هوا و با استفاده از روش «پستون زنی و آبکشی».

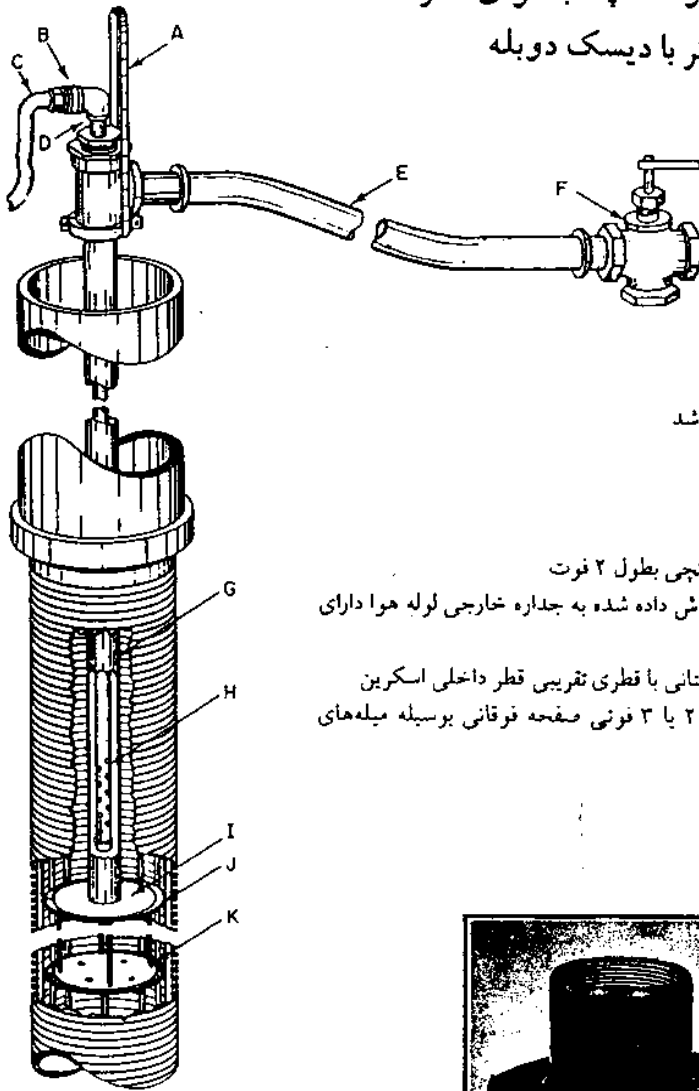


شکل ۱۱. دوغاب کاری توسط لوله هادی با نصب در پشت لوله چداری.



دوغاب کاری توسط لوله هادی با نصب داخل لوله چداری.

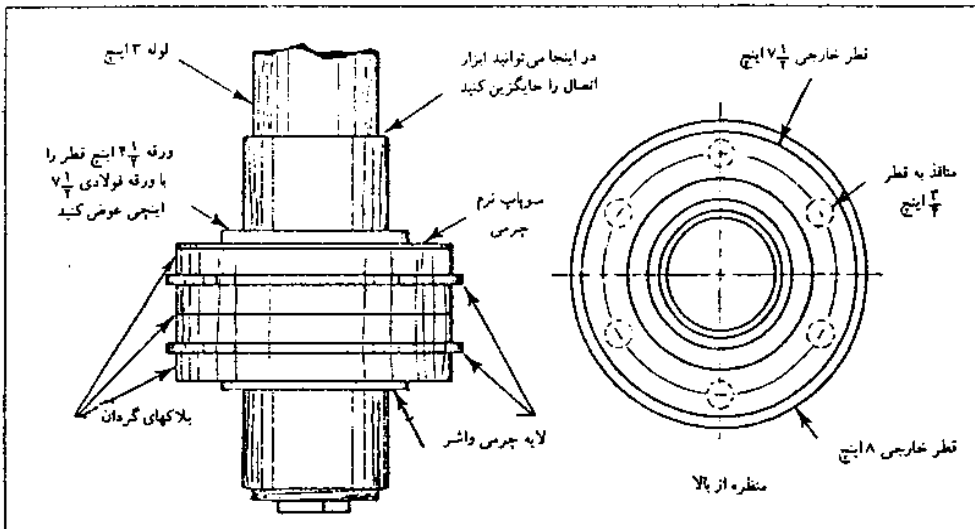
تجهیزات توسعه چاه با هوای فشرده پکر با دیسک دوبله



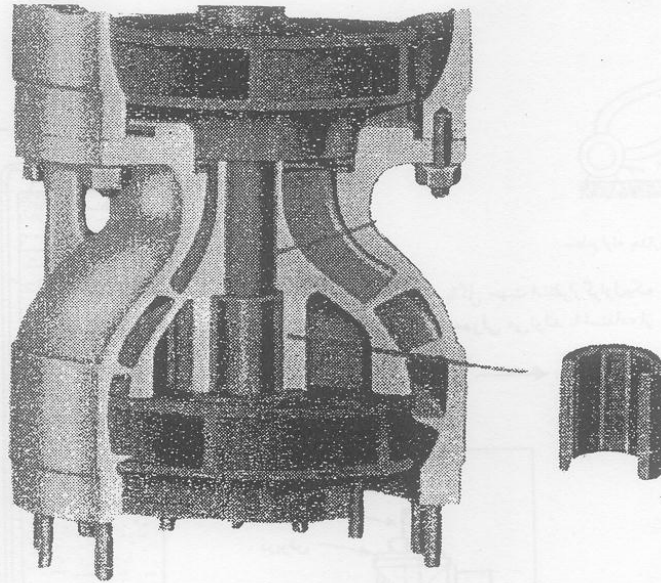
- A - حلقه نگهدارنده برای بالا و پایین بردن تجهیزات
- B - آداپتور برای اتصال شیلنگ هوا به لوله هوا
- C - شیلنگ هوا
- D - محل اتصال لوله هوا و لوله ورودی باید آب بندی شده باشد
- E - شیلنگ خروجی بلند
- F - شیر بازشونده سریع برای بوجود آوردن فشار معکوس
- G - لوله بلند هوا
- H - لوله هوا متصل به صفحه تحتانی دارای سوراخهای $\frac{1}{4}$ اینچی بطول ۲ فوت
- I - صفحات فلزی دارای سوراخ برای هدایت لوله هوا و جوش داده شده به جداره خارجی لوله هوا دارای قطری در حدود ۳ اینچ کمی کمتر از قطر داخلی اسکریپ
- J - دیسک لاستیکی محکم متصل به صفحات فوقانی و تحتانی با قطری تقریبی قطر داخلی اسکریپ
- K - صفحات تحتانی همراه با دیسک لاستیکی به فاصله ۲ یا ۳ فوتی صفحه فوقانی بوسیله میله های نگهدارنده مستقر گردیده است.



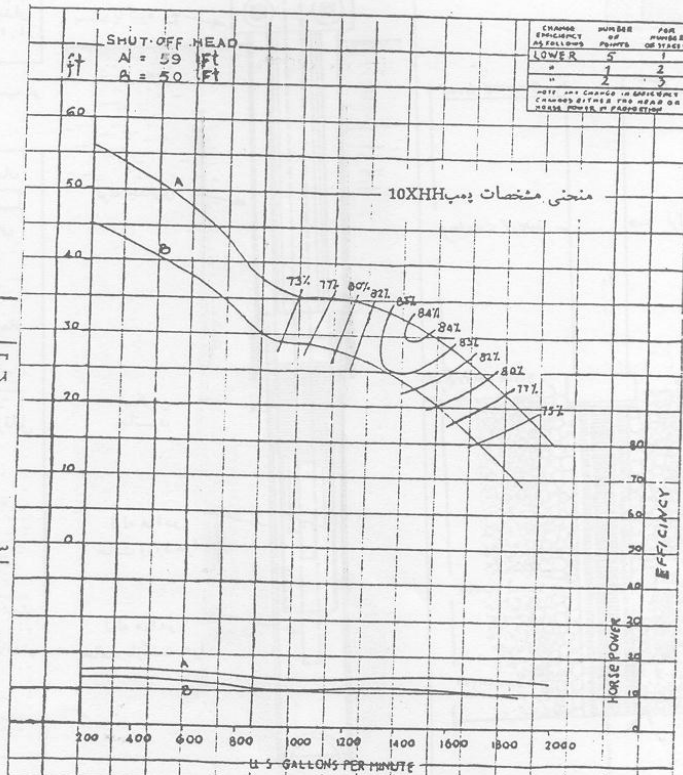
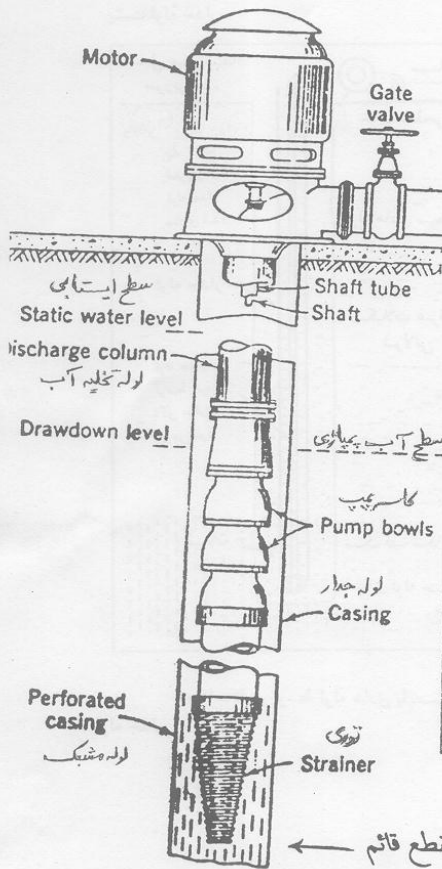
→ یک سنبه پیستونی سوپاپدار را نشان می دهد که ساختن آن با هزینه اندک امکان پذیر است و عملکرد آن به سهولت انجام می شود. کارآیی این سنبه کامل خوب و رضایت بخش است. مدادی که در شکل ملاحظه می شود در زیر سوپاپ چرمی قرار گرفته و یکی از منافذ را مشخص کرده است.



سنبه سوپاپی شکل با لارا نشان می دهد که ابعاد آن برای لوله جداری به قطر داخلی ۸ اینچ مناسب است.



يك طبقه توربين



SHUT-OFF HEAD	ft	ft
A =	59	ft
B =	50	ft

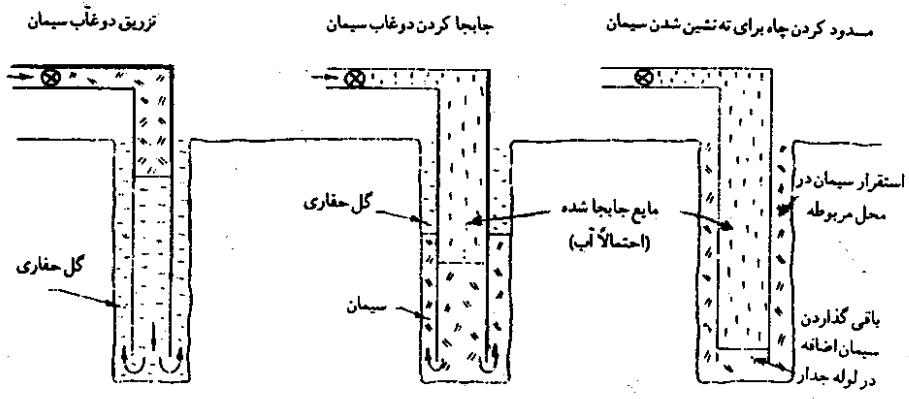
CHANGE NUMBER	FOR EFFICIENCY OF 10XHH PUMPS (OF TYPE)
LOWER	5
"	1
"	2
"	3

NOTE: ANY CHANGE IN SPECIFICATIONS CAUSES OTHER THE HEAD OR DISCH. POWER, ET PASSEFORM.

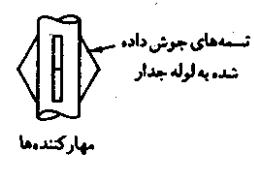
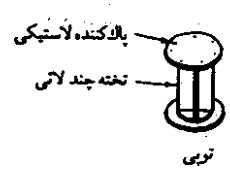
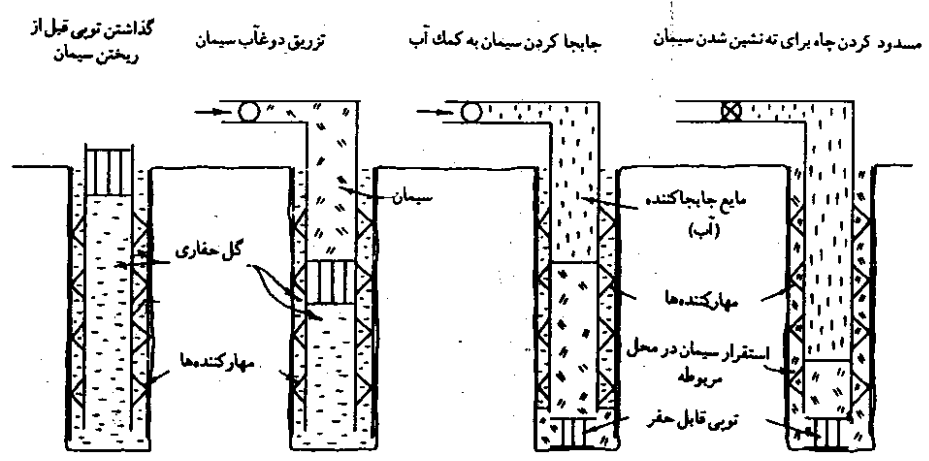
MODEL NO.	CLOSED 4216
A =	2 1/8" B = 7 1/8" BOWL DIA
	13.6"

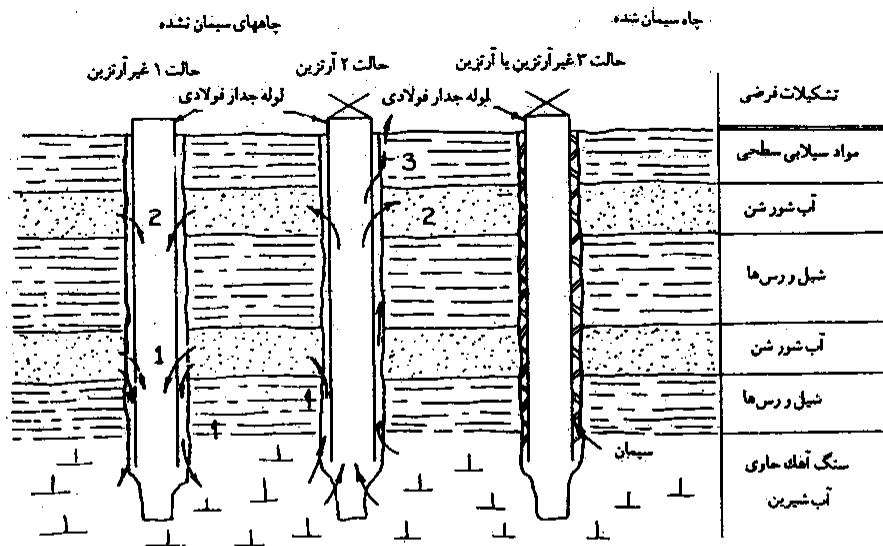
PERFORMANCE	ONE	STAGE
	10XHH	DEEP WELL TUBING PUMP
	1760	RPM

قسمتهای مختلف یک پمپ توربینی در مقطع قائم ←

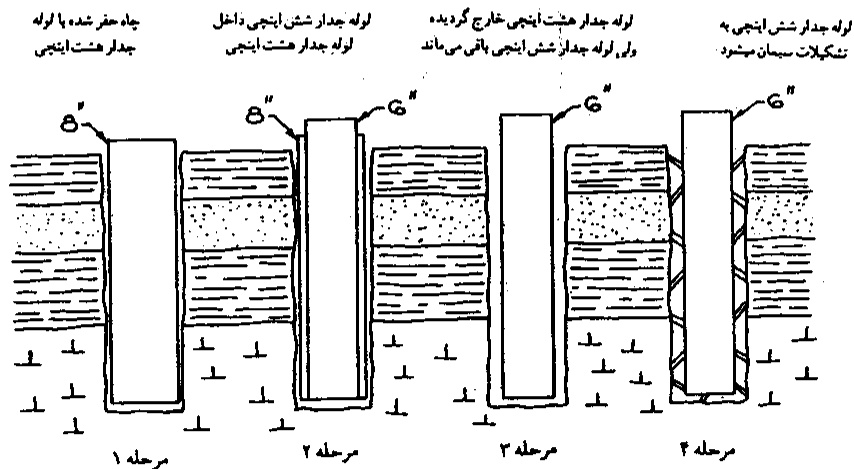


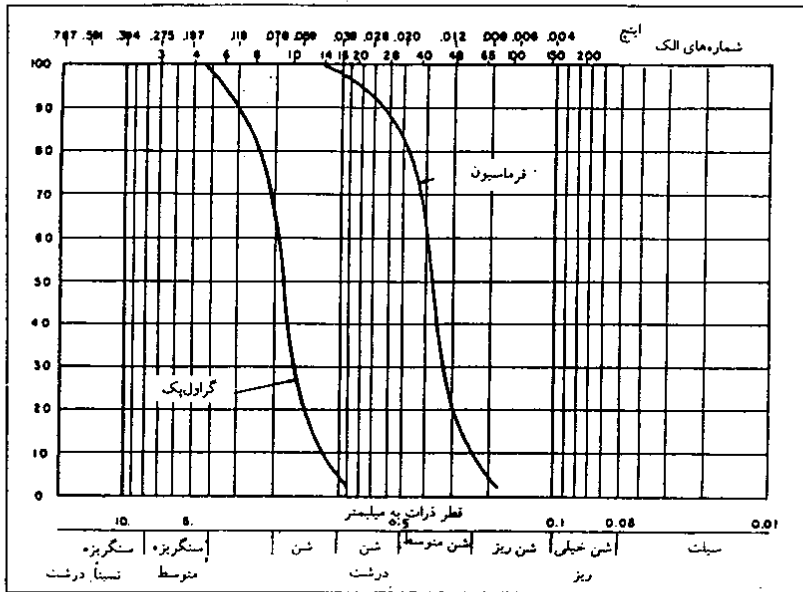
سیمان کردن پشت لوله جدار در چاههای آبی بطریق فشاری



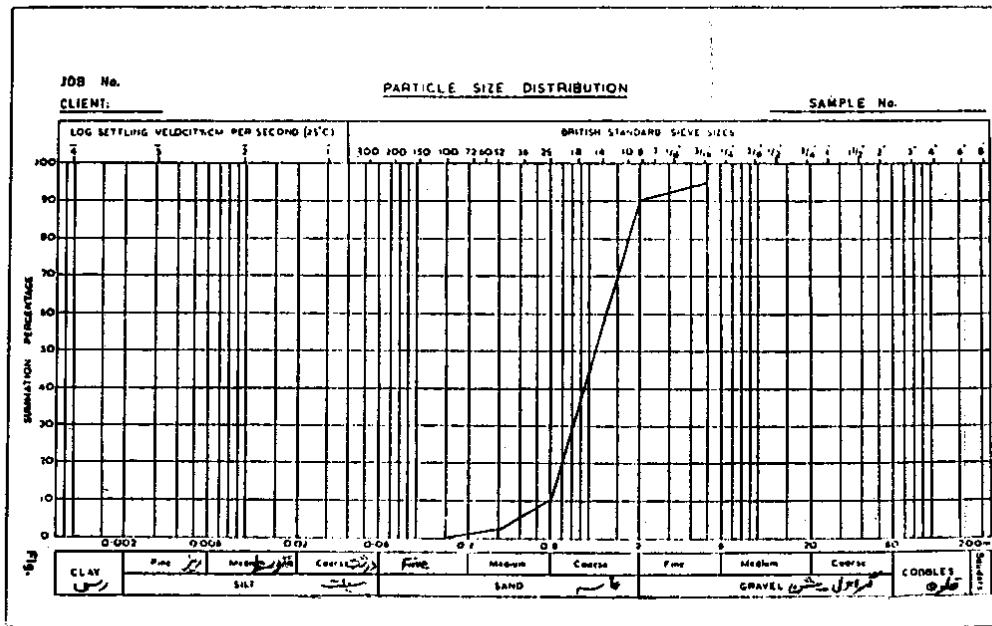


((انجام سیمانکاری لوله جدار چاه غیرآرتزین و آرتزین برای جلوگیری از آلوده شدن منابع آب شیرین))

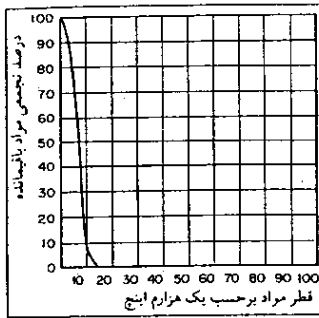




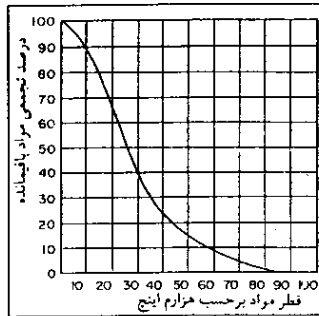
نمونه‌ای از منحنی نتایج آزمایش الک مواد فرماسیون و گراول پکی که معمولاً در ایلینویز مورد استفاده واقع می‌شود.



منحنی دانه بندی



۲. ماسه‌های ریز و همشکل با آبدهی کم



۴. ماسه‌های درشت و متوسط با آبدهی خوب



SAND AND GRAVEL

- .131" (6 mesh)
- .093" (8 mesh)
- .065" (10 mesh)
- .046" (14 mesh)
- .033" (20 mesh)
- .023" (28 mesh)
- .016" (35 mesh)
- .012" (48 mesh)
- Bottom pan

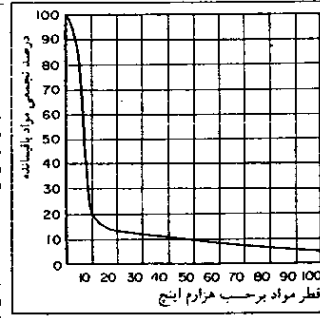
FOR COARSE SAND

- .046" (14 mesh)
- .033" (20 mesh)
- .023" (28 mesh)
- .016" (35 mesh)
- .012" (48 mesh)
- .008" (65 mesh)
- Bottom pan

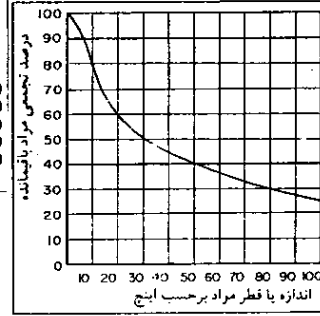
FOR FINE SAND

- .023" (28 mesh)
- .016" (35 mesh)
- .012" (48 mesh)
- .008" (65 mesh)
- .006" (100 mesh)
- Bottom pan

طرز قرار گرفتن یک سری از الکها و مواد آن.



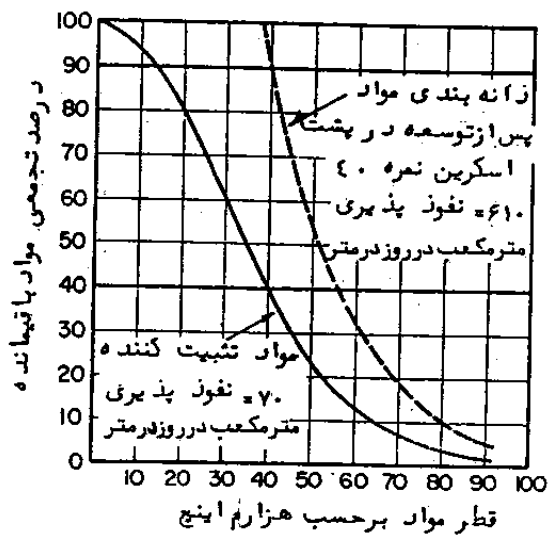
۱. ماسه ریز مخلوط با ۱۰ تا ۲۰ درصد مواد درشت



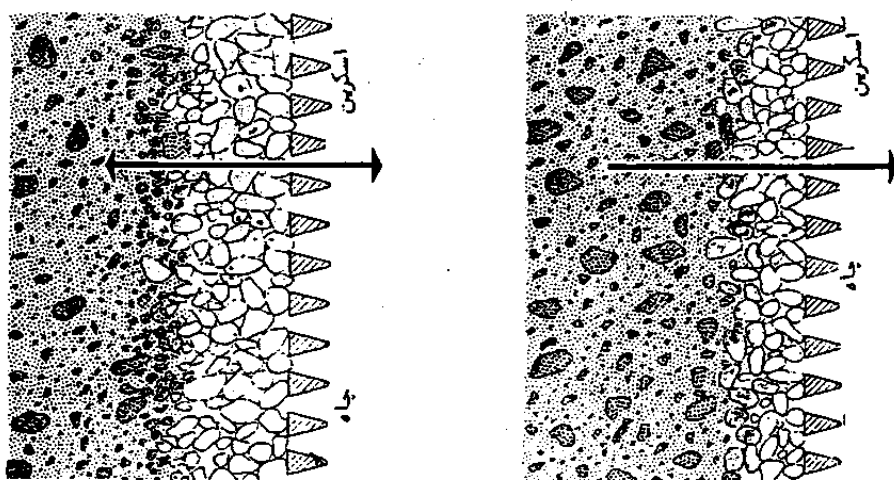
۳. مخلوط ماسه و گراول با آبدهی خوب

تعدادی از منحنی‌های دانه‌بندی

ماسه‌های ظریف	ماسه‌های درشت	گراول و ماسه
٪۲۳* (۲۸امش)	٪۴۶* (۴امش)	۰/۱۳۱* (۶میش)
٪۱۶* (۳۵)	٪۳۳* (۲۰)	٪۹۳* (۸)
٪۱۲* (۴۸)	٪۲۳* (۲۸)	٪۶۵* (۱۰)
۰/۰۰۸* (۶۵)	٪۱۶* (۳۵)	٪۴۶* (۱۴)
۰/۰۰۶* (۱۰۰)	٪۱۲* (۴۸)	٪۳۳* (۲۰)
	۰/۰۰۸* (۶۵)	٪۲۳* (۲۸)
		٪۱۶* (۳۵)
		٪۱۲* (۴۸)

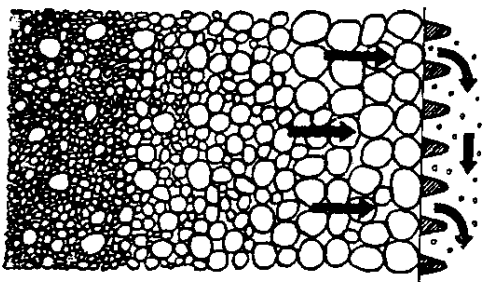
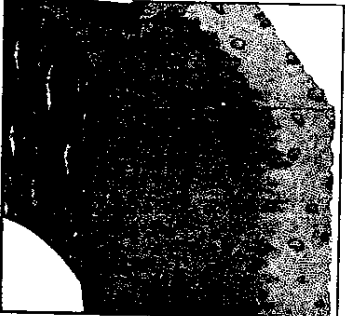
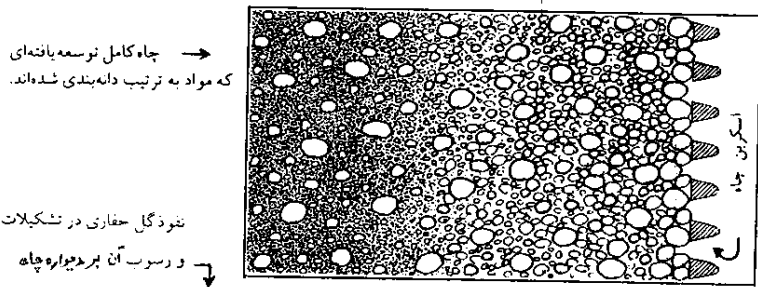
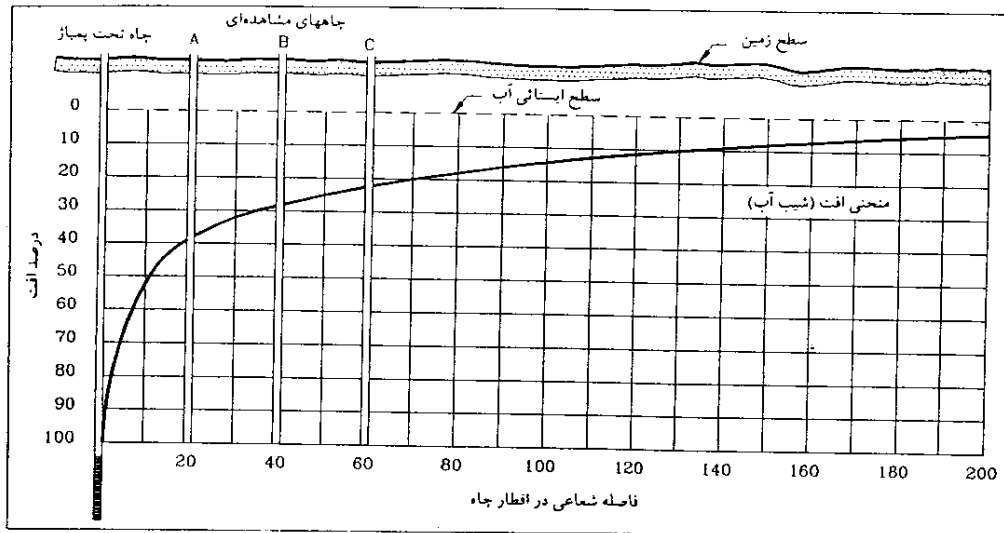


تغییرات نفوذ پذیری در مواد قبل و بعد از توسعه

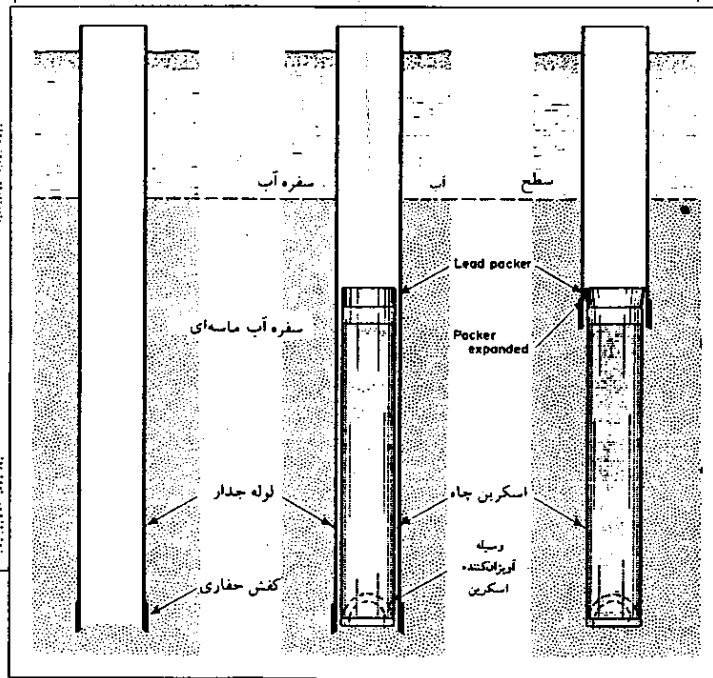
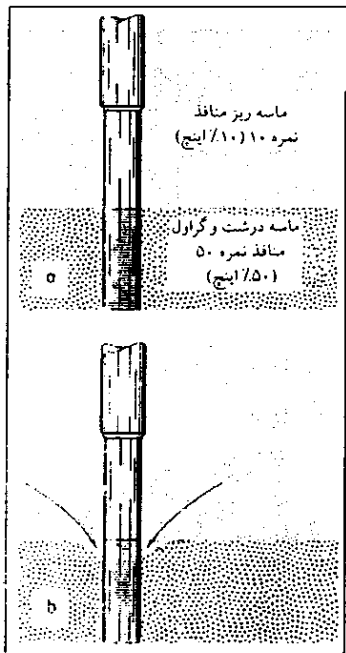
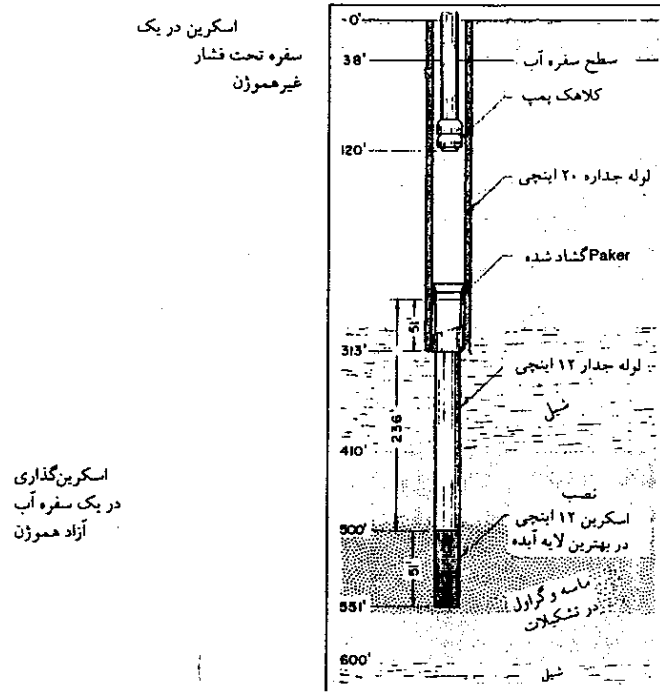
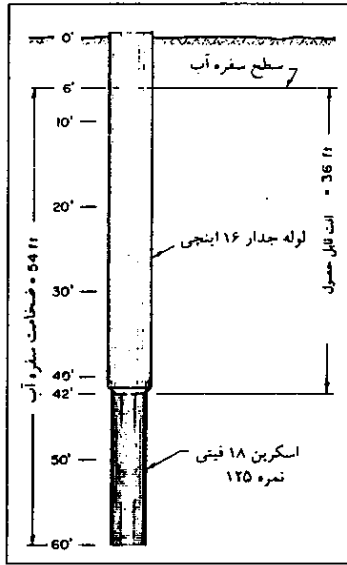


مکانیسم حرکت موجی توسط بیستون زنی (دست چپ) مقایسه با روش معمولی

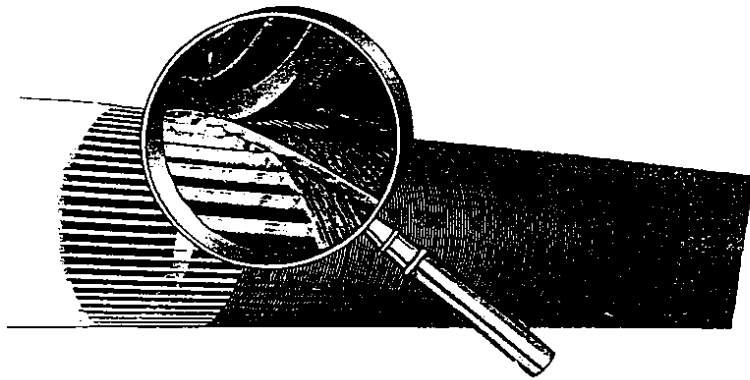
شیب آب با نزدیک شدن شکل زیر افزایش افت و شیب آب را در یک چاه در حال پمپاژ نشان می‌دهد. شیب آب در هر نقطه، شیب منحنی در همان نقطه است. افت آب بصورت درصد کل نشان داده شده است. به چاه افزایش می‌یابد



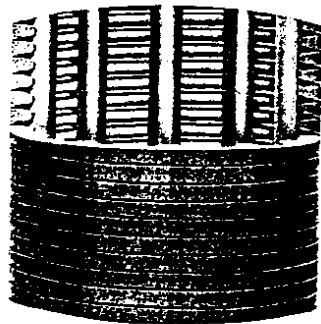
توسعه طبیعی چاه



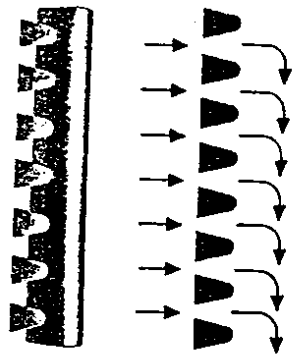
نصب اسکرین از داخل
لوله جدار و بالا کشیدن لوله جدار.



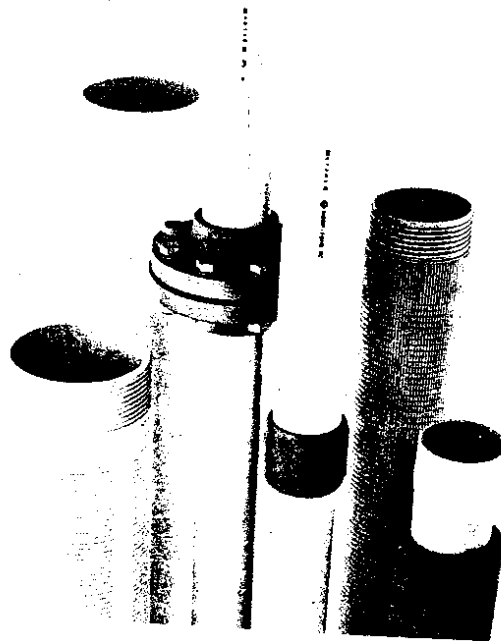
- روش ساخت اسکرین با منافذ ممتد



اسکرین نوع جوش دادنی با منافذ V شکل



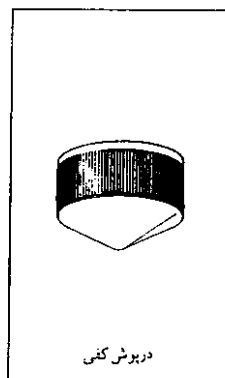
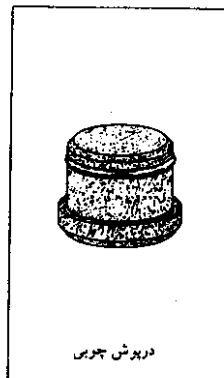
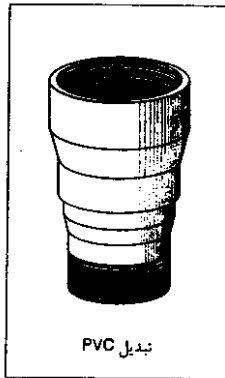
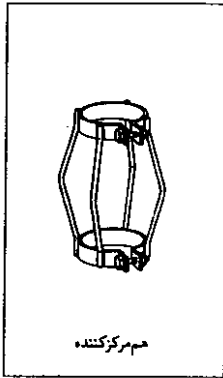
مقطع دیواره اسکرین با منافذ V شکل و مسیر جریان آب



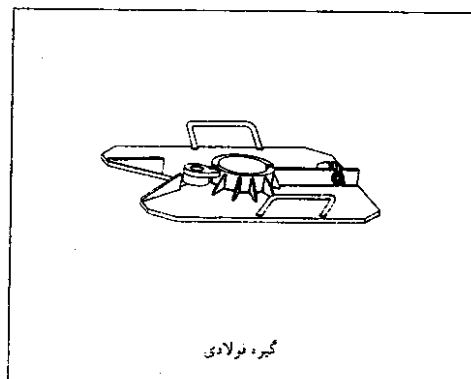
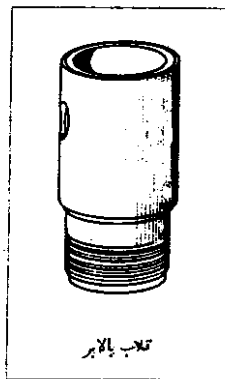
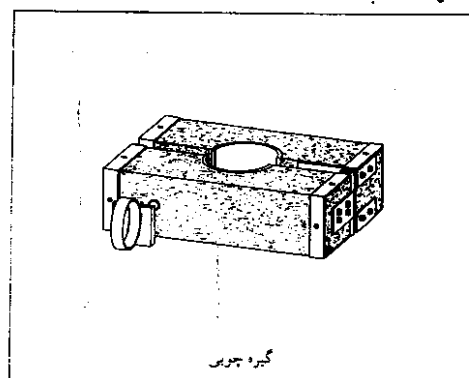
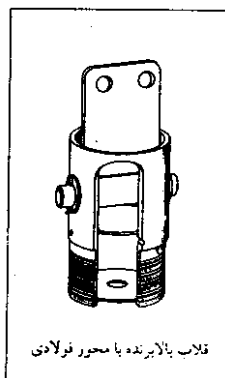
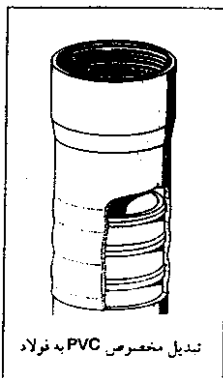
انواع لوله های PVC جهت نصب در چاه های عمیق

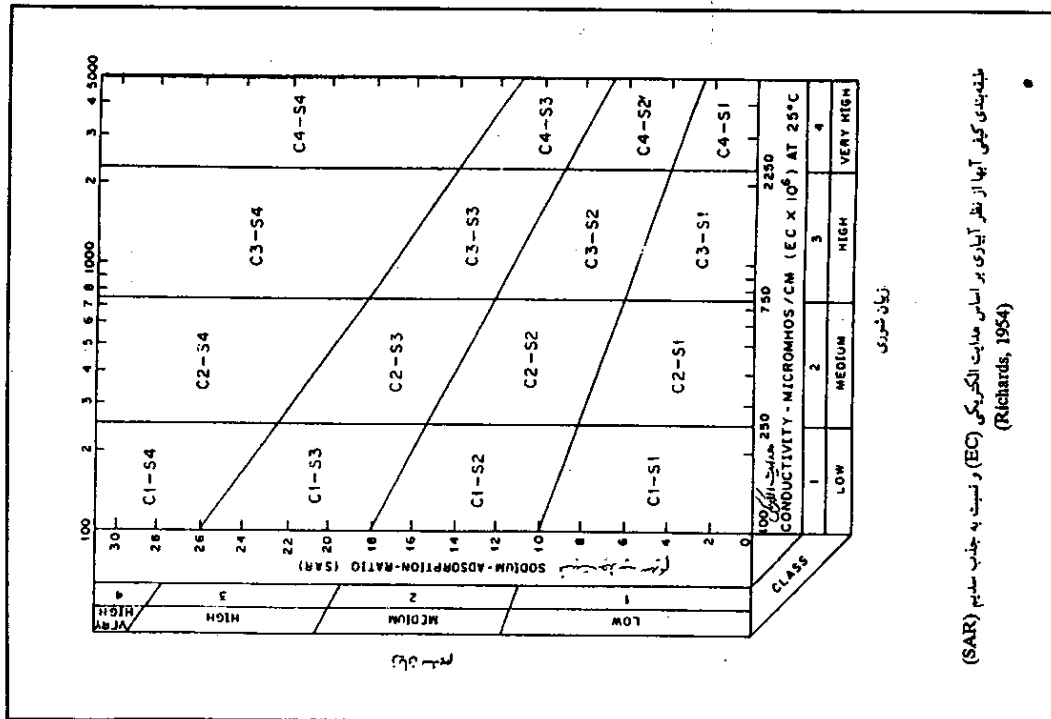
تجهیزات و ادوات نصب لوله‌های UPVC

تجهیزات

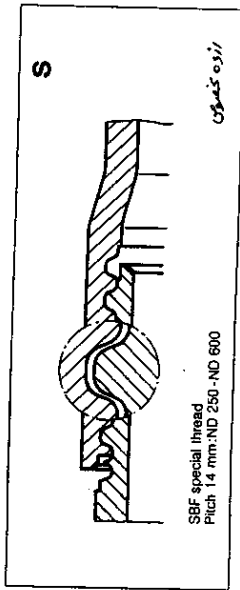
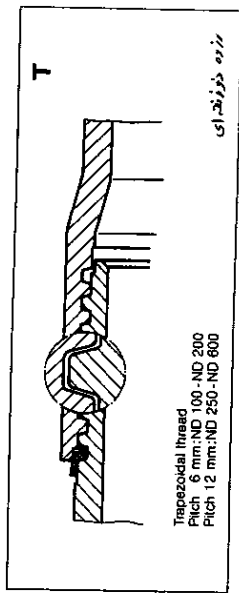
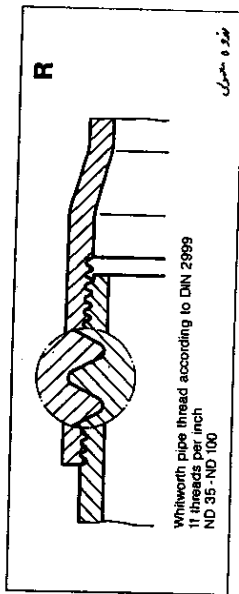


ادوات نصب





طبقه‌بندی کلی آنها از نظر آبیاری بر اساس معادلات الکتریکی (EC) و نسبت به جذب سدیم (SAR) (Richard, 1954)



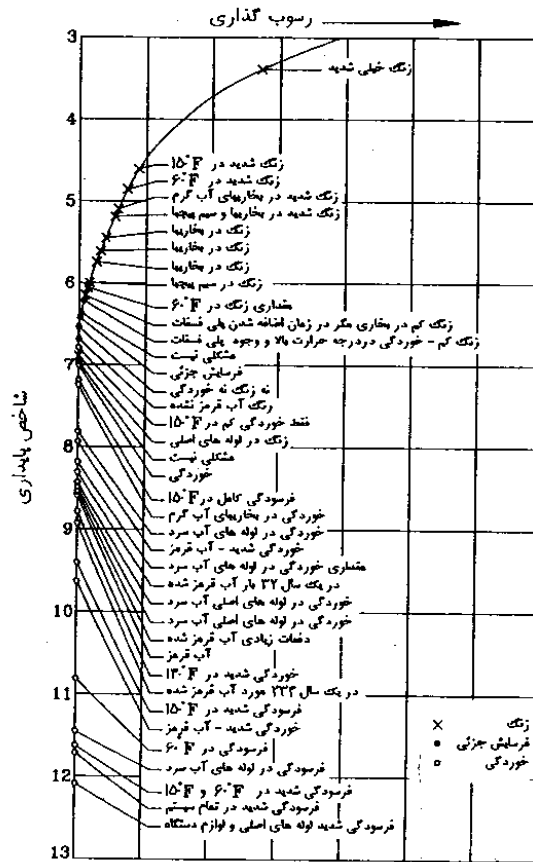
« انواع رزوه لوله های UPVC »

جدول نمایش حد مطلوب تا حد قابل قبول عناصر شیمیایی محلول در آب آشامیدنی

ردیف	عناصر	نام شیمیایی	حد مطلوب	حد قابل قبول
۱	مجموع املاح محلول	-	۵۰۰ میلی گرم در لیتر	۱۵۰۰ میلی گرم در لیتر
۲	رنگ	-	۵ واحد (درجه پلاتین کبالت)	۵۰ واحد (درجه پلاتین کبالت)
۳	تیرگی	-	۵ واحد	۲۵ واحد
۴	مزه	-	قابل قبول	-
۵	بو	-	قابل قبول	-
۶	آهن برحسب	FE	۰/۲ میلی گرم در لیتر	۱ میلی گرم در لیتر
۷	منگنز برحسب	MN	۰/۱ میلی گرم در لیتر	۰/۵ میلی گرم در لیتر
۸	مس برحسب	CU	۱ میلی گرم در لیتر	۱/۵ میلی گرم در لیتر
۹	روی برحسب	ZN	۵ میلی گرم در لیتر	۱۵ میلی گرم در لیتر
۱۰	کلسیم	CA	۷۵ میلی گرم در لیتر	۲۰۰ میلی گرم در لیتر
۱۱	منیزیم	MG	۵۰ میلی گرم در لیتر	۱۵۰ میلی گرم در لیتر
۱۲	سولفات برحسب	SO ₄	۲۰۰ میلی گرم در لیتر	۴۰۰ میلی گرم در لیتر
۱۳	کلرور برحسب	CL	۲۰۰ میلی گرم در لیتر	۶۰۰ میلی گرم در لیتر
۱۴	پ هاش	PH	۷/۵-۸/۵	۶/۵-۹/۲
۱۵	متیزیم به اضافه سولفات سدیم	-	۵۰۰ میلی گرم در لیتر	۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر
۱۶	مجموع مواد فنی برحسب فنل	-	۰/۰۰۱ میلی گرم در لیتر	۰/۰۰۲ میلی گرم در لیتر
۱۷	مواد محلول در کلر فرم	-	۰/۲ میلی گرم در لیتر	۰/۵ میلی گرم در لیتر

جدول حد مجاز عناصر شیمیایی محلول در آب آشامیدنی و مشخصات آب تهران

ردیف	عناصر	فرمول شیمیایی	استاندارد ایرانی	استاندارد کشورهای اروپای شرقی	مشخصات آب تهران
۱	کدورت	۱۰ میلی گرم در لیتر طبق انهدل سیلیکات	۱۰ میلی گرم در لیتر طبق انهدل سیلیکات	-	کاملاً زلال
۲	رنگ	-	۲۰ میلی گرم در لیتر پلاتینیم کبالت	-	بی رنگ
۳	طعم و مزه	-	رضایتبخش	-	مطبوع
۴	سختی کل	CaCO ₃	۶۵-۱۰۰ آب سبک ۶۵-۱۰۰ کمی سنگین ۲۰۰-۱۰۰ متوسط	تا ۷ میلی اکی والان قابل قبول	۱۱۸-۱۵۰ میلی گرم در لیتر
۵	هدایت الکتریکی	Mmbhos/cm ²	-	-	۲۶۰-۳۰۰
۶	PH	-	۶-۹	۶/۵-۹/۵	۷/۲-۸/۲
۷	املاح محلول	-	تا ۵۰۰ میلی گرم در لیتر	-	MG/LIT ۱۷۰-۲۲۰
۸	قلیائیت	CaCO ₃	سختی کل + ۳۵ میلی گرم در لیتر	-	MG/LIT ۹۸-۱۳۰
۹	برسنگتات مصرفی	-	تا ۲ میلی گرم در لیتر	-	MG/LIT ۱/۵۸-۰/۱۵۸
۱۰	آهن	FE	تا ۰/۲۵ میلی گرم در لیتر	تا ۰/۳ میلی گرم در لیتر	MG/LIT ۰/۰-۰/۲
۱۱	منگنز	MN	تا ۰/۱ میلی گرم در لیتر	-	وجود ندارد
۱۲	مس	CU	تا ۱ میلی گرم در لیتر	تا ۳ میلی گرم در لیتر	وجود ندارد
۱۳	روی	ZN	تا ۰/۲ میلی گرم در لیتر	تا ۵ میلی گرم در لیتر	وجود ندارد
۱۴	کلسیم	CA	۲۰۰-۷۵ میلی گرم در لیتر	-	MG/LIT ۳۷-۴۸
۱۵	منیزیم	MG	۱۵۰-۵۰ میلی گرم در لیتر	-	MG/LIT ۵-۹
۱۶	سولفات	SO ₄	۲۵۰ میلی گرم در لیتر	-	MG/LIT ۱۹-۳۰
۱۷	کلرور	CL	۲۵۰ میلی گرم در لیتر	-	MG/LIT ۵-۷
۱۸	سرب	PB	تا ۰/۱ میلی گرم در لیتر	تا ۰/۱ میلی گرم در لیتر	وجود ندارد
۱۹	فلوئور	F	بیشتر از ۱/۷ میلی گرم در لیتر باعث فلوئوروسیس و کمتر از ۰/۶ موجب کرم خوردگی دندان اطفال می شود	-	MG/LIT ۰/۲-۰/۸



وضع رسوب گذاری و فرسایش با استفاده از شاخص پایداری

گرایش یک سری از فلزات و آلیاژها به فرسایش گالوانیکی

منیزیم
آلیاژ منیزیم
روی
آلومینیوم 25
کادمیوم
آلومینیوم - 17 ST
فولاد یا آهن چدن
آهن - کرومیوم (فعال)
نیکل
کرومیوم 18-8 - نیکل - آهن (فعال)
کرومیوم 18-8 - نیکل - مرلیندیوم - آهن (فعال)
Lead - لحیم قلع
سرب
قلع
نیکل (فعال)
اینکئیل یا آلیاژ نیکل (فعال)
برنج
مس
برنز
آلیاژهای نیکل - مس
موتیل
لحیم نقره
نیکل (غیرفعال)
اینکئیل (غیرفعال)
آهن کرومیوم (غیرفعال)
کرومیوم 18-8 - نیکل - آهن (غیرفعال)

پوسیدگی (آند)

کاهش اتز خوردگی

ممانعت شده (کاتد)

جدول ضرایب تبدیل واحدهای ظرفیت

لیتر در ثانیه	گالن آمریکا در دقیقه	متر مکعب در ساعت	
۱	۱۵/۸۵	۳/۶	لیتر در ثانیه
۰/۰۶۳۱	۱	۰/۲۲۷	گالن آمریکا در دقیقه
$\frac{۱}{۳/۶}$	$\frac{۱}{۰/۲۲۷}$	۱	متر مکعب در ساعت

جدول ضرایب تبدیل واحدهای حجم

گالن آمریکایی	گالن امپریال	اینچ مکعب	فوت مکعب	متر مکعب	لیتر
۱	۰/۸۳۳	۲۳۱	۰/۱۳۳۷	۰/۰۰۳۷۸	۳/۷۸۵
۱/۲۰	۱	۲۷۷/۲۷	۰/۱۶۰۴	۰/۰۰۴۵۴	۴/۵۲۲
۰/۰۰۴۳	۰/۰۰۳۵۸	۱	۰/۰۰۰۵۷	۰/۰۰۰۰۱۶	۰/۰۱۶۳
۷/۴۸	۶/۲۳۵	۱۷۲۸	۱	۰/۰۲۸۲۷	۲۸/۳۱۲
۲۶۴/۱۷	۲۲۰/۰۵	۶۱۰۲۳	۳۵/۳۱۹	۱	۱۰۰۰
۰/۲۶۴۱۷	۰/۲۲	۶۱/۰۲۳	۰/۰۳۵۳	۰/۰۰۰۱	۱

Area واحدهای سطح

Length واحدهای طول	Area واحدهای سطح
۱۰۰۰ متر	۱۰۰ هکتار
۰/۶۲۱۴ میل	۰/۳۸۶۱ میل مربع
۰/۵۴۰ میل دریایی	۱۰۰۰۰ متر مربع
۱۰۰ سانتی متر	۱۲/۴۷۱ اکر
۱۰۰۰ میلیمتر	۱۰ دسیمتر مربع
۱/۰۹۴ یارد	۱۰۰۰۰ سانتی متر مربع
۳/۲۸۱ فوت	۱/۱۹۶ یارد مربع
۳۹/۳۷ اینچ	۱۰/۷۶ فوت مربع
۱۰۰۰ میکرون	۱۰۰ میلیمتر مربع
۰/۰۳۹ اینچ	۰/۱۵۵۰ اینچ مربع
۱۷۶ یارد	۱۶۴۰ اکر
۳ فوت	۲۵۹ هکتار
۰/۹۱۴ متر	۴۸۴۰ یارد مربع
۱۲ اینچ	۰/۴۰۴۷ هکتار
۳۰/۴۸ سانتی متر	۹ فوت مربع
۲۵/۴۰ میلیمتر	۰/۸۲۶ متر مربع
	۱۲۴ اینچ مربع
	۰/۰۹۲۹
	۶/۴۵ سانتی متر مربع
	۱ کیلومتر مربع
	۱ کیلومتر مربع
	۱ هکتار
	۱ هکتار
	۱ متر مربع
	۱ متر مربع
	۱ متر مربع
	۱ متر مربع
	۱ سانتی متر مربع
	۱ سانتی متر مربع
	۱ میل مربع
	۱ میل مربع
	۱ اکر
	۱ اکر
	۱ یارد مربع
	۱ یارد مربع
	۱ فوت مربع
	۱ فوت مربع
	۱ اینچ مربع

<p>واحد های فشار</p> <p>Pressure</p>	<p>یک پاند بر اینچ مربع</p> <p>یک کیلوگرم بر سانتی متر مربع</p> <p>یک بار</p> <p>یک اتمسفر معمولی</p> <p>یک اتمسفر معمولی</p>	<p>۰/۰۷۰ کیلوگرم بر یک سانتی متر مربع</p> <p>۱۴/۲۲۳ پاند بر اینچ مربع</p> <p>۱۰۶ دین بر سانتی متر مربع = ۰/۹۸۷ اتمسفر معمولی</p> <p>۱۳/۰۱۳ بار = ۱/۰۳۳ کیلوگرم بر سانتی متر مربع</p> <p>۷۶۰ میلی متر جیوه</p>
<p>واحد چگالی</p> <p>Density</p>	<p>یک گرم بر سانتی متر مکعب</p> <p>یک گرم بر سانتی متر مکعب</p> <p>یک اکر - فوت</p> <p>یک فوت مکعب در ثانیه در روز</p>	<p>۰/۰۳۶ پاند بر اینچ مکعب</p> <p>۶۲/۲۳ پاند بر فوت مکعب</p> <p>۱۰۵ × ۳/۲۶ گالن</p> <p>۱/۹۸ اکر - فوت</p>
<p>وزن</p> <p>Weight</p>	<p>یک پوند</p> <p>یک پوند</p> <p>یک پوند</p>	<p>۴۵۳/۵۹ گرم</p> <p>۱۶ اونس</p> <p>۷۰۰۰ دانه</p>
<p>بده</p> <p>Volume Flow</p>	<p>یک فوت مکعب در ثانیه</p> <p>یک فوت مکعب در ثانیه</p> <p>یک فوت مکعب در ثانیه</p> <p>یک فوت مکعب در ثانیه</p>	<p>۴۴۹ گالن در دقیقه</p> <p>۱۰۵ × ۶/۶۴ گالن در روز</p> <p>۱/۹۸ اکر - فوت در روز</p> <p>۲۸/۳ لیتر در ثانیه</p>
<p>وزن مخصوص آب</p> <p>Water Specific Gravity</p>	<p>یک فوت مکعب</p> <p>یک فوت مکعب</p> <p>یک گالن</p>	<p>۶۲/۳۷ پوند در ۶۰ درجه فارنهایت</p> <p>۶۲/۳۱ پوند در ۲۰ درجه سانتیگراد</p> <p>۸/۳۳۸ پوند در ۶۰ درجه فارنهایت</p>
<p>چگالی</p> <p>Water Density</p>	<p>یک سانتی متر مکعب</p> <p>یک سانتی متر مکعب</p> <p>یک فوت مکعب</p> <p>یک فوت مکعب</p>	<p>۰/۹۹۹ گرم در ۶۰ درجه فارنهایت</p> <p>۰/۹۹۸ گرم در ۲۰ درجه سانتیگراد</p> <p>۱/۹۳۸ اسلاگ در ۶۰ درجه فارنهایت</p> <p>۱/۹۳۶ اسلاگ در ۲۰ درجه سانتیگراد</p>
<p>چگالی هوا</p> <p>Air Density</p>	<p>یک سانتی متر مکعب</p>	<p>۱۰^{-۳} × ۱/۲۲۶ گرم در یک اتمسفر فشار در ۱۵ درجه سانتیگراد</p>
<p>چگالی خاک</p> <p>Soil Density</p>	<p>یک سانتی متر مکعب</p> <p>یک سانتی متر مکعب</p>	<p>۱/۱ تا ۱/۸ گرم (چگالی ظاهری)</p> <p>۲/۶۵ گرم (معدل چگالی ذرات خاک و توده های سنگی)</p>

واحد‌های وزن Weight	
۱۰۰۰ کیلوگرم	۱ تن
۲۲۰۵ لیور	۱ تن
۱۰۰۰ گرم	۱ کیلوگرم
۲/۲۰۵ لیور	۱ کیلوگرم
۱۰۰۰ میلی‌گرم	۱ گرم
۰/۰۳۵۲۷ اونس	۱ گرم

اکي والان وزن يك يون = وزن اتمی يون تقسیم بر ظرفیت آن
 میلی‌گرم اکي والان از يك يون = میلیونیم يون تقسیم بر اکي والان وزن
 * يك میلی‌گرم اکي والان از يك يون = يك میلی‌اکي والان در لیتر
 * يك میلی‌گرم اکي والان از يك يون = يك اکي والان در میلیون
 * يك میلی‌گرم اکي والان در لیتر از کاتیون = $100 \text{ Ec} \times 10^6$
 * يك میلیونیم گرم اکي والان در لیتر از کاتیون = $1/56 \text{ Ec} \times 10^6$

* اعداد تقریبی برای اغلب آب‌های طبیعی که کیفیت آنها بین ۱۰۰ تا ۵۰۰۰ میکرومهنوس بر سانتی‌متر در ۲۵ درجه سانتی‌گراد فرق می‌کند.

واحد‌های حجم Volume	
۱۰۰۰ سانتی‌متر مکعب	۱ لیتر
۶۱/۰۲ اینچ مکعب	۱ لیتر
۰/۰۳۵۳ فوت مکعب	۱ لیتر
۰/۲۶۴۲ گالن امریکایی	۱ لیتر
۰/۲۲۰۰ گالن امپریال	۱ لیتر
۲۷ فوت مکعب	۱ یارد مکعب
۰/۷۶۵ متر مکعب	۱ یارد مکعب
۱۷۲۸ اینچ مکعب	۱ فوت مکعب
۲۸/۳۲ لیتر	۱ فوت مکعب
۱۶/۹۳ سانتی‌متر مکعب	۱ اینچ مکعب
۲۷۷/۴ اینچ مکعب	۱ گالن امپریال
۴/۵۵ لیتر	۱ گالن امپریال
۰/۸۳۳ گالن امپریال	۱ گالن امریکایی
۳/۷۸۵ لیتر	۱ گالن امریکایی
۲۳۱ اینچ مکعب	۱ گالن امریکایی
۱۰۰۰ لیتر	۱ متر مکعب
۱/۳۰۸ یارد مکعب	۱ متر مکعب
۳۵/۳۱ فوت مکعب	۱ متر مکعب
۰/۰۶۱۰ اینچ مکعب	۱ سانتی‌متر مکعب

واحدهای امریکایی

<p>۲/۵۴۰ سانتی متر ۳۰/۴۸۰ سانتی متر ۱۶۰۹ متر ۳۹/۳۷ اینچ = ۲/۲۸۱ فوت ۰/۶۲۱ میل</p>	<p>یک اینچ (Inch) یک فوت (Foot) یک میل (Mile) یک متر یک کیلومتر</p>	<p>واحدهای طول Length</p>
<p>یک قولاج (واحد عمق پیمایی دریایی) = ۶ فوت = ۱/۸۲۹ (Fathom)</p>		
<p>۶/۴۵۲ سانتی متر مربع ۲/۵۹۰ کیلومتر مربع ۴/۰۴۷ متر مربع ۱۰۰۰۰ متر مربع = ۲/۴۷ اکر ۰/۳۸۶ میل مربع</p>	<p>اینچ مربع یک میل مربع یک اکر (Acre) یک هکتار یک کیلومتر مربع</p>	<p>واحدهای سطح Area</p>
<p>۱۶/۳۸۷ سانتی متر مکعب ۲۸/۴۱۳ سانتی متر مکعب ۱۲۸ اونس مایعات = ۳/۷۸۵ لیتر ۱۶۰ اونس مایعات = ۴/۵۴۶ لیتر ۴ کوآرتز = ۸ پینت ۱۰۰۰/۰۲۷ سانتی متر مکعب ۱/۰۵۷ کوآرتز = ۰/۲۶۴ گالن</p>	<p>یک اینچ مکعب یک اونس (مایعات) یک گالن امریکایی یک گالن امپریال یک گالن یک لیتر یک لیتر</p>	<p>واحدهای حجم Volume</p>
<p>۲۸/۳۴۹۵ گرم ۰/۲۵۴ کیلوگرم ۲/۲۰۵ پاند ۲۲۴۰ پاند = ۱/۰۱۶ تن در سیستم متریک ۲۰۰۰ پاند = ۰/۹۰۷ تن در سیستم متریک ۱۰۰۰ کیلوگرم</p>	<p>یک اونس Ounce یک پاند Pound یک کیلوگرم یک تن یک تن آمریکایی یک تن در سیستم متریک</p>	<p>واحدهای وزن Weight</p>

(بقیه)

Head H, feet	Length of weir, L, feet										
	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	1.0	1.5	2.0	3.0	
0.35	0.727	1.09	1.43	2.18	2.91	3.64	0.727	1.09	1.43	2.18	2.91
0.37	0.759	1.14	1.52	2.27	3.03	3.79	0.759	1.14	1.52	2.27	3.03
0.38	0.789	1.18	1.56	2.31	3.08	3.84	0.789	1.18	1.56	2.31	3.08
0.39	0.820	1.23	1.64	2.46	3.17	3.94	0.820	1.23	1.64	2.46	3.17
0.40	0.852	1.28	1.70	2.56	3.24	4.00	0.852	1.28	1.70	2.56	4.00
0.41	0.884	1.32	1.77	2.65	3.34	4.12	0.884	1.32	1.77	2.65	4.12
0.42	0.916	1.37	1.83	2.73	3.44	4.22	0.916	1.37	1.83	2.73	4.22
0.44	0.949	1.41	1.87	2.80	3.54	4.36	0.949	1.41	1.87	2.80	4.36
0.45	0.983	1.47	1.95	2.92	3.69	4.51	0.983	1.47	1.95	2.92	4.51
0.46	1.02	1.52	2.03	3.05	3.82	4.68	1.02	1.52	2.03	3.05	4.68
0.47	1.05	1.58	2.10	3.15	4.20	4.88	1.05	1.58	2.10	3.15	4.88
0.48	1.08	1.63	2.17	3.25	4.34	5.05	1.08	1.63	2.17	3.25	5.05
0.49	1.12	1.68	2.24	3.39	4.48	5.20	1.12	1.68	2.24	3.39	5.20
0.50	1.16	1.73	2.31	3.51	4.62	5.35	1.16	1.73	2.31	3.51	5.35
0.51	1.20	1.78	2.38	3.61	4.78	5.50	1.20	1.78	2.38	3.61	5.50
0.52	1.24	1.84	2.45	3.72	4.91	5.64	1.24	1.84	2.45	3.72	5.64
0.53	1.28	1.89	2.52	3.82	5.05	5.79	1.28	1.89	2.52	3.82	5.79
0.54	1.32	1.95	2.59	3.93	5.19	5.92	1.32	1.95	2.59	3.93	5.92
0.55	1.36	2.00	2.67	4.04	5.34	6.06	1.36	2.00	2.67	4.04	6.06
0.56	1.40	2.06	2.75	4.15	5.49	6.20	1.40	2.06	2.75	4.15	6.20
0.57	1.44	2.12	2.82	4.26	5.64	6.34	1.44	2.12	2.82	4.26	6.34
0.58	1.48	2.17	2.90	4.37	5.79	6.48	1.48	2.17	2.90	4.37	6.48
0.59	1.52	2.23	2.97	4.48	5.94	6.62	1.52	2.23	2.97	4.48	6.62
0.60	1.56	2.29	3.05	4.59	6.09	6.76	1.56	2.29	3.05	4.59	6.76
0.61	1.60	2.35	3.13	4.70	6.24	6.90	1.60	2.35	3.13	4.70	6.90
0.62	1.64	2.41	3.21	4.81	6.39	7.04	1.64	2.41	3.21	4.81	7.04
0.63	1.68	2.46	3.29	4.92	6.54	7.18	1.68	2.46	3.29	4.92	7.18
0.64	1.72	2.52	3.37	5.03	6.69	7.32	1.72	2.52	3.37	5.03	7.32
0.65	1.76	2.59	3.45	5.14	6.84	7.46	1.76	2.59	3.45	5.14	7.46
0.66	1.80	2.65	3.53	5.25	6.99	7.60	1.80	2.65	3.53	5.25	7.60
0.67	1.84	2.71	3.61	5.36	7.14	7.74	1.84	2.71	3.61	5.36	7.74
0.68	1.88	2.77	3.69	5.47	7.29	7.88	1.88	2.77	3.69	5.47	7.88
0.69	1.92	2.83	3.77	5.58	7.44	8.02	1.92	2.83	3.77	5.58	8.02
0.70	1.96	2.89	3.85	5.69	7.59	8.16	1.96	2.89	3.85	5.69	8.16

Head H, feet	Length of weir, L, feet									
	0.5	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	0.5	1.0	1.5
0.01	0.002	0.003	0.005	0.007	0.010	0.013	0.017	0.002	0.003	0.005
0.02	0.005	0.010	0.014	0.019	0.029	0.038	0.048	0.005	0.010	0.014
0.03	0.009	0.018	0.026	0.035	0.053	0.070	0.087	0.009	0.018	0.026
0.04	0.013	0.027	0.040	0.054	0.081	0.108	0.135	0.013	0.027	0.040
0.05	0.019	0.038	0.057	0.075	0.115	0.151	0.188	0.019	0.038	0.057
0.06	0.025	0.050	0.074	0.099	0.148	0.198	0.247	0.025	0.050	0.074
0.07	0.031	0.062	0.093	0.125	0.187	0.249	0.312	0.031	0.062	0.093
0.08	0.038	0.076	0.114	0.152	0.229	0.305	0.381	0.038	0.076	0.114
0.09	0.045	0.091	0.136	0.182	0.273	0.364	0.455	0.045	0.091	0.136
0.10	0.053	0.107	0.160	0.211	0.319	0.426	0.522	0.053	0.107	0.160
0.11	0.061	0.123	0.184	0.246	0.369	0.491	0.614	0.061	0.123	0.184
0.12	0.070	0.140	0.210	0.280	0.420	0.549	0.700	0.070	0.140	0.210
0.13	0.079	0.158	0.237	0.316	0.473	0.601	0.789	0.079	0.158	0.237
0.14	0.088	0.176	0.265	0.353	0.529	0.658	0.882	0.088	0.176	0.265
0.15	0.098	0.196	0.293	0.391	0.587	0.722	0.973	0.098	0.196	0.293
0.16	0.108	0.216	0.323	0.431	0.646	0.782	1.068	0.108	0.216	0.323
0.17	0.118	0.236	0.354	0.472	0.708	0.841	1.168	0.118	0.236	0.354
0.18	0.129	0.257	0.386	0.514	0.771	0.901	1.28	0.129	0.257	0.386
0.19	0.139	0.279	0.418	0.558	0.837	0.962	1.39	0.139	0.279	0.418
0.20	0.151	0.301	0.452	0.602	0.903	1.020	1.51	0.151	0.301	0.452
0.21	0.162	0.324	0.486	0.648	0.972	1.08	1.62	0.162	0.324	0.486
0.22	0.174	0.347	0.521	0.695	1.04	1.39	1.74	0.174	0.347	0.521
0.23	0.186	0.371	0.557	0.743	1.11	1.48	1.86	0.186	0.371	0.557
0.24	0.198	0.396	0.594	0.792	1.19	1.58	1.98	0.198	0.396	0.594
0.25	0.211	0.421	0.631	0.842	1.26	1.68	2.10	0.211	0.421	0.631
0.26	0.224	0.446	0.670	0.893	1.34	1.78	2.23	0.224	0.446	0.670
0.27	0.237	0.472	0.709	0.945	1.42	1.89	2.36	0.237	0.472	0.709
0.28	0.250	0.499	0.748	0.998	1.50	2.00	2.49	0.250	0.499	0.748
0.29	0.263	0.526	0.789	1.052	1.58	2.10	2.62	0.263	0.526	0.789
0.30	0.276	0.553	0.830	1.11	1.66	2.21	2.74	0.276	0.553	0.830
0.31	0.289	0.581	0.872	1.16	1.74	2.32	2.90	0.289	0.581	0.872
0.32	0.302	0.609	0.914	1.22	1.83	2.44	3.05	0.302	0.609	0.914
0.33	0.315	0.638	0.957	1.28	1.92	2.55	3.19	0.315	0.638	0.957
0.34	0.328	0.667	1.00	1.34	2.00	2.67	3.34	0.328	0.667	1.00
0.35	0.341	0.697	1.05	1.39	2.09	2.79	3.49	0.341	0.697	1.05

انسان گیری سی

آببھی در آبریز ذوزنقهای (سیونتی) بر حسب فوت مکعب در ثانیه

آبدهی در ادقیس بر حسب گالن در دقیقه

(بقیه)

5" Drills	6" Drills	7" Drills	8" Drills	9" Drills	10" Drills	12 In. Pipe	Head In. Inches
280	380	320	835	1100		5	
290	394	333	860	1130		5.5	
300	408	346	885	1160		6	
310	422	358	910	1190		6.5	
320	435	370	935	1220		7	
330	448	383	960	1250		7.5	
340	461	395	985	1280		8	
350	474	408	1010	1310		8.5	
360	487	420	1035	1340		9	
370	500	433	1060	1370		9.5	
380	513	445	1085	1400		10	
390	526	458	1110	1430		10.5	
400	539	470	1135	1460		11	
410	552	483	1160	1490		11.5	
420	565	495	1185	1520		12	
430	578	508	1210	1550		12.5	
440	591	520	1235	1580		13	
450	604	533	1260	1610		13.5	
460	617	545	1285	1640		14	
470	630	558	1310	1670		14.5	
480	643	570	1335	1700		15	
490	656	583	1360	1730		15.5	
500	669	595	1385	1760		16	
510	682	608	1410	1790		16.5	
520	695	620	1435	1820		17	
530	708	633	1460	1850		17.5	
540	721	645	1485	1880		18	
550	734	658	1510	1910		18.5	
560	747	670	1535	1940		19	
570	760	683	1560	1970		19.5	
580	773	695	1585	2000		20	
590	786	708	1610	2030		20.5	
600	799	720	1635	2060		21	
610	812	733	1660	2090		21.5	
620	825	745	1685	2120		22	
630	838	758	1710	2150		22.5	
640	851	770	1735	2180		23	
650	864	783	1760	2210		23.5	
660	877	795	1785	2240		24	
670	890	808	1810	2270		24.5	
680	903	820	1835	2300		25	
690	916	833	1860	2330		25.5	
700	929	845	1885	2360		26	
710	942	858	1910	2390		26.5	
720	955	870	1935	2420		27	
730	968	883	1960	2450		27.5	
740	981	895	1985	2480		28	
750	994	908	2010	2510		28.5	
760	1007	920	2035	2540		29	
770	1020	933	2060	2570		29.5	
780	1033	945	2085	2600		30	
790	1046	958	2110	2630		30.5	
800	1059	970	2135	2660		31	
810	1072	983	2160	2690		31.5	
820	1085	995	2185	2720		32	
830	1098	1008	2210	2750		32.5	
840	1111	1020	2235	2780		33	
850	1124	1033	2260	2810		33.5	
860	1137	1045	2285	2840		34	
870	1150	1058	2310	2870		34.5	
880	1163	1070	2335	2900		35	
890	1176	1083	2360	2930		35.5	
900	1189	1095	2385	2960		36	
910	1202	1108	2410	2990		36.5	
920	1215	1120	2435	3020		37	
930	1228	1133	2460	3050		37.5	
940	1241	1145	2485	3080		38	
950	1254	1158	2510	3110		38.5	
960	1267	1170	2535	3140		39	
970	1280	1183	2560	3170		39.5	
980	1293	1195	2585	3200		40	
990	1306	1208	2610	3230		40.5	
1000	1319	1220	2635	3260		41	
1010	1332	1233	2660	3290		41.5	
1020	1345	1245	2685	3320		42	
1030	1358	1258	2710	3350		42.5	
1040	1371	1270	2735	3380		43	
1050	1384	1283	2760	3410		43.5	
1060	1397	1295	2785	3440		44	
1070	1410	1308	2810	3470		44.5	
1080	1423	1320	2835	3500		45	
1090	1436	1333	2860	3530		45.5	
1100	1449	1345	2885	3560		46	
1110	1462	1358	2910	3590		46.5	
1120	1475	1370	2935	3620		47	
1130	1488	1383	2960	3650		47.5	
1140	1501	1395	2985	3680		48	
1150	1514	1408	3010	3710		48.5	
1160	1527	1420	3035	3740		49	
1170	1540	1433	3060	3770		49.5	
1180	1553	1445	3085	3800		50	
1190	1566	1458	3110	3830		50.5	
1200	1579	1470	3135	3860		51	
1210	1592	1483	3160	3890		51.5	
1220	1605	1495	3185	3920		52	
1230	1618	1508	3210	3950		52.5	
1240	1631	1520	3235	3980		53	
1250	1644	1533	3260	4010		53.5	
1260	1657	1545	3285	4040		54	
1270	1670	1558	3310	4070		54.5	
1280	1683	1570	3335	4100		55	
1290	1696	1583	3360	4130		55.5	
1300	1709	1595	3385	4160		56	
1310	1722	1608	3410	4190		56.5	
1320	1735	1620	3435	4220		57	
1330	1748	1633	3460	4250		57.5	
1340	1761	1645	3485	4280		58	
1350	1774	1658	3510	4310		58.5	
1360	1787	1670	3535	4340		59	
1370	1800	1683	3560	4370		59.5	
1380	1813	1695	3585	4400		60	
1390	1826	1708	3610	4430		60.5	
1400	1839	1720	3635	4460		61	
1410	1852	1733	3660	4490		61.5	
1420	1865	1745	3685	4520		62	
1430	1878	1758	3710	4550		62.5	
1440	1891	1770	3735	4580		63	
1450	1904	1783	3760	4610		63.5	
1460	1917	1795	3785	4640		64	
1470	1930	1808	3810	4670		64.5	
1480	1943	1820	3835	4700		65	
1490	1956	1833	3860	4730		65.5	
1500	1969	1845	3885	4760		66	
1510	1982	1858	3910	4790		66.5	
1520	1995	1870	3935	4820		67	
1530	2008	1883	3960	4850		67.5	
1540	2021	1895	3985	4880		68	
1550	2034	1908	4010	4910		68.5	
1560	2047	1920	4035	4940		69	
1570	2060	1933	4060	4970		69.5	
1580	2073	1945	4085	5000		70	
1590	2086	1958	4110	5030		70.5	
1600	2099	1970	4135	5060		71	
1610	2112	1983	4160	5090		71.5	
1620	2125	1995	4185	5120		72	
1630	2138	2008	4210	5150		72.5	
1640	2151	2020	4235	5180		73	
1650	2164	2033	4260	5210		73.5	
1660	2177	2045	4285	5240		74	
1670	2190	2058	4310	5270		74.5	
1680	2203	2070	4335	5300		75	
1690	2216	2083	4360	5330		75.5	
1700	2229	2095	4385	5360		76	
1710	2242	2108	4410	5390		76.5	
1720	2255	2120	4435	5420		77	
1730	2268	2133	4460	5450		77.5	
1740	2281	2145	4485	5480		78	

5" Drills	6" Drills	7" Drills	8" Drills	9" Drills	10" Drills	12 In. Pipe	Head In. Inches
280	380	320	835	1100		5	
290	394	333	860	1130		5.5	
300	408	346	885	1160		6	
310	422	358	910	1190		6.5	
320	435	370	935	1220		7	
330	448	383	960	1250		7.5	
340	461	395	985	1280		8	
350	474	408	1010	1310		8.5	
360	487	420	1035	1340		9	
370	500	433	1060	1370		9.5	
380	513	445	1085	1400		10	
390	526	458	1110	1430		10.5	
400	539	470	1135	1460		11	
410	552	483	1160	1490		11.5	
420	565	495	1185	1520		12	
430	578	508	1210	1550		12.5	
440	591	520	1235	1580		13	
450	604	533	1260	1610		13.5	
460	617	545	1285	1640		14	
470	630	558	1310	1670		14.5	
480	643	570	1335	1700		15	
490	656	583	1360	1730		15.5	
500	669	595	1385	1760		16	
510	682	608	1410	1790		16.5	
520	695	620	1435	1820		17	
530	708	633	1460	1850		17.5	
540	721	645	1485	1880		18	
550	734	658	1510	1910		18.5	
560	747	670	1535	1940		19	
570	760	683	1560	1970		19.5	
580	773	695	1585	2000		20	
590	786	708	1610	2030		20.5	
600	799	720	1635	2060		21	
610	812	733	1660	2090		21.5	
620	825	745	1685	2120		22	
630	838	758	1710	2150		22.5	
640	851	770	1735	2180		23	
650	864	783	1760	2210		23.5	
660	877	795	1785	2240		24	
670	890	808	1810	2270		24.5	
680	903	820	1835	2300		25	
690	916	833	1860	2330		25.5	
700	929	845	1885	2360		26	
710	942	858	1910	2390		26.5	
720	955	870	1935	2420		27	
730	968	883	1960	2450		27.5	
740	981	895	1985	2480		28	
750	994	908	2010	2510		28.5	
760	1007	920	2035	2540		29	
770	1020	933	2060	2570		29.5	
780	1033	945	2085	2600		30	
790	1046	958	2110	2630		30.5	
800	1059	970	2135</				

اندازه گیری آبدی بطریقه حجمی بر حسب زمان پر شدن یک بشکه ۲۰ لیتر

زمان لایه	دبی لیتر در لایه	زمان لایه	دبی لیتر در لایه	زمان لایه	دبی لیتر در لایه
5	44	24	9.16	43	5.11
6	36.66	25	8.80	44	5
7	31.42	26	8.45	45	4.88
8	27.50	27	8.14	46	4.78
9	24.44	28	7.85	47	4.68
10	22	29	7.53	48	4.58
11	20	30	7.32	49	4.48
12	13.38	31	7.09	50	4.40
13	16.92	32	6.87	51	4.31
14	15.71	33	6.66	52	4.22
15	14.66	34	6.47	53	4.15
16	13.75	35	6.28	54	4.07
17	12.94	36	6.11	55	4
18	12.22	37	5.94	56	3.92
19	11.57	38	5.78	57	3.87
20	11	39	5.64	58	3.79
21	10.47	40	5.50	59	3.74
22	10	41	5.36	60	3.60
23	9.56	42	5.23		

اندازه گیری آبدی بطریقه جت بر حسب لیتر در ثانیه (ولمهای افقی)

طول "سانتی متر"	قطر لوله آبدی به اینچ			
	6	8	10	12
20	14.1	25.2	39.4	56.8
21	14.9	26.5	41.4	59.6
22	15.6	27.7	43.3	62.5
23	16.3	29	45.3	65.3
24	17	30.3	47.3	68.1
25	17.7	31.5	49.3	71
26	18.4	32.8	51.3	73.8
27	19.1	34	53.2	76.7
28	19.8	35.3	55.2	79.5
29	20.5	36.6	57.2	82.3
30	21.3	37.8	59.1	85.2
31	22	39.1	61.1	88
32	22.7	40.3	63.1	91
33	23.4	41.6	65.1	93.7
34	24.1	42.9	67	96.6
35	24.8	44.1	69	99.4
36	25.5	45.4	71	102.2
37	26.2	46.7	73	105.1
38	26.9	47.6	74.9	107.9
39	27.6	49.2	76.9	110.8
40	28.6	50.5	78.9	113.6
41	29.1	51.7	80.8	116.5
42	29.8	53	82.8	119.3
43	30.5	54.3	84.8	122.1

اندازه گیری آبدی بطریقه جت بر حسب لیتر در ثانیه (ولمهای افقی)

طول "سانتی متر"	قطر لوله آبدی به اینچ			
	6	8	10	12
44	31.2	55.5	86.8	124
45	31.9	56.8	88.7	127.8
46	32.6	58	90.7	130.6
47	33.3	59.3	92.7	133.3
48	34	60.6	94.8	136.3
49	34.8	61.8	96.6	139.2
50	35.5	63.1	98.6	142
51	36.2	64.3	100.6	144.9
52	36.9	65.6	102.6	147.7
53	37.6	66.9	104.5	150.0
54	38.3	68.1	106.5	153.4
55	39	69.4	108.5	156.2
56	38.7	70.7	110.5	159.1
57	40.4	71.9	112.4	161.9
58	41.1	73.2	114.4	164.8
59	41.8	74.5	116.4	167.6
60	42.6	75.7	118.3	170.5
61	43.3	77	120.3	173.3
62	44	78.2	122.3	176.1
63	44.7	79.5	124.3	178.9
64	45.4	80.8	126.2	181.8
65	46.1	82	128.2	184.6
66	46.8	83.3	130.2	187.5
67	47.5	84.6	132.1	190.3
68	48.3	85.8	134.1	193.2
69	49	87.1	136.1	196
70	49.7	88.3	138.1	198.9
71	50.4	89.6	140.1	201.7
72	51.1	90.9	142	204.5
73	51.8	92.1	144	207.4
74	52.5	93.4	146	210.2
75	53.2	94.7	148	213.1
76	53.9	95.5	149.9	215.9
77	54.7	97.2	151.9	218.8
78	55.3	98.5	153.6	221.6
79	56.1	99.7	155.6	224.4
80	56.8	101	157.8	227.3
81	57.5	101.6	159.8	230.1
82	58.2	103.5	161.8	233
83	58.9	104.8	163.7	235.8
84	59.6	100	165.7	238.6
85	60.3	107.3	167.7	241.5
86	61	108.8	169.6	244.3
87	61.8	109.8	171.8	247.2
88	62.5	111.1	173.6	250
89	63.2	112.3	175.6	252.8
90	63.9	113.6	177.3	255.7
91	64.6	114.9	179.3	258.7
92	65.3	116.1	181.3	261.4
93	66	117.3	183.3	264.2
94	66.7	118.3	185.5	267.1
95	67.4	119.9	187.4	269.9
96	68.1	121.2	189.4	272.7
97	68.3	122.7	191.4	275.6
98	69.5	123.7	193.3	278.4
99	70.3	125	195.3	281.3
100	71	126.2	197.3	284.1

جدول اندازه گیری آبدهی به روش اریفیس ORIFICE

8" pipe - 7" orif		8" pipe - 6" orif		8" pipe - 5" orif	
Head(In)	Q(L/sec)	Head(In)	Q(L/sec)	Head(In)	Q(L/sec)
2	25.61	2	14.38	2	8.74
4	36.22	4	20.33	4	12.37
6	44.36	6	24.90	6	15.15
8	51.22	8	28.75	8	17.49
10	57.26	10	32.14	10	19.55
12	62.73	12	35.21	12	21.42
14	67.76	14	38.03	14	23.14
16	72.44	16	40.66	16	24.74
18	76.83	18	43.13	18	26.24
20	80.99	20	45.46	20	27.66
22	84.94	22	47.68	22	29.00
24	88.72	24	49.80	24	30.29
26	92.34	26	51.83	26	31.53
28	95.82	28	53.79	28	32.72
30	99.19	30	55.68	30	33.87
32	102.44	32	57.50	32	34.98
34	105.59	34	59.27	34	36.06
36	108.66	36	60.99	36	37.11
38	111.63	38	62.66	38	38.12
40	114.53	40	64.29	40	39.11
42	117.36	42	65.88	42	40.08
44	120.12	44	67.43	44	41.02
46	122.92	46	68.94	46	41.94
48	125.56	48	70.43	48	42.85
50	128.15	50	71.88	50	43.73
52	130.69	52	73.30	52	44.59
54	133.18	54	74.70	54	45.44
56	135.62	56	76.07	56	46.28
58	138.02	58	77.42	58	47.10
60	140.38	60	78.74	60	47.90
62	142.70	62	80.04	62	48.69
64	144.98	64	81.32	64	49.47
66	147.23	66	82.58	66	50.24
68	149.45	68	83.82	68	50.99
70	151.63	70	85.05	70	51.74
72	153.78	72	86.25	72	52.47
74	155.90	74	87.44	74	53.20
76	158.99	76	88.62	76	53.91
78	160.06	78	89.78	78	54.62
80	162.10	80	90.92	80	55.31
85	167.09	85	93.72	85	57.02
90	171.93	90	96.44	90	58.67
95	176.64	95	99.08	95	60.28
100	181.23	100	101.65	100	61.84

علاقم و مشخصات سازه های آبی در نقشه ها

رنگ	علامت	شرح
قرمز	○	۱- جامه های دستی
قرمز	○	۲- جامه های دستی جنک
قرمز	○	۳- جامه های موزری سفید
قرمز	○	۴- جامه های اکریلیک
قرمز	○	۵- جامه های اکریلیک جنک
قرمز	○	۶- جامه های نیبه سفید
قرمز	○	۷- جامه های نیبه سفید جنک
قرمز	○	۸- جامه آرزوین
قرمز	○	۹- جامه خرا آرزوین در سوره تحت فشار
قرمز	○	۱۰- قنات دایره با جهت جریان آب
قرمز	○	۱۱- قنات پاره
قرمز	○	۱۲- چشمه معمولی
قرمز	○	۱۳- چشمه های آبی از آب آنها بهره داری می شود.
قرمز	○	۱۴- چشمه های سفیدی و آنگرم
قرمز	○	۱۵- سوره چند چشمه
قرمز	○	۱۶- چشمه کارسیک

جدول انتخاب لوله جدار چاه متناسب با دبی استحصالی در یک سوره آبدار

حداقل قطر اندازه لوله جدار (اینچ)	اندازه متناسب لوله جدار (اینچ)	اندازه قطر پمپ (اینچ)	آبدهی پیشنهادی شده چاه (لیتر در ثانیه)
۵ ID	۱ ID	۴	کمتر از ۱
۵ ID	۸ ID	۵	۵-۱۱
۸ ID	۱۰ ID	۱	۹-۲۵
۱۰ ID	۱۲ ID	۸	۲۲-۳۱
۱۲ ID	۱۴ OD	۱۰	۳۸-۵۷
۱۴ OD	۱۶ OD	۱۲	۵۳-۸۲
۱۶ OD	۲۰ OD	۱۴	۷۱-۱۱۴
۲۰ OD	۲۴ OD	۱۶	۱۰۱-۱۹۰

ID یعنی قطر داخلی (Inside diameter)
 OD یعنی قطر خارجی (Outside diameter)

جدول اندازه گیری آبدهی به روش اریفیس ORIFICE

K=0.640

K=0.825

K=0.558

K=0.589

Head In.	6" Pipe - 4" Orif.			6" Pipe - 5" Orif.		
	gmp	L/Sec	m ³ /hr	gmp	L/Sec	m ³ /hr
2	91.27	5.78	20.73	183.84	11.60	41.77
4	120.08	8.14	29.32	259.99	16.40	59.06
6	158.09	9.97	35.91	318.42	20.09	72.33
8	182.58	11.52	41.47	367.88	23.20	83.52
10	204.10	12.96	46.38	411.06	25.94	93.38
12	223.57	14.11	50.78	450.31	28.41	102.29
14	241.50	15.24	54.86	486.39	30.69	110.50
16	258.16	16.29	58.64	519.96	32.81	118.12
18	273.82	17.28	62.20	551.52	34.80	125.28
20	288.63	18.21	65.56	581.35	36.68	132.06
22	302.72	19.10	68.76	609.73	38.47	138.51
24	316.18	19.95	71.82	636.84	40.18	144.66
26	329.09	20.76	74.76	662.84	41.82	150.57
28	341.50	21.55	77.57	687.88	43.40	156.25
30	353.50	22.31	80.30	712.01	44.93	161.74
32	365.10	23.04	82.93	735.36	46.40	167.04
34	376.33	23.74	85.49	757.99	47.83	172.18
36	387.24	24.43	87.98	779.97	49.21	177.17
38	397.85	25.10	90.37	801.34	50.56	182.03
40	408.19	25.76	92.72	822.18	51.87	186.76
42	418.27	26.39	95.01	842.48	53.16	191.37
44	428.11	27.01	97.25	862.28	54.41	195.87

46	437.73	27.62	99.42	881.68	55.63	200.28
48	447.15	28.21	101.57	900.63	56.83	204.58
50	456.37	28.79	103.67	919.20	58.00	208.80
52	465.41	29.37	105.72	937.40	59.15	212.94
54	474.27	29.92	107.73	955.26	60.27	216.99
56	482.98	30.47	109.71	972.79	61.38	220.98
58	491.53	31.01	111.65	990.01	62.47	224.89
60	499.93	31.54	113.56	1006.93	63.54	228.73
62	508.19	32.07	115.44	1023.58	64.58	232.51
64	516.32	32.58	117.29	1039.95	65.62	236.23
66	524.33	33.08	119.11	1056.08	66.64	239.90
68	532.21	33.58	120.90	1071.96	67.64	243.51
70	539.98	34.07	122.66	1087.61	68.63	247.06
72	547.64	34.55	124.40	1103.04	69.60	250.56
74	555.20	35.03	126.12	1118.26	70.56	254.02
76	562.63	35.50	127.81	1133.28	71.51	257.43
78	570.01	35.97	129.48	1148.08	72.44	260.80
80	577.27	36.42	131.13	1162.71	73.36	264.12
85	595.03	37.55	135.17	1198.48	75.62	272.25
90	612.63	38.63	139.09	1233.24	77.82	280.14
95	629.06	39.69	142.90	1267.03	79.95	287.82
100	645.38	40.72	146.60	1299.94	82.02	295.29

Q=KA 2gh

Q=KA 2gh

Head In.	6" Pipe - 2" Orif.			6" Pipe - 3" Orif.		
	gmp	L/Sec	m ³ /hr	gmp	L/Sec	m ³ /hr
46	95.07	5.99	21.59	225.45	14.22	51.21
48	97.11	6.13	22.06	230.30	14.53	52.31
50	99.12	6.25	22.51	235.05	14.83	53.38
52	101.08	6.38	22.97	239.70	15.12	54.45
54	103.00	6.49	23.40	244.27	15.41	55.47
56	104.89	6.62	23.83	248.75	15.69	56.50
58	106.75	6.73	24.25	253.15	15.97	57.50
60	108.57	6.85	24.66	257.48	16.25	58.48
62	110.37	6.96	25.07	261.74	16.51	59.45
64	112.14	7.07	25.47	265.93	16.78	60.41
66	113.87	7.18	25.87	270.05	17.04	61.34
68	115.58	7.29	26.26	274.11	17.29	62.27
70	117.27	7.40	26.64	278.11	17.55	63.18
72	118.94	7.50	27.02	282.06	17.79	64.07
74	120.58	7.61	27.39	285.95	18.04	64.95
76	122.20	7.71	27.76	289.79	18.28	65.83
78	123.79	7.81	28.12	293.57	18.52	66.68
80	125.37	7.91	28.48	297.32	18.76	67.54
85	129.23	8.18	29.35	306.48	19.34	69.62
90	132.98	8.39	30.21	315.35	19.89	71.63
95	136.62	8.62	31.03	323.99	20.44	73.60
100	140.17	8.84	31.84	332.41	20.97	75.51

Head In.	8" Pipe - 3" Orif.			8" Pipe - 4" Orif.		
	gmp	L/Sec	m ³ /hr	gmp	L/Sec	m ³ /hr
2	45.08	2.84	10.24	83.43	5.26	18.95
4	63.79	4.02	14.48	117.98	7.44	26.80
6	78.08	4.92	17.73	144.50	9.12	32.82
8	90.16	5.68	20.48	166.86	10.53	37.90
10	100.81	6.36	22.90	186.55	11.77	42.37
12	110.43	6.97	25.08	204.36	12.89	46.42
14	119.28	7.52	27.09	220.73	13.93	50.14
16	127.51	8.04	28.96	235.97	14.89	53.60
18	135.25	8.53	30.72	250.28	15.79	56.85
20	142.56	8.99	32.38	263.83	16.65	59.93
22	149.52	9.43	33.96	276.70	17.46	62.85
24	156.17	9.85	35.47	289.01	18.23	65.65
26	162.55	10.25	36.92	300.81	18.96	68.33
28	168.68	10.64	38.32	312.16	19.66	70.91
30	174.61	11.02	39.68	323.12	20.33	73.40
32	180.33	11.38	40.96	333.72	21.06	75.81
34	185.88	11.73	42.22	343.99	21.70	78.14
36	191.27	12.07	43.45	353.96	22.33	80.41
38	196.52	12.40	44.64	363.66	22.95	82.61
40	201.62	12.72	45.80	373.11	23.54	84.50
42	206.60	13.04	46.93	382.32	24.12	86.35
44	211.46	13.34	48.03	391.32	24.69	88.09

Q=KA 2gh

Q=KA 2gh

اندازه گیری دبی

دبی در آبریز متناهی با زاویه ۹۰ درجه بر حسب فوت مکعب در ثانیه

H فوت	دبی	H فوت	دبی	H فوت	دبی
0.20	0.046	0.47	0.382	0.74	1.18
0.21	0.052	0.48	0.403	0.75	1.22
0.22	0.058	0.49	0.424	0.76	1.26
0.23	0.065	0.50	0.445	0.77	1.30
0.24	0.072	0.51	0.468	0.78	1.34
0.25	0.080	0.52	0.491	0.79	1.39
0.26	0.088	0.53	0.515	0.80	1.43
0.27	0.096	0.54	0.539	0.81	1.48
0.28	0.106	0.55	0.564	0.82	1.52
0.29	0.115	0.56	0.590	0.83	1.57
0.30	0.125	0.57	0.617	0.84	1.61
0.31	0.136	0.58	0.644	0.85	1.65
0.32	0.147	0.59	0.672	0.86	1.71
0.33	0.159	0.60	0.700	0.87	1.76
0.34	0.171	0.61	0.730	0.88	1.81
0.35	0.184	0.62	0.760	0.89	1.86
0.36	0.197	0.63	0.790	0.90	1.92
0.37	0.211	0.64	0.822	0.91	1.97
0.38	0.226	0.65	0.854	0.92	2.02
0.39	0.240	0.66	0.887	0.93	2.08
0.40	0.256	0.67	0.921	0.94	2.13
0.41	0.272	0.68	0.955	0.95	2.19
0.42	0.289	0.69	0.991	0.96	2.25
0.43	0.306	0.70	1.03	0.97	2.31
0.44	0.324	0.71	1.06	0.98	2.37
0.45	0.343	0.72	1.10	0.99	2.43
0.46	0.362	0.73	1.14	1.00	2.49

دبی در پارچه‌های قائم با طول بر حسب فوت مکعب در ثانیه

H فوت	معرض کلر				H فوت	معرض کلر			
	۱	۲	۳	۴		۱	۲	۳	۴
0.10	0.03	0.05	0.09	0.76	1.34	2.02			
0.12	0.04	0.07	0.12	0.78	1.39	2.10			
0.14	0.05	0.09	0.15	0.80	1.45	2.18			
0.16	0.06	0.11	0.19	0.82	1.50	2.27			
0.18	0.07	0.14	0.22	0.84	1.56	2.35			
0.20	0.08	0.16	0.26	0.86	1.62	2.44			
0.22	0.10	0.19	0.30	0.88	1.68	2.52			
0.24	0.11	0.22	0.35	0.90	1.74	2.61			
0.26	0.12	0.25	0.39	0.92	1.81	2.70			
0.28	0.14	0.28	0.44	0.94	1.87	2.79			
0.30	0.15	0.31	0.49	0.96	1.93	2.83			
0.32	0.17	0.34	0.54	0.98	2.00	2.98			
0.34	0.19	0.38	0.59	1.00	2.06	3.07			
0.36	0.21	0.41	0.64	1.02	2.12	3.17			
0.38	0.22	0.45	0.70	1.04	2.19	3.26			
0.40	0.24	0.48	0.76	1.06	2.20	3.36			
0.42	0.26	0.52	0.81	1.08	2.32	3.45			
0.44	0.28	0.56	0.87	1.10	2.40	3.55			
0.46	0.30	0.61	0.94	1.12	2.48	3.65			
0.48	0.32	0.65	1.00	1.14	2.53	3.75			
0.50	0.34	0.69	1.06	1.16	2.60	3.85			
0.52	0.36	0.73	1.13	1.18	2.68	3.95			
0.54	0.38	0.78	1.20	1.20	2.75	4.06			
0.58	0.43	0.87	1.33						
0.60	0.45	0.92	1.40						
0.62	0.47	0.97	1.46						
0.64	0.50	1.02	1.55						
0.66	0.52	1.07	1.63						
0.68	0.55	1.12	1.70						
0.70	0.57	1.17	1.78						
0.72	0.60	1.23	1.86						
0.74	0.62	1.28	1.94						

دبی در لوله‌های آبدانه قائم ۸ اینچ بر حسب فیتز در ثانیه

H	دبی	H	دبی	H	دبی
4	35.50	24	69.53	44	84.46
5	31.78	25	71.26	45	86.49
6	34.34	26	72.88	46	88.63
7	37.62	27	74.11	47	90.77
8	40.33	28	75.33	48	92.92
9	42.75	29	76.94	49	95.07
10	45.18	30	78.10	50	100.9
11	47.31	31	79.38	51	101.62
12	49.35	32	80.67	52	102.9
13	51.45	33	81.95	53	103.75
14	53.30	34	83.09	54	104.75
15	55.30	35	84.57	55	105.75
16	57.01	36	85.51	56	106.61
17	58.86	37	86.79	57	107.75
18	60.57	38	87.79	58	108.60
19	62.28	39	89.08	59	109.80
20	63.95	40	90.07	60	110.45
21	65.42	41	91.36		
22	66.98	42	92.50		
23	68.41	43	93.07		

دبی در لوله‌های آبدانه قائم ۴ اینچ (فیتز در ثانیه)

H (Cm)	دبی	H (Cm)	دبی	H (Cm)	دبی
4	10.02	24	30.28	44	1.5
5	17.67	25	40.08	45	7.1
6	19.32	26	40.88	46	5.36
7	21.16	27	41.08	47	3.0
8	22.68	28	42.49	48	4.7
9	24.05	29	43.29	49	12
10	25.41	30	43.93	50	7.6
11	26.61	31	44.65	51	57.18
12	27.81	32	45.37	52	57.88
13	28.94	33	46.09	53	58.66
14	29.98	34	46.74	54	59.82
15	31.10	35	47.48	55	59.48
16	32.06	36	48.10	56	59.86
17	33.11	37	48.82	57	60.61
18	34.07	38	49.46	59	61.06
19	35.03	39	50.10	59	61.65
20	35.91	40	50.86	60	62.10
21	36.79	41	51.39		
22	37.68	42	52.05		
23	38.40	43	52.35		

دبی در لوله‌های آبدانه قائم ۱۰ اینچ بر حسب فیتز در ثانیه

H	دبی	H	دبی	H	دبی
4	44.54	24	109.12	44	147.63
5	49.66	25	111.35	45	149.20
6	53.87	26	113.57	46	150.99
7	58.79	27	115.80	47	152.77
8	63.02	28	118.08	48	154.10
9	66.81	29	120.25	49	155.99
10	70.59	30	122.03	50	157.67
11	73.93	31	124.04	51	158.87
12	77.27	32	126.04	52	160.57
13	80.39	33	128.05	53	162.12
14	83.28	34	129.83	54	163.68
15	86.40	35	131.33	55	165.21
16	89.08	36	133.62	56	166.37
17	91.97	37	135.62	57	168.26
18	94.64	38	137.40	58	169.89
19	97.31	39	139.18	59	171.25
20	99.76	40	140.74	60	172.59
21	102.21	41	142.73		
22	104.86	42	144.53		
23	106.89	43	145.42		

دبی در لوله‌های آبدانه قائم ۴ اینچ (فیتز در ثانیه)

H (Cm)	دبی	H (Cm)	دبی	H (Cm)	دبی
4	7.12	24	17.45	44	23.62
5	7.94	25	17.81	45	23.87
6	8.58	26	18.17	46	24.15
7	9.40	27	18.52	47	24.44
8	10.07	28	18.88	48	24.65
9	10.89	29	19.24	49	24.04
10	11.29	30	19.62	50	25.22
11	11.82	31	19.84	51	25.40
12	12.96	32	20.18	52	25.72
13	12.96	33	20.48	53	25.04
14	13.82	34	20.77	54	25.18
15	13.82	35	21.09	55	25.43
16	14.25	36	21.37	56	26.05
17	14.71	37	21.69	57	26.83
18	15.14	38	21.96	58	27.15
19	15.57	39	22.27	59	27.40
20	15.88	40	22.01	60	27.61
21	16.35	41	22.35		
22	16.74	42	23.12		
23	17.10	43	23.26		

برگ آزمایش پمپاژ

گزارش عملیات آزمایش پمپاژ چاه _____ واقع در _____

۱ - موقعیت محل چاه

۲ - مشخصات چاه در حال آزمایش

عمق چاه _____ متر، طول لوله جدار _____ متر، قطر لوله جدار _____ اینچ

۳ - مشخصات پیزومتر مجاور چاه در حال پمپاژ

در فاصله _____ متری چاه در حال پمپاژ یک حلقه پیزومتر به عمق _____ متر حفاری شده.

۴ - مشخصات موتور پمپ آزمایشی:

الف - پمپ از نوع توربینی _____ طبقه یا لوله آبدی
اینچ و ظرفیت آبدی _____ لیتر در دقیقه
ب - موتور، دیزل _____ سیلندر ساخت کارخانه
به قدرت مفید _____ اسب بخار.

۵ - تاریخ نصب پمپ آزمایشی _____ عمق نصب توربین پمپ _____ متر

۶ - عمق سطح آب قبل از شروع پمپاژ در چاه اصلی _____ متر، در پیزومتر مجاور _____

۷ - توسعه و شستشوی چاه در ساعت _____ روز _____ با دور _____ در دقیقه

موتور شروع و به مدت _____ ساعت تا دور _____ در دقیقه ادامه یافت.

مجموع زمان توسعه چاه _____ ساعت

۸ - حداکثر آبدی چاه در شرایط موتور و پمپ آزمایشی و افت سطح آب _____ بوده است.

۹ - آزمایشهای انجام شده عبارتند از:

الف - آزمایش آبدی چاه و تعیین آبدی مجاز

■ آزمایش افت پله‌ای به مدت _____ ساعت

■ آزمایش برگشت پله‌ای به مدت _____ ساعت

ب - آزمایش افت یا آبدی ثابت ($Q=$) به مدت _____ ساعت

ج - آزمایش برگشت (جبران) به مدت _____ ساعت

مجموع زمان آزمایشهای پمپاژ _____ ساعت

ضمناً تعداد _____ بطری نمونه برای بررسی وضع کیفی آب چاه در طول توسعه و آزمایشهای پمپاژ برداشت شده.

جمع کل زمان پمپاژ (توسعه و آزمایش) _____ ساعت