جمهوری اسلامی ایران
سازمان برنامه و بودجه - وزارت نیرو

دستورالعمل رفتارسنجی کیفی آبهای زیرزمینی

معاونت امور فنی
دفتر امور فنی و تدوین معیارها

نشریه شماره ۱۸۷

جمهوری اسلامی ایران
سازمان برنامه و بودجه - وزارت نیرو

دستورالعمل رفتارسنجی کیفی آبهای زیرزمینی

نشریه شماره ۱۸۷

معاونت امور فنی
دفتر امور فنی و تدوین معیارها

۱۳۷۸

انتشارات سازمان برنامه و بودجه ۷۸/۰۰/۴۹

فهرستبرگه

سازمان برنامه و بودجه . دفتر امور فنی و تدوین معیارها
دستورالعمل رفتار سنجی کیفی آبهای زیرزمینی/سازمان برنامه و بودجه، معاونت امور فنی، دفتر امور فنی و تدوین معیارها؛ وزارت نیرو[طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور].- تهران: سازمان‌برنامه و بودجه ، مرکز مدارک اقتصادی - اجتماعی و انتشارات، ۱۳۷۸.
۴۸ ص.: مصور،جدول.- (سازمان‌برنامه و بودجه دفتر امور فنی و تدوین معیارها؛ نشریه شماره۱۸۷)

ISBN 964-425-163-6

فهرست‌نویسی بر اساس اطلاعات فیپا.
کتابنامه: ص.۴۸

۱.آب - مهندسی - استانداردها. ۲.آب - منابع. ۳. آبهای زیرزمینی - امکان سنجی.الف. ایران.وزارت نیرو.طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور. ب. سازمان برنامه و بودجه. مرکز مدارک اقتصادی - اجتماعی و انتشارات. ج. عنوان.

TC ۱۴۵/س۲د۵۵ ۶۲۷/۰۲۱۸
[TA۳۶۸]
کتابخانه ملی ایران ۷۸-۱۶۹۶۶م

شابک ۹۶۴-۴۲۵-۱۶۳-۶ ISBN 964-425-163-6

دستورالعمل رفتار سنجی کیفی آبهای زیرزمینی
تهیه کننده: معاونت امور فنی، دفتر امور فنی و تدوین معیارها
ناشر:سازمان برنامه و بودجه. مرکز مدارک اقتصادی - اجتماعی و انتشارات
چاپ اول: ۵۰۰ نسخه، ۱۳۷۸
قیمت: ۳۵۰۰ریال
چاپ و صحافی: موسسه زحل چاپ
همه حقوق برای ناشر محفوظ است.

جمهوری اسلامی ایران
سازمان برنامه و بودجه
دفتر رئیس

تاریخ : .....
شماره : .....
پیوست : .....

بسمه تعالی

به: تمامی دستگاههای اجرایی و مهندسان مشاور	شماره: ۱۰۲/۴۸۵۱ـ۵۴/۴۲۱۰ تاریخ: ۱۳۷۸/۸/۱۰

موضوع: دستورالعمل رفتارسنجی کیفی آب‌های زیرزمینی

به‌استناد ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه کشور و آئین‌نامه استانداردهای اجرائی طرحهای عمرانی این دستورالعمل ازنوع گروه [دوم] مذکور درماده هفت آئین نامه در [یک] صفحه صادر می‌گردد.

تاریخ مندرج در ماده ۸ آئین‌نامه در مورد این دستورالعمل [۱۳۷۸/۱۱/۱] می‌باشد.

به‌پیوست نشریه شماره ۱۸۷ دفترامورفنی وتدوین معیارهای این سازمان با عنوان "دستورالعمل رفتارسنجی کیفی آب‌های زیرزمینی" ابلاغ می‌گردد.

دستگاههای اجرایی و مهندسان مشاور می‌توانند مفاد نشریه مذکور و دستورالعمل‌های مندرج در آن را ضمن تطبیق با شرایط کار خود در طرح‌های عمرانی مورد استفاده قرار دهند.

محمدعلی نجفی
معاون رییس جمهور و رییس
سازمان برنامه و بودجه

بسمه تعالی

پیشگفتار

استفاده از ضوابط، معیارها و استانداردها در مراحل تهیه (مطالعات امکان سنجی) مطالعه و طراحی، اجرا، بهره‌برداری و نگهداری طرحهای عمرانی بلحاظ توجیه فنی و اقتصادی طرحها، کیفیت طراحی و اجرا (عمر مفید) و هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری از اهمیتی ویژه برخوردار می‌باشد.

نظام جدید فنی و اجرایی طرح‌های عمرانی کشور (مصوب جلسه مورخ ۱۳۷۵/۳/۲۳ هیأت محترم وزیران) بکارگیری از معیارها، استانداردها و ضوابط فنی در مراحل تهیه و اجرای طرح و نیز توجه لازم به هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری در قیمت تمام‌شده طرحها را مورد تأکید جدی قرار داده است.

با توجه به مراتب یاد شده و شرایط اقلیمی و محدودیت منابع آب در ایران، امور آب وزارت نیرو (طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور) با همکاری معاونت امور فنی سازمان برنامه و بودجه (دفتر امور فنی و تدوین معیارها) براساس ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه اقدام به تهیه استانداردهای مهندسی آب نموده است.

استانداردهای مهندسی آب با در نظر داشتن موارد زیر تهیه و تدوین شده است:

- استفاده از تخصصها و تجربه‌های کارشناسان و صاحبنظران شاغل در بخش عمومی و خصوصی
- استفاده از منابع و مآخذ معتبر و استانداردهای بین‌المللی
- بهره‌گیری از تجارب دستگاههای اجرایی، سازمانها، نهادها، واحدهای صنعتی، واحدهای مطالعه، طراحی و ساخت
- ایجاد هماهنگی در مراحل تهیه، اجرا، بهره برداری و ارزشیابی طرحها.
- پرهیز از دوباره‌کاریها و اتلاف منابع مالی و غیرمالی کشور
- توجه به اصول و موازین مورد عمل مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و سایر مؤسسات تهیه‌کننده استاندارد

ضمن تشکر از اساتید محترم دانشگاه صنعتی اصفهان، برای بررسی و اظهار نظر در مورد این استاندارد، امید است مجریان و دست‌اندرکاران بخش آب، با بکارگیری استانداردهای یاد شده، برای پیشرفت و خودکفایی این بخش از فعالیتهای کشور تلاش نموده و صاحبنظران و متخصصان نیز با اظهار نظرهای سازنده در تکامل این استانداردها مشارکت کنند.

دفترامور فنی و تدوین

معیارها

پاییز ۱۳۷۸

ترکیب اعضای کمیته

این استاندارد با مشارکت اعضای کمیته فنی شماره ۱۲ (آبهای زیرزمینی) طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور تهیه شده است که اسامی ایشان به شرح زیر است :

آقای رحیم اتحاد	سازمان برنامه و بودجه	دکترای آب و خاک
خانم فیروزه امامی	طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور	فوق‌لیسانس زمین‌شناسی
آقای محمدحسین رشیدی	کارشناس آزاد	فوق‌لیسانس زمین‌شناسی
آقای محمود صداقت	دانشگاه پیام نور	فوق‌لیسانس زمین‌شناسی و آب‌شناسی
آقای بیژن مهرسا	مرکز تحقیقات منابع آب (تماب)	فوق‌لیسانس آبهای زیرزمینی

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
مقدمه	۱
۱- تعریف و هدف رفتارسنجی کیفیت آب زیرزمینی	۲
۲-عوامل موثر در طراحی سیستم رفتارسنجی آب زیرزمینی	۳
۳- چاههای مشاهده‌ای ونمونه‌برداری	۵
۴- عملیات توسعهٔ شبکهٔ رفتارسنجی	۱۲
۵- رفتارسنجی منبع آلودگی	۱۳
۶- ضوابط نصب و استفاده از شبکه رفتارسنجی آبهای زیرزمینی	۱۴
۷-نمونه‌برداری از چاههای رفتارسنجی	۳۰
۸- مرحله‌های رفتارسنجی کیفی آب زیرزمینی	۴۲
۹- منابع و مآخذ	۴۸

مقدمه

بررسی امکانات بالقوه منابع آب کشور نشان می‌دهد که حدود ۳۰ درصد آن را منابع آب زیرزمینی تشکیل می‌دهد، در حالی‌که در شرایط موجود، سهم آبهای زیرزمینی از کل مصارف آب متجاوز از ۵۰ درصد است. علی‌رغم چنین اهمیتی که منابع آب زیرزمینی در تأمین آب مصرفی کشور دارد، بهره‌برداری بی‌رویه از این منابع طی چند دهه اخیر، صرفنظر از محدودیتهای کمی، موجبات بروز محدودیتهای جدی کیفی را نیز فراهم آورده است. علاوه براین امروزه موارد بسیاری از آلودگی و تغییر کیفیت شیمیایی منابع آب زیرزمینی به ویژه در مناطق صنعتی و شهرهای بزرگ مشاهده می‌شود. آلودگی آبهای زیرزمینی معمولاً زمانی روی می‌دهد که مواد انحلال پذیر یا غیرقابل حل ناشی از فعالیتهای انسانی به منابع آب زیرزمینی و یا حریم این منابع وارد می‌شوند. بدیهی است که کیفیت منابع آب زیرزمینی به‌طور طبیعی تحت تأثیر نهشته‌ها و سازندهای زمین‌شناسی قرار گرفته و کیفیت متفاوتی پیدا می‌کند. بالابودن غلظت این‌گونه مواد در آب، مصرف بالقوه آن را به خصوص برای شرب محدود می‌کند.

در مدیریت منابع آب زیرزمینی، کنترل مستمر مقادیر برداشت، روند تغییرات سطح آب زیرزمینی و شناخت تغییرات کیفی، مناطق آلوده و آلودگی آبهای زیرزمینی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و تدوین برنامه‌ای عملی برای نظارت مستمر بر روند تغییرات کمی و کیفی آن در طول زمان اجتناب‌ناپذیر است. چنین برنامه‌ای را دستورالعمل رفتارسنجی (پایش) آب زیرزمینی [1] می‌نامند.

در فرآیند توسعه پایدار، حفاظت کمی و کیفی از منابع آب زیرزمینی، کاهش یا زدودن آلودگیها و در نهایت مدیریت مطلوب این منابع بدون شناخت رفتار این منابع در ارتباط با نحوه بهره‌برداریها، آلودگیهاو تغییرات زمانی کمی و کیفی آن عملی نیست و لازم است روشهای مناسب براساس نتایج حاصل از رفتارسنجی مورد بررسی،انتخاب و اجرا قرار گیرند. درکشور ما به رغم اهمیت منابع آبهای زیرزمینی چه به لحاظ سهم آن درکل پتانسیل منابع آب کشور و چه از جهت سهم آن درکل میزان منابع آب مورد مصرف فعلی، رفتار این منابع در ارتباط با بهره‌برداریها و عوامل مؤثر در تغییرات کیفی آن چندان شناخته شده نیست و اساساً چارچوبها، روشهاو ضوابط آن تاکنون مورد بررسی و تدوین قرار نگرفته است.

در راستای رفع این نارسایی، دستورالعمل حاضر تحت عنوان «دستورالعمل رفتارسنجی منابع آب زیرزمینی» ضوابط و معیارهای رفتارسنجی منابع آب زیرزمینی در زمینه‌های اصلی مانند: عوامل و ضوابط ایجاد و توسعه شبکه رفتارسنجی، تعیین محل و تراکم شبکه رفتارسنجی، طراحی چاههای رفتارسنجی را مورد بحث قرار می‌دهد.

لازم به توضیح است که این دستورالعمل در زمینه رفتارسنجی کیفی در این مرحله ارائه می‌شود و دستورالعمل دیگری در مورد رفتارسنجی کمی پس از تهیه، متعاقباً انتشار خواهد یافت.

1- ground water monitoring

۱- تعریف و هدف رفتارسنجی کیفیت آب زیرزمینی

"رفتارسنجی کیفیت آب می‌تواند به‌صورت یک برنامه طراحی شده نظارت مستمر، شامل نمونه‌برداری مستقیم و کنترل کیفیت از راه دور (دورسنجی کیفیت آب)، بررسی علل بالقوه تغییرات موجود و تحلیل علت تغییرات کیفی گذشته و همچنین پیش‌بینی چگونگی تغییرات کیفی در آینده تعریف شود».

بر این اساس، هدف اصلی و کلی رفتارسنجی کیفیت آب زیرزمینی می‌تواند به دو صورت زیر بیان شود:
- دستیابی به نوعی اطلاعات که منجر به تصمیم‌گیری شود.
- حصول آگاهی اولیه ازآلودگی آب زیرزمینی، و روند تغییرات آن

علاوه بر جنبه‌های فوق‌الذکر، نظارت بر کیفیت آب در چاهها، قنوات و چشمه‌ها ممکن است سایراهدافی را که کم وبیش مرتبط با جلوگیری، حذف و یابه‌طور کلی بررسی آلودگی آب است، برآورده کند. به عنوان مثال، این اقدام را می‌توان برای تعیین مناسب بودن آب برای یک مصرف موردنظر، یا تصفیه‌های مورد نیاز برای این مصرف و روش تصفیه بهینه به‌کار برد. استفاده معمول دیگر، کسب اطلاعات درباره حرکت طبیعی آب زیرزمینی در یک آبخوان، مشخصات زمین‌شناسی یا خصوصیات شیمیایی طبیعی آن است.

قلمرو رفتارسنجی کیفی را می‌توان تحت عناوین زیر بیان کرد:
الف- رفتارسنجی حوضه‌ای آب زیرزمینی
ب - رفتارسنجی منبع آلودگی
ج - رفتارسنجی موردی
د - رفتارسنجی پژوهشی

رفتارسنجی حوضه‌ای، سنجش شرایط و روندهای کیفیت آب نسبت به استانداردها و معیارها در مقیاس حوضه آب زیرزمینی است. این کنترل کیفی باید معرف موقعیت مکانی مشخص و عوامل تغییر دهنده کیفیت آب در آن باشد. رفتارسنجی منبع آلودگی تنها در بررسی پسآبهای وارده به آب زیرزمینی که بر کیفیت آب اثر می‌گذارد، خلاصه می‌شود.

رفتارسنجی موردی را می‌توان جمع‌آوری مدارک و شواهد برای کنترل وضعیت آلودگیهای محلی موجود و پیش‌بینی شده دانست.

رفتارسنجی پژوهشی، عبارت از اقداماتی است که در زمینه بررسیهای تحقیقاتی صورت می‌گیرد.
لازم به توضیح است که در مفهوم کلی، رفتارسنجی کیفیت آب زیرزمینی در گذشته، تنها به فرآیند نمونه‌برداری از آب چاهها، قنوات و چشمه‌ها برای تجزیه شیمیایی اتلاق می‌شده است. بدیهی است این جنبه از رفتارسنجی دارای اهمیت زیادی است، اما به دلایل زیر تنها یک راه غیرمستقیم ارزیابی مسائل آلودگی خواهد بود:

- حرکت آب زیرزمینی به آهستگی صورت می‌گیرد و مواد آلوده‌کننده ممکن است ماهها و یا سالها بعد از رسیدن به آبخوان، به چاه نمونه‌برداری برسند.
- نمونه‌های برداشت شده از چاه در بهترین حالت، وضعیت کیفی آب زیرزمینی را در محدوده اطراف چاه نشان می‌دهد. حرکت مواد آلوده کننده تولید حجم معینی از آلودگی را می‌کند که به آهستگی حرکت می‌کند و در جهت جریان توسعه می‌یابد. با قبول افزایش هزینه‌های نظارت، لازم است در نقاط مختلفی که به قدر کافی معرف کیفیت آبخوان باشند، وضعیت آلودگی مورد اندازه‌گیری قرار گیرد.
- ردیابی اثر آلودگی از یک نقطه اندازه‌گیری مانند: چاه، قنات و یا چشمه در نزدیکی منبع آلودگی، بدون اطلاع قبلی از محل این منبع، اگر عملاً غیر ممکن نباشد، بسیار مشکل است.
- باید تغییرات بالقوه کیفیت آب چاه، در جایی که غلظتهای قابل توجهی از مواد آلوده کننده وجود دارد مورد توجه قرار گیرد و در صورت امکان برای حذف آنها اقدام شود. برای بررسی این تغییرات، پمپاژ آب عمل معقولی است، اما نمونه میانگین را به دست می‌دهد.

تشخیص پتانسیل آلودگی ناشی از هر فعالیت موردنظر، به لحاظ نظارت و کنترل مستمر بر چنین فعالیتی، در مقایسه با تجزیه آب چاهها روش مستقیم‌تری محسوب می‌شود.

۲- عوامل مؤثردر طراحی سیستم رفتارسنجی آب زیرزمینی

همان طوری که قبلاً اشاره شد، به منظور رفتارسنجی کیفیت آب در چاهها، چشمه‌ها و قنوات، همچنین برای نظارت مستمربرخی پارامترهای مربوط به منابع بالقوهٔ آلوده کننده، وجود یک سیستم رفتارسنجی که به درستی طراحی شده باشد ضروری است.

در تأسیس و تکمیل شبکه نقاط نمونه‌برداری، عوامل اصلی، شامل: انواع پارامترهای مورد سنجش، روشهای برداشت نمونه، توزیع مکانی نقاط نمونه‌برداری در سیستم و تکرار یا تناوب نمونه‌برداری است. در هر مورد، هدف رفتارسنجی در مناطق ویژه (محلی، حوضه‌ای و غیره) مهمترین اثر را در طراحی سیستم دارد. شش عامل اصلی در طراحی شبکهٔ نمونه‌برداری از چاهها به شرح زیر باید مورد توجه قرار گیرد :

الف - هدف خاص یا اهداف کلی رفتارسنجی در منطقه

ب- مشخصات هیدرولوژیکی و زمین‌شناسی سیستم آبخوان

ج- توزیع فعالیتهای موجود و آینده که منجر به آلودگی احتمالی آب زیرزمینی می‌شوند و یا طبقه‌بندی منابع آلوده‌کنندهٔ مشخص و نامشخص

د- انواع آلودگیهای حاصل از فعالیتهای بالا

ه - محلهای توسعهٔ موجود یا مورد نظر آب زیرزمینی

و- ارزش فعلی یا آتی منابع آب زیرزمینی

عوامل فوق، تأثیر قطعی در متغیرهای طراحی سیستم دارد و ارزیابی قبلی آنها برای استفادهٔ موفق از سیستم رفتارسنجی ضروری است. همان طور که قبلاً بیان شد، رفتارسنجی می‌تواند همه آبخوان، اطراف منابع بالقوه و یا مناطق مجاور چاههای بهره‌برداری موجود را دربرگیرد. به طور کلی، تعیین توزیع مکانی کیفیت آب زیرزمینی در طول زمان پرهزینه است. برای اینکه با حداقل هزینه اهداف مورد نظر برآورده شود، لازم است تعداد چاههای نمونه‌برداری به حداقل ممکن کاهش یابد. این عمل با تحلیلهای مناسب داده‌های هیدروژئولوژیک (سطح آب زیرزمینی، قابلیت انتقال، شرایط مرزی و نواحی تغذیه و تخلیه) توأم با مشخصات مواد آلوده‌کننده و محلهای آلودگی بالقوه، برای تعیین گسترش مورد انتظار و حرکت آلودگی انجام می‌پذیرد.

هدف مطلوب برای هر شبکهٔ مشاهداتی، شناخت درجهٔ آلودگی در چندین نقطهٔ اطراف منبع آلودگی، به ویژه در جهت محلهای برداشت آب زیرزمینی است.

برای کاهش تعداد چاهها، برقراری ۴ ایستگاه اندازه‌گیری در اطراف ناحیهٔ آلوده به شرح زیر پیشنهاد می‌شود :

الف - در نقطه‌ای که غلظت مواد آلوده‌کننده زیاد باشد.

ب - در نقطه‌ای که آلودگی متوسط و کیفیت آب برای مصرف‌کننده قابل اعتراض باشد.

ج- در نقطه‌ای که کیفیت آب برای مصرف‌کننده قابل اعتراض نیست : ولی آلودگی قابل تشخیص باشد.

د- در نقطهٔ فاقد آلودگی

به‌منظور برآوردن هدف اولیه رفتارسنجی می‌توان با اندازه‌گیریهای انجام شده در نقاط «ب» و «ج» و با تعیین روند آلودگی امکان تصمیم‌گیری را به وجود آورد. در تعیین محل نقطهٔ «ج» لازم است توجه خاصی مبذول شود؛ زیرا مقادیر کم آلودگی، هشداری اولیه در مسائل جدیتر بعدی است.

برای به حداقل رسانیدن هزینهٔ رفتارسنجی، می‌توان از هرگونه روش تحلیلی و یا مدلهای ریاضی که بتواند حتی با تقریب زیاد در تعیین محل چهار ایستگاه اخیر کمک کند استفاده کرد. در صورتی که استفاده از یک مدل کیفی مورد نظر باشد، نقاط دیده‌بانی بستگی مستقیم با محل گره‌های مدل دارد.

۳- چاههای مشاهده‌ای و نمونه‌برداری

تعیین کیفیت آب موجود در آبخوان از طریق تجزیه فیزیکوشیمیایی نمونه آب زیرزمینی صورت می‌گیرد. روش برداشت نمونه اهمیت بسیار زیادی در تفسیر بعدی نتایج دارد. این موضوع را با طراحی صحیح سیستم می‌توان مورد توجه قرار داد.بدیهی است در صورت نامناسب بودن روش نمونه‌برداری، تفسیرهای نادرستی از نتایج آزمایش صورت خواهد گرفت. برای شرح خصوصیات، محدودیتها و اهمیت روشهای نمونه‌برداری مختلف، نمونه‌برداری در آبخوانهای چند لایه و تک لایه مورد بررسی قرار می‌گیرد.

متداولترین روش نمونه‌برداری از آب زیرزمینی در یک آبخوان ساده، برداشت نمونه آب از یک چاه در حال پمپاژ،مدتی بعد از شروع پمپاژ، است. در عمل تا وقتی که هدایت الکتریکی آب ثابت شود، پمپاژ ادامه می‌یابد.معمولاً ۱۰ تا ۳۰ دقیقه پمپاژ برای این کار کافی است. بعد از این مدت، نمونه لازم برای تجزیه برداشت می‌شود. تجزیه این نمونه، معرف کیفیت متوسط آب در ناحیه اطراف چاه، در عمقی است که لوله‌های مشبک [۱] نصب شده است.

به عنوان تقریب اول، اگر تغییرات کیفیت در جهت قائم قابل اغماض باشد وکف چاه به انتهای لایه آبدار رسیده باشد و لوله مشبک به طور کامل ضخامت منطقه اشباع را بپوشاند، نمونه برداشت شده معرف کیفیت آب زیرزمینی در ناحیه اطراف چاه است. لازم است توجه خاصی در مورد عمق چاه، محل توری (اسکرین) چاه نسبت به عمق کف آبخوان و ضخامت بخش اشباع، تغییرات قائم مورد انتظار ترکیب آب زیرزمینی، زمان شروع پمپاژ و ثابت شدن هدایت الکتریکی مبذول شود. نمونه‌برداری در چاههایی که از قبل پمپاژ نشده‌اند توصیه نمی‌شود؛ زیرا نمونه‌های برداشت شده از دقت کافی برخوردار نیستند. در آبخوانهای آزاد و ضخیم تک لایه‌ای که تغییرات کیفی در جهت قائم موردنظر باشد، روشهای نمونه‌برداری به شرح زیر است :

الف - روش ساده انداختن سوند هدایت الکتریکی به داخل چاه و تهیه لوگ چاه [۲]

ب - استفاده از دستگاه نمونه‌بردار قابل باز و بسته شدن در اعماق مختلف و برداشت نمونه‌های مورد نظر، اگر چاه برای مدت طولانی پمپاژ نشده باشد این روش می‌تواند توأم با خطا باشد.

ج - استفاده از یک پمپ کوچک برای اعماق مختلف یک آبخوان تک‌لایه‌ای، این پمپ ابتدا با ظرفیت کم (۰/۳لیتر بر ثانیه) به مدت ۱۰ تا ۳۰ دقیقه شروع به تخلیه آب می‌کند و بعد از خاتمه این مدت، نمونه‌های مورد نظر، برداشت می‌شود.

۱- منظور از لوله‌های مشبک در این دستورالعمل، Perforated pipes و Screen است.

۲- برای آگاهی بیشتر، به نشریه دستورالعمل چاه‌نگاری (۱۱۴ - ن) طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور مراجعه شود.

روش دیگری که بیشتر در آبخوانهای چندلایه‌ای تحت فشار انجام می‌شود، پمپاژ آب از اعماق مختلف ازطریق توپک (پکرهای)[1] جداکننده است. پمپ با استفاده از این توپک (پکرها) در اعماق موردنظر نصب و نمونه لازم برداشت می‌شود. این روش به تجهیزات گرانی نیاز دارد.

در راستای نظارت بر کیفیت آب در آبخوانهای چندلایه‌ای روشهای نمونه‌برداری به شرح زیر ابداع شده است:

- **هنگامی که در نظر است نظارت برکیفیت آب زیرزمینی درآبخوانهای منطبق بر هم صورت گیرد، چاههایی حفر می‌شوند که در اعماق مختلف مجهز به لوله‌های مشبک بوده و محل لایه‌های نفوذناپذیر مسدود شده باشد. این روش پرهزینه است ؛ اماسطح آب راهم می‌توان مورد اندازه‌گیری قرار داد. معمولیترین روشی که در آبخوانهای چند لایه‌ای صورت می‌گیرد، استفاده از همین روش است.**
- **اگر قرار باشد تنهایک چاه حفر شود، مقابل لایه‌های قابل نفوذ متوالی، توریهای (اسکرینهای) مناسب نصب شده و توپک (پکرهای) مختلف در اعماق مورد نظر نصب می‌شوند. این روش پرهزینه‌تر از حفرچند چاه با اعماق مختلف است.**
- **در آبخوانهای چند لایه‌ای باید دقت نمود که روش نمونه‌برداری منجر به جریان موقت آب از یک آبخوان به آبخوان دیگر نشود.**

اندازه‌گیری تعدادی از پارامترها باید در صحرا و بلافاصله بعد از نمونه‌برداری انجام گیرد. در صورتی که در فاصله بین نمونه‌برداری و تجزیه تأخیری رخ داده باشد، غلظتهای بی‌کربنات و pH در میان بقیه پارامترها به‌طور قابل توجهی تغییر پیدا می‌کند. در مورد پارامترهایی مثل Fe^{++}و Mn^{++}لازم است، بلافاصله تثبیت کننده یا فیکساتور[2] (چند قطره اسیدکلریدریک یا سولفوریک) به نمونه آب اضافه کرد؛ زیرا این دو فلز تمایل ترکیبی شدیدی با اکسیژن دارند. در بین پارامترهایی که اندازه گیری آنها در صحرا توصیه شده است، دما، pH، رنگ، طعم، EC، DO، قلیاییت کربناته و بی‌کربناته و CO_2 محلول قابل ذکرند. نمونه‌های آب زیرزمینی را می‌توان از نظر: فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیک و رادیولوژیک نیز تجزیه کرد؛ اگرچه تعداد پارامترهایی که ترکیب نمونه آب به آن وابسته است بسیار متغیر است؛ ولی معمولاً تعداد پارامترهای موردنیاز در هر طرح کم و محدوداست. جدول شماره۱، فهرست تجزیه کامل آب را نشان می‌دهد:

1- Packer

– برای آگاهی بیشتر به استاندارد دستورالعمل نامگذاری و حفاری چاههای آب (۱۰۱–الف) طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور مراجعه شود.

2- Fixator

جدول ۱- اجزای تشکیل دهنده یک آزمایش کامل[۱]

۱- داده‌های صحرایی		
- زمان نمونه‌برداری (سال/ ماه /روز/ ساعت)		
- ارتفاع نقطه		
-آبدهی (لیتر بر ثانیه)		برای استفاده در گزارش آمار آب زیرزمینی
- دما(درجه سانتیگراد)		
- خصوصیات اقلیمی		
۲- سیلیس	(SiO_2)	
۳- کاتیونها		
۳-۱ فلزات سنگین		
- آلومینیم	(Al)	
- آهن	(Fe)	:آهن دوظرفیتی
- آهن	(Fe)	:آهن سه‌ظرفیتی
- آهن	(Fe)	: مجموع آهن محلول
- آهن	(Fe)	:اگر نوع آن مشخص نشده باشد، مربوط به آهن محلول هنگام جمع‌آوری نمونه می‌شود.
- آهن	(Fe)	: آهن محلول در زمان تجزیه
- آهن	(Fe)	: آهن مجموع (آهن محلول و آهن حاصل از موادمعلق)
- منگنز	(Mn)	: بدون ذکرنوع به Mn محلول هنگام جمع‌آوری نمونه‌مربوط می‌شود.
- منگنز	(Mn)	: محلول هنگام تجزیه
- منگنز	(Mn)	:مجموع (منگنز محلول و منگنز حاصل از مواد معلق)
- تیتان	(Ti)	
-کروم	(Cr)	:کروم سه‌ظرفیتی
-کروم	(Cr)	:کروم شش ظرفیتی
-کروم	(Cr)	:کروم مجموع محلول

۱- برای آگاهی بیشتر در مورد ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی آب به نشریه شماره ۱۰۵۳ کمیسیون تدوین استاندارد ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی کشوری آب آشامیدنی مصوب بهمن ۱۳۷۵ مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی کشور که در تیرماه ۱۳۷۶ منتشر شده است، مراجعه شود.

- نیکل (Ni)
- مس (Cu)
- قلع (Sn)
- کبالت (Co)
- آرسنیک (As)
- سلنیم (Se)
- کادمیم (Cd)
- آنتی‌موان (Sb)
- جیوه (Hg)
- مولیبدون (Mo)
- وانادیوم (V)

۳-۲ قلیایی خاکی و قلیایی

- کلسیم (Ca)
- منیزیم (Mg)
- استرنسیم (Sr) قلیایی خاکی
- باریم (Ba)
- بریلیم (Be)
- سدیم (Na)
- پتاسیم (K) قلیایی
- لیتیم (Li)
- نیتروژن آمونیاکی برحسب NH_4
- اسیدیته آزاد(H^+) محاسبه شده (تا pH= ۴/۵)

۴- آنیونها

- بی‌کربنات (HCO_3)
- کربنات (CO_3)
- هیدروکسید (OH)
- سولفیت (SO_3)

- سولفات (SO_4)
- کلرید (Cl)
- فلوئورید (F)
- برمید (Br)
- یدید (I)
- نیتریت (NO_2)
- نیترات (NO_3)
- نیتروژن (N)
- اورتوفسفات (PO_4)
- فسفر برحسب PO_4
- سیانید برحسب CN

۵- مواد آلی، غیریونی و مقادیر محاسبه شده

- مواد فنولی برحسب C_6H_5OH
- روغنها و گریسها
- مواد آلی (مانند آفت‌کشهای گیاهی و جانوری، پاک‌کننده‌ها، هوماتها و نیتروبادیها)
- مجموع مواد محلول و معلق (TSS,TDS)
- افت بر اثر افروزش (کاهش وزن به علت خارج شدن مواد فرار در اثر گرما)
- مواد محلول:

محاسبه شده

میلی‌گرم در لیتر

تن متریک در ۱۰۰۰ متر مکعب

تن در روز

باقیمانده خشک

میلی‌گرم در لیتر

تن متریک در ۱۰۰۰ متر مکعب

تن در روز

- مواد جامد معلق در ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد
- سختی کل برحسب میلی‌گرم بر لیتر $CaCO_3$
- سختی غیرکربناته برحسب میلی‌گرم بر لیتر $CaCO_3$

- قلیاییت برحسب میلی‌گرم بر لیتر $CaCO_3$
- شاخص اشباع (لانژلیه)
- اسیدیته (کل، آزاد)
- درصد سدیم
- نسبت جذب سدیم (SAR)

۶- سایر داده‌ها

- هدایت الکتریکی (میکروزیمنس بر سانتی‌متر در ۲۵ درجه سانتی‌گراد)
- pH
- رنگ (PCU)
- کدورت (FTU = JTU = NTU)
- چگالی (در ۲۰ درجه سانتی‌گراد)
- ویسکوزیته (سانتی‌پواز در ۲۰ درجه سانتی‌گراد)

۷- گازهای بیوشیمیایی محلول و اندازه‌گیریهای مربوط

- بو
- اکسیژن خواهی بیوشیمیایی BOD (باکتریها و ویروسها)
- اکسیژن محلول DO

درصد اشباع

- اکسیژن مصرفی
- دی‌اکسید کربن آزاد (CO_2)
- سولفید برحسب H_2S
- کلر (Cl_2)

۸- رادیواکتیویته

- مجموع فعالیت آلفا، پیکوکوری بر لیتر (Pci/L)[1]
- مجموع فعالیت بتا+گاما، پیکوکوری بر لیتر
- رادیم (Ra) پیکوکوری بر لیتر
- اورانیم (U)، پیکوکوری بر لیتر
- رادیوایزوتوپها (Co,I,Sr رادیواکتیو و غیره)، پیکوکوری بر لیتر

1- ۱Pci = ۳/۷×۱۰ $^{-۲}$ Bq

برخی از پارامترها نظیر: آنیونها، کاتیونها، pH ، Ec و دما یا سایر مشخصات آب که به سهولت قابل اندازه‌گیری‌اند، سنجش آنها برداشت کلی از کیفیت آب را برای برخی مصارف عمومی در غیاب بقیهٔ اجـزای نـامطلوب بـه‌دست می‌دهد. از میان این پارامترها Na^{+} ، K^{+} ، Ca^{++} ، Mg^{++} ، Cl^{-} ، SO_4^{--} ، CO_3^{--}، HCO_3^{-} ، NO_3^{-} ، باقیمانده خشک، سختی قابل ذکرند و چون یونهای فوق به مقدار نسبتاً زیادی در آبهای زیرزمینی طـبیعی یـافت می‌شوند، تعیین کمیت آنها آسان است و از این‌رو اجزای اصلی تجزیه استاندارد آب به شمار می‌روند.

در هر سیستم رفتارسنجی با هدف مشخص، تمام عوامل شیمیایی مورد اندازه‌گیری قرار نمی‌گیرند. در برخی موارد فقط اندازه‌گیری یک پارامتر مانند: هدایت الکتریکی، که تقریباً متناسب با غلظت مجموع مواد محلول است، کافی است. انتخاب پارامترها برای رفتارسنجی در هر چاه مسئله مهمی است، زیرا مستقیماً بر کارایی فرآیند رفتارسنجی اثر می‌گذارد. عامل اصلی در تعیین نوع و تعداد پارامتر بستگی به نوع آلودگی دارد. بنابراین آگاهی قبلی از منابع آلوده کننده بالقوه و رفتار یا واکنش مواد آلوده‌کنندهٔ محتمل در سیستم آبخوان، در تعیین نوع و تعداد پارامترها کمک خواهد کرد.

به نظر نمی‌رسد ترتیب خاصی در نوع پارامترهای مورد رفتارسنجی در هریک از انواع مورد انتظار آلودگی وجـود داشته باشد. به عنوان مثال، در حالتی که آبخوانها در محدودهٔ اراضی آبیاری شده گسترش دارند، مهمترین عامل مورد اندازه‌گیری غلظت نیترات در پسابهای پمپاژ شده است، به ویژه اگر قرار باشد آب برای اهداف خانگی مورد مصرف قرار گیرد. اگر آب زیرزمینی برای آبیاری پمپاژ می‌شود، هدایت الکتریکی مهمترین عامل مورد اندازه‌گیری خواهد بود. بعضی از عناصر قابل ردیابی نیز در برخی آزمایشهای دوره‌ای، بـه ویـژه هـنگامی کـه در مـورد رفـتارسنجی تحقیقاتی باشد مورد تجزیه قرار می‌گیرند. به هر حال در تعیین پارامترهای رفتارسنجی، انحلال و انـتقال اجـزای سازندهای زمین‌شناسی در آب که در مسیر عبور آب قرار گرفته‌اند، نیز باید مورد توجه قرار داشته بـاشد. تـوصیه می‌شود آزمایشهای باکتریولوژیکی (شمارش کلی باکتریهای کلی‌فرم [1]) نیز خصوصاً هنگامی که آب زیرزمینی مورد پمپاژ به مصارف خانگی می‌رسد، انجام پذیرد.

در مناطقی که مدیریت آب، مسایل مربوط به انباشتگی تدریجی نمک را در برخی پروژه‌های تغذیهٔ مصنوعی مورد توجه قرار داده باشد، اندازه‌گیری پارامترهای کلی نظیر: TDS یا هدایت الکتریکی می‌تواند برای مقاصد کنترل حجم نمکها کافی باشد. هنگامی که احتمال وجود مواد آلی در آب باشد، تجزیه ترکیبات آلی انجام می‌شود. در حالت کلی ترکیبات کربندار به دی‌اکسید کربن تبدیل شده و مورد اندازه‌گیری قرار می‌گیرند.

۱- برای اطلاعات بیشتر در این مورد به دستورالعمل آزمون میکروبیولوژی آب (استاندارد شماره ۱۸۹- الف) طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور مراجعه شود.

فلزات سنگین یا عناصر کمیاب در آبهایی که برای مصارف مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند، بـه خـصوص در مناطق با توسعهٔ صنعتی که می‌تواند منجر به تولید غلظتهای بیش از حد مجاز شود، مورد تـجزیه قـرار مـی‌گیرند. شاخصترین این فلزات از نظر فراوانی: Al ، As ، Cr ، Cu ، Fe ، Mn ، Pb ، Li و Cd هستند.

۴- عملیات توسعهٔ شبکهٔ رفتارسنجی

عملیاتی که به طور تجربی لازم است برای توسعهٔ کارآمد شبکه مشاهده‌ای روی سیستم یک آبخوان صورت گیرد به شرح زیر است:

- ارزیابی اجرای طرح
- ارزیابی برنامه‌های موجود نمونه‌برداری و کیفیت گذشتهٔ آب در سیستم، به منظور مقایسه و برون‌یابی کیفیت آب در آینده. آمار اخیر علاوه بر فرآیند برون‌یابی، ابزار کارآمدی را برای ارزیـابی سـرعت تـغییرات و حسـاسیت آبخوان نسبت به تغییر کیفیت فراهم می‌کند.
- توصیه می‌شود همیشه در انتخاب نقاط نمونه‌برداری، همچنین روشهای نمونه‌برداری و تعیین پارامترهای مورد اندازه‌گیری، از نقاط نمونه‌برداری قبلی (در صورتی که وجود داشته باشد) استفاده شود.

معمولاً سیستم چاهها برای این منظور مورد توجه هستند، اما رفتارسنجی کیفیت در چشمه‌ها، قناتها و آبهای سطحی نیز به علت وجود ارتباط هیدرولیکی بین جریان سطحی و آبخوان مورد توجه قرار می‌گیرد. بررسیهای ژئوالکتریکی نیز ممکن است برای آشکارسازی توزیع ناحیه‌ای شوری مورد استفاده قرار گیرد.

همان طور که قبلاً اشاره شد، امکان برداشت نمونه از اعماق و آبخوانهای مختلف فراهم است. در بسیاری از موارد تنها پراکنش ناحیه‌ای چاهها مدنظر قرار دارد. چاههای آبرسانی به عنوان اولین انتخاب نقاط نمونه‌برداری منظور شده و انتخاب فاصلهٔ بین چاهها و محل دقیق هر چاه تنها با کمک عواملی که قبلاً بیان شده، امکانپذیر است.

با درنظر گرفتن این حقیقت که کیفیت آب زیرزمینی در شرایط طبیعی به مقادیر بسیارکمی در طول زمان تغییر می‌کند و نیز با توجه به اینکه فعالیتهای انسانی و نیز ازدیاد برداشت آب و یا افزایش تولید و دفع پساب در افزایش دامنه تغییرات سالانه و زوال تدریجی کیفیت آب شدیداً مؤثر است، لذا تناوب نمونه‌برداری با توجه به این فرآیندها تعیین می‌شود.

تناوب نمونه‌برداری از یک طرف تابع حساسیت آب زیرزمینی در مقابل تغییر کیفیت است و از طرف دیگر بستگی به امکان تأمین هزینه‌های مربوط رارد. برخی از دوره‌های زمانی پیشنهاد شده شامل: نمونه‌برداری روزانه و هفتگی برای

تغییرات سریع کیفی (تزریق مستقیم پساب به زمین) یا ماهانه، دو ماه یکبار و فصلی برای آگاهی از تغییرات سالانه و یا نمونه‌برداری سالانه برای بررسی دورنمای کیفی آب است. نمونه‌برداری‌های ۱۵ روز یکبار، یکبار در ماه یا دو ماه یکبار نزدیک منابع آلودگی و نمونه‌برداری دو بار در سال از چاههای بهره‌برداری یا نقاط نـزدیک بـه آن پـیشنهاد می‌شود. بدیهی است فواصل نمونه‌برداری تابع نوع عامل شیمیایی و دیگر شرایط هیدروژئولوژی خواهد بود.

در عمل در صورت عدم توسعهٔ عملیات رفتارسنجی در یک ناحیه توصیه می‌شود در فاصلهٔ اولین سال تعداد بیشتری از چاههای رفتارسنجی با تواتر بیشتر مورد نمونه‌برداری قرار گـیرند. در دوره‌هـای بـعد تـراکـم شـبکه و تـناوب نمونه‌برداری با توجه به نتایج حاصله و مشخصات ویژهٔ ناحیه اصلاح می‌شود.

۵- رفتارسنجی منبع آلودگی

مشاهدات دوره‌ای برخی از منابع آلوده کننده بالقوه را می‌توان به عنوان بخشی از سیستم رفتارسنجی درنظر گرفت. نظارت براین امر با استفاده از سیستم چاهها صورت گرفته و می‌تواند موارد زیر را شامل شود:

- کنترل دوره‌ای مستمر کیفیت و ترکیب پسابهای ورودی به آبخوان و تأسیسات تزریق پساب به آبخوان یا چاههای عمیق دفعی
- نظارت برعملکرد خطوط انتقال نفت‌وفاضلاب‌ومخازن ذخیره(مخازن ذخیره نفت، مواد شیمیایی، فاضلاب و...)
- نظارت بر فعالیتهای بهره‌برداری از معادن
- مراقبت و بازرسی مرتب تغییرات کاربری زمین با هدف تشخیص منابع جدید آلودگی آب زیرزمینی که به طور مقتضی و جداگانه مورد کنترل قرار می‌گیرد.
- ثبت فعالیتهایی از قبیل: حجم آب مورد تغذیه، انواع و مقادیر پس‌ماندهای جامد دفعی در محلهای دفن زباله و برنامه حمل و نقل مواد زاید خطرناک
- مدیریت دوره‌ای شامل: نظارت مرتب بر چگونگی آلودگی بالقوه در هر حوضه آبریز با توجه به مـقادیر کـمی اطلاعات موجود. آگاهی از روند تغییرات تخلیه و نوسانات سطح آب زیرزمینی می‌تواند نمایانگر هجوم تـازه آبهای شور، بالاآمدن آبهای شور فسیلی (محبوس) و وجود جریان نامناسب بین آبخوانها و یا از رودخـانه بـه آبخوان باشد. استفاده از مدل کامپیوتری در این مورد مفید است.
- تغذیه‌های واداری[1] آب آلوده شده رودخانه‌ها باید به طور مرتب در مناطقی‌که ارتباط هیدرولیکی بین آبخوان و رودخانه موجود است مورد بررسی قرار گیرد. زیرا آب سطحی آلوده هنگامی‌که سطح آب زیرزمینی پایین‌تر از رودخانه است می‌تواند وارد آبخوان شود. مدلهای کامپیوتری می‌توانند در ارزیابی و تحلیل جریان ورودی بالقوه از رودخانه به آبخوان که بر اثر توسعه بهره‌برداری در آینده (افزایش پمپاژ از آبخوان) به وجود می‌آید، کـمک مؤثری بکند.

1- Induced recharge

۶- ضوابط نصب و استفاده از شبکه رفتارسنجی آبهای زیرزمینی

در شرایطی که شبکه رفتارسنجی آبهای زیرزمینی برای نمونه‌برداری و اندازه‌گیری سطح آزاد آب و یا سطح پیزومتریک محدوده مرزهای طبیعی یک آبخوان مورد استفاده قرار می‌گیرد، توصیه می‌شود برای تعیین محل و تراکم شبکه، مشخصات فنی چاههای رفتارسنجی، روش اندازه‌گیری سطح آب، نمونه‌برداری از آبهای زیرزمینی، نگهداری و تجزیه و تحلیل آمار، ضوابط و معیارهای فنی زیر مورد توجه و استفاده قرارگیرند:

۶-۱ تعیین محل و تراکم شبکه رفتارسنجی

برای تعیین محل حفر چاههای رفتارسنجی، نتایج نمونه‌برداری و اندازه‌گیری سطح آب چاههای بهره‌برداری می‌تواند به عنوان ابزار سودمند مورد استفاده قرار گیرد. به این منظور لازم است برای جمع‌آوری نقشه‌های «تراز» آب زیرزمینی (نقشه خطوط تراز آب زیرزمینی)، نقشه هم عمق سطح آب زیرزمینی، نقشه محدوده آبخوانها و بالاخره نقشه‌های هدایت الکتریکی و تیپ آب زیرزمینی اقدام شود.

در نواحی تغذیه آب زیرزمینی که آبرفتها دانه درشت است و گرادیان هیدرولیکی [1] و سرعت آب زیرزمینی به‌طور نسبی بیش از نواحی پایین دست است، محل چاهها طوری انتخاب می‌شود که اطراف آنها دارای خصوصیات کم و بیش مشابه از نظر گرادیان هیدرولیک باشد. استفاده از نقشه هم عمق سطح آب زیرزمینی نیز در همین راستا است. به عبارت دیگر در مناطقی که سطح آب بالا است و تحت تأثیر تبخیر قرار می‌گیرد، وجود چاه رفتارسنجی ضرورت پیدا می‌کند.

استفاده از نقشه هدایت الکتریکی به منظور معرف بودن محل چاه با تغییرات املاح آب در منطقه بوده و استفاده از نقشه‌های تیپ آب برای این است که محل چاه حتی‌المقدور معرف تیپ مشخصی از آب اطراف خود باشد.

با توجه به اینکه در تعیین میانگین سطح آب و ترکیب شیمیایی آب زیرزمینی هردشت به طریق وزنی عمل می‌شود، لازم‌است مرکز ثقل هریک از تقسیمات چند ضلعی (پلی گون) مفروض معرف میزان متوسط کمیت مورد اندازه‌گیری مجموعه نقاط موجود در سطح هر چندضلعی باشد. بدیهی است در این طراحی از نقشه‌های توپوگرافی و راهها نیز استفاده خواهدشد تا سعی شود که امکان دسترسی به محل حفرچاه رفتارسنجی از طریق راههای موجود فراهم باشد. باید توجه داشت که این امر یک ضرورت نیست و نباید تحت‌الشعاع معیارهای فنی قرار گیرد.

1- Hydroulic gradient

در مورد مناطق تبخیری باتوجه به اینکه در اعماق بیش از ۳ متر، میزان تبخیر از آب زیرزمینی سریعاً کاهش می‌یابد، لذا ضرورت دارد در سطح هر چندضلعی مفروض واقع در ناحیه تبخیری، میزان تبخیر یکسان باشد.

از تعیین محل چاه در دامنه‌های مرتفع، دره‌ها، حدفاصل تپه‌ها، در مسیر آبراهه‌های زیرزمینی و مناطقی که با آبخوان ارتباط ندارند، خودداری می‌شود.

در مناطقی از آبخوان که توسط رودخانه تغذیه می‌شوند، منحنیهای نقشه خطوط تراز آب زیرزمینی و ترکیب شیمیایی تغییر پیدامی‌کنند. ضروری‌است در این‌گونه موارد محل چاه‌رفتارسنجی در فواصل نزدیک رودخانه نیز انتخاب شود.

از انتخاب محل چاه در مجاور انهار آبیاری، استخرها، چاههای مورد پمپاژ و سایر عواملی که بـه طـور مـحلی و موضعی سطح آب یا کیفیت آب چاه را تحت تأثیر قرار می‌دهند، باید خودداری شود. در محلهایی که تراکم چاههای بهره‌برداری زیاد بوده و رفتارسنجی آبها به‌منظور مطالعه اثر بهره‌برداری در تغییرات کیفی است، لازم است حفر یک یا چند حلقه چاه رفتارسنجی منظور شود.

تراکم چاهها به‌طور متوسط هر حلقه در هر ۲۵ کیلومتر مربع در نظر گرفته می‌شود. بدیهی است دراطراف جریانهای سطحی و زهکشهای طبیعی و مناطقی‌که سطح آب زیرزمینی تابع عوامل زمین‌شناسی و زمین‌ساختی است، مناطق تبخیری و نواحی دارای بهره‌برداری سنگین، سطح هر چندضلعی کوچکتر یا تعداد چاهها بیشتر است و در مناطق با بهره‌برداری کم و عمق سطح آب زیرزمینی پایین سطوح چندضلعی بزرگتر یا تراکم نسبی چاهها کمتر خواهد بود. معمولاً چاههای رفتارسنجی کیفیت، دارای تراکم بیشتری نسبت به چاههای اندازه‌گیری سطح آب هستند.

۲-۶ طراحی چاههای رفتارسنجی

طراحی چاههای ویژه رفتارسنجی به چگونگی استفاده از چاه بستگی دارد و می‌تواند برای موارد زیر مورد استفاده قرار گیرد:

- نمونه‌برداری
- اندازه‌گیری سطح آزاد آب زیرزمینی یا سطح پیزومتریک
- شناخت آلودگی
- بررسی‌های هیدروژئولوژیک
- تعیین ماهیت شیمیایی مواد آلوده کننده

در طراحی چاههای رفتارسنجی باید درنظرداشت که هزینه مناسبترین چاه رفتارسنجی که با مشخصات فنی مطلوب حفر و تکمیل می‌شود، تنها بخشی از هزینه‌های درازمدت تجزیه کیفیت آب را دربر می‌گیرد. بنابراین لازم‌است ساختمان چاههای رفتارسنجی بامطلوبترین شرایط ممکن، طراحی شوند[1].

برای چاههای رفتارسنجی از لوله‌های ۲، ۴، ۶و۸ اینچ استفاده می‌شود. مناسبترین قطر بستگی به عوامل متعدد محلی دارد. برای چاههای کم عمق یاموارد‌ی که تنها برای اندازه‌گیری سطح آب مورد استفاده قرار می‌گیرد، لوله‌گذاری با توریهای (اسکرینهای) ۲ اینچی مناسب است. برای انجام دادن نمونه‌برداری دقیقتر، توسعه بهتر، چاههای عمیقتر، یادر جایی که نوعی آزمایش پمپاژ یا بررسیهای ژئوفیزیکی مورد نیاز است لوله باید لااقل ۴ اینچ قطر داشته باشد.

بیشتر پمپهای نمونه‌برداری که برای چاههای با لوله ۲ اینچ ساخته شده‌اند، از نظرفنی در جهت حفظ مشخصه شیمیایی حقیقی نمونه، مناسبتر از پمپهای بزرگتر هستند. این پمپها با سرعتهای بسیار کم قابل راه‌اندازی و نمونه‌های برداشت شده از دقت بیشتری برخوردار هستند.

۳-۶ مشخصات فنی توری (اسکرین) برای چاههای رفتارسنجی

توریهای (اسکرینهای) چاههایی که مورد استفاده رفتارسنجی قرار می‌گیرند، باید دارای مشخصات زیر باشند:

- **از مواد بی‌اثر در مقابل آب ساخته شده باشند.**
- **سطح منافذ باید حداکثر باشد تا بازیافت نمونه سریع را آسان کند.**
- **اندازه شکافها درحدی باشد که ذرات صافی شنی و یاذرات سازنده لایه آبدار وارد چاه نشود و توسعه چاه امکانپذیر باشد.**
- **لبه‌های شکافها نباید به سمت چاه برآمدگی داشته باشد.**
- **شکل و تعداد شکافهاو قطر توری (اسکرین) باید اجازه توسعه مؤثر چاه رابدهد.**

انتخاب جنس توری (اسکرین) باید با دقت صورت گیرد. زیرا بسیاری از توریهای (اسکرینهای) رایج و یا مواد به کار برده شده در لوله‌ها مثل PVC، فولاد باکربن پایین و حتی فولاد ضدزنگ[2] ممکن است با آب زیرزمینی واکنش

۱- حفاری چاههای رفتارسنجی متناسب با شرایط و امکانات موجود به یکی از روشهای دستی، مته‌ای (augering)، فروبری یا فشاری (driving)، تزریقی (Jetting)، ضربه‌ای یا دورانی صورت می‌گیرد (برای اطلاعات بیشتر به استاندارد شماره ۱۰۱- الف، دستورالعمل نامگذاری و حفاری چاههای آب طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور مراجعه کنید).

2- stainless steel

نشان داده و داده‌های کیفی غلطی را به وجود آورند. تفلون گرانترین و کم‌دوامترین ماده ولی بی‌اثر است. فولاد ضدزنگ ماده بسیار بادوام با هزینه متوسط و اساساً بی‌اثر است. لوله پلی وینیل سخت (PVC) به دلیل هزینه کم به‌طور معمول مورد استفاده قرار می‌گیرد. ولی این گونه لوله‌ها تنها با اتصال ظریف قابل قبول هستند. لوله PVC با مواد اتصال دهنده قابل حل نباید هرگز مورد استفاده قرار گیرد؛ چون ماده اتصال دهنده، مواد آلی آلوده کننده، وارد آب می‌کند. تفلون، به دلیل ضعف ساختمانی و هزینه زیاد به عنوان ماده مورد استفاده در لوله، برای اغلب مصارف در مرتبه پایین‌تری نسبت به فولاد ضدزنگ قرار دارد. در چنین شرایطی PVC سخت با اتصالات ظریف، گزینه مناسبتری خواهد بود. به‌طورکلی باید عوامل زیر در انتخاب توری (اسکرین) موردتوجه قرار گیرد:

- نوع آلودگی مورد نمونه‌برداری
- خنثی بودن مواد و یا ایجاد واکنش شیمیایی
- مقاومت مواد
- سهولت نصب
- قیمت مواد

فهرست انواع عمده لوله‌ها و مواد به‌کار رفته در چاههای رفتارسنجی و مزایا و معایب آنها در جدول شماره ۲ نشان داده شده است.

انتخاب مواد لوله به‌طورکلی بستگی به طبیعت شیمیایی آب زیرزمینی دارد و نباید مسئله هزینه در تصمیم‌گیری دخالت داشته باشد. درجه‌های مختلفی از فولاد ضد زنگ مثل: 304 و 316 ترکیب بسیار خوبی را از نظر استحکام، قابلیت انعطاف و بی‌اثر بودن نسبت به اغلب آلودگیها فراهم می‌کنند. ولی به‌هرحال فولاد ضدزنگ در آبهای زیرزمینی که فلزات سنگین در آن وجود دارد نباید مورد استفاده قرار گیرد، زیرا نشت کروم و سایر مواد تشکیل‌دهنده فلزی ممکن است اتفاق افتد. مواد PVC برای این قبیل موارد کاربرد دارد. مگر اینکه برخی مواد شیمیایی آلی مثل: متیل‌اتیل کتون (MEK)، تولوئن، تری‌کلرواتیلن یا گزیلن وجود داشته باشد. تفلون برای اغلب موارد مناسب است. اما قیمت زیاد و مقاومت کم، استفاده از آن را محدود می‌کند. معمولاً لازم است آزمایشگاهی که تجزیه شیمیایی آب را انجام می‌دهد از تمام مواد مورد استفاده در سیستم چاه مطلع باشد.

در مواردی که توریهای (اسکرینهای) مورد استفاده در درون سازندهایی که دارای هدایت هیدرولیکی بسیار پایین هستند قرار می‌گیرند، برای جلوگیری از ورود ذرات ریز سیلت، ماسه و رس به درون چاه رفتارسنجی، منحنی توزیع دانه‌بندی برای ساخت صافی، اندازه‌ای از دانه‌ها که معادل حاصلضرب ۵۰ درصد اندازه باقیمانده ریزترین سازند نمونه‌گیری شده در عدد ۲ است، انتخاب می‌شود. اگر ممکن باشد، میزان فضای باز توری (اسکرین) باید حدود تخلخل طبیعی سازند (یعنی ۱۵ تا ۲۰ درصد) باشد تا زمان موردنیاز برداشت یک نمونه آب معرف به حداقل کاهش

یابد. چون در اغلب روشهای نمونه‌برداری حدود ۳ تا ۱۰ برابر حجم آب چاه، قبل از نمونه‌برداری به بیرون هدایت می‌شود، لذا در صورتی‌که توریهای (اسکرینهای) با فضاهای باز کوچک نصب شوند، زمان تخصیص یافته برای نمونه‌برداری افزایش خواهد یافت.

جدول ۲- فهرست انواع لوله‌های مورد استفاده در چاههای رفتارسنجی و مزایا و معایب آنها

نوع	مزایا	معایب
پی. وی. سی	- سبک - مقاومت شیمیایی عالی در مقابل قلیاها، الکلها، هیدروکربورهای باز رشته و روغنها - مقاومت شیمیایی خوب در مقابل اسیدهای معدنی قوی، اسیدهای اکسیدکننده غلیظ و قلیاهای قوی - سهولت دسترسی - قیمت پایین در مقایسه با فولاد ضدزنگ و تفلون	- ضعیفتر، سختی کمتر، حساسیت بیشتر درمقابل گرما در مقایسه با موادفلزی - ممکن است موادی را از آب زیرزمینی جذب کند. -ممکن است آبشویی شده ویا بابعضی مواد آب زیرزمینی واکنش نشان دهد. -مقاومت شیمیایی ضعیف در مقابل کتونها، استرها و هیدروکربورهای معطر
پلی پروپیلن	- سبک - مقاومت شیمیایی عالی درمقابل:اسیدهای معدنی - مقاومت شیمیایی خوب تا عالی در مقابل: قلیاها، الکلها، کتونها و استرها - مقاومت شیمیایی خوب درمقابل روغنها - مقاومت شیمیایی مناسب به اسیدهای اکسیدکننده غلیظ، هیدروکربورهای باز رشته و هیدروکربورهای معطر - قیمت پایین در مقایسه با فولاد ضدزنگ و تفلون	- ضعیفتر، سختی‌کمتر و حساستر در مقابل دما نسبت به مواد فلزی - ممکن است با بعضی مواد آب زیرزمینی آبشویی شود و یا واکنش نشان دهد. - قابلیت ایجاد شکاف ندارد. زیرا زودتر از وسیله شکافدهنده ذوب می‌شود.

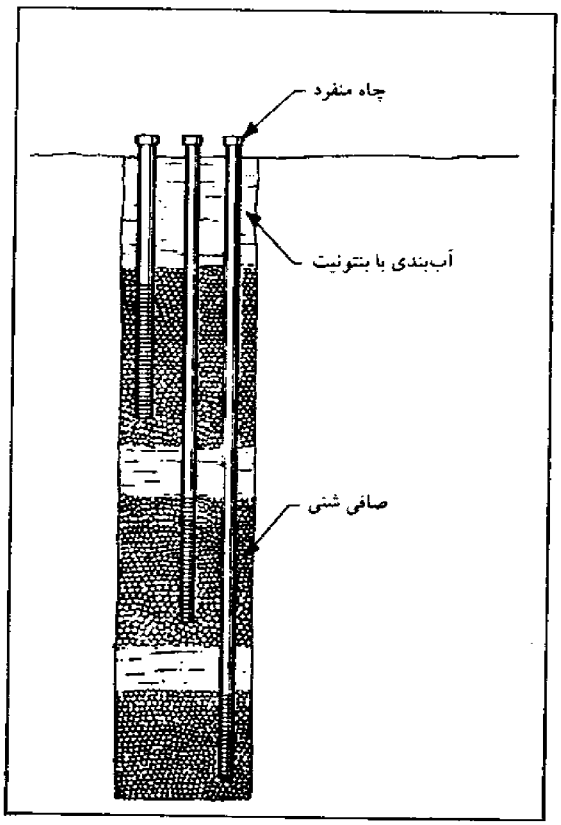
تفلون کینار[1]	- سبک - قابلیت ضربه‌پذیری زیاد - مقاومت بیشتردر مقابل تهاجم شیمیایی، غیر قابل حل در تمام مواد آلی به جز تعدادکمی از حلالهای فلوئورینه - مقاومت بیشتر و استحکام بالاتر نسبت به تفلون - مقاوم در مقابل اغلب مواد شیمیایی و حلالها - ارزان تر در مقایسه با تفلون	-دارای مقاومت کمترنسبت به سایر پلاستیکهای مورد استفاده در کارهای مهندسی - گرانتر نسبت به سایر پلاستیکها و فولاد ضدزنگ - عدم سهولت دسترسی -مقاومت شیمیایی ضعیف‌درمقابل کتونها و استونها
فولادنرم	- مستحکم، سخت، حساسیت در مقابل حرارت مطرح نیست. - سهولت دسترسی - ارزان تر در مقایسه با فولاد ضدزنگ و تفلون	- سنگینتر از پلاستیکها -ممکن‌است بابعضی مواد آب زیرزمینی واکنش نشان دهد. -ازنظرشیمیایی‌مقاومت فولاد ضدزنگ را ندارد.
فولاد ضد زنگ	- مقاومت زیاد در محدوده‌ای از دما - مقاومت عالی در مقابل خورندگی و اکسیدشوندگی	-از پلاستیک سنگینتر است. -درآبهای‌بااسیدیته بالا ممکن است کروم خورده شده و یا آبشویی شود. - دربرخی واکنشهای آلی ممکن است به عنوان کاتالیزور واکنش نشان دهد. -از توریهای (اسکرینهای) پلاستیکی، دارای قیمت بیشتری است.

اندازه شکافهای توری (اسکرین) باید درصد بالایی از مواد صافی اطراف چاه یا سازند طبیعی را برای چاههای ۲ اینچ (۵۱/۸ میلیمتر) نگهداری کند، زیرا توسعه مؤثر این چاهها مشکل است. برای چاههای با قطرهای بیشتر،کم و بیش توصیه‌های داده شده در مورد اندازه شکافهای چاههای آب، مورد استفاده قرار می‌گیرد (استاندارد ۱۰۱ - الف طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور).

1- Kynar

برای اهداف علمی، نمونه‌های آب از چاه رفتارسنجی معمولاً از بخشهای کوچکی از آبخوان که حاوی لوله مشبک است، برداشت می‌شود. برای این عمل چاههای چندگانه با لوله‌های مشبک کوتاه به‌کار می‌رود. معمولاً چندین چاه در یک فضای حفاری شده یا فضاهای جداگانه، نمونه‌های آب را از اعماق مختلف آبخوان جمع‌آوری می‌کنند (شکل ۱). با استفاده از این روش ابعاد قائم توزیع آلودگی نیز مشخص خواهد شد.

توریهای (اسکرین‌های) مورد استفاده برای جمع‌آوری نمونه‌های آب به‌طور نمونه ۲ تا ۵ فوت (حدود ۰/۶ تا ۱/۵ متر) طول دارند. چون نمونه‌ها باید از عمق مشخصی خارج شوند، آبدهی چاه باید به اندازه‌ای باشد که نمونه‌های مناسب، به سرعت جمع‌آوری شوند. توریهایی (اسکرین‌هایی) که کیفیت آب را در بالای سطح آب زیرزمینی کنترل می‌کنند، معمولاً ۳ تا ۶ متر (تقریباً ۱۰ تا ۲۰ فوت) طول دارند (باتوجه به پیش‌بینی تغییرات درازمدت سطح آب زیرزمینی). بخشی از توری (اسکرین) همیشه بالای سطح آب در ناحیه تهویه قرار می‌گیرد. این توریها (اسکرینها) بعدها برای کنترل وجود هیدروکربنها یا سایر مواد فرار که به سطح آب زیرزمینی می‌رسند، مورد استفاده قرار می‌گیرند.



شکل ۱- شمای چندین چاه در یک فضای حفاری شده

۶-۳-۱ طراحی صافی اطراف شنی چاه[1]

معمولاً چاههای رفتارسنجی در سازندی نصب می‌شوند که تغییرات اندازه ذرات آن دارای دامنه وسیعی باشد و ساخت یک صافی مناسب و مؤثر را با مشکل مواجه می‌سازد. روشهای صافی‌گذاری توصیه شده برای چاههای آب، مناسب چاههای رفتارسنجی نیستند، مگر اینکه مشخصات هیدرولیکی مواد تشکیل‌دهنده آن نظیر آبخوانهای مورد بهره‌برداری باشند. انتخاب صافیهای بسیار ریزدانه منجربه کاهش آبدهی چاه و افزایش زمان نمونه‌برداری می‌شود. ضریب یکنواختی[2] صافی شنی بین ۲ تا ۳ متغیر است. همه مواد باید از انواع مرغوب آن که به‌خوبی شسته و بسته‌بندی شده باشند، خریداری شوند. در شکل شماره ۲ شمای نمونه‌ای از یک صافی شنی مشاهده می‌شود.

۶-۳-۲ روشهای نصب لوله در چاه رفتارسنجی

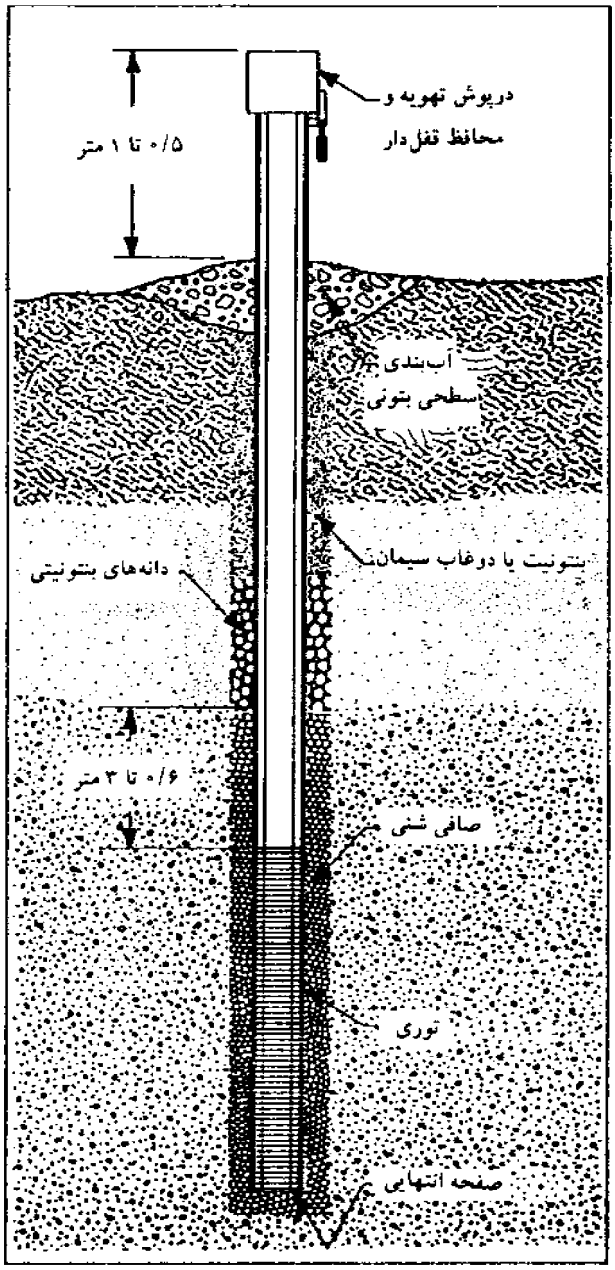
همه لوله‌هایی که برای چاه رفتارسنجی مورد استفاده قرار می‌گیرند، باید هنگامی که در زمین نصب می‌شوند عاری از آلودگی باشند. بعضی از کارخانه‌ها تولیدشان را در این شرایط ارسال می‌دارند. اما دست به‌دست شدن آنها در صحرا، شستشوی نهایی را با مواد پاک کننده یا سایر محلولها ضروری می‌کند. به‌علاوه استون و هگزان برای شستشوی ابزار حفاری و تجهیزات نمونه‌برداری، در محلهای حاوی پسآب خطرناک معمولاً به کار می‌روند.

اجزای دکل حفاری که مورد استفاده قرار می‌گیرند نیز باید تمیز شوند. این عملیات تمیزسازی باید مورد تأیید ناظر حفاری قرار گیرد.

در روش اتصال توریها (اسکرینها) به لوله‌های غیرمشبک و کابل لوله‌گذاری نیز لازم است مسئله پاکیزگی رعایت تا از آلودگی نمونه‌ها جلوگیری شود. معمولاً هیچ نوع ماده حلال توصیه نمی‌شود. تمام توریهای (اسکرینهای) پلاستیکی و لوله‌ها باید توسط پیچ و مهره، رزوه و بوشن به هم متصل شوند. اتصالها از طریق پیچاندن نوار تفلون یا واشرهای مناسب در محل اتصال، در مقابل ورود آب مقاوم می‌شوند.

1- Filter pack

2- $CU = \frac{d_{۶۰}}{d_{۱۰}}$



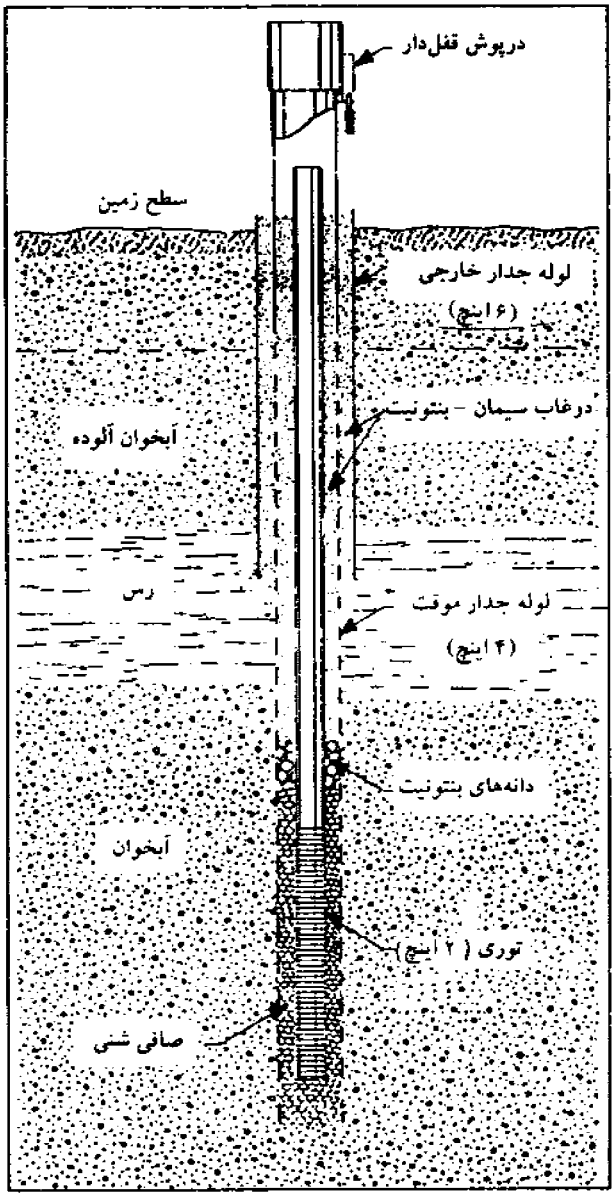
شکل ۲- شمای صافی شنی اطراف چاه

در ایجاد چاه رفتارسنجی باید اطمینان یافت که آب زیرزمینی آلوده، وارد سازندهای زمین‌شناسی فاقدآلودگی نشود. اگرچه بعضی مقادیر جزیی ازآلودگی هنگام حفاری و تجهیز چاه وارد آن می‌شود، ولی در مجموع باید سازندها یکی بعد از دیگری مورد حفاظت قرار گیرند. این عمل معمولاً با ریختن بنتونیت یا دوغاب سیمان در بالای صافی شنی در چاههای دارای یک یا چند توری (اسکرین) انجام می‌گیرد. موادکنده شده به‌وسیله مته نباید در فضای حلقوی بین لوله و چاه ریخته شوند. برای جلوگیری از پایین رفتن بنتونیت یا سیمان به درون توری (اسکرین)، صافی شنی باید لااقل ۰/۵ تا ۳ متر در بالای توری (اسکرین) ادامه یابد. صافی شنی نباید درون سازند فوقانی ادامه یابد، زیرا این عمل امکان نشت قائم روبه پایین در صافی را فراهم می‌کند و منجر به آلودگی آب مورد بررسی یا رقیق شدن آلودگی آن می‌شود.

برای چاههای رفتارسنجی که به وسیله دستگاه حفاری ضربه‌ای حفر می‌شوند، برای جلوگیری از عبور مواد آلوده به داخل چاه مطابق شکل ۳ عمل می‌شود.

ابتدا لوله ۶ اینچ درون لایه رسی نصب می‌شود. بعد از شستشوی لوله و تعویض گل آب درون چاه، حفاری چاه با لوله‌گذاری ۴ اینچی ادامه می‌یابد. سپس در چاه رفتارسنجی لوله ۲ اینچی نصب شده و صافی شنی بین لوله موقت ۴ اینچی و توری (اسکرین) چاه، قرار داده می‌شود. قبل از نصب صافی، باید فضای چاه کاملاً شستشو داده شود. همچنان که لوله موقت ۴ اینچی خارج می‌شود، سیمان یا دوغاب بنتونیت همان‌طور که در شکل نشان داده شده است، در محل مربوط ریخته می‌شود. لوله فوقانی حفاظ‌دار و درپوش قفل‌دار قبل از خشک شدن سیمان نصب می‌شوند. معمولاً درپوشها منفذدار هستند. در خاتمه، تا آنجاکه ممکن است چاه شستشو و توسعه داده می شود. هرگاه چاه با روش دورانی حفاری شود، اطراف لوله ۴ اینچی در چاه ۸ اینچی که پس از عبور ازآبخوان آلوده به لایه غیرقابل نفوذ زیر آن رسیده است، سیمانته می‌شود. بعد از اینکه دوغاب سیمان سخت شد، حفاری چاه‌درون لوله ۴اینچ تا عمق دلخواه ادامه می‌یابد. سپس لوله‌های ۲ اینچی مشبک و غیرمشبک در لوله ۴ اینچ نصب و اطراف لوله مشبک، صافی شنی ایجاد شده و آنگاه در لوله ۴ اینچ دوغاب سیمان ریخته می‌شود. در محیطهای شور به جای استفاده از بنتونیت، می‌توان از واشر حلقه‌ای آببندی داول[1] استفاده کرد، زیرا بنتونیت در محیطهای خیلی شور هیدراته نمی‌شود. این واشر را می‌توان به اندازه‌های طولی مختلف ساخته و درست قبل از نصب توری (اسکرین) روی لوله غیرمشبک نصب کرد. این واشرها برای استفاده در چاههای به اشکال منظم و در جایی که ترکیبات آلی و معدنی درون واشر، تأثیری بر نتایج تجزیه شیمیایی آب درون چاه نداشته باشند، مناسب هستند. می‌توان برای تکمیل آببندی، بالای واشر را سیمانکاری کرد.

1- Dowell



شکل ۳- ساختمان چاههای رفتارسنجی که به روش ضربه‌ای حفر می‌شود.

بتونریزی اطراف دهانه چاه، حتی اگر آببند حلقوی در سطح قرار گرفته باشد، نیز توصیه شده است.

بتون سرچاه باید طوری شکل داده شود که از ورود جریانهای سطحی به داخل چاه جلوگیری کند. هرگاه لوله‌های پلاستیکی به کار رود، قطعه‌ای کوتاه از لوله فلزی در بالای لوله پلاستیکی وصل می‌شود و به اندازه ۱ تا ۱/۵ متر به درون زمین ادامه می‌یابد. لوله فلزی از ایجاد آسیب احتمالی به لوله پلاستیکی جلوگیری می‌کند. سرلوله باید به درپوش قفل دار مجهز شود.

تورم ناشی از یخزدگی برای لوله‌های پی. وی. سی با قطر کم که در آب و هوای سرد نصب شده‌اند می‌تواند مسئله ساز باشد. هنگامی که خاک در زمستان یخ می‌زند، به سمت بالا متورم شده و گاهی لوله را کنار می‌زند. این مشکل را می‌توان با قراردادن یک لوله سطحی فلزی به طول ۱/۵ تا ۳ متر به حداقل کاهش داد. توصیه می‌شود پوششی از سیمان را اطراف لوله فوقانی جای داد. اگر یخزدگی، فشار روی سیمان وارد آورد، لوله فوقانی بالاآمده بدون اینکه به لوله اصلی چاه رفتارسنجی آسیبی وارد شود.

شستشو و توسعه در چاههای رفتارسنجی اهمیت ویژه‌ای دارد. زیرا باقیمانده سیال حفاری درون چاه برترکیب شیمیایی نمونه‌های آب اثر می‌گذارد. شستشو و توسعه دقیقتر، مدت زمان تأثیر بنتونیت را بر کیفیت آب کاهش می‌دهد. در برخی موارد، اثر مواد اضافی سیال حفاری روی ترکیب شیمیایی نمونه می‌تواند ۱ تا ۲ سال دوام داشته باشد. لازم به تأکید است که کلیه چاههای رفتارسنجی باید تا آنجاکه ممکن است به طور دقیق شستشو و توسعه داده شوند. این عمل تنها برای از بین بردن باقیمانده‌های سیال حفاری برسازندها نیست، بلکه منجر به افزایش آبدهی چاه نیز خواهد شد و این فرآیند جمع‌آوری نمونه‌ها را در کوتاهترین زمان ممکن می‌کند. از طرف دیگر وجود هرگونه رسوبی در ظرف نمونه‌برداری در فاصله بین برداشت تا تجزیه می‌تواند منجر به تغییر کیفیت آب شود.

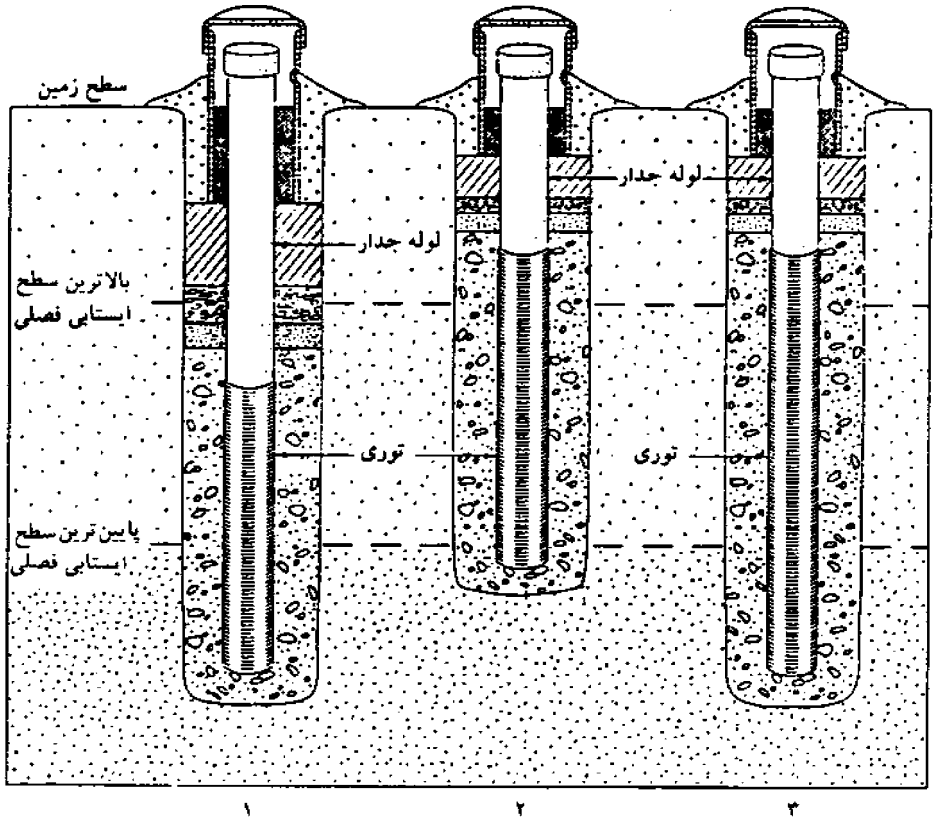
۶-۳-۳ طول توری (اسکرین) و جایگذاری آن

در مورد طول توری (اسکرین) و عمقی که کار گذاشته می‌شود، براساس اهداف رفتارسنجی باید تصمیم‌گیری شود. اهداف می‌تواند شامل: رفتارسنجی موقعیت سطح ایستابی، اندازه‌گیری ارتفاع سطح پیزومتریک در آبخوانهای مختلف، جمع‌آوری نمونه‌های آب معرف از اعماق مختلف آبخوان و بررسی مایعات سبکتر و سنگینتر از آب در فاز خارج از محیط آبی [1] باشد. به علاوه رفتارسنجی حرکت آب زیرزمینی دارای مواد آلوده به درون آبخوان یا ارزیابی قابل اجرابودن حذف مواد آلوده از آبخوان نیز می‌تواند در برنامه منظور شود. رسیدن به هدفهای اخیر نیازمند استفاده از روشهای مختلف است.

برای تعیین موقعیت سطح آب زیرزمینی و یا بررسی وجود منطقه آلوده، توری (اسکرین) باید طوری کار گذاشته شود که با سطح آب زیرزمینی برخورد داشته باشد. توری (اسکرین) باید تا حدی طویل باشد که بتواند در دامنه تغییرات سالانه سطح آب زیرزمینی به طور مؤثر عمل کند. به علاوه توری (اسکرین) باید به اندازه‌ای بلند باشد که در مواقع بیشینه میزان پایین‌افتادگی آب زیرزمینی، عمق مناسبی ازآن زیر آب قرار داشته باشد تا بتوان از آن برای نمونه‌برداری استفاده کرد. یک چاه اندازه‌گیری سطح آب باید قادر باشد که وجود مایعات سبک فاز غیر محیط آبی را آشکار کند. در بیشتر موارد کاربردی، حداقل طول توری (اسکرین) برای اندازه‌گیری سطح آب در چاه رفتارسنجی ۳ متر به

1- Non - Aqueneous phase liquids

صورت ۱/۵ متر در بالا و ۱/۵ متر زیرسطح آب است. اگر سطح آب بیش از ۱/۵ متر تغییرات سالانه داشته باشد، توری (اسکرین) طویلتری مورد نیاز خواهد بود. شکل ۴ نحوه نصب درست و نـادرست تـوری (اسکـرین) را در چاههایی که به منظور اندازه‌گیری سطح آب، تشخیص مایعات شناور خارج از محیط آبی و جمع‌آوری نمونه از بخش فوقانی آبخوان ساخته شده است نشان می‌دهد:



۱- نصب نادرست توری (اسکرین) چاه رفتارسنجی سطح آب. افزایش سطح آب به طور فصلی بالاتر از حد فوقانی توری (اسکرین) است.

۲- نصب نادرست توری (اسکرین) چاه رفتارسنجی سطح آب. کاهش سطح آب به طور فصلی آنچنان پایین است که آب کافی برای نمونه‌برداری درون چاه جریان ندارد (سطح آب را هنوز می‌توان اندازه‌گیری کرد).

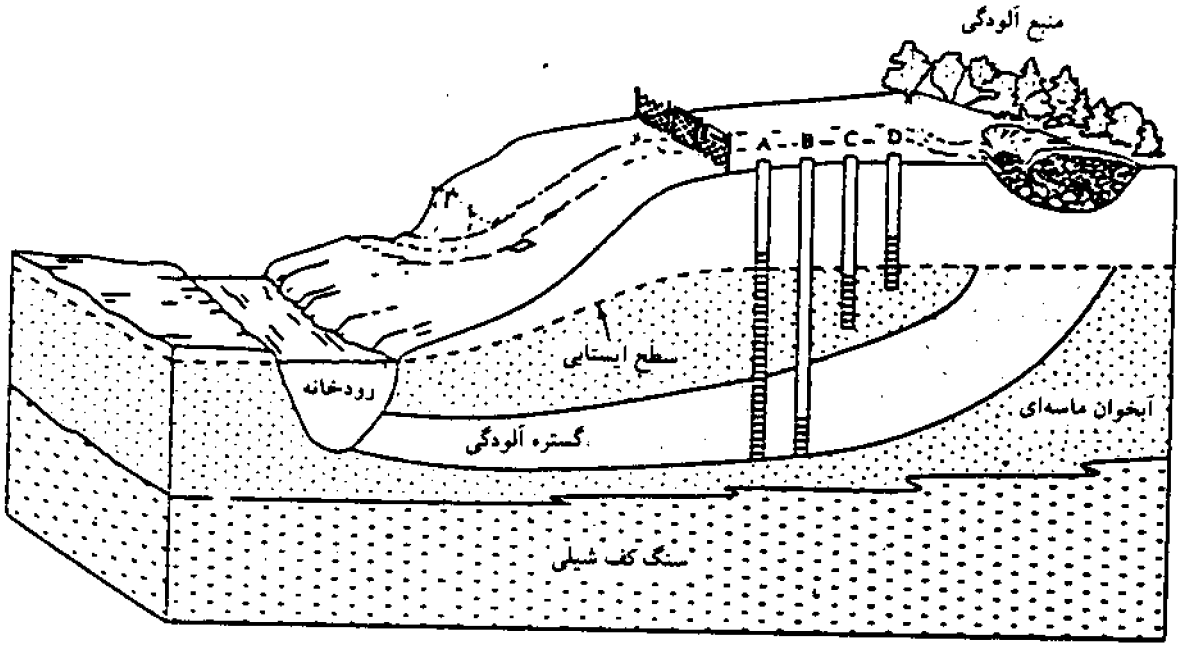
۳- طول مناسب و نصب درست توری (اسکرین) چاه رفتارسنجی سطح آب

شکل ۴- نصب درست و نادرست توری (اسکرین) چاه رفتارسنجی سطح آب . افزایش سطح آب به‌طور فصلی بالاتر از حد فوقانی توری (اسکرین) است.

هرگاه هدف از چاه رفتارسنجی، اندازه‌گیری سطح پیزومتریک در آبخوانهای تحت فشار باشد، چاه، پیزومتر نامیده می‌شود. طول توری (اسکرین) یک پیزومتر باید نسبتاً کوتاه، حدود ۰/۵ تا ۱/۵ متر باشد، تا فشاری که اندازه‌گیری می‌شود، نماینده بخش قائم کوتاهی از آبخوان باشد. یک پیزومتر برای جمع‌آوری نمونه‌های آب زیرزمینی که معرف بخش قائم کوتاهی ازآبخوان باشد نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد.

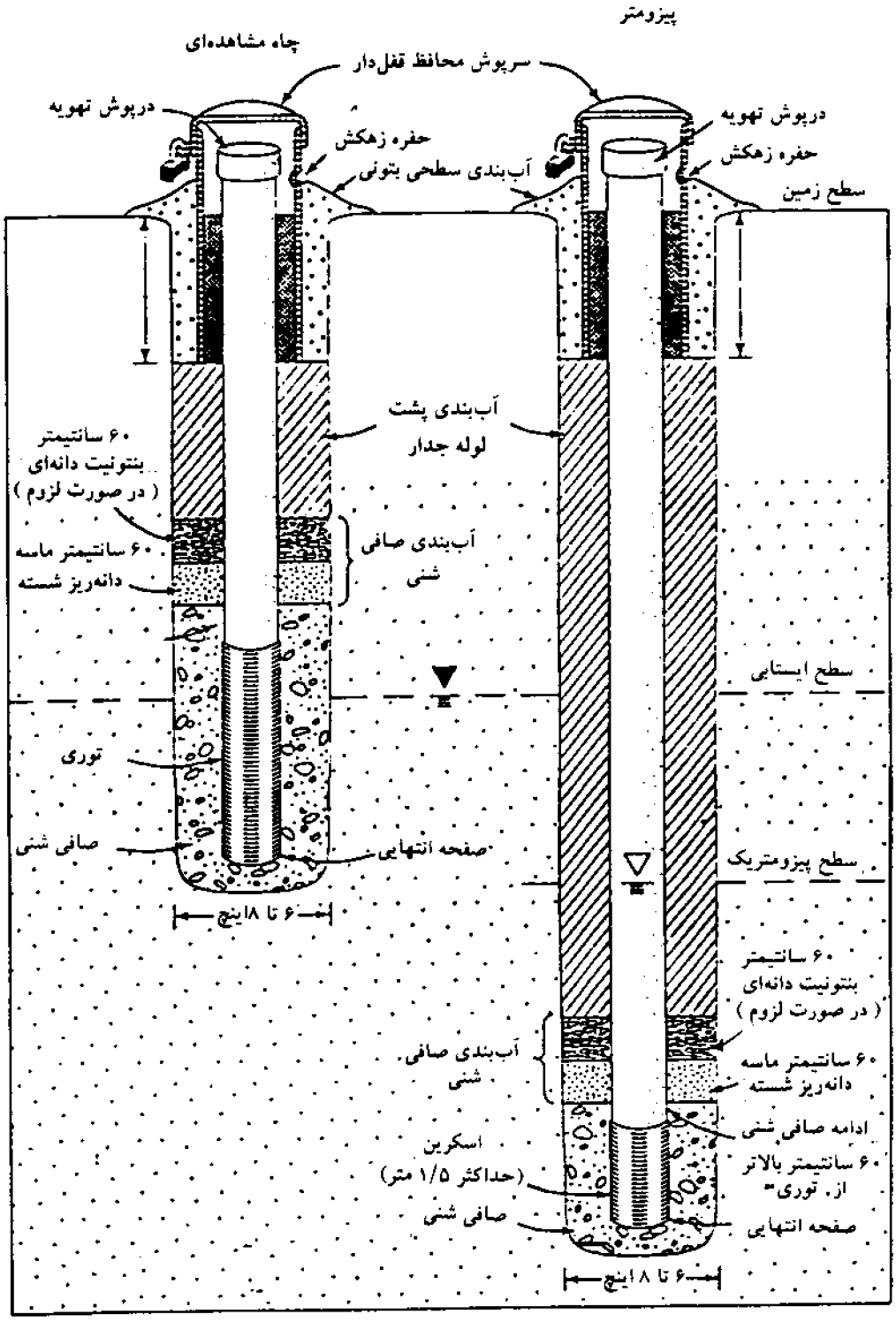
چاههای رفتارسنجی که برای جمع‌آوری نمونه‌های آب مورد استفاده قرار می‌گیرند، باید برای هدف ویژه رفتارسنجی آب زیرزمینی طراحی شده باشند. غلظت مواد آلوده کننده در مقاطع عمودی تغییر می‌کند. هرگاه یک چاه رفتارسنجی، توری (اسکرین) بلندی داشته باشد، احتمال بیشتری وجود دارد که به منطقه آلوده برخورد کند. به هرحال نمونه‌ای که از چنین چاهی گرفته شده باشد، ممکن است آب را از هر دوقسمت آلوده و غیر آلوده آبخوان برداشت کرده و منجر به گزارشی شود که غلظت مواد آلوده را کمتراز میزان حقیقی نشان دهد. این مسئله در شکل ۵ نشان داده شده است. در رفتارسنجی آب زیرزمینی که به منظور تعیین غلظت حقیقی مواد آلوده کننده انجام می‌شود، ممکن است از چندین پیزومتر که توری (اسکرین) آنها در اعماق مختلف قرار گرفته باشند،استفاده شود. این‌گونه طراحیها، نه تنها فقط به خاطر هزینه حفرچاهها، بلکه به خاطر هزینه تجزیه‌های شیمیایی چندگانه، درهردور از نمونه‌برداری گران تمام می‌شود. به هرحال چنین ترکیبی اطلاعات وسیعی در مورد ارتفاع معادل فشار هیدرولیکی، همچنین کیفیت آب به دست می‌دهد. اگر چاه رفتارسنجی به این منظور باشد که آگاهی نسبت به فرارآلودگی از منبع بالقوه آلودگی را آشکار کند، باید در قسمتهایی از آبخوان که دارای قابلیت نفوذ بالاتری است، مشبک شود. آب زیرزمینی و مواد آلوده نه تنها ترجیحاً از قسمتهایی که بیشترین نفوذپذیری را دارد عبور می‌کنند، بلکه سرعت نیز در این بخش از آبخوان افزایش پیدا می‌کند. از این رو اگر جبهه مقدم گستره آلودگی، مسیرهای دارای نفوذپذیری بیشتر را در پیش‌گرفته باشد، ممکن است به سمتی جریان پیدا کند که موازی شیب نباشد. این به آن معنی است که محل گستره آلودگی دقیقاً در سراشیبی، نسبت به منبع قرار نمی‌گیرد. به عبارت دیگر اگر آبخوانی آلوده شده و یک چاه رفتارسنجی برای کنترل پیشرفت و حذف آلودگی نصب شده باشد، توری (اسکرین) چاه نباید در بخشهایی که دارای نفوذپذیری بالایی هستند، قرار گیرد. در سیستمهای پاک‌سازی و پمپاژ، آب ترجیحاً از طریق نواحی دارای نفوذپذیری بالا عبور می‌کند. چاهی که در زون نفوذپذیر، مشبک شده باشد، نشان می‌دهد که آبخوان سریعاً در حال پاک شدن است. اما در حقیقت منطقه‌های با نفوذپذیری کمتر مجاور، ممکن است غلظتهای بالایی از مواد آلوده راکه هنوز عبور نکرده‌اند، در برداشته باشد.

شکل ۶ جزییات طراحی نهایی چاه مشاهده‌ای سطح آب و یک پیزومتر را با تمام اجزای طراحی بحث شده در این بخش نشان می‌دهد:



چاه رفتارسنجی A در طول ضخامت آبخوان دارای توری (اسکرین) است. این چاه قسمت آلوده را قطع می‌کند. اما غلظت گزارش شده کمتر از غلظت حقیقی است، زیرا آب از هر دو بخش آلوده و غیرآلوده آبخوان برداشت می‌شود. پیزومتر B هم گستره آلودگی را قطع می‌کند و غلظت گزارش شده معرف بخش آلوده آبخوان است. پیزومتر C و چاه مشاهده‌ای D بخش آلوده را قطع نمی‌کنند که حاکی از آلودگی عمقی آبخوان است.

شکل ۵- اثر طول توری (اسکرین) چاه در نمونه‌برداری کیفیت آب



شکل ۶- شمای جزییات ساختمان یک پیزومتر و چاه مشاهده‌ای

۷- نمونه‌برداری از چاههای رفتارسنجی

به‌طور کلی هنگامی نمونه آب برداشت می‌شود که pH، هدایت الکتریکی و دمای آب مورد پمپاژ از چاه، ثابت شده باشد. اگر قرار باشد که طبیعت حقیقی آلودگی آب زیرزمینی در محل تعیین شود، روش نمونه‌برداری اهمیت زیادی دارد. نمونه‌ها ممکن است به دلایل زیر معرف شرایط آب زیرزمینی نباشند:

- نمونه گرفته شده از آب راکد چاه معمولاً از لحاظ شیمیایی نسبت به آب اطراف چاه متفاوت است. قابلیت انتقال آبخوان باید تعیین شده تا بتوان زمان مورد نیاز برای خارج کردن آب کافی در ارتباط با برداشت نمونه مورد نظر را اعمال کرد. در اغلب چاهها، نمونه بعد از خارج کردن ۳ تا ۱۰ برابر حجم آب داخل چاه، برداشت می‌شود.
- نمونه‌هایی که در دوره‌های زمانی مناسب برداشت نشده باشد. دوره‌های زمانی معمولاً براساس هدایت هیدرولیکی (ضریب نفوذپذیری) سازندها تعیین می‌شوند. هرچه حرکت مواد آلوده سریعتر باشد، دفعات بیشتری برای نمونه‌برداری منظور می‌شود.
- در چاههایی که توسعه کامل داده نشده است، هنگام اسیدی کردن نمونه، مواد آلوده‌ای که به رسوبات چسبیده‌اند، به ویژه یونهای فلزی به درون نمونه رها می‌شوند و موجبات آلودگی آب را فراهم می‌کنند.
- دقت و درستی نمونه، رابطه معکوس با خصوصیات هیدرولیکی آبخوان دارد. درحالی که سازند مجاور توری (اسکرین) دارای هدایت هیدرولیکی بالایی است، ولی مواد آلوده نزدیک سطح استاتیک آب در سازند با نفوذپذیری کمتر تمرکز یافته باشد، در این حالت نسبت آب غیرآلوده آنچنان بالاست که موجبات پنهان ماندن مواد آلوده را فراهم می‌کند. در این حالت نمی‌توان نسبت به برداشت نمونه معرف اقدام کرد.
- نمونه‌ای که در فاصله زمانی زیادی نسبت به شروع پمپاژ برداشت شده باشد، بیشتر معرف نقاط دور از محل چاه بوده تا معرف کیفیت آب زیرزمینی آن نقطه.
- خروج دی‌اکسید کربن هنگام پمپاژ باعث افزایش pH می‌شود که به نوبه خود موجبات خروج یونهای فلزی (آهن، منگنز، منیزیم، ارسنیک، سلنیم) را از محلول فراهم می‌کند.
- چون اغلب آبهای زیرزمینی در محیط احیا قرار دارند، لذا تغییرات زیر دراثر اکسایش آب، مورد انتظار است:

- اکسایش مواد آلی
- اکسایش سولفیدها به سولفیت و سولفات
- اکسایش یون آهن دوظرفیتی به هیدروکسیدآهن سه ظرفیتی و ترسیب آن
- اکسایش یون آمونیم به نیتریت و نیترات
- اکسایش منگنز و رسوب دی اکسید منگنز یا اکسید آبدار آن
- نمونه آبی که از طریق باقیمانده‌های شیمیایی درون پمپ یا ابزار نمونه‌برداری، آلوده شده است. ابزار مورد استفاده باید در هر بار نمونه‌برداری به طور کامل تمیز شود.
- نمونه‌ای که به درستی نگهداری نشده باشد، تغییرات شیمیایی در ظرف نمونه در زمان نگهداری ایجاد می‌شود. اغلب قریب به اتفاق نمونه‌هایی که نیاز به تجزیه آزمایشگاهی دارند، برای محافظت فوراً با ورقه نازک آلومینیومی

(فویل) پیچیده شده تا از رسیدن نور به نمونه جلوگیری شود. سپس به طور موقت در وضعیت سرد نگـهداری می‌شوند.

- نمونه‌ای که به‌علت دیر رسیدن به آزمایشگاه با سرعت لازم مورد تجزیه شیمیایی قرار نگرفته باشد.
- آزمایش آب به درستی درآزمایشگاه انجام نشده و نتایج صحیح و دقیق ارائه نشده باشد. غلظت ماده‌آلوده کننده ویژه‌ای ممکن است درحد یک در میلیارد و حتی یک در تریلیون باشد و امکان تعیین کمیت صحیح در چنین دامنه پایینی ازآلودگی وجود نداشته باشد.طرز عمل صحیح عبارت از ارسال نمونه به دو آزمایشگاه مختلف برای مقایسه نتایج و ارسال نمونه باکیفیت معلوم به طور دوره‌ای برای کـنترل اعـتبار رویـه و خـطای آزمـایش یک آزمایشگاه مشخص است.

۷-۱ لوازم نمونه‌برداری

۷-۱-۱ گلکش[1]

گلکشها را در برخی حالات ویژه، به‌جزبرای چشمه‌ها و قنوات، می‌توان مورد استفاده قرار داد. هرگاه قرار باشد از چاههای رفتارسنجی نمونه‌هایی برای تعیین عواملی که تحت تأثیر نوع ابزار نمونه‌برداری قرار نـمی‌گیرند (سـدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، کلرید و سولفات) برداشت شود و ستون آب نیز در نقطه مورد مطالعه از ضخامت جـزیی برخوردار باشد، می‌توان از این وسیله برای نمونه‌برداری استفاده کرد.

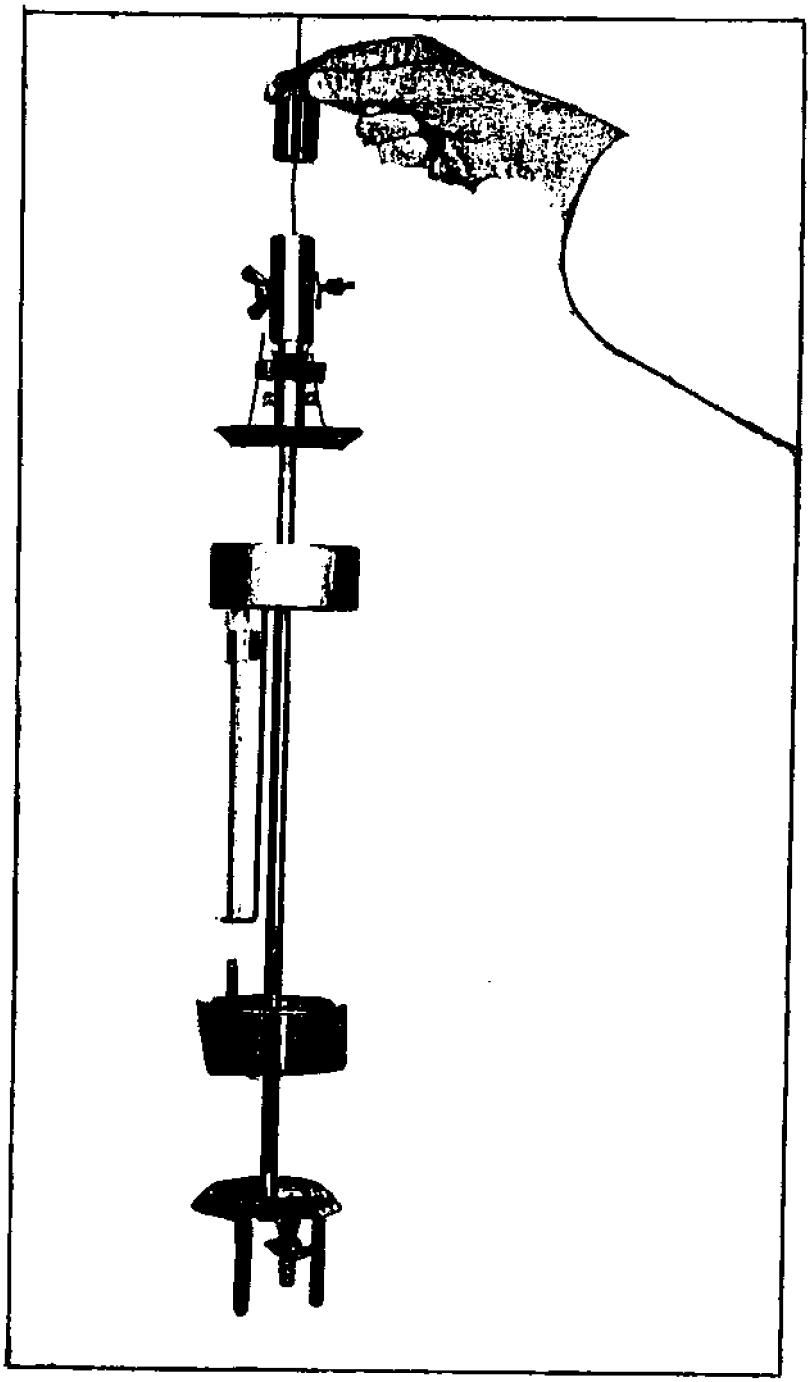
یک گلکش ساده شامل: قطعه‌ای از یک لوله فولادی با دریچه و طناب برای پایین فرستادن آن است. نوعی دیگر به‌نام نمونه‌بردار راتنر[2] موسوم است که در عمق موردنظر، آب در آن وارد و باافتادن وزنه‌ای، پیستون آن بسته می‌شود و به این ترتیب می‌توان آن را در عمق موردنظر مورد استفاده قرار داد. بابهره‌گیری از لوازم ویژه‌ای، این وسـیله بـرای نمونه‌گیری در اعماق زیاد نیز کارآیی پیدا می‌کند (شکل ۷).

۷-۱-۲ نمونه‌بردارهای پیستونی دستی

این نمونه‌بردارها ارزان و کار با آنها نیز آسان است. اجزای تشکیل دهنده آن شامل یک سیلندر شیشه‌ای مدرج و یک پیستون شیشه‌ای سمباده‌ای است. حجم آن معمولاً یکصد میلی‌لیتر است. دو دریچه پلاستیکی می‌تواند آب را به‌طور پیوسته از اعماق تا هفت متر مکیده و داخل سیلندر کند. در عمق ۴ متری می‌توان به راحتی با ظرفیت ۰/۵لیتر در دقیقه آب را از طریق مکش برداشت کرد.

1- bailers

2 -Ruttner bailer



شکل ۷- نمونه‌بردار راتنر

چون نمونه‌بردار پیستونی دستی به راحتی قابل شستشو و فاقد اجزای فلزی است. بنابراین قابلیت استفاده بیشتری دارد. چون اتصالات شیشه‌ای سمباده‌ای در مقابل مواد جامد معلق خیلی حساس هستند، با استفاده از صافیهای پلی‌آمید مناسب که دارای قطر ۲۵ میلی‌متراند و به راحتی در لوله‌های یک اینچی جا می‌شوند، می‌توان نسبت به صاف نمودن آب اقدام کرد. نمونه‌بردارهای پیستونی دستی در مناطقی‌که دارای لایه آبدار کم ضخامت و نسبت جریان ورودی ضعیف است بیشتر قابل استفاده هستند. در لوله‌های باریک نیز که برای دریچه‌ها و لوله‌های لاستیکی پمپهای مکنده غیرقابل استفاده است، این نمونه‌گیر رجحان دارد.

۳-۱-۷ پمپهای مکنده

این پمپها از نوع گریز از مرکز با موتور بنزینی یا الکتریکی است و استفاده از آن برای نمونه‌برداری از آب زیرزمینی توسط یک نفر امکانپذیر است. نوع سبک پمپهای مکنده جدیدی که برای نمونه‌برداری آبهای زیرزمینی مورد استفاده قرار می‌گیرند، امکان برداشت آب را از اعماق کم به مقادیر ۱ تا ۲ لیتر بر ثانیه فراهم می‌کنند. توصیه می‌شود که لوله‌های مکنده پی وی سی، که با الیاف نساجی تقویت می‌شود و قطر داخلی آنها بیش از ۱۳ میلی‌متر نیست، مورد استفاده قرار گیرد. به‌کارگیری لوله‌های طویلتر و قطورتر نه تنها مشکلتر است، بلکه تخلیه هوا نیز به علت حجم زیاد آسان نیست. آب برداشت شده از طریق لوله‌ای با همان قطر که در انتها مجهز به شیر است، تخلیه می‌شود. محکم بودن بستهای واشرها و اتصالات لوله‌ها حائز اهمیت است. اتصالات پیچی معمولاً به طور کامل ضد نشت نیستند. اگر عمق آب زیرزمینی بیش از ۳ متر باشد، سوپاپ به انتهای لوله نمونه‌برداری وصل خواهد شد. لازم‌است جریان کامل آب به ظرف قبل از پایین بردن لوله نمونه‌برداری برقرار باشد تا اطمینان حاصل شود که هوا از لوله مکنده پمپ و سیستم لوله‌های نمونه‌برداری خارج شده است. با اطمینان از این مسئله شیر نمونه‌برداری در دور پایین موتور بسته شده و سوپاپ تا عمق موردنظر سریعاً پایین برده می‌شود. سپس شیر به آهستگی در دور تند موتور باز می‌شود. هنگامی‌که هدف اندازه‌گیری گازهای محلول در آب باشد، میزان جریان خروجی آب از شیر باید محدود شود تا گازها در آب به صورت محلول باقی بمانند. پمپهای گریز از مرکز نسبت به گل ولای حساسیت زیادی ندارند. ولی به هر حال هنگامی که ارتفاع بالا آوردن آب (عمق مکش) زیاد و آب دارای نسبتهای زیادی از گل و ماسه باشد، عمق مکش کاهش خواهد یافت.

در شروع عملیات پمپاژ، به ویژه هنگامی‌که لوله‌ها نسبتاً نازک باشند، آب کدر از چاه خارج می‌شود. تجربه نشان داده است که بعد از زمان کوتاهی کدورت برطرف می‌شود و آب زلالی که مناسب آزمایش است، جریان خواهد یافت. برای حصول به این هدف باید آب با دبی پایین، اما به‌طور کاملاً یکنواخت خارج شود. هر تغییری در حجم جریان منجر به کدورت مجدد خواهد شد.

گاز خروجی از اگزوز موتورهای پمپهای مکنده، دارای هیدروکربنهای سوخته شده است. لذا هنگام نمونه‌برداری برای هیدروکربورها باید دقت کرد که دود اگزوز موتور در محلی محفوظ ازباد برای جلوگیری از ایجاد آلودگی خارج شود.

۴-۱-۷ پمپهای شناور با پیستون ارتعاشی

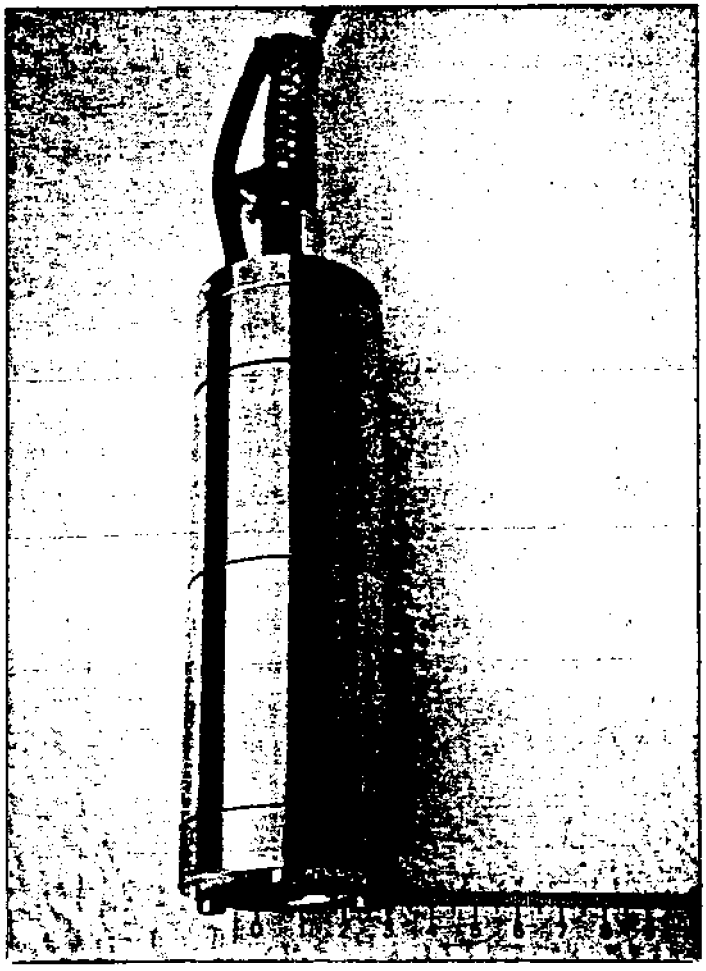
این پمپهای کوچک دارای دبی پمپاژ پایین و قطرهای کوچکترند و با جریان الکتریسیته (۲۲۰ ولت) راه‌اندازی می‌شوند. این پمپهای کوچک از نظر فنی در حال تغییر و اصلاح هستند.

اگر هیچ‌گونه منبع تغذیه اصلی برق در نقطه اندازه‌گیری موجود نباشد، می‌توان این پمپها را از طریق مبدل (ترانسفورماتور) به هرنوع باطری ماشین وصل کرد. لیکن راندمان این مبدلها پایین است. نظر به قابلیت پمپاژ پایین و پیستون ارتعاشی، تدابیر ویژه‌ای برای خروج آب کافی قبل از شروع نمونه‌برداری اعمال می‌شود. هرگاه عمق مورد نظر نمونه‌برداری خیلی پایین‌تر از سطح آب باشد، ضرورت ندارد، این پمپها به اعماق پایین‌تر برده شود. در این‌گونه مواقع یک لوله نمونه‌برداری با طول مناسب و با صافی مکنده و وزنه به پمپ وصل می‌شود. این‌گونه پمپها با سه نوع پیستون ۳/۵، ۴ و ۴/۵ میلیمتری موجود است. این قطرها این امکان را به پمپ می‌دهدکه حداکثر ارتفاع رانش آب و میزان دبی در محدوده‌ای تغییر کند. مقادیر عمده‌ای از مواد جامد معلق ممکن است باعث توقف کار موتور شود. به همین دلیل توصیه می‌شود، این‌گونه پمپهاکه اجزای آنها به راحتی قابل بازوبسته شدن هستند مورد استفاده قرار گیرد (شکل ۸).

۵-۱-۷ موتور پمپهای شناور

سبکترین نوع از این‌گونه پمپها ۱۸ کیلوگرم وزن دارد. یک فرد به تنهایی می‌تواند از این پمپ استفاده کند. این موتور دارای قطری برابر ۹۷ میلیمتر است. هنگامی‌که برای نخستین بار پمپ به پایین فرستاده می‌شود، این عمل باید خیلی با دقت صورت گیرد به طوری که کوچکترین اصطکاکی پیش نیاید. در غیر این صورت مسائل جدیتری، مثل از دست رفتن الکترو موتور پیش خواهد آمد.

برای روشن کردن پمپ یک موتور ژنراتور لازم است. متوسط توان در کوچکترین موتور پمپهای شناور ۳۷۰ وات هنگام عملکرد نرمال است. هنگام روشن شدن الکتروپمپ، مصرف افزایش می‌یابد و این امر هنگام انتخاب موتور ژنراتور در نظر گرفته می‌شود.



شکل ۸- پمپ شناور با پیستون ارتعاشی

۷-۱-۶ تخلیه آب با استفاده از هوای فشرده [1]

این پمپها از اعماق تا ۵۰ متر به‌وسیله هوای فشرده که از طریق لوله خرطومی به مدخل آب انتقال می‌یابد، آب را پمپاژ می‌کنند (استاندارد ۱۰۱ - الف طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور).
جدول ۳ معایب و مزایای انواع لوازم نمونه‌برداری از چاههای رفتارسنجی رانشان می‌دهد.

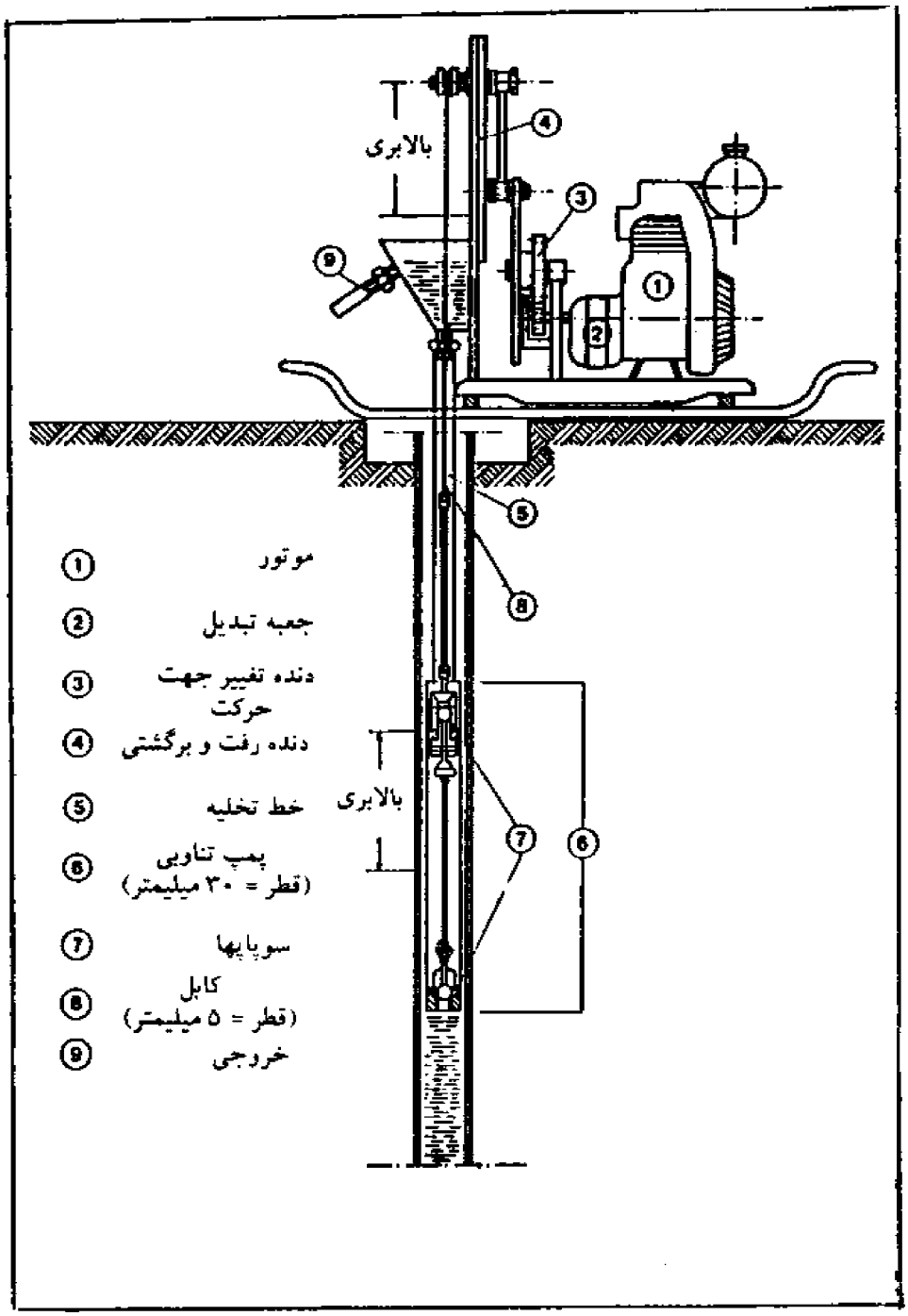
علاوه بر پمپهای یادشده انواع دیگری از پمپهای نمونه‌برداری آب از جمله: پمپهای رفت و برگشتی (تناوبی [2]) و مکنده‌های جت آبی نیز در صورتی که در دسترس باشد، می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد (شکلهای شماره ۹ و ۱۰).

1- air lift

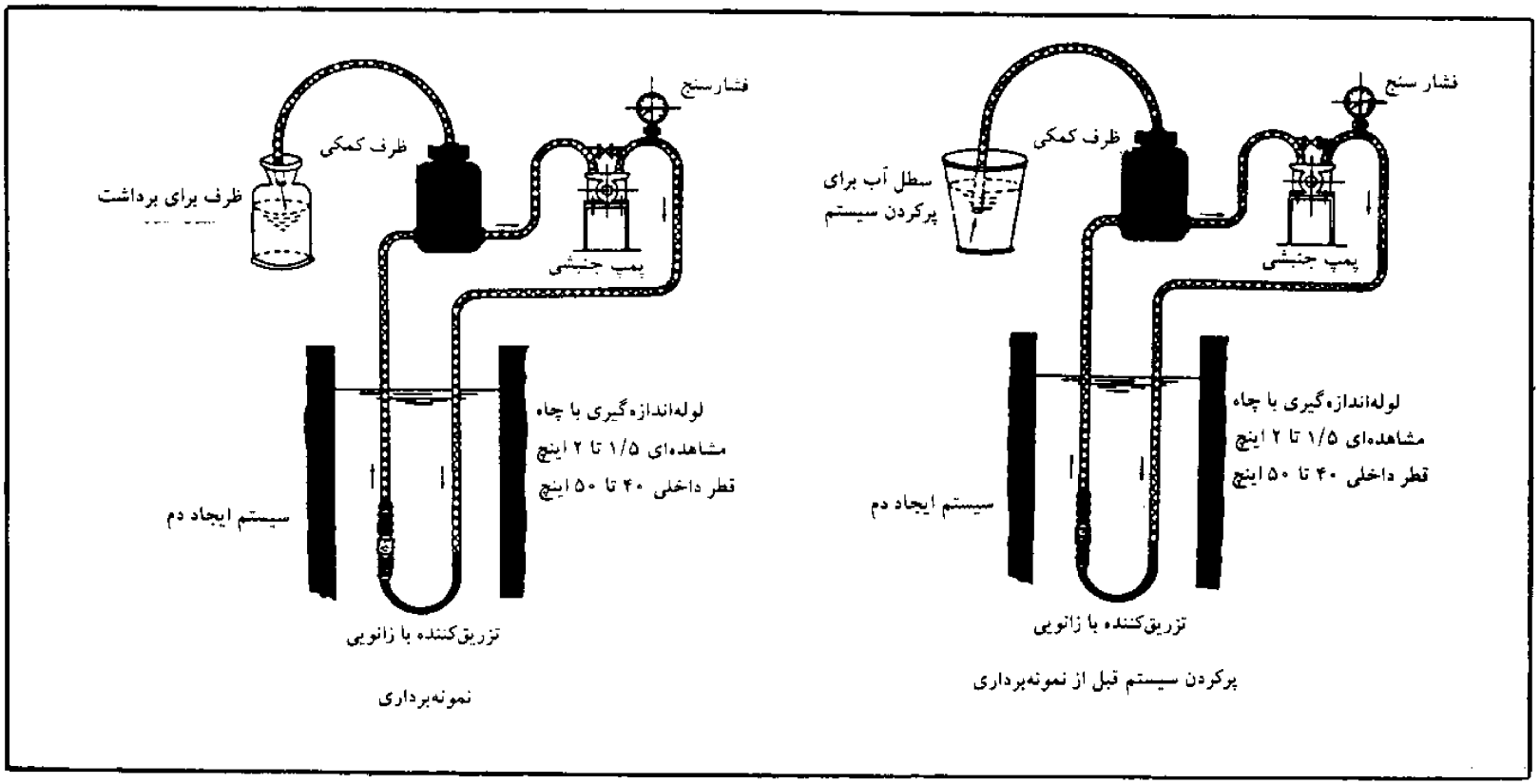
2- reciprocating pump

جدول ۳- انواع تجهیزات نمونه‌برداری آب از چاههای رفتارسنجی، همراه با مزایا ومعایب آنها

نوع	مزایا	معایب
گلکش	با قطرهای مختلف قابل ساخت است. با مواد مختلف قابل ساخت است. منبع نیروی خارجی مورد نیازنیست. کاملاً قابل حمل است. دارای نسبت سطح به حجم پایین است که منتج به عدم فرار مواد آلی فرار هنگام قرار گرفتن نمونه در گلکش می‌شود. به سهولت تمیز می‌شود. به سهولت قابل دسترسی است. ارزان است.	نمونه‌برداری باصرف وقت زیاد توأم است و نمونه‌برداری در اعماق زیاد ممکن است عملی نباشد.
پمپ مکشی	نسبتاً قابل حمل است. به سهولت قابل دسترسی است.	نمونه‌برداری به مواردی که سطح آب حدود ۶ متر از سطح زمین پایین‌تر باشد، محدود شده است. اثر ایجاد خلاء می‌تواند منجر به از دست رفتن گازهای محلول شود.
نمونه‌بردارهای هوای فشرده	نسبتاً قابل حمل‌است. به سهولت قابل دسترسی است. برای توسعه چاه مناسب است.	منجر به تغییر دی‌اکسیدکربن می‌شود. لذا این روش نمونه‌برداری برای پارامترهایی که به تغییر pH حساسیت دارند مناسب نیست. به‌طور کلی، این روش راه مناسبی برای برداشت نمونه آب برای آنالیزهای تفصیلی به‌علت اثر خروج گاز نیست. اکسیژنه شدن قابل جلوگیری‌نیست. مگراینکه دقت زیادی به‌کار رود.
پمپهای شناور	دارای قطرهای مختلف است. قابل ساخت با مواد مختلف است. پمپ ۱۲ ولت کاملاً قابل حمل است. ولی سایر واحدها،نسبتاً قابل حمل است. برحسب اندازه پمپ و عمق پمپاژ، پمپاژ با سرعتهای نسبتاً زیاد برای چاههای دارای قطر بیش از ۲ اینچ امکانپذیر است. به سهولت قابل دسترسی است.	معمولاً برای لوله‌های با قطر بیش از ۲ اینچ قابل استفاده است. پمپهای معمولی قادر به پمپاژ آبهای رسوبدار بدون صدمه زدن به پمپ نیستند. پمپهای $\frac{3}{4}$ اینچی برای ارتفاع رانش زیاد، آب کمی پمپاژ می‌کنند. پمپهای دارای قطر کمترنسبتاً گران هستند.



شکل ۹- پمپ سوپاپی رفت و برگشتی



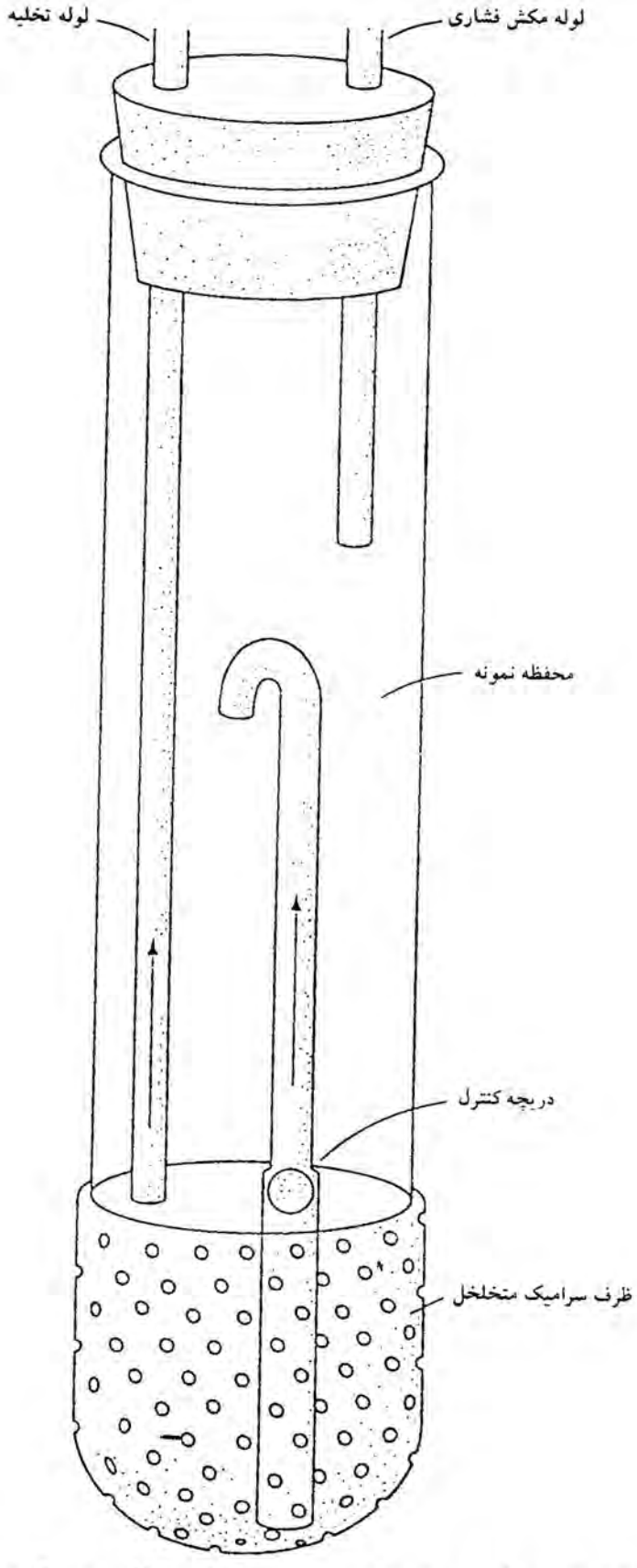
شکل ۱۰- اصول کار مکنده‌های جت آبی

۲-۷ نمونه‌برداری از آب در ناحیه غیراشباع

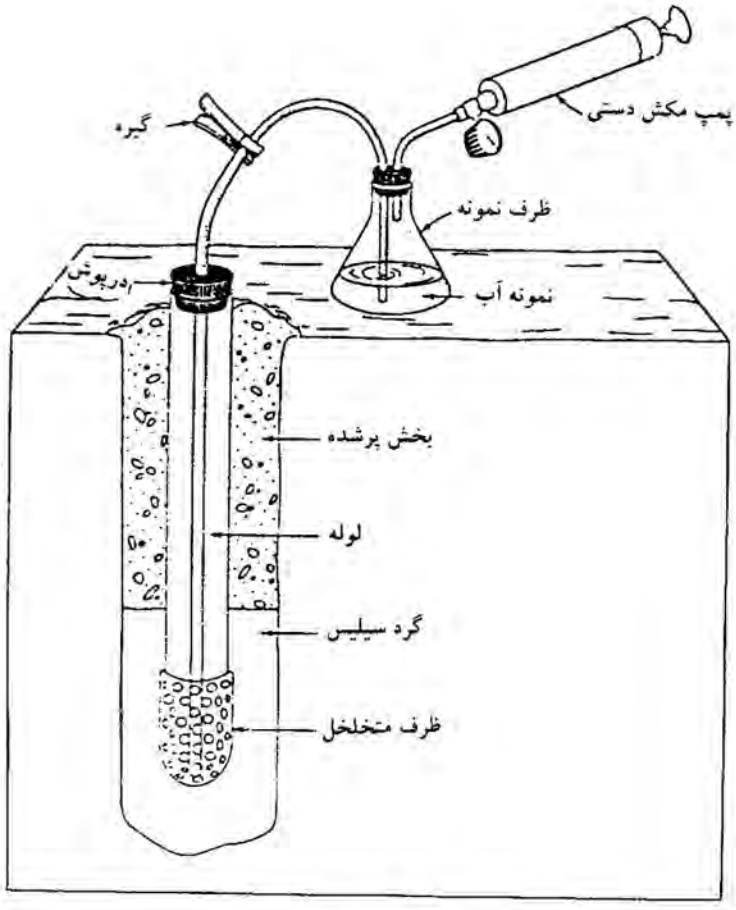
آلودگی هنگام عبور از سطح زمین به طرف آب زیرزمینی، از ناحیه غیر اشباع می‌گذرد. رفتارسنجی کیفیت آب خاک در ناحیه غیراشباع، در اقدامات حفظ منابع و احیای آن ضروری است.

به منظور تعیین ترکیب شیمیایی و کیفیت رطوبت خاک در ناحیه غیراشباع، اقدام به جمع‌آوری نمونه می‌شود. از آنجا که آب موجود در خاک در این ناحیه تحت کشش قرار دارد و نمی‌تواند تحت نیروی ثقل به درون چاه، به‌طریقی که آب زیرزمینی عمل می‌کند جریان یابد، لذا آب موجود در خاک باید به‌وسیله سیستم مکش جمع‌آوری شود.

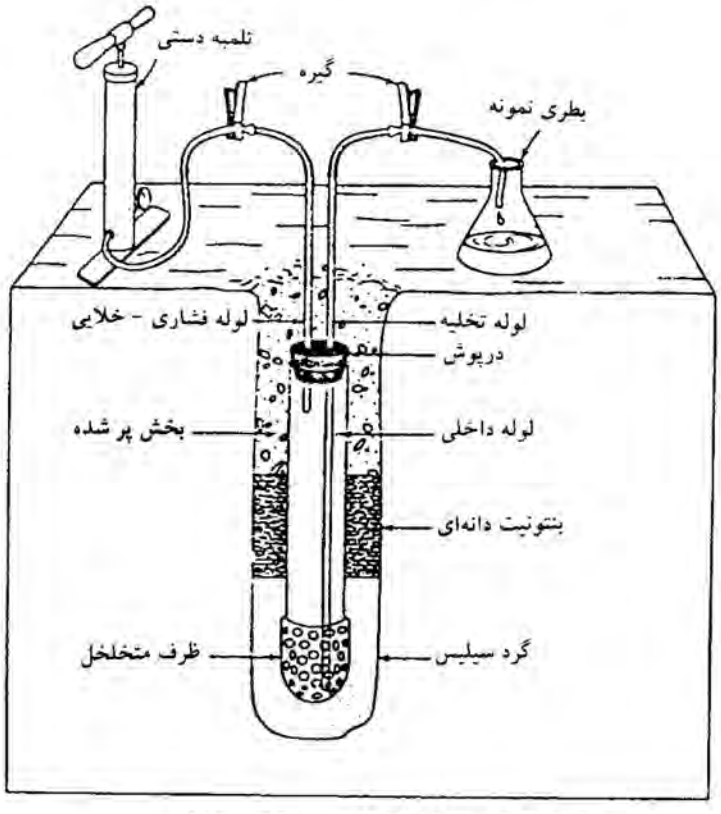
یک لیسیمتر مکشی، ظرف سوراخداری است که درانتهای یک لوله توخالی قرار گرفته است (شکل ۱۱). جنس لوله می‌تواند از PVC و یا حتی فولاد ضدزنگ باشد. ظرف متخلخل می‌تواند از جنس سرامیک، نایلون، تفلون و غیره ساخته شده باشد. لوله‌ای در سطح به سیستم مکشی اتصال می‌یابد و مکش از طریق لوله دیگری در یک دوره زمانی معین ایجاد می‌شود. هرگاه میزان مکش بیش از میزان کشش رطوبت موجود در خاک باشد، آب خاک به سمت ظرف جریان می‌یابد. به این طریق، آب از طریق لوله متصل به سیستم جمع‌آوری خواهد شد. جریان آب معمولاً آهسته بوده و ممکن است لازم باشد در طول شب به منظور جمع‌آوری حجم مناسبی از آب اقدام کرد. مکش مورد نیاز برای سیستم به‌وسیله پمپ دستی که از طریق لوله کوتاهی به فلاسک جمع‌آوری آب اتصال یافته ایجاد می‌شود (شکلهای شماره ۱۲ و ۱۳). عمق تجربی این نوع نمونه‌گیر حدود ۲ متر است. یک سیستم مکشی فشاری دارای لوله توخالی به قطر ۲ اینچ و درازای ۰/۳ متر است. دولوله از سیستم به سمت زمین عبور می‌کند که به نام لوله‌های تغذیه و مکش فشاری موسوم است. لوله تغذیه از کف سیستم ادامه می‌یابد و به وسیله گیره قطع جریان به فلاسک جمع‌آوری نمونه وصل می‌شود. لوله مکش فشاری از طریق دهانه سیستم و گیره قطع جریان به پمپ دستی مکشی اتصال یافته است. هنگام تولید مکش از طریق پمپ، لوله تغذیه توسط گیره مسدود است. بعد از ایجاد فشار، لوله متصل به پمپ توسط گیره مسدود شده و گیره از سرراه لوله تغذیه برداشته می‌شود. با شروع کار سیستم و ادامه آن در طول شب، نمونه‌های مورد نیاز درون بطری نمونه جمع‌آوری می‌شود. حداکثر عمق قابل عمل برای پمپ ایجاد فشار، حدود ۱۵ متر است. در اعماق بیشتر فشاری که لازم است نمونه را به جلو براند آن را به قسمت خارج از ظرف متخلخل خواهد راند. برای رفع این نقیصه با استفاده از سوپاپ کنترل و یک منبع ذخیره داخلی، از وقوع عمل جلوگیری می‌شود. مکانیسم کار به این صورت است که هنگام ایجاد خلاء، آب به داخل مخزن کشیده می‌شود، سپس هنگام ایجادفشار، سوپاپ کنترل از جریان برگشتی به درون ظرف متخلخل جلوگیری می‌کند و نمونه به طرف سطح زمین و بطری جمع‌آوری نمونه جریان می‌یابد.



شکل ۱۱- شمای یک لیسیمتر خلایی - فشاری با یک محفظهٔ نمونه و یک دریچه کنترل



شکل ۱۲- طرز کار لیسیمتر خلایی



شکل ۱۳- طرز کار لیسیمتر فشاری - خلایی

۸- مرحله‌های رفتارسنجی کیفی آب زیرزمینی

۸-۱ انتخاب محدوده یا حوضه موردنظر برای رفتارسنجی

انتخاب محدوده یا حوضه موردنظر، براساس ملاحظات مدیریتی، خصوصیات طبیعی و اولویتها انجام می‌گیرد.

۸-۲ شناسایی منابع و علل آلودگی و روشهای دفع پسابها

طراحی برنامه رفتارسنجی نیازمند اطلاع از منابع و علل آلودگی آب زیرزمینی و روش دفع آنها در محدوده است. از منابع عمده آلودگی می‌توان به آلودگیهای ناشی از : روانابهای شهری، فعالیتهای شهری، فعالیتهای صنعتی و معدنی، فعالیتهای کشاورزی، آلودگیهای ناشی از فعالیت در میدانهای نفتی، آلودگیهای طبیعی و ... اشاره کرد.

۸-۳ شناسایی آلوده‌کننده‌های بالقوه

با شناسایی منابع آلودگی، علل آلودگی و روشهای دفع فاضلاب، قدم بعدی، شناسایی آلوده‌کننده‌های بالقوه برای هر منبع است. شاخصهای عمده تجزیه آب برای تعیین آلودگیها عبارتند از: شاخصهای فیزیکی، شیمیایی معدنی، شیمیایی آلی، باکتریولوژی و رادیولوژیکی.

۸-۴ تعیین مصارف آب زیرزمینی

در ارزیابی اثر آلودگی یا آلوده‌کننده‌های بالقوه آب زیرزمینی، نوع مصرف یک عامل کلیدی است، بنابراین این موضوع اهمیت دارد که مقادیر برداشت آب در حال و آینده و موقعیتهای مراکز اصلی برداشت در محدوده موردمطالعه مشخص شود.

بخشهای اصلی مصرف آب عبارتند از: شرب، صنعت،کشاورزی و ...

۸-۵ تعیین وضعیت هیدروژئولوژیک

برای مطالعه اینکه آلودگی آب زیرزمینی در کجا و چگونه ایجاد شده و چگونه حرکت می‌کند، لازم است که وضعیت

کلی هیدروژئولوژی محدوده موردنظر معلوم شود. اطلاعات هیدروژئولوژیکی موردنیاز در محدوده مورد نظر برای اجرای برنامه رفتارسنجی، شامل موارد زیر است :

۸-۵-۱ موقعیت، عمق و وسعت آبخوانها براساس داده‌های زمین‌شناسی

۸-۵-۲ انواع خاکها و لایه‌های محدود کننده

۸-۵-۳ گسترش لایه‌های محصور کننده اصلی و سفره‌های معلق در منطقه غیراشباع

۸-۵-۴ قابلیت انتقال آبخوانها براساس آزمایشهای پمپاژ چاهها و داده‌های زمین‌شناسی

۸-۵-۵ گرادیان بار هیدرولیکی قائم

۸-۵-۶ میزان تغذیه قائم در ناحیه غیراشباع

۸-۵-۷ نقشه تراز آب زیرزمینی براساس مشاهدات سطح آب در چاههای مشاهده‌ای

۸-۵-۸ نقشه هم‌عمق سطح آب زیرزمینی براساس تراز آب و داده‌های توپوگرافی

۸-۵-۹ مناطق و مقادیر تغذیه طبیعی آب زیرزمینی براساس بارندگی، تبخیرو تعرق، نوع خاکها، کاربری زمین و داده‌های تراز آب

۸-۵-۱۰ مناطق و مقادیر تغذیه مصنوعی آب زیرزمینی با توجه به داده‌های آبیاری و آب برگشتی از آن

۸-۵-۱۱ مناطق و مقادیر تخلیه طبیعی آب زیرزمینی براساس جریان آب رودخانه و داده‌های تراز آب

۸-۵-۱۲ جهت و سرعت جریان آب زیرزمینی، با توجه به داده‌های تراز آب و قابلیت انتقال

۸-۶ مطالعه کیفیت آب زیرزمینی در وضعیت موجود

به منظور تعیین مسائل مربوط به کیفیت آب زیرزمینی در محدوده مورد عمل رفتارسنجی، ارزیابی کیفیت کلی آب زیرزمینی مورد نیاز است. برای این عمل لازم است آمار کیفیت آب زیرزمینی جمع‌آوری و بررسی شود. ابتدا مطالعات با تأکید بر کیفیت قبلی آب زیرزمینی صورت می‌گیرد و سپس نقشه‌ای که نشاندهنده آلودگی آب زیرزمینی است، با در نظرگرفتن تغییرات در سطح و عمق براساس داده‌ها و تجزیه آب چاههای موجود تهیه می‌شود.

۸-۷ ارزیابی نفوذ بالقوه پسآبها در سطح زمین

بعد از بررسی منابع بالقوه آلودگی و آلوده‌کننده‌های بالقوه، قدم بعدی، تعیین این موضوع است که آیا این پسابهای سطحی می‌توانند به زیر سطح زمین نفوذ کنند یا نه. روش بیلان آب در موارد بسیاری می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. مثلاً در یک حوضچه نفوذی، ورودیها عبارتند از: بارش و جریان ورودی پساب و خروجیها عبارتند از: تبخیر و نشت،تفاضل ورودی وخروجی، حجم آب نشتی به زیرزمین رابه‌دست می‌دهد. برای آبیاری، ورودی عبارت‌است از: بارندگی وآب به‌کار رفته درآبیاری و هرزآبهای سطحی عبارت‌است از: تبخیر،تعرق و هرگونه جریان‌خروجی‌سطحی.

۸-۸ ارزیابی تحرک آلوده‌کننده‌ها در ناحیه غیراشباع

در این مرحله، دو مسئله مورد توجه قرار می‌گیرد. اول سرعت حرکت رو به پایین آب نفوذی در ناحیه غیراشباع و دومی مکانیسمهای عملی رقیق‌سازی مواد آلوده‌ساز در این ناحیه است. وسعت آلودگی آب زیرزمینی از طریق نفوذ از سطح زمین، بستگی به حجم و سرعت حرکت آبی دارد که از ناحیه غیراشباع عبور می‌کند. این فرایند به نوبه خود بستگی به ظرفیت ذخیره ناحیه تهویه نیز خواهد داشت . سرعت حرکت روبه پایین آب در بسیاری از موارد ناشناخته است، اما آگاهی از آن، در ارزیابی منابع انتشار آلودگی آب زیرزمینی از اهمیت بسیار برخوردار است.

۸-۹ ارزیابی رقیق‌شدگی آلوده‌کننده‌ها در ناحیه اشباع

بسیاری از فرایندهای رقیق شدگی که در زون غیراشباع وجود دارد، می‌تواند در زیر سطح ایستابی، ولی به نحو دیگر روی دهد.مثلاً اکسیژن کمتر، در زیر سطح ایستابی امکان اکسایش مواد آلی را کاهش می‌دهد. برخی آلوده‌کننده‌ها مثل آهن در حالت احیاء شده، ممکن است تحرک بیشتری داشته باشند. در بعضی موارد نیز شرایط احیاء برای خارج شدن آلودگیها از آب، به ویژه برای سولفات و نیترات، مطلوبتر است. نکته مهم دیگر آن‌است که مواد آلی، که در خاکهای سطحی فراوان‌اند، در واقع در بسیاری از سازندهای تشکیل دهنده آبخوانها وجود ندارند، که این موضوع معمولاً میزان جذب و همچنین واکنشهایی مثل دیتریفیکاسیون (نیتروژن زدایی) راکاهش می‌دهد. به هر حال فرآیندهای رقیق شدگی در زیر سطح ایستابی بسیار متفاوت با منطقه غیراشباع است.

رقیق شدگی در اغلب موارد با عوامل زیر تعیین می‌شود:

۸-۹-۱ حجم فاضلابی که به سطح ایستابی می‌رسد.

۸-۹-۲ بار آلودگی، یعنی وزن ماده آلوده‌کننده‌ای که در واحد سطح، به سطح ایستابی می‌رسد.

۸-۹-۳ توزیع بار هیدرولیکی براساس نقشه‌های تراز آب زیرزمینی

۸-۹-۴ قابلیت انتقال مواد سازنده آبخوان

۸-۹-۵ گرادیان بار هیدرولیکی قائم و ضرایب نفوذپذیری در لایه‌های محصور کننده موجود

۸-۹-۶ کیفیت اولیه آب زیرزمینی در سه بعد

۸-۹-۷ مقدار آبی که از سایر منابع در سطح زمین به سطح ایستابی می‌رسد.

۸-۹-۸ کیفیت آبی که از منابع دیگر به سطح ایستابی می‌رسد.

۸-۹-۹ ساختمان چاه

۸-۹-۱۰ الگوها و حجمهای پمپاژ

۸-۱۰ اولویت‌بندی منابع آلوده‌کننده و علتهای آن

مراحل رفتارسنجی که تا اینجا ارائه شده، شامل یک سری از اهداف یا اقدامهای رفتارسنجی است که باید با توجه به منابع شناخته شده و علل آلودگی آب زیرزمینی اولویت‌بندی شود. اولویت‌بندی می‌تواند با درنظر گرفتن موارد زیر صورت پذیرد:

۸-۱۰-۱ برحسب اهمیت موضوع موردنظر رفتارسنجی

۸-۱۰-۲ با توجه به افزایش سختی و دشواری انجام دادن کار

۸-۱۰-۳ با درنظر گرفتن قابلیت تجزیه و تحلیل آمار و اطلاعات به دست آمده از روشهای مختلف

۸-۱۰-۴ با توجه به هزینه‌های اجرای پروژه و تجزیه‌های موردنیاز .

در ارتباط با هزینه می‌توان از هزینه تصفیه‌های مختلف مثل: سبک سازی یا کلرینه کردن آب، هزینه حذف آلودگی آب زیرزمینی براساس استانداردهای آب شرب و غیره نام برد.

تجزیه‌های موردنیاز می‌تواند شامل: تجزیه‌های بیولوژیکی، شیمیایی، فیزیکی و رادیولوژیکی باشد.

۸-۱۱ ارزیابی برنامه موجود رفتارسنجی

هرکوششی برای برنامه رفتارسنجی جدید باید با درنظر گرفتن فعالیتهای رفتارسنجی موجود باشد. برای آن‌که برنامه رفتارسنجی جامع و با حداقل هزینه انجام گیرد این امر ضرورت اساسی دارد.

۸-۱۲ برقراری رهیافتهای [1] رفتارسنجی

براساس نقایص داده‌ها و اطلاعات به دست آمده از اولویت‌بندی مرحله ۸-۱۰، امکان شناخت رهیافتهای رفتارسنجی لازم به دست می‌آید. برای برقراری رهیافتهای رفتارسنجی، لازم است که ابتدا هدفهای رفتارسنجی فنی ویژه آلودگی برای آلودگیهای ناشی از هر منبع، شناخته و توسعه داده شود. به طور مثال می‌توان به محلهای دفن زباله اشاره کرد که موجب نشت شیرابه‌های با TDS بالا می‌شوند. هدف رفتارسنجی فنی ویژه آلودگی می‌تواند تعیین کمیت، سرنوشت و حمل این مواد جامد محلول در محیط زیرسطحی باشد. قدم اول می‌تواند شناسایی منطقه یا مناطق رفتارسنجی (منطقه سطحی، غیراشباع یا اشباع)، روشهای رفتارسنجی برای بررسی TDS در هر منطقه، تکنیکهای تجزیه نمونه‌ها برای هر روش رفتارسنجی و فواصل نمونه‌برداری باشد. از آنجا که ترکیبهای مختلفی از مناطق رفتارسنجی، روشهای رفتارسنجی، تجزیه نمونه‌ها و فواصل نمونه‌برداری برای رسیدن به هدف فنی یکسانی وجود دارد، ممکن است بیش از یک رهیافت رفتارسنجی برای هر هدف تکنیکی وجود داشته‌باشد. یک رهیافت

1- Approaches

رفتارسنجی شامل ترکیبی از روشهای رفتارسنجی است. اگر فقط یک روش برای دستیابی به هدف فنی عملی امکانپذیر باشد،به معنای آن است که این روش، رهیافت رفتارسنجی ترجیحی است. وقتی چندین رهیافت رفتارسنجی وجود داشته‌باشد، لازم است مقایسه‌ای از نظر هزینه برای انتخاب بهترین آنها انجام گیرد.

۸-۱۳ انتخاب و اجرای برنامه رفتارسنجی

در این مرحله انتخاب روش برای تشخیص آلودگیهای متعدد ناشی از یک منبع ویژه آلوده‌کننده مورد توجه است. در این مرحله با در نظر گرفتن اولویت اول برای آلوده‌کننده‌های شدید و اولویت بعدی برای آلوده‌کننده‌های خفیف، می‌توان هزینه‌های رفتارسنجی را بهینه کرد. همچنین با استفاده از روشهایی نظیر دورسنجی و دستیابی به اطلاعات لازم برای بیش از یک منبع آلوده‌کننده، می‌توان هزینه‌های مربوط به استفاده از مواد، تجهیزات و نیروی انسانی را کاهش داد.

۸-۱۴ بازنگری و تفسیر نتایج رفتارسنجی

در این مرحله داده‌های جمع‌آوری شده باید تجزیه، تحلیل و تفسیر شوند به نحوی که روند تغییرات کیفیت، آلودگی‌های جدید، نواحی بهبود یافته و کارایی فعالیتهای کنترل‌آلودگی مشخص شوند. برنامه بررسیهای آن قسمت از منابع آب زیرزمینی که با استانداردهای کیفی آب مطابقت ندارد و پیش‌بینی کیفیت آب در آینده، با توجه به رشد جمعیت و شرایط کاربری اراضی باید تهیه شود.

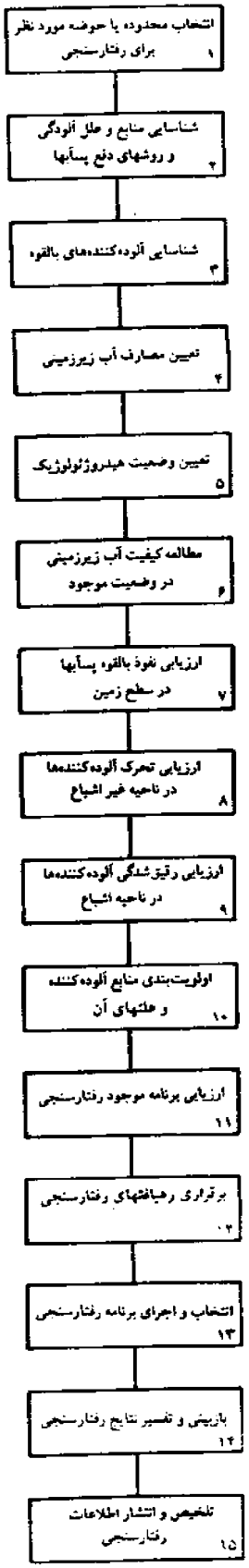
مسئولیت تجزیه و تحلیل داده‌های رفتارسنجی به منظور تبدیل آنها به اطلاعات کیفی آب برای مسئولان ذی‌ربط، فعالیتی مستمر است. این اطلاعات برای شناخت تغییرات ناگهانی کیفی و اقدامات لازم و سریع، باید مورد مطالعه دقیق قرار گیرد.

۸-۱۵ تلخیص و انتشار اطلاعات رفتارسنجی

حاصل نهایی برنامه رفتارسنجی که در یک ناحیه سازماندهی می‌شود، اطلاعات مربوط به کیفیت آب زیرزمینی است. بنابراین در نهایت، وظیفه دستگاه مسئول رفتارسنجی، تلخیص و انتشار اطلاعات به صورتهای مناسب برای موسسات و سازمانهای ذی‌ربط و نیازمند به این اطلاعات خواهد بود.

مرحله‌های ساده شده رفتارسنجی کیفی آب زیرزمینی در نمودار شماره ۱ نشان داده شده است.

نمودار ۱- مرحله‌های ساده شده رفتارسنجی کیفی آب زیرزمینی



۹- منابع و مآخذ :

1- Brown, R.H. and V.S.Kovslevsky, 1977, Groundwater studies, Unesco, Paris.

2- FAO, 1979, Groundwater Pollution.

3- Fetter, C.W., 1993, Contaminant hydrogeology, Macmillan, New York.

4- Fetter, C.W., 1994, Applied hydrogeology, 3rd ed., Prentiee Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.

5- Fletcher G. Driscoll, 1986, Groundwater and Wells, 2nd ed., Johson Filtration System Inc. Minnesota.

6- Jones, G.P., 1987, Groundwater monitoring and management, IAHS, England.

7- McGraw-Hill, 1990, Groundwater assesment development and management, New York.

8- Raghunath, H.M., 1983, Groundwater, Johnwiley, U.K.

9- Todd, D.K., 1980, Groundwater hydrology, 2nd ed., Johnwiley & Sons, New York.

10- Unesco, 1978, Water quality surveys, Paris.

11- Unesco, 1987, Groundwater monitoring, Paris.

Islamic Republic of Iran

Plan and Budget Organization - Ministry of Energy

Instruction for ground-water quality monitoring

No: 187

Office of the Deputy for Technical Affairs

Bureau of Technical Affairs and Standards

1378/2000

این نشریه
با عنوان «دستورالعمل رفتارسنجی کیفی آبهای زیرزمینی» به منظور تعیین ضوابط و معیارهای مطالعه تغییرات کیفیت منابع آب زیرزمینی در طول زمان تهیه شده است.
در این دستورالعمل، مراحل رفتارسنجی کیفی منابع آب زیرزمینی، ایجاد و توسعه شبکه رفتارسنجی، تعیین محل، تراکم و طراحی چاههای رفتارسنجی، رفتارسنجی منابع آلودگی، معیارهای نمونه‌برداری از چاههای رفتارسنجی و ارزیابی نتایج حاصل، مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد.

مرکز مدارک اقتصادی - اجتماعی و انتشارات

ISBN 964-425-163-6

9 789644 251634