

# دستورالعمل رفتار سنجی کیفی

## آبهاي زيرزميني

معاونت امور فني  
دفتر امور فني و تدوين معيارها

نشریه شماره ۱۸۷

جمهوری اسلامی ایران  
سازمان برنامه و بودجه - وزارت نیرو

# دستورالعمل رفتار سنجی کیفی آبهای زیرزمینی

نشریه شماره ۱۸۷

معاونت امور فنی  
دفتر امور فنی و تدوین معيارها

۱۳۷۸

انتشارات سازمان برنامه و بودجه ۴۹/۰۰/۷۸

## 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: سازمان برنامه و بودجه ، مرکز مدارک اقتصادی - اجتماعی و انتشارات، ۱۳۷۸.  
۴۸ ص: مصور، جدول.- (سازمان برنامه و بودجه دفتر امور فنی و تدوین معیارها؛  
نشریه شماره ۱۸۷)

ISBN 964-425-163-6

فهرستنویسی بر اساس اطلاعات فیبا.

کتابنامه: ص. ۴۸

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

۶۲۷/۰۲۱۸

TC ۱۴۵/س۲۵۵۵

[TA۳۶۸]

۷۸-۱۶۹۶۶

کتابخانه ملی ایران

ISBN 964-425-163-6

شابک ۹۶۴-۴۲۵-۱۶۳-۶

دستورالعمل رفتار سنجی کیفی آبهای زیرزمینی  
تهییه 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: ۳۵۰۰ ریال  
چاپ و صحافی: موسسه زحل چاپ  
همه حقوق برای ناشر محفوظ است.

بسمه تعالیٰ



## ریاست جمهوری

سازمان برنامه و بودجه

دفتر رئیس

شماره: ۱۰۲/۴۸۵۱-۵۴/۴۲۱۰

تاریخ: ۱۳۷۸/۸/۱۰

به: تمامی دستگاه‌های اجرایی و مهندسان مشاور

موضوع: دستورالعمل رفتار سنجی کیفی آبهای زیززمینی

به استناد ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه کشور و آیین نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی

این دستورالعمل از نوع دوم مذکور در ماده هفت آیین نامه در یک صفحه صادر می‌گردد.

تاریخ مندرج در ماده ۸ آیین نامه در مورد این دستورالعمل ۱۳۷۸/۱۱/۱ می باشد.

به پیوست نشریه شماره ۱۷۸ دفتر امور فنی و تدوین معیارهای این سازمان با عنوان، "دستورالعمل

رفتار سنجی کیفی آبهای زیززمینی" 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.

محمد علی نجفی

معاون رئیس جمهور و

رئیس سازمان برنامه و بودجه

## 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 مأخذ معتبر و استانداردهای بین‌المللی
- بهره‌گیری از تجارب دستگاههای اجرایی، سازمانها، نهادها، واحدهای صنعتی، واحدهای مطالعه، طراحی و ساخت
- ایجاد هماهنگی در مراحل تهیه، اجرا، بهره‌برداری 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

## 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 :

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

## فهرست مطالب

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

## مقدمه

بررسی امکانات بالقوه منابع آب کشور نشان می دهد که حدود ۳۰ درصد آن را منابع آب زیرزمینی تشکیل می دهد، در حالی که در شرایط موجود، سهم آبهای زیرزمینی از کل مصارف آب مت加وز از ۵۰ درصد است. علی رغم چنین اهمیتی که منابع آب زیرزمینی در تأمین آب مصرفی کشور دارد، بهره برداری بی رویه از این منابع طی چند دهه اخیر، صرفنظر از محدودیتهای کمی، موجبات بروز محدودیتهای جدی کیفی را نیز فراهم آورده است. علاوه بر این امروزه موارد بسیاری از آلودگی و تغییر کیفیت شیمیایی منابع آب زیرزمینی به ویژه در مناطق صنعتی و شهرهای بزرگ مشاهده می شود. آلودگی آبهای زیرزمینی معمولاً زمانی روی می دهد که مواد انحلال پذیر یا غیرقابل حل ناشی از فعالیتهای انسانی به منابع آب زیرزمینی و یا حريم این منابع وارد می شوند. بدیهی است که کیفیت منابع آب زیرزمینی به طور طبیعی تحت تأثیر نهشته ها و سازندهای زمین شناسی قرار گرفته و کیفیت متفاوتی پیدا می کند. بالابودن غلظت این گونه مواد در آب، مصرف بالقوه آن را به خصوص برای شرب محدود می کند.

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 ویژه ای برخوردار است و تدوین برنامه ای عملی برای نظارت مستمر بر روند تغییرات کمی و کیفی آن در طول زمان اجتناب ناپذیر است. چنین برنامه ای را دستورالعمل رفتارسنگی (پایش) آب زیرزمینی<sup>۱</sup> می نامند.

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 بهره برداریها، آلودگیها و تغییرات زمانی کمی و کیفی آن عملی نیست و لازم است روش های مناسب براساس نتایج حاصل از رفتارسنگی مورد بررسی، انتخاب و اجرا قرار گیرند. درکشور ما به رغم اهمیت منابع آبهای زیرزمینی چه به لحاظ سهم آن در کل پتانسیل منابع آب کشور و چه از جهت سهم آن در کل میزان منابع آب مورد مصرف فعلی، رفتار این منابع در ارتباط با بهره برداریها و عوامل مؤثر در تغییرات کیفی آن چندان شناخته شده نیست و اساساً چار چوبها، روشها و ضوابط آن تاکنون مورد بررسی و تدوین قرار نگرفته است.

در راستای رفع این نارسايی، دستورالعمل حاضر تحت عنوان «دستورالعمل رفتارسنگی منابع آب زیرزمینی» ضوابط و معیارهای رفتارسنگی منابع آب زیرزمینی در زمینه های اصلی مانند: عوامل و ضوابط ایجاد و توسعه شبکه رفتارسنگی، تعیین محل و تراکم شبکه رفتارسنگی، طراحی چاههای رفتارسنگی را مورد بحث قرار می دهد.

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

## ۱- تعریف و هدف رفتارسنگی کیفیت آب زیرزمینی

"رفتارسنگی کیفیت آب می‌تواند به صورت یک برنامه طراحی شده ناظارت مستمر، شامل نمونه‌برداری مستقیم و کنترل کیفیت از راه دور (دورسنگی 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 رفتارسنگی 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 فوق الذکر، ناظارت بر کیفیت آب در چاهها، قنوات و چشمه‌ها ممکن است سایراهدافی را که کم و بیش مرتبط با جلوگیری، حذف و یا به طور 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 به کار برد. استفاده معمول دیگر، کسب اطلاعات درباره حرکت طبیعی آب زیرزمینی در یک آبخوان، مشخصات زمین‌شناسی یا خصوصیات شیمیایی طبیعی آن است.

قلمرو رفتارسنگی کیفی را می‌توان تحت عناوین زیر بیان کرد:

- الف - رفتارسنگی حوضه‌ای آب زیرزمینی
- ب - رفتارسنگی منبع آلودگی
- ج - رفتارسنگی موردي
- د - رفتارسنگی پژوهشی

رفتارسنگی 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. رفتارسنگی منبع آلودگی تنها در بررسی پس‌آبهای وارد به آب زیرزمینی که بر کیفیت آب اثر می‌گذارد، خلاصه می‌شود.

رفتارسنگی موردی را می‌توان جمع آوری 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 اتلاف می‌شده است. بدیهی است این جبهه 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 عملًا غیر ممکن نباشد، بسیار مشکل است.

- باید تغییرات بالقوه کیفیت آب چاه، در جایی که غلظتها 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 مؤثر در طراحی سیستم رفتارسنجی آب زیرزمینی

همان طوری که قبلاً اشاره شد، به منظور رفتارسنجی کیفیت آب در چاهها، چشمه‌ها و قنوات، همچنین برای نظارت مستمر برخی پارامترهای مربوط به منابع بالقوه 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 (محلي، حوضه‌ای و غیره) مهمترین اثر را در طراحی سیستم دارد. شش عامل اصلی در طراحی شبکه 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 آلوگی احتمالی آب زیرزمینی می‌شوند و یا طبقه‌بندی منابع آلوگه کننده مشخص و نامشخص
- د- انواع آلوگیهای حاصل از فعالیت‌های بالا
- ه- محلهای توسعه 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 استفاده موفق از سیستم رفتارسنجی ضروری است. همان‌طور 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 هیدرولوژیک (سطح آب زیرزمینی، قابلیت انتقال، شرایط مرزی و نواحی تغذیه و تخلیه) تأمین با مشخصات مواد آلوگه کننده و محلهای آلوگی بالقوه، برای تعیین گسترش مورد انتظار و حرکت آلوگی انجام می‌پذیرد.

هدف مطلوب برای هر شبکه مشاهداتی، شناخت درجه آلوگی در چندین نقطه اطراف منبع آلوگی، به ویژه در جهت محلهای برداشت آب زیرزمینی است.

- برای کاهش تعداد چاههای برقاری ۴ ایستگاه اندازه‌گیری در اطراف ناحیه آلوگه به شرح زیر پیشنهاد می‌شود :
- الف - در نقطه‌ای که غلظت مواد آلوگه کننده زیاد باشد.
  - ب - در نقطه‌ای که آلوگی متوسط و کیفیت آب برای مصرف‌کننده قابل اعتراض باشد.
  - ج - در نقطه‌ای که کیفیت آب برای مصرف‌کننده قابل اعتراض نیست : ولی آلوگی قابل تشخیص باشد.
  - د - در نقطه فاقد آلوگی

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

برای به حداقل رسانیدن هزینه 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. بدینهی 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 مشبك<sup>۱</sup> نصب شده است.

به عنوان تقریب اول، اگر تغییرات کیفیت در جهت قائم قابل اغماض باشد و کف چاه به انتهای لایه آبدار رسیده باشد و لوله مشبك به طور کامل ضخامت منطقه اشباع را پوشاند، 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<sup>۲</sup>

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 خطأ باشد.

ج - استفاده از یک پمپ کوچک برای اعماق مختلف یک آبخوان تکلایه‌ای، این پمپ ابتدا با ظرفیت کم (۳ لیتر 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- منظر از لوله‌های مشبك 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، پمپ آب از اعمق مختلف از طریق توپک (پکرهای)<sup>۱</sup> جداکننده است. پمپ با استفاده از این توپک (پکرهای) در اعمق 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 بر کیفیت آب زیرزمینی در آبخوانهای منطبق بر هم صورت گیرد، چاههایی حفر می‌شوند که در اعماق مختلف مجهر به لوله‌های مشبک بوده و محل لایه‌های نفوذناپذیر مسدود شده باشد. این روش پرهزینه است؛ اما سطح آب راهم می‌توان مورد اندازه‌گیری قرار داد. معمولی‌ترین روشی که در آبخوانهای چند لایه‌ای صورت می‌گیرد، استفاده از همین روش است.
  - اگر قرار باشد تنها یک چاه حفر شود، مقابله لایه‌های قابل نفوذ متواالی، توریهای (اسکرینهای) مناسب نصب شده و توپک (پکرهای) مختلف در اعماق موردنظر نصب می‌شوند. این روش پرهزینه‌تر از حفر چند چاه با اعماق مختلف است.
  - در آبخوانهای چند لایه‌ای باید دقیقت 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، غلظتهاهای بیکربنات و pH در میان بقیه پارامترها به‌طور قابل توجهی تغییر پیدا می‌کند. در مورد پارامترهایی مثل  $Mn^{++}$  و  $Fe^{++}$  لازم است، بلافاصله ثبت کننده یا فیکساتور<sup>۲</sup> (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، DO، EC، قلیاًیت 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 محدود است. جدول شماره ۱، 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<sup>۱</sup>

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		
- کاتیونها		
۳- فلزات سنگین		
(Al) آهن	آهن	آلومینیم
(Fe) آهن سه‌ظرفیتی	آهن	آهن
(Fe) آهن دو‌ظرفیتی	آهن	آهن
(Fe) مجموع آهن محلول	آهن	آهن
(Fe) اگر نوع آن مشخص نشده باشد، مربوط به آهن محلول هنگام جمع‌آوری نمونه می‌شود.	آهن	آهن
(Fe) آهن محلول در زمان تجزیه	آهن	آهن
(Fe) آهن مجموع (آهن محلول و آهن حاصل از مواد معلق)	آهن	آهن
(Mn) بدون ذکر نوع به Mn محلول هنگام جمع‌آوری نمونه مربوط می‌شود.	منگنز	منگنز
(Mn) محلول هنگام تجزیه	منگنز	منگنز
(Mn) مجموع (منگنز محلول و منگنز حاصل از مواد معلق)	منگنز	منگنز
(Ti) کروم سه‌ظرفیتی	تیتان	کروم
(Cr) کروم شش‌ظرفیتی	کروم	کروم
(Cr) کروم مجموع محلول	کروم	کروم

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.

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

### ۲-۳ قلیایی خاکی و قلیایی

(Ca)	- کلسیم
(Mg)	- منزیم
قلیایی خاکی	(Sr) - استرنسیم
	(Ba) - باریم
	(Be) - بریلیم
	(Na) - سدیم
قلیایی	(K) - پتاسیم
	(Li) - لیتیم

- نیتروژن آمونیاکی بر حسب  $\text{NH}_4^+$

- اسیدیته آزاد ( $\text{H}^+$ ) محاسبه شده (تا  $4/5$ )

### ۴- آنیونها

(HCO <sub>3</sub> )	- بی کربنات
(CO <sub>3</sub> )	- کربنات
(OH)	- هیدروکسید
(SO <sub>3</sub> )	- سولفیت

(SO <sub>4</sub> )	- سولفات
(Cl)	- کلرید
(F)	- فلوئورید
(Br)	- برمید
(I)	- یدید
(NO <sub>2</sub> )	- نیتریت
(NO <sub>3</sub> )	- نیترات
(N)	- نیتروژن
(PO <sub>4</sub> )	- اورتوفسفات
PO <sub>4</sub>	- فسفر بر حسب
CN	- سیانید بر حسب
	5- مواد آلی، غیریونی و مقادیر محاسبه شده
	- مواد فنولی بر حسب C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH
	- 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 گرمای افقی)
	- مواد محلول:
	میلی‌گرم در لیتر
	تن متريک در ۱۰۰۰ متر مکعب
	تن در روز
	باقیمانده خشک
	میلی‌گرم در لیتر
	تن متريک در ۱۰۰۰ متر مکعب
	تن در روز
	- مواد جامد معلق در ۱۱° درجه سانتی‌گراد
	- سختی کل بر حسب میلی‌گرم بر لیتر CaCO <sub>3</sub>
	- سختی غیرکربناته بر حسب میلی‌گرم بر لیتر CaCO <sub>3</sub>

- قلیاییت بر حسب میلی گرم بر لیتر  $\text{CaCO}_3$

- شاخص اشباع (لانژلیه)

- اسیدیته (کل، آزاد)

- درصد سدیم

- نسبت جذب سدیم (SAR)

۶- سایر داده ها

- هدایت الکتریکی (میکروزیمنس بر سانتی متر در ۲۵ درجه سانتی گراد)

pH -

- رنگ (PCU)

- کدورت (FTU = JTU = NTU)

- چگالی (در ۲۰ درجه سانتی گراد)

- ویسکوزیته (سانتی پواز در ۲۰ درجه سانتی گراد)

۷- گازهای بیوشیمیاب محلول و اندازه گیری های مربوط

- بو

- اکسیژن خواهی بیوشیمیاب BOD (باکتریها و ویروسها)

- اکسیژن محلول DO

درصد اشباع

- اکسیژن مصرفی

- دی اکسید کربن آزاد ( $\text{CO}_2$ )

- سولفید بر حسب  $\text{H}_2\text{S}$

- کلر ( $\text{Cl}_2$ )

۸- رادیواکتیویته

- مجموع فعالیت آلفا، پیکوکوری بر لیتر  ${}^1\text{Pci/L}$

- مجموع فعالیت بتا+ گاما، پیکوکوری بر لیتر

- رادیم (Ra) پیکوکوری بر لیتر

- اورانیم (U)، پیکوکوری بر لیتر

- رادیوایزو توپها (Co,I,Sr) رادیواکتیو و غیره، پیکوکوری بر لیتر

$$1- {}^1\text{Pci} = \frac{3}{77} \times 10^{-2} \text{ Bq}$$

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 بقیه اجزای نامطلوب به‌دست می‌دهد. از میان این پارامترها  $\text{Na}^+$ ،  $\text{K}^+$ ،  $\text{Ca}^{++}$ ،  $\text{Mg}^{++}$ ،  $\text{Cl}^-$ ،  $\text{SO}_4^{--}$ ،  $\text{CO}_3^{--}$ ،  $\text{HCO}_3^-$ ،  $\text{NO}_3^-$  باقیمانده خشک، سختی قابل ذکرند و چون یونهای فوق به مقدار نسبتاً زیادی در آبهای زیرزمینی طبیعی یافت 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 آلوده کننده 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 وجود داشته باشد. به عنوان مثال، در حالتی که آبخوانها در محدوده 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، به ویژه هنگامی که در مورد رفتارسنجی تحقیقاتی باشد مورد تجزیه قرار می‌گیرند. به هر حال در تعیین پارامترهای رفتارسنجی، احلال و انتقال اجزای سازنده‌های زمین‌شناسی در آب که در مسیر عبور آب قرار گرفته‌اند، نیز باید مورد توجه قرار داشته باشد. توصیه می‌شود آزمایشهای باکتریولوژیکی (شمارش کلی باکتریهای کلی فرم<sup>۱</sup>) نیز خصوصاً هنگامی که آب زیرزمینی مورد پمپاژ به مصارف خانگی می‌رسد، انجام پذیرد.

در مناطقی که مدیریت آب، مسایل مربوط به انباستگی تدریجی نمک را در برخی پروژه‌های تغذیه 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 عناظر کمیاب در آبهایی که برای مصارف مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند، به خصوص در مناطق با توسعه صنعتی که می‌تواند منجر به تولید غلظتهاش بیش از حد مجاز شود، مورد تجزیه قرار می‌گیرند. شاخصترین این فلزات از نظر فراوانی: Al ، Pb ، Mn ، Fe ، Cu ، Cr ، As و Cd هستند.

#### ۴- عملیات توسعه شبکه رفتارسنگی

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

- ارزیابی اجرای طرح
- ارزیابی برنامه‌های موجود نمونه‌برداری و کیفیت گذشته آب در سیستم، به منظور مقایسه و برونویابی کیفیت آب در آینده. آمار اخیر علاوه بر فرآیند برونویابی، ابزار کارآمدی را برای ارزیابی سرعت تغییرات و حساسیت 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 رفتارسنگی کیفیت در چشمدها، 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 اعمق 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 فاصله 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 بسیار کمی 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 نزدیک به آن پیشنهاد می‌شود. بدیهی است فواصل نمونهبرداری تابع نوع عامل شیمیایی و دیگر شرایط هیدرولوژی خواهد بود.

در عمل در صورت عدم توسعه عملیات رفتارسنجدی در یک ناحیه توصیه می‌شود در فاصله اولین سال تعداد بیشتری از چاههای رفتارسنجدی با تواتر بیشتر مورد نمونهبرداری قرار گیرند. در دوره‌های بعد تراکم شبکه و تناوب نمونهبرداری با توجه به نتایج حاصله و مشخصات ویژه ناحیه اصلاح می‌شود.

## -۵- رفتارسنجدی منبع آلودگی

مشاهدات دوره‌ای برخی از منابع آلوده کننده بالقوه را می‌توان به عنوان بخشی از سیستم رفتارسنجدی 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 بر عملکرد خطوط انتقال نفت و فاضلاب و مخازن ذخیره (مخازن ذخیره نفت، مواد شیمیایی، فاضلاب و...)
- نظارت بر فعالیتهاي 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 فعالیتهاي از قبيل: 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 مقادیر کمی اطلاعات موجود. آگاهی از روند تغییرات تخلیه و نوسانات سطح آب زیرزمینی می‌تواند نمایانگر هجوم تازه آبهای شور، بالآمدن آبهای شور فسیلی (محبوس) و وجود جریان نامناسب بین آبخوانها و یا از رودخانه به آبخوان باشد. استفاده از مدل کامپیوتري در این مورد مفید است.
- تغذیه‌های وادری<sup>۱</sup> آب آلوده شده رودخانه‌ها باید به طور مرتب در مناطقی که ارتباط هیدرولیکی بین آبخوان و رودخانه موجود است مورد بررسی قرار گیرد. زیرا آب سطحی آلوده هنگامی که سطح آب زیرزمینی پایین‌تر از رودخانه است می‌تواند وارد آبخوان شود. مدل‌های کامپیوتري 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، کمک مؤثری بکند.

---

1- Induced recharge

## ضوابط نصب و استفاده از شبکه رفتارسنجدی آبهای زیرزمینی

در شرایطی که شبکه رفتارسنجدی 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 رفتارسنجدی، روش اندازهگیری سطح آب، نمونهبرداری از آبهای زیرزمینی، نگهداری و تجزیه و تحلیل آمار، ضوابط و معیارهای فنی زیر مورد توجه و استفاده قرارگیرند:

### ۱-۶ تعیین محل و تراکم شبکه رفتارسنجدی

برای تعیین محل حفر چاههای رفتارسنجدی، 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<sup>۱</sup> و سرعت آب زیرزمینی به طور 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 رفتارسنجدی ضرورت پیدا می‌کند.

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

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

1- Hydraulic gradient

در مورد مناطق تبخیری با توجه به اینکه در اعماق بیش از ۳ متر، میزان تبخیر از آب زیرزمینی سریعاً کاهش می‌یابد، لذا ضرورت دارد در سطح هر چند ضلعی 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 پیدامی کنند. ضروری است در این‌گونه موارد محل چاه رفتارسنگی در فوائل نزدیک رودخانه نیز انتخاب شود.

از انتخاب محل چاه در مجاور انهر آبیاری، استخرها، چاههای مورد پمپاژ و سایر عواملی که به طور محلی 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 رفتارسنگی آبها به منظور مطالعه اثر بهره‌برداری در تغییرات کیفی است، لازم است حفر یک یا چند حلقه چاه رفتارسنگی منظور شود.

تراکم چاهها به طور متوسط هر حلقه در هر ۲۵ کیلومتر مربع در نظر گرفته می‌شود. بدیهی است در اطراف جریانهای سطحی و زهکشی‌های طبیعی و مناطقی که سطح آب زیرزمینی تابع عوامل زمین‌شناسی و زمین‌ساختی است، مناطق تبخیری و نواحی دارای بهره‌برداری سنگین، سطح هر چند ضلعی کوچکتر یا تعداد چاهها بیشتر است و در مناطق با بهره‌برداری کم و عمق سطح آب زیرزمینی پایین سطوح چند ضلعی بزرگتر یا تراکم نسبی چاهها کمتر خواهد بود. معمولاً چاههای رفتارسنگی کیفیت، دارای تراکم بیشتری نسبت به چاههای اندازه‌گیری سطح آب هستند.

## ۲-۶ طراحی چاههای رفتارسنگی

طراحی چاههای ویژه رفتارسنگی 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 هیدرولوژیک
- تعیین ماهیت شیمیایی مواد آلوده کننده

در طراحی چاههای رفتارسنگی باید در نظر داشت که هزینه مناسبترین چاه رفتارسنگی که با مشخصات فنی مطلوب حفر و تکمیل می‌شود، تنها بخشی از هزینه‌های درازمدت تعزیزی کیفیت آب را دربر می‌گیرد. بنابراین لازماست ساختمان چاههای رفتارسنگی با مطلوبترین شرایط ممکن، طراحی شوند.<sup>۱</sup>

برای چاههای رفتارسنگی از لوله‌های ۲، ۴، ۸ 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، یاد رجایی 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 نظر فنی در جهت حفظ مشخصه شیمیایی 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 رفتارسنگی

- توریهای (اسکرینهای) چاههایی که مورد استفاده رفتارسنگی قرار می‌گیرند، باید دارای مشخصات زیر باشند:
- از مواد بی‌اثر در مقابل آب ساخته شده باشند.
  - سطح منافذ باید حداقل تا بازیافت نمونه سریع را آسان کند.
  - اندازه شکافها در حدی باشد که ذرات صافی شنی و یا ذرات سازنده لایه آبدار وارد چاه نشود و توسعه چاه امکان‌پذیر باشد.
  - لبه‌های شکافها نباید به سمت چاه برآمدگی داشته باشد.
  - شکل و تعداد شکافها و قطر توری (اسکرین) باید اجازه توسعه مؤثر چاه را بدهد.

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 باکرین پایین و حتی فولاد ضدزنگ<sup>۲</sup> ممکن است با آب زیرزمینی واکنش

۱- حفاری چاههای رفتارسنگی 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 کم دوامترین ماده ولی بی‌اثر است. فولاد ضدزنگ ماده بسیار با دوام با هزینه متوسط و اساساً بی‌اثر است. لوله پلی وینیل سخت (PVC) به دلیل هزینه کم به طور معمول مورد استفاده قرار می‌گیرد. ولی این گونه لوله‌ها تنها با اتصال ظرفی 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 ظرفی، گزینه مناسبتری خواهد بود. به طورکلی باید عوامل زیر در انتخاب توری (اسکرین) مورد توجه قرار گیرد:

- نوع آلودگی مورد نمونه برداری

- خشی بودن مواد و یا ایجاد واکنش شیمیایی

- مقاومت مواد

- سهولت نصب

- قیمت مواد

فهرست انواع عمدۀ لوله‌ها و مواد به کار رفته در چاههای رفتارسنگی و مزايا و معایب آنها در جدول شماره ۲ نشان داده شده است.

انتخاب مواد لوله به طورکلی بستگی به طبیعت شیمیایی آب زیرزمینی دارد و نباید مسئله هزینه در تصمیم‌گیری دخالت داشته باشد. درجه‌های مختلفی از فولاد ضدزنگ مثل: 304 و 316 ترکیب بسیار خوبی را از نظر استحکام، قابلیت انعطاف و بی‌اثر بودن نسبت به اغلب آلودگیها فراهم می‌کنند. ولی بهر حال 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 مواد کاربرد دارد. مگر اینکه برخی مواد شیمیایی آلی مثل: متیل اتیل کتون (MEK)، تولوئن، تریکلورواتیلن یا گزیلن وجود داشته باشد. تفلون برای اغلب مواد 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 رفتارسنگی، منحنی توزیع دانه‌بندی برای ساخت صافی، اندازه‌ای از دانه‌ها که معادل حاصلضرب  $50 \times$  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  $15$  تا  $20$  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 صورتی که 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 رفتارستنجی و مزايا و معایب آنها

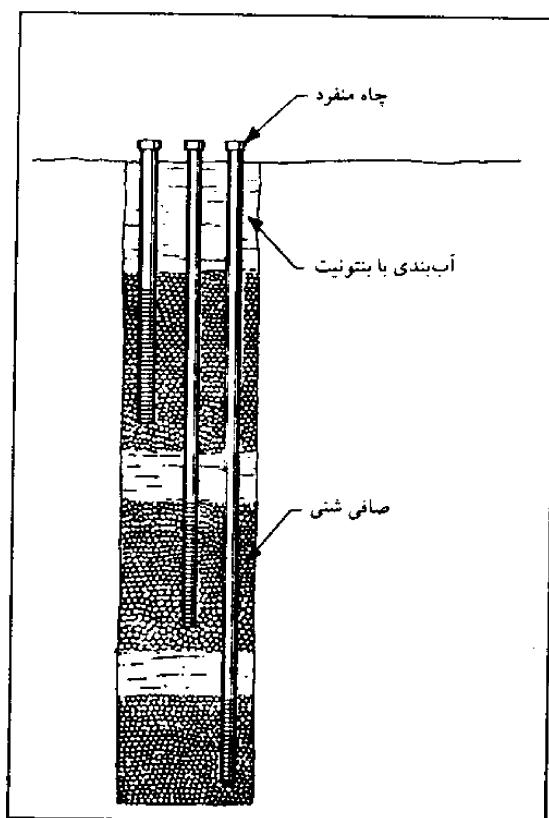
نوع	مزایا	معایب
قیمتی و ریزی	<ul style="list-style-type: none"> <li>- سبک</li> <li>- مقاومت شیمیایی عالی در مقابل قلیاهای، الکلها، هیدروکربورهای باز رشته و روغنها</li> <li>- مقاومت شیمیایی خوب در مقابل اسیدهای معدنی قوی، اسیدهای اکسیدکننده غلیظ و قلیاهای قوی</li> <li>- سهولت دسترسی</li> <li>- قیمت پایین در مقایسه با فولاد ضدزنگ و تفلون</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ضعیفتر، سختی کمتر، حساسیت بیشتر در مقابل گرمایی با مواد فلزی</li> <li>- ممکن است موادی را از آب زیرزمینی جذب کند.</li> <li>- ممکن است آبشویی شده و یا ببعضی مواد آب زیرزمینی واکنش نشان دهد.</li> <li>- مقاومت شیمیایی ضعیف در مقابل کتونهای، استرهای و هیدروکربورهای معطر</li> </ul>
قیمتی و بزرگ	<ul style="list-style-type: none"> <li>- سبک</li> <li>- مقاومت شیمیایی عالی در مقابل اسیدهای معدنی</li> <li>- مقاومت شیمیایی خوب تا عالی در مقابل: قلیاهای، الکلها، کتونهای و استرهای نسبت به مواد فلزی</li> <li>- مقاومت شیمیایی خوب در مقابل روغنها</li> <li>- مقاومت شیمیایی مناسب به اسیدهای اکسیدکننده غلیظ، هیدروکربورهای آب زیرزمینی آبشویی شود و یا واکنش نشان دهد.</li> <li>- قابلیت ایجاد شکاف ندارد.</li> <li>- قیمت پایین در مقایسه با فولاد ضدزنگ و تفلون</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ضعیفتر، سختی کمتر و حساستر در مقابل دما</li> <li>- ممکن است با بعضی مواد باز رشته و هیدروکربورهای معطر شکافدهنده ذوب می‌شود.</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>- دارای مقاومت کمتر نسبت به سایر پلاستیکهای مورد استفاده در کارهای مهندسی</li> <li>- گرانتر نسبت به سایر پلاستیکها و فولاد ضدزنگ</li> <li>- عدم سهولت دسترسی</li> </ul> <p><b>مقاومت شیمیایی</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ضعیف در مقابل کتونها و استونها</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- سبک</li> <li>- قابلیت ضربه‌پذیری زیاد</li> <li>- مقاومت بیشتر در مقابل تهاجم شیمیایی، غیر قابل حل در تمام مواد آلی به جز تعداد کمی از حلالهای فلوئورینه</li> <li>- مقاومت بیشتر و استحکام بالاتر نسبت به تفلون</li> <li>- مقاوم در مقابل اغلب مواد شیمیایی و حلالها</li> <li>- ارزان تر در مقایسه با تفلون</li> </ul>	<span style="font-size: 2em;">-</span> <span style="font-size: 1em;">کنار</span>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- سنگیتر از پلاستیکها</li> <li>- ممکن است با بعضی مواد آب زیرزمینی واکنش نشان دهد.</li> <li>- از نظر شیمیایی مقاومت فولاد ضدزنگ راندارد.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- مستحکم، سخت، حساسیت در مقابل حرارت مطرح نیست.</li> <li>- سهولت دسترسی</li> <li>- ارزان تر در مقایسه با فولاد ضدزنگ و تفلون</li> </ul>	<span style="font-size: 2em;">-</span> <span style="font-size: 1em;">وقایع</span>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- از پلاستیک سنگیتر است.</li> <li>- در آبهای بالاسیدیته بالا ممکن است کروم خورده شده و یا آبشویی شود.</li> <li>- در برخی واکنشهای آلی ممکن است به عنوان کاتالیزور واکنش نشان دهد.</li> <li>- از توریهای (اسکرینهای) پلاستیکی، دارای قیمت بیشتری است.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- مقاومت زیاد در محدوده‌ای از دما</li> <li>- مقاومت عالی در مقابل خورندگی و اکسیدشوندگی</li> </ul>	<span style="font-size: 2em;">-</span> <span style="font-size: 1em;">تجهیز</span>

اندازه شکافهای توری (اسکرین) باید در صد 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).

برای اهداف علمی، نمونه‌های آب از چاه رفتارسنجی معمولاً از بخش‌های کوچکی از آبخوان که حاوی لوله مشبك است، برداشت می‌شود. برای این عمل چاههای چندگانه بالوله‌های مشبك کوتاه به کار 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 آلدگی نیز مشخص خواهد شد.

توریهای (اسکرین‌های) مورد استفاده برای جمع‌آوری نمونه‌های آب به طور 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- شماتی چندین چاه در یک فضای حفاری شده

### <sup>۱</sup> ۶-۳-۱ طراحی صافی اطراف شنی چاه

معمولًاً چاههای رفتارسنگی 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 رفتارسنگی نیستند، مگر اینکه مشخصات هیدرولیکی مواد تشکیل‌دهنده آن نظیر آبخوانهای مورد بهره‌برداری باشند. انتخاب صافیهای بسیار ریزدانه منجر به کاهش آبدهی چاه و افزایش زمان نمونه‌برداری می‌شود. ضریب یکنواختی<sup>۲</sup> صافی شنی بین ۲ تا ۳ متغیر است. همه مواد باید از انواع مرغوب آن که به خوبی شسته و بسته‌بندی شده باشند، خریداری شوند. در شکل شماره ۲ شمای نمونه‌ای از یک صافی شنی مشاهده می‌شود.

### <sup>۲</sup> ۶-۳-۲ روشهای نصب لوله در چاه رفتارسنگی

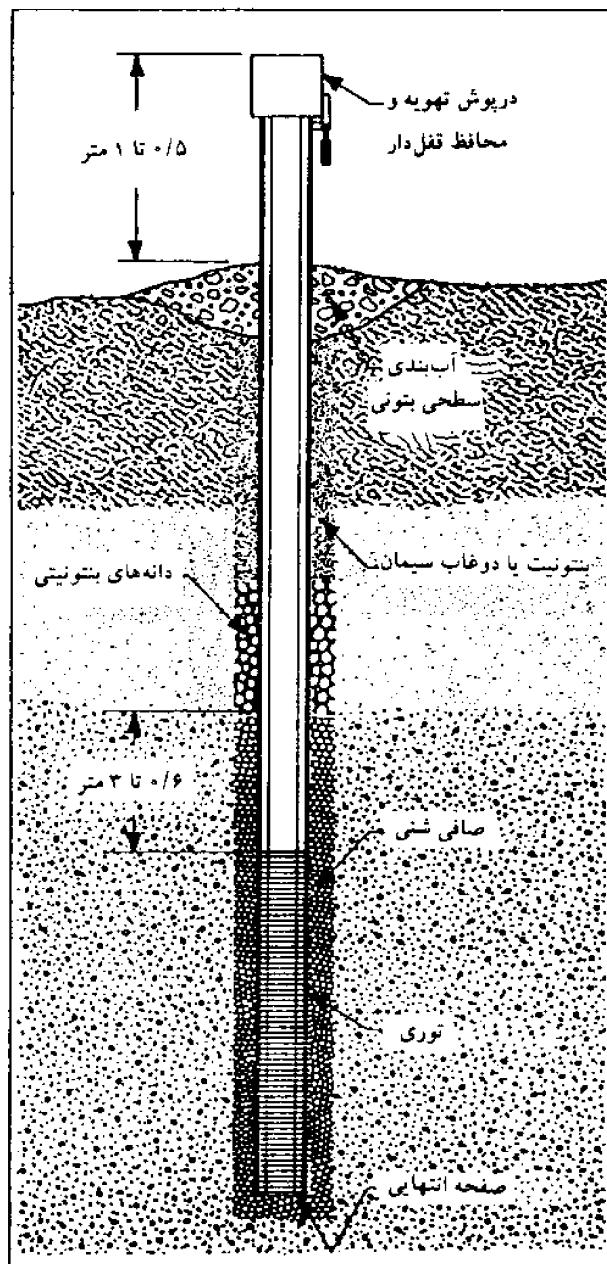
همه لوله‌هایی که برای چاه رفتارسنگی مورد استفاده قرار می‌گیرند، باید هنگامی که در زمین نصب می‌شوند عاری از آلودگی باشند. بعضی از کارخانه‌ها تولیدشان را در این شرایط ارسال می‌دارند. اما دست به دست شدن آنها در صحرا، شستشوی نهایی را با مواد پاک کننده یا سایر محلولها ضروری می‌کند. به علاوه استون و هگزان 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 توریها (اسکرینها) پلاستیکی و لوله‌ها باید توسط پیج 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 =  $\frac{d_{60}}{d_{10}}$

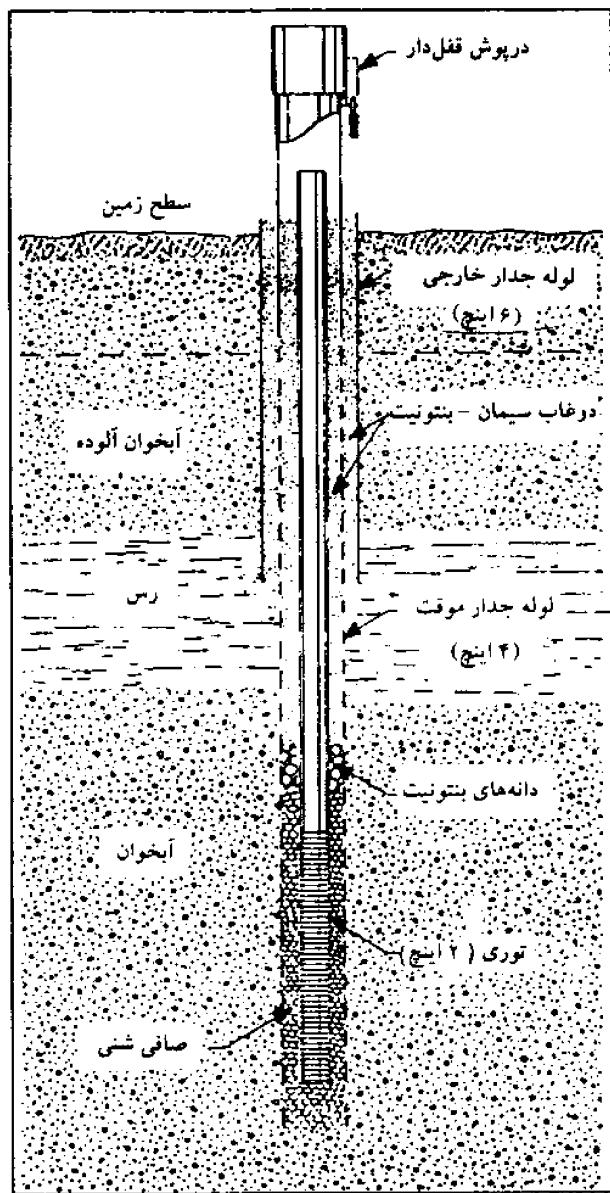


شکل ۲- شمای صافی شنی اطراف چاه

در ایجاد چاه رفتارسنگی باید اطمینان یافت که آب زیرزمینی آلوده، وارد سازندهای زمین شناسی فاقد آلودگی نشود. اگرچه بعضی مقادیر جزیی از آلودگی 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 بتنویت یا دوغاب سیمان در بالای صافی شنی در چاههای دارای یک یا چند توری (اسکرین) انجام می‌گیرد. مواد کنده شده به وسیله مته نباید در فضای حلقوی بین لوله و چاه ریخته شوند. برای جلوگیری از پایین رفتن بتنویت یا سیمان به درون توری (اسکرین)، صافی شنی باید لااقل  $5\%$  تا  $3$  متر در بالای توری (اسکرین) ادامه یابد. صافی شنی نباید درون سازنده فوکانی 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 رفتارسنگی که به وسیله دستگاه حفاری ضربه‌ای حفر می‌شوند، برای جلوگیری از عبور مواد آلوده به داخل چاه مطابق شکل ۳ عمل می‌شود.

ابتدا لوله  $6$  اینچ درون لایه رسی نصب می‌شود. بعد از شستشوی لوله و تعویض گل آب درون چاه، حفاری چاه با لوله‌گذاری  $4$  اینچی ادامه می‌یابد. سپس در چاه رفتارسنگی لوله  $2$  اینچی نصب شده و صافی شنی بین لوله موقت  $4$  اینچی و توری (اسکرین) چاه، قرار داده می‌شود. قبل از نصب صافی، باید فضای چاه کاملاً شستشو داده شود. همچنان که لوله موقت  $4$  اینچی خارج می‌شود، سیمان یا دوغاب بتنویت همان‌طور که در شکل نشان داده شده است، در محل مربوط ریخته می‌شود. لوله فوکانی 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 می‌شود. هرگاه چاه با روش دورانی حفاری شود، اطراف لوله  $4$  اینچی در چاه  $8$  اینچی که پس از عبور از آبخوان آلوده به لایه غیرقابل نفوذ زیر آن رسیده است، سیمانه می‌شود. بعد از اینکه دوغاب سیمان سخت شد، حفاری چاه‌دون لوله  $4$  اینچ تا عمق دلخواه ادامه می‌یابد. سپس لوله‌های  $2$  اینچی مشبك و غیرمشبك در لوله  $4$  اینچ نصب و اطراف لوله مشبك، صافی شنی ایجاد شده و آنگاه در لوله  $4$  اینچ دوغاب سیمان ریخته می‌شود. در محیط‌های شور به جای استفاده از بتنویت، می‌توان از واشر حلقه‌ای آبیندی داول<sup>۱</sup> استفاده کرد، زیرا بتنویت در محیط‌های خیلی شور هیدراته نمی‌شود. این واشر را می‌توان به اندازه‌های طولی مختلف ساخته و درست قبل از نصب توری (اسکرین) روی لوله غیرمشبك 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 آبیندی، بالای واشر را سیمانکاری کرد.



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

بتونریزی اطراف دهانه چاه، حتی اگر آبیند 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  $1/5$  تا  $1/5$  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 بخزدگی 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 بخ می‌زند، به سمت بالا متورم شده و گاهی لوله را کنار می‌زند. این مشکل را می‌توان با قراردادن یک لوله سطحی فلزی به طول  $1/5$  متر به حداقل کاهش داد. توصیه می‌شود پوششی از سیمان را اطراف لوله فوقانی جای داد. اگر بخزدگی، فشار روی سیمان وارد آورد، لوله فوقانی بالآمده بدون اینکه به لوله اصلی چاه رفتارسنجدی آسیبی وارد شود.

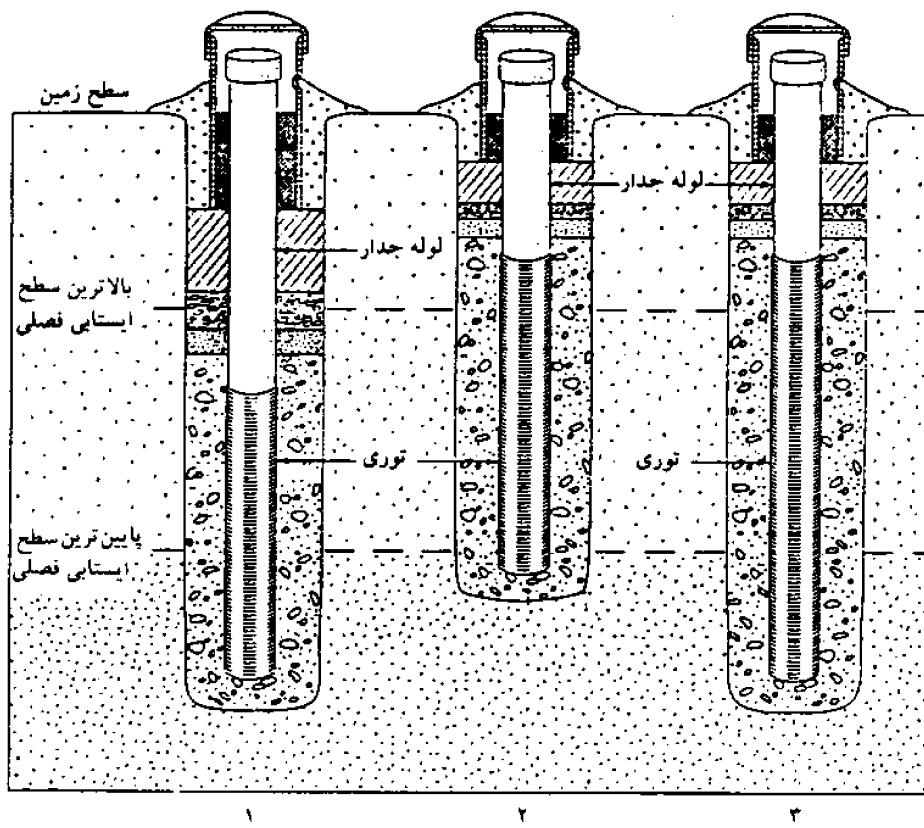
شستشو و توسعه در چاههای رفتارسنجدی اهمیت ویژه‌ای دارد. زیرا باقیمانده سیال حفاری درون چاه بر ترکیب شیمیایی نمونه‌های آب اثر می‌گذارد. شستشو و توسعه دقیقت، مدت زمان تأثیر بتنوئیت را بر کیفیت آب کاهش می‌دهد. در برخی موارد، اثر مواد اضافی سیال حفاری روی ترکیب شیمیایی نمونه می‌تواند ۱ تا ۲ سال دوام داشته باشد. لازم به تأکید است که کلیه چاههای رفتارسنجدی 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 آبدی 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 رفتارسنجدی باید تصمیم‌گیری شود. اهداف می‌تواند شامل: رفتارسنجدی 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<sup>۱</sup> باشد. به علاوه رفتارسنجدی 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 موقع پیشینه میزان پایین‌افتادگی آب زیرزمینی، عمق مناسبی از آن 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 رفتارسنجدی ۳ متر به

صورت  $1/5$  متر در بالا و  $1/5$  متر زیرسطح آب است. اگر سطح آب بیش از  $1/5$  متر تغییرات سالانه داشته باشد، توری (اسکرین) طویلتری مورد نیاز خواهد بود. شکل ۴ نحوه نصب درست و نادرست توری (اسکرین) را در چاههایی که به منظور اندازه‌گیری سطح آب، تشخیص مایعات شناور خارج از محیط آبی و جمع آوری نمونه از بخش فوقانی آبخوان ساخته شده است نشان می‌دهد:



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

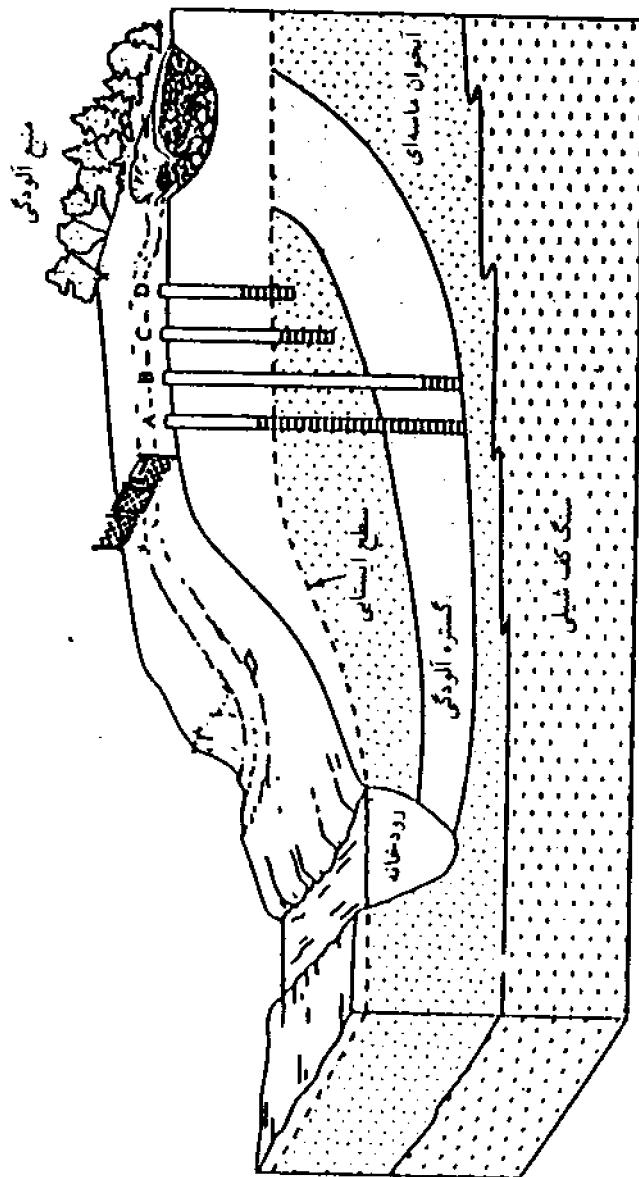
شکل ۴- نصب درست و نادرست توری (اسکرین) چاه رفتارسنجدی سطح آب . افزایش سطح آب به طور فصلی بالاتر از حد فوقانی توری (اسکرین) است.

هرگاه هدف از چاه رفتارسنجدی، 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 از آبخوان باشد نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد.

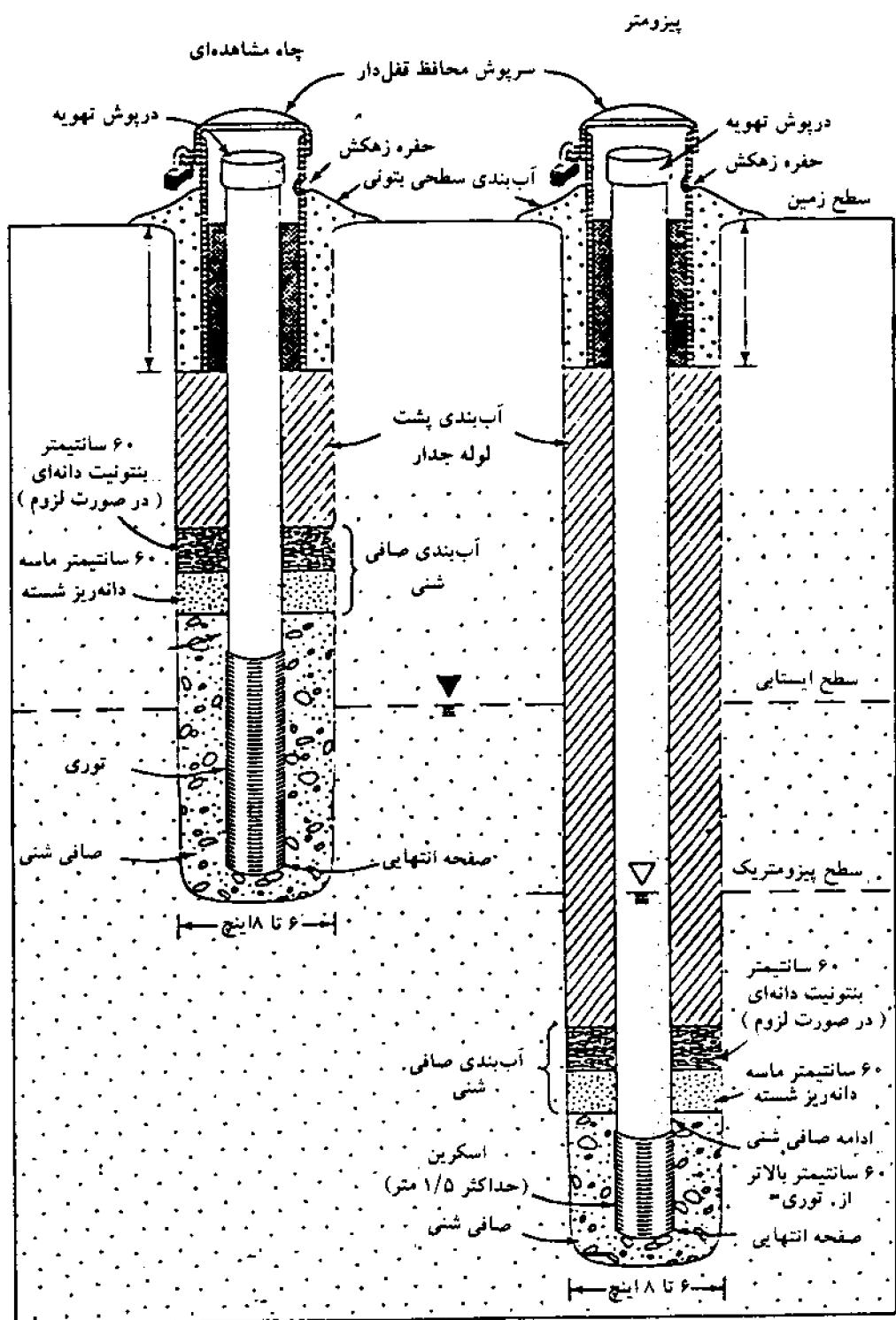
چاههای رفتارسنجدی که برای جمع‌آوری نمونه‌های آب مورد استفاده قرار می‌گیرند، باید برای هدف ویژه رفتارسنجدی آب زیرزمینی طراحی شده باشند. غلظت مواد آلوده کننده در مقاطع عمودی تغییر می‌کند. هرگاه یک چاه رفتارسنجدی، توری (اسکرین) بلندی داشته باشد، احتمال بیشتری وجود دارد که به منطقه آلوده برخورد کند. به هر حال نمونه‌ای که از چنین چاهی گرفته شده باشد، ممکن است آب را از هر دو قسمت آلوده و غیرآلوده 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 رفتارسنجدی 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 حفر چاهها، بلکه به خاطر هزینه تجزیه‌های شیمیایی چندگانه، در هر دور از نمونه‌برداری گران تمام می‌شود. به هر حال چنین ترکیبی اطلاعات وسیعی در مورد ارتفاع معادل فشار هیدرولیکی، همچنین کیفیت آب به دست می‌دهد. اگر چاه رفتارسنجدی به این منظور باشد که آگاهی نسبت به فرار آلودگی از منبع بالقوه آلودگی را آشکار کند، باید در قسمتهايی از آبخوان که دارای قابلیت نفوذ بالاتری است، مشبك شود. آب زیرزمینی و مواد آلوده نه تنها ترجیحاً از قسمتهايی 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 شبیب 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 رفتارسنجدی برای کنترل پیشرفت و حذف آلودگی نصب شده باشد، توری (اسکرین) چاه نباید در بخشهايی که دارای نفوذپذیری بالايی هستند، قرار گيرد. در سیستمهای پاک‌سازی و پمپاژ، آب ترجیحاً از طریق نواحی دارای نفوذپذیری بالا عبور می‌کند. چاهی که در زون نفوذپذیر، مشبك شده باشد، نشان می‌دهد که آبخوان سریعاً در حال پاک شدن است. اما در حقیقت منطقه‌های با نفوذپذیری کمتر مجاور، ممکن است غلظتهاي بالايی از مواد آلوده را که هنوز عبور نکرده‌اند، در برداشته باشد.

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

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



چاه رفتار سنجی A در طول ضخامت آبخوان داری توری (اسکرین) است. این چاه قسمت آلوده راقطع می‌کند. اما غلط گزارش شده کمتر از غلط حقيقة است، زیرا آب از هر دو بخش آلوده و غیر آلوده آبخوان برداشت می‌شود. پیزومتر B هم گستره آلوگی راقطع می‌کند و غلط گزارش شده معروف بخش آلوه آبخوان است. پیزومتر C و چاه مشاهداتی D بخش آلوه راقطع نمی‌کنند که حاکی از آلوگی عمیق آبخوان است.



شکل ۶- شماتیک جزئیات ساختمان یک پیزومتر و چاه مشاهده‌ای

## -۷ نمونه برداری از چاههای رفتار سنجی

به طور کلی هنگامی نمونه آب برداشت می شود که pH، هدایت الکتریکی و دمای آب مورد پمپاژ از چاه، ثابت شده باشد. اگر قرار باشد که طبیعت حقیقی آب زیرزمینی در محل تعیین شود، روش نمونه برداری اهمیت زیادی دارد. نمونه ها 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 ۳۰ تا ۱۰ برابر حجم آب داخل چاه، برداشت می شود.
- نمونه هایی که در دوره های زمانی مناسب برداشت نشده باشد. دوره های زمانی معمولاً براساس هدایت هیدرولیکی (ضریب نفوذ پذیری) سازندها تعیین می شوند. هرچه حرکت مواد آلوده سریعتر باشد، دفعات بیشتری برای نمونه برداری منظور می شود.
- در چاههایی که توسعه کامل داده نشده است، هنگام اسیدی کردن نمونه، مواد آلوده ای که به رسوبات چسبیده اند، به ویژه یونهای فلزی به درون نمونه رهایی شوند و موجبات آب زیرگی آب را فراهم می کنند.
- دقت و درستی نمونه، رابطه معکوس با خصوصیات هیدرولیکی آبخوان دارد. در حالی که سازند مجاور توری (اسکرین) دارای هدایت هیدرولیکی بالایی است، ولی مواد آلوده نزدیک سطح استاتیک آب در سازند با نفوذ پذیری کمتر تمرکز یافته باشد، در این حالت نسبت آب غیرآلوده آنچنان بالاست که موجبات پنهان ماندن مواد آلوده را فراهم می کند. در این حالت نمی توان نسبت به برداشت نمونه معرف اقدام کرد.
- نمونه ای 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 دی اکسید کربن هنگام پمپاژ باعث افزایش pH می شود که به نوعه خود موجبات خروج یونهای فلزی (آهن، منگنز، منیزیم، ارسنیک، سلنیم) را از محلول فراهم می کند.
- 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 دو ظرفیتی به هیدرولیکی آهن 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 باقیمانده های شیمیایی درون پمپ یا ابزار نمونه برداری، آلوده شده است. ابزار مورد استفاده باید در هر بار نمونه برداری به طور کامل تمیز شود.
- نمونه ای که به درستی نگهداری نشده باشد، تغییرات شیمیایی در ظرف نمونه در زمان نگهداری ایجاد می شود. اغلب قریب به اتفاق نمونه هایی 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 نگهداری می‌شوند.

- نمونه‌ای که به علت دیر رسیدن به آزمایشگاه با سرعت لازم مورد تجزیه شیمیایی قرار نگرفته باشد.
- آزمایش آب به درستی در آزمایشگاه انجام نشده و نتایج صحیح و دقیق ارائه نشده باشد. غلظت ماده آلوده کننده ویژه‌ای ممکن است در حد یک در میلیارد و حتی یک در تریلیون باشد و امکان تعیین کمیت صحیح در چنین دامنه پایینی از آلودگی وجود نداشته باشد. طرز عمل صحیح عبارت از ارسال نمونه به دو آزمایشگاه مختلف برای مقایسه نتایج و ارسال نمونه با کیفیت معلوم به طور دوره‌ای برای کنترل اعتبار رویه و خطای آزمایش یک آزمایشگاه مشخص است.

## ۱-۷ لوازم نمونه‌برداری

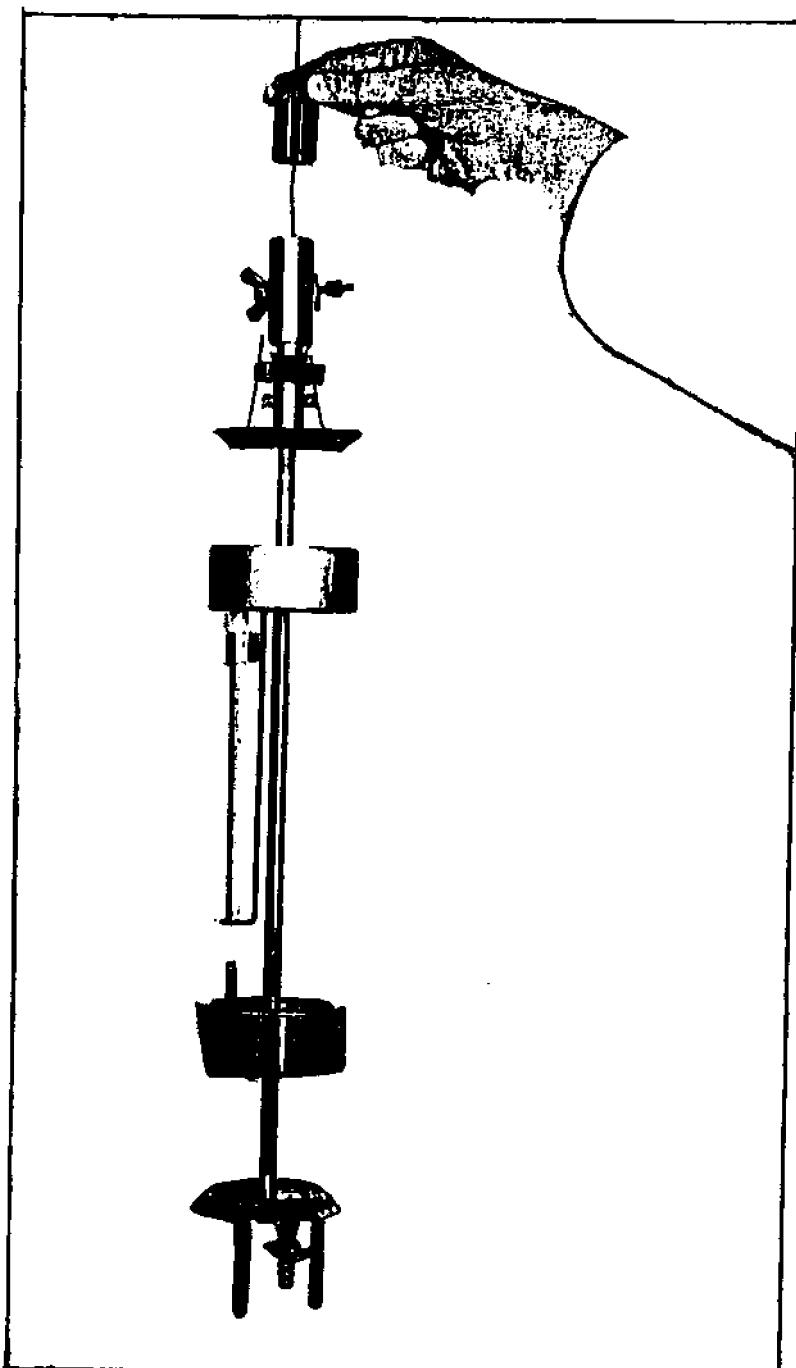
### ۱-۱-۷ گلکش<sup>۱</sup>

گلکشها را در برخی حالات ویژه، به‌جز برای چشمها و قنوات، می‌توان مورد استفاده قرار داد. هرگاه قرار باشد از چاههای رفتارستنجی نمونه‌هایی برای تعیین عواملی که تحت تأثیر نوع ابزار نمونه‌برداری قرار نمی‌گیرند (سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، کلرید و سولفات) برداشت شود و ستون آب نیز در نقطه مورد مطالعه از ضخامت جزیی 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 به نام نمونه‌بردار راتنر<sup>۲</sup> موسوم است که در عمق موردنظر، آب در آن وارد و بافتادن وزنه‌ای، پیستون آن بسته می‌شود و به این ترتیب می‌توان آن را در عمق موردنظر مورد استفاده قرار داد. با بهره‌گیری از لوازم ویژه‌ای، این وسیله برای نمونه‌گیری در اعمق زیاد نیز کارآیی پیدا می‌کند (شکل ۷).

### ۲-۱-۷ 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 سمباوه‌ای است. حجم آن معمولاً یکصد میلی لیتر است. دو دریچه پلاستیکی می‌تواند آب را به طور پیوسته از اعمق تا هفت متر مکیده و داخل سیلندر کند. در عمق ۴ متری می‌توان به راحتی با ظرفیت ۵٪ لیتر در دقیقه آب را از طریق مکش برداشت کرد.



شکل ۷- نمونه بردار راتنر

چون نمونه بردار پیستونی دستی به راحتی قابل شستشو و قادر 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 جامی شوند، می‌توان نسبت به صاف نمودن آب اقدام کرد. نمونه بردارهای پیستونی دستی در مناطقی که 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 نمونه گیر ر جحان دارد.

### ۳-۱-۷ پمپهای مکنده

این پمپها از نوع گریز از مرکز با موتور بنزینی یا الکتریکی است و استفاده از آن برای نمونه برداری از آب زیرزمینی توسط یک نفر امکان‌پذیر است. نوع سبک پمپهای مکنده جدیدی که برای نمونه برداری آبهای زیرزمینی مورد استفاده قرار می‌گیرند، امکان برداشت آب را از اعمق 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. به کارگیری لوله‌های طویلت و قطورتر نه تنها مشکلت است، بلکه تخلیه هوا نیز به علت حجم زیاد آسان نیست. آب برداشت شده از طریق لوله‌ای با همان قطر که در انتهای 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 نمونه برداری وصل خواهد شد. لازم است جریان کامل آب به ظرف قبل از پایین بردن لوله نمونه برداری برقرار باشد تا اطمینان حاصل شود که هوا از لوله مکنده پمپ و سیستم لوله‌های نمونه برداری خارج شده است. با اطمینان از این مسئله شیر نمونه برداری در دور پایین موتور بسته شده و سوپاپ تا عمق موردنظر سریعاً پایین برده می‌شود. سپس شیر به آهستگی در دور تندر موتور باز می‌شود. هنگامی که هدف اندازه گیری گازهای محلول در آب باشد، میزان جریان خروجی آب از شیر باید محدود شود تا گازهادر آب به صورت محلول باقی بماند. پمپهای گریز از مرکز نسبت به گلولای حساسیت زیادی ندارند. ولی به هر حال هنگامی که ارتفاع بالا اوردن آب (عمق مکش) زیاد و آب دارای نسبتهای زیادی از گلولای ماسه باشد، عمق مکش کاهش خواهد یافت.

در شروع عملیات پمپاژ، به ویژه هنگامی که 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 به طور کاملاً یکنواخت خارج شود. هر تغییری در حجم جریان منجر به کدورت مجدد خواهد شد.

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

#### ۴-۱-۷ پمپهای شناور با پیستون ارتعاشی

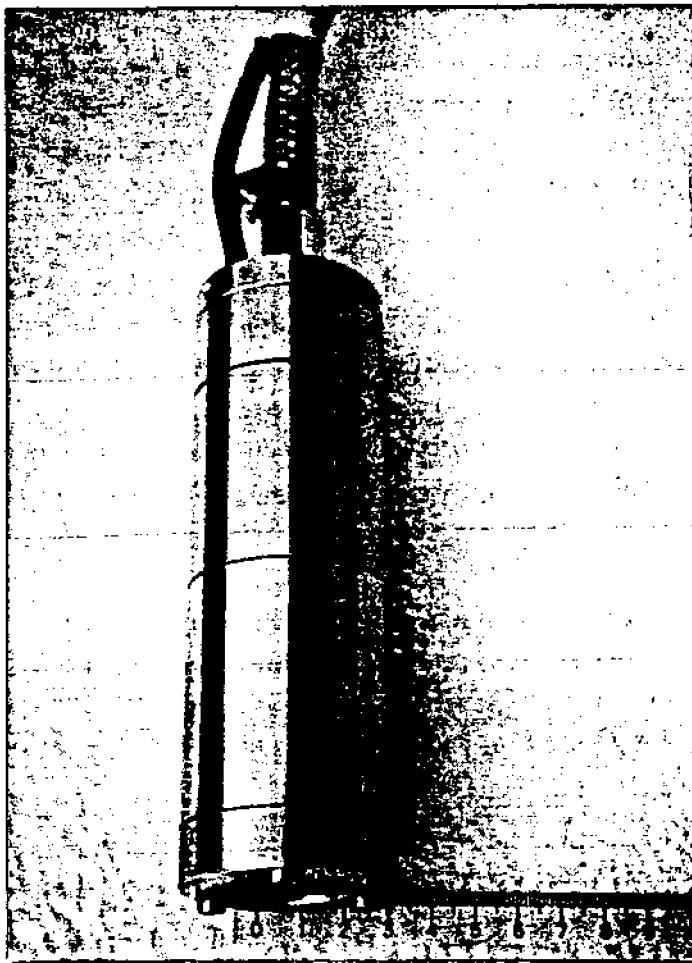
این پمپهای کوچک دارای دبی پمپاژ پایین و قطرهای کوچکترند و با جریان الکتریسیته (۲۲۰ ولت) راه اندازی می شوند. این پمپهای کوچک از نظر فنی در حال تغییر و اصلاح هستند.

اگر هیچ گونه منبع تغذیه اصلی برق در نقطه اندازه گیری موجود نباشد، می توان این پمپها را از طریق مبدل (ترانسفورماتور) به هر نوع باطری ماشین وصل کرد. لیکن راندمان این مبدلها پایین است. نظر به قابلیت پمپاژ پایین و پیستون ارتعاشی، تدبیر ویژه ای برای خروج آب کافی قبل از شروع نمونه برداری اعمال می شود. هرگاه عمق مورد نظر نمونه برداری خیلی پایین تر از سطح آب باشد، ضرورت ندارد، این پمپها به اعماق پایین تر برد شود. در این گونه موقع یک لوله نمونه برداری با طول مناسب و با صافی مکنده وزنه به پمپ وصل می شود. این گونه پمپها با سه نوع پیستون ۳/۵، ۴ و ۴/۵ میلیمتری موجود است. این قطرها این امکان را به پمپ می دهد که حداقل ارتفاع رانش آب و میزان دبی در محدوده ای تغییر کند. مقادیر عمدہ ای از مواد جامد معلق ممکن است باعث توقف کار موتور شود. به همین دلیل توصیه می شود، این گونه پمپها که اجزای آنها به راحتی قابل بازوبسته شدن هستند مورد استفاده قرار گیرد (شکل ۸).

#### ۷-۱-۵ موتور پمپهای شناور

سبکترین نوع از این گونه پمپها ۱۸ کیلوگرم وزن دارد. یک فرد به تنها بی می تواند از این پمپ استفاده کند. این موتور دارای قطری برابر ۹۷ میلیمتر است. هنگامی که برای نخستین بار پمپ به پایین فرستاده می شود، 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 الکترو پمپ، مصرف افزایش می باید و این امر هنگام انتخاب موتور ژنراتور در نظر گرفته می شود.



شکل ۸- پمپ شناور با پیستون ارتعاشی

#### ۷-۱-۶ تخلیه آب با استفاده از هوا فشرده<sup>۱</sup>

این پمپها از اعماق تا ۵۰ متر به وسیله هوا 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 معاایب و مزایای انواع لوازم نمونه برداری از چاههای رفتار سنگی رانشان می‌دهد.

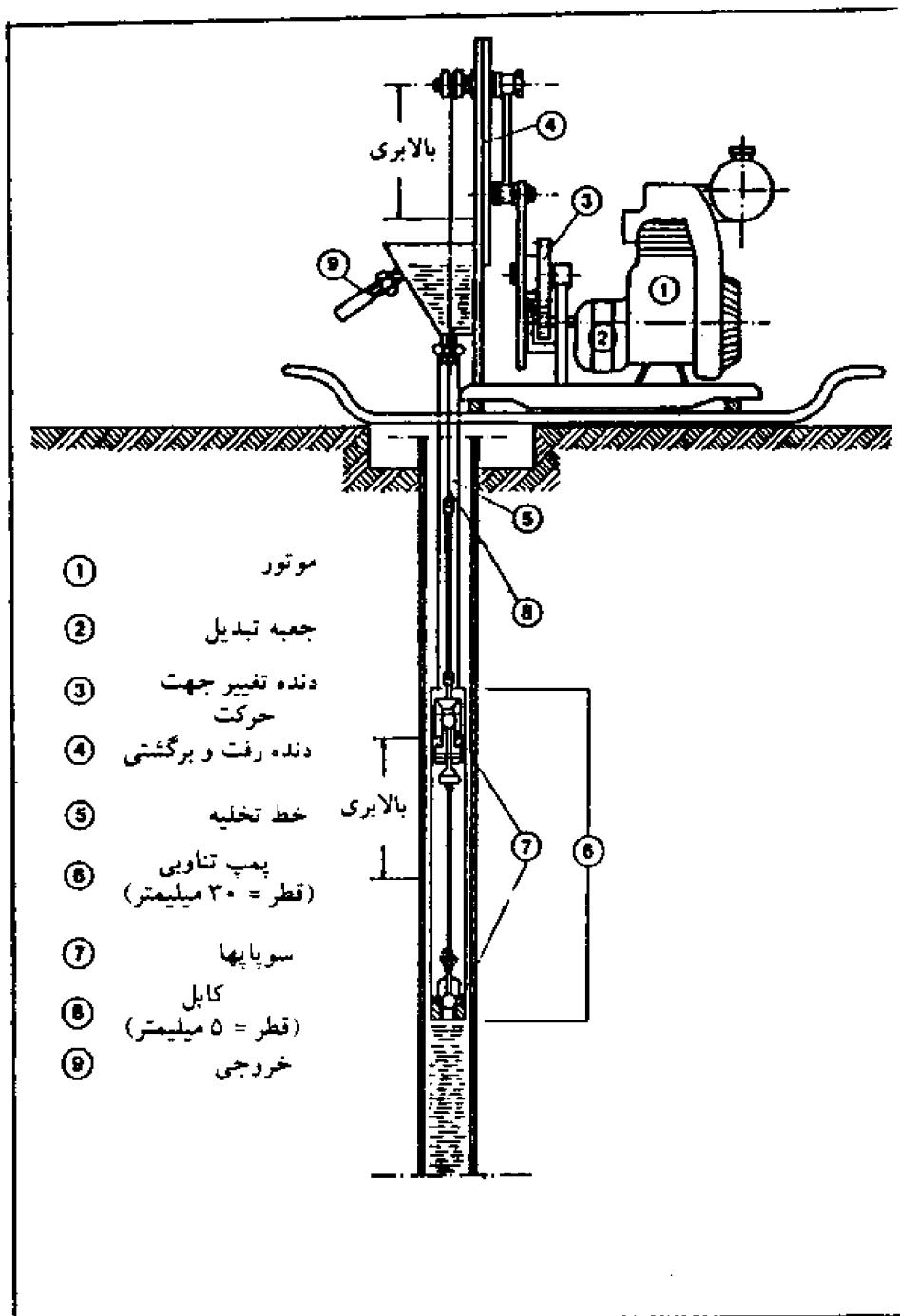
علاوه بر پمپهای یادشده انواع دیگری از پمپهای نمونه برداری آب از جمله: پمپهای رفت و برگشتی (تناوبی<sup>۲</sup>) و مکنده‌های جت آبی نیز در صورتی که در دسترس باشد، می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد (شکل‌های شماره ۹ و ۱۰).

1- air lift

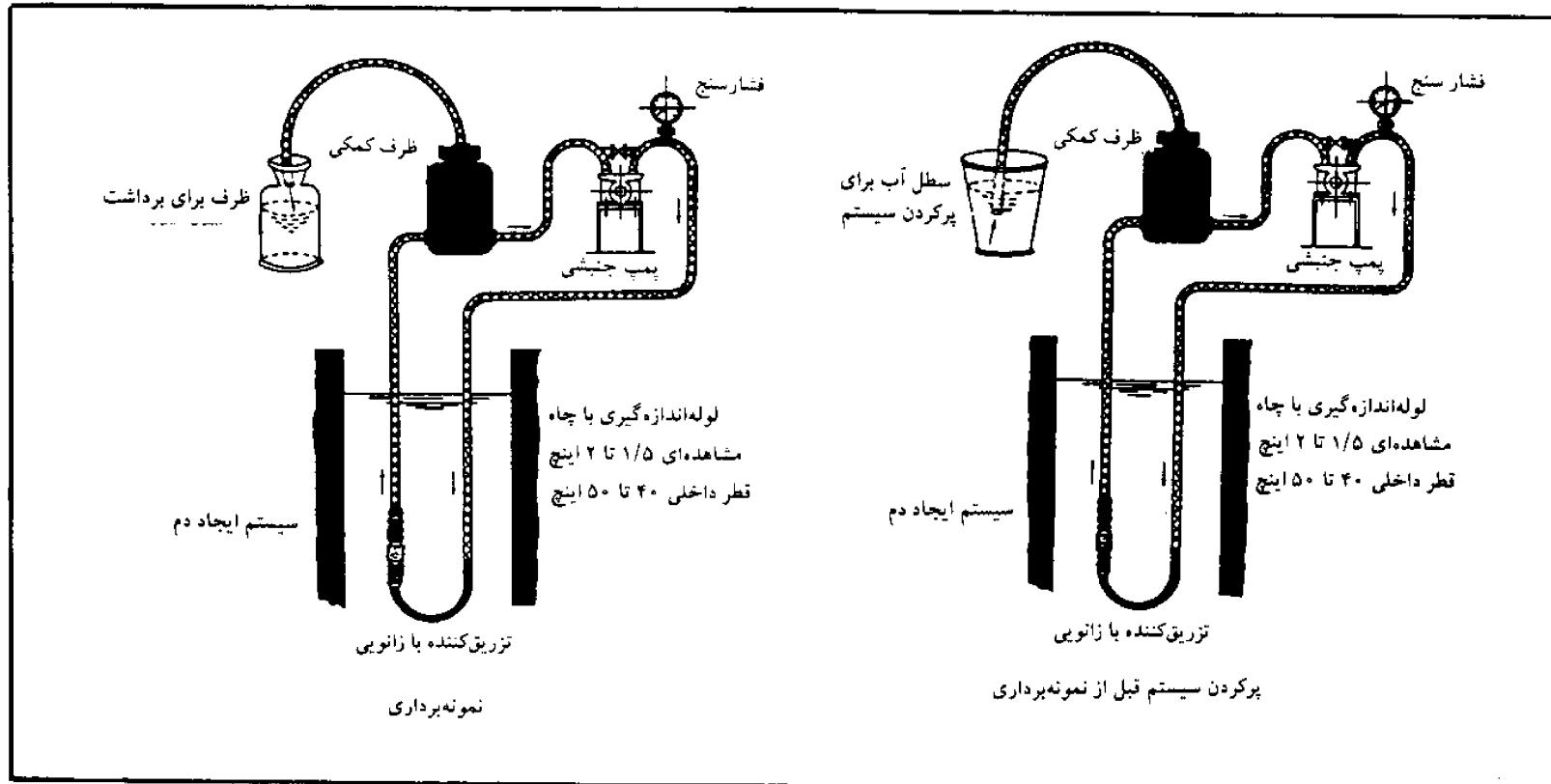
2- reciprocating pump

جدول ۳- انواع تجهیزات نمونه برداری آب از چاههای رفتار سنگی، همراه با مزایا و معایب آنها

نوع	مزایا	معایب
گلکش	<p>با قطرهای مختلف قابل ساخت است.</p> <p>با مواد مختلف قابل ساخت است.</p> <p>منع نیروی خارجی مورد نیاز نیست.</p> <p>کاملاً قابل حمل است.</p> <p>دارای نسبت سطح به حجم پایین است که منتج به عدم فرار مواد آلی فرار هنگام قرار گرفتن نمونه در گلکش می شود.</p> <p>به سهولت تمیز می شود.</p> <p>به سهولت قابل دسترسی است.</p> <p>ارزان است.</p>	<p>نمونه برداری با صرف وقت زیاد توأم است و نمونه برداری در اعماق زیاد ممکن است عملی نباشد.</p>
پمپ مکشی	<p>نسبتاً قابل حمل است.</p> <p>به سهولت قابل دسترسی است.</p>	<p>نمونه برداری به مواردی که سطح آب حدود ۶ متر از سطح زمین پایین تر باشد، محدود شده است.</p> <p>اثر ایجاد خلاء می تواند منجر به از دست رفتن گازهای  محلول شود.</p>
نمونه بردارهای هوای فشرده	<p>نسبتاً قابل حمل است.</p> <p>به سهولت قابل دسترسی است.</p> <p>برای توسعه چاه مناسب است.</p>	<p>منجر به تغییر دی اکسید کربن می شود. لذا این روش نمونه برداری برای پارامترهایی که به تغییر pH حساسیت دارند مناسب نیست.</p> <p>به طور کلی، این روش راه مناسبی برای برداشت نمونه آب برای آنالیزهای تفصیلی به علت اثر خروج گاز نیست.</p> <p>اکسیژنه شدن قابل جلوگیری نیست. مگر اینکه دقت زیادی به کار رود.</p>
پمپهای شناور	<p>دارای قطرهای مختلف است.</p> <p>قابل ساخت با مواد مختلف است.</p> <p>پمپ ۱۲ ولت کاملاً قابل حمل است. ولی سایر واحدها، نسبتاً قابل حمل است.</p> <p>بر حسب اندازه پمپ و عمق پمپاژ، پمپاژ با سرعتهای نسبتاً زیاد برای چاههای دارای قطر بیش از ۲ اینچ امکان پذیر است. به سهولت قابل دسترسی است.</p>	<p>معمولآً برای لوله‌های با قطر بیش از ۲ اینچ قابل استفاده است.</p> <p>پمپهای معمولی قادر به پمپاژ آبهای رسوبدار بدون صدمه زدن به پمپ نیستند.</p> <p>پمپهای <math>\frac{3}{4}</math> اینچی برای ارتفاع رانش زیاد، آب کمی پمپاژ می کنند.</p> <p>پمپهای دارای قطر کمتر نسبتاً گران هستند.</p>



شکل ۹- پمپ سوپاپی رفت و برگشتی

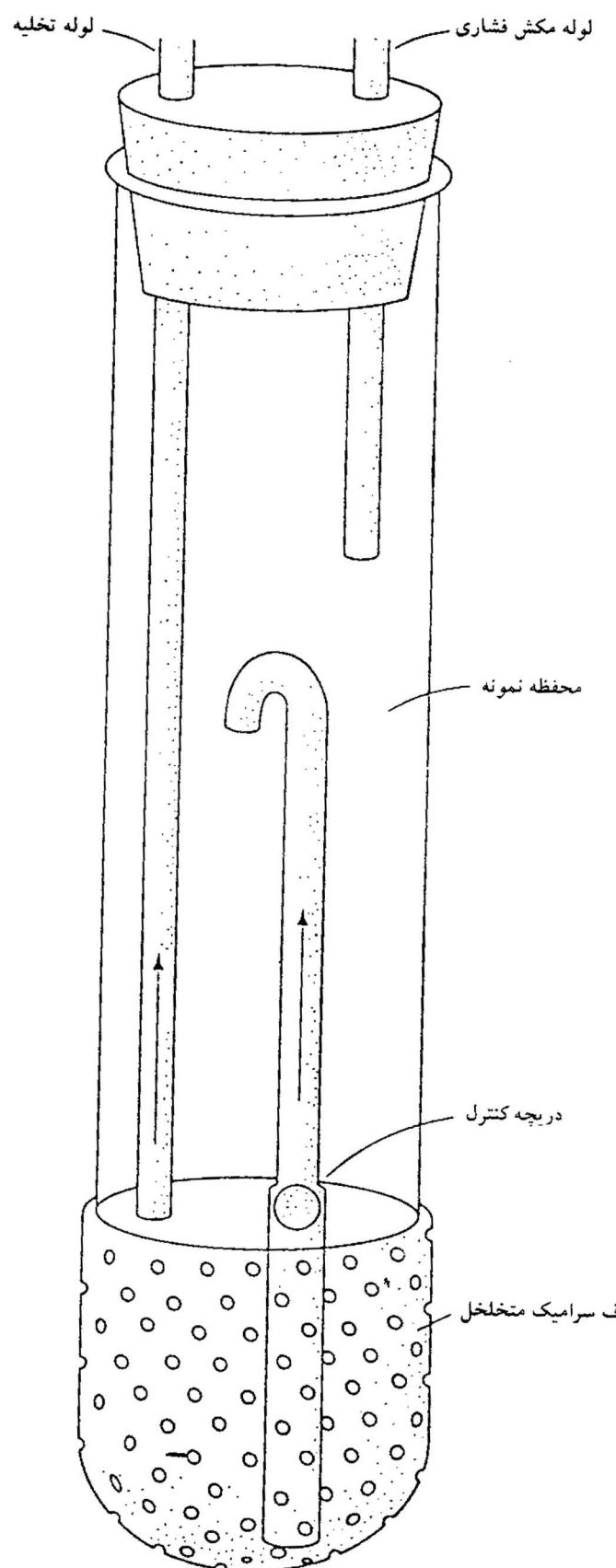


شكل ۱۰- اصول کار مکنده های جت آبی

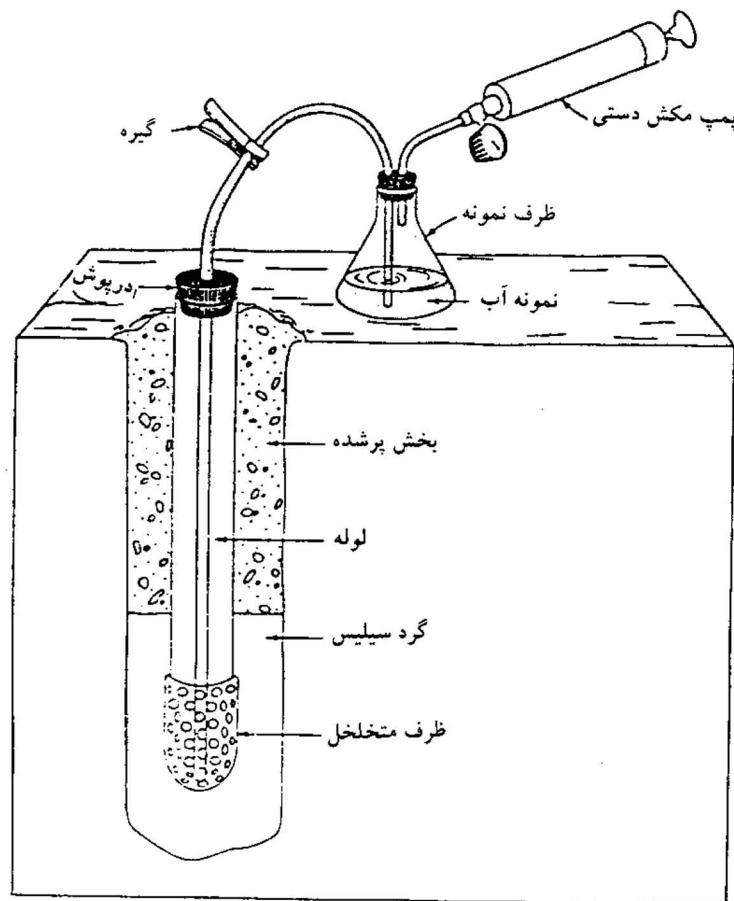
آلودگی هنگام عبور از سطح زمین به طرف آب زیرزمینی، از ناحیه غیر اشبع می‌گذرد. رفتار سنگی کیفیت آب خاک در ناحیه غیر اشبع، در اقدامات حفظ منابع و احیای آن ضروری است.

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

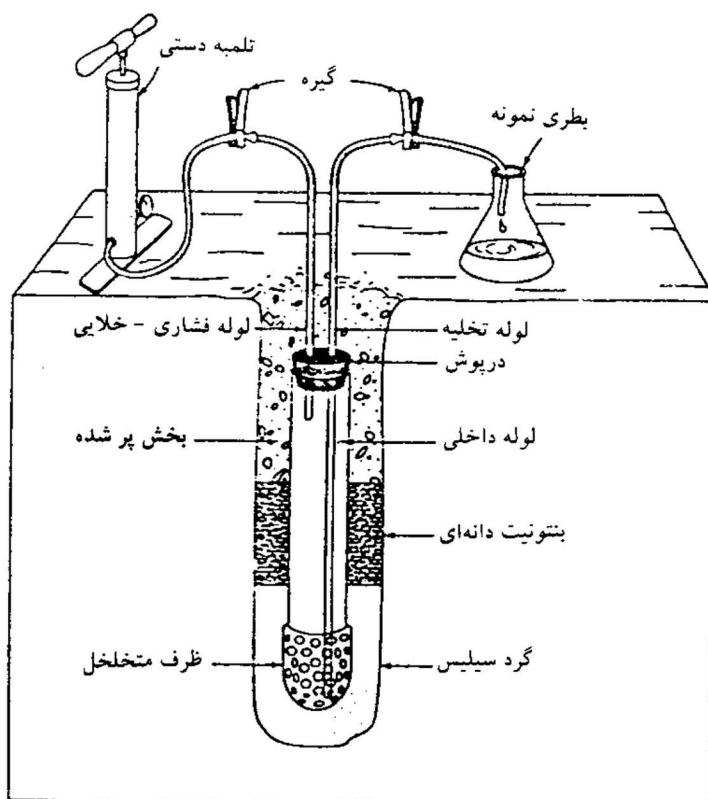
یک لیسیمتر مکشی، ظرف سوراخداری است که در انواع یک لوله توخالی قرار گرفته است (شکل ۱۱). جنس لوله می‌تواند از PVC و یا حتی فولاد ضدزنگ باشد. ظرف متخلخل می‌تواند از جنس سرامیک، نایلون، تفلون و غیره ساخته شده باشد. لوله‌ای در سطح به سیستم مکشی اتصال می‌یابد و مکش از طریق لوله دیگری در یک دوره زمانی معین 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 جمع آوری خواهد شد. جریان آب معمولاً آهسته بوده و ممکن است لازم باشد در طول شب به منظور جمع آوری حجم مناسبی از آب اقدام کرد. مکش مورد نیاز برای سیستم به وسیله پمپ دستی که از طریق لوله کوتاهی به فلاسک جمع آوری آب اتصال یافته ایجاد می‌شود (شکل‌های شماره ۱۲ و ۱۳). عمق تجربی این نوع نمونه گیر حدود ۲ متر است. یک سیستم مکشی فشاری دارای لوله توخالی به قطر ۲ اینچ و درازای  $0\text{--}3$  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 جمع آوری 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 جمع آوری می‌شود. حداکثر عمق قابل عمل برای پمپ ایجاد فشار، حدود ۱۵ متر است. در اعمق 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 قوع عمل جلوگیری می‌شود. مکانیسم کار به این صورت است که هنگام ایجاد خلاء، آب به داخل مخزن کشیده می‌شود، سپس هنگام ایجاد فشار، سوپاپ کنترل از جریان برگشتی به درون ظرف متخلخل جلوگیری می‌کند و نمونه به طرف سطح زمین و بطری جمع آوری نمونه جریان می‌یابد.



شکل ۱۱- شمای یک لیسیمتر خلابی - فشاری با یک محفظه نمونه و یک دریچه کنترل



شکل ۱۲ - طرز کار لیسیمتر خلابی



شکل ۱۳ - طرز کار لیسیمتر فشاری - خلابی

## -۸ مرحله‌های رفتارسنگی کیفی آب زیرزمینی

### ۱-۸ انتخاب محدوده یا حوضه موردنظر برای رفتارسنگی

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

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

طراحی برنامه رفتارسنگی 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.

### ۳-۸ 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.

### ۴-۸ 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 ...

### ۵-۸ 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 مورد نظر معلوم شود. اطلاعات هیدروژئولوژیکی موردنیاز در محدوده مورد نظر برای اجرای برنامه رفتارسنگی، شامل موارد زیر است:

- ۱-۵-۸ موقعیت، عمق و وسعت آبخوانها براساس داده‌های زمین‌شناسی
- ۲-۵-۸ انواع خاکها و لایه‌های محدود کننده
- ۳-۵-۸ کسترش لایه‌های محصور کننده اصلی و سفره‌های معلق در منطقه غیراشباع
- ۴-۵-۸ قابلیت انتقال آبخوانها براساس آزمایش‌های پمپاژ چاهها و داده‌های زمین‌شناسی
- ۵-۵-۸ گرادیان بار هیدرولیکی قائم
- ۶-۵-۸ میزان تغذیه قائم در ناحیه غیراشباع
- ۷-۵-۸ 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
- ۹-۵-۸ مناطق و مقادیر تغذیه طبیعی آب زیرزمینی براساس بارندگی، تبخیر و تعرق، نوع خاکها، کاربری زمین و داده‌های تراز آب
- ۱۰-۵-۸ مناطق و مقادیر تغذیه مصنوعی آب زیرزمینی با توجه به داده‌های آبیاری و آب برگشتی از آن
- ۱۱-۵-۸ مناطق و مقادیر تخلیه طبیعی آب زیرزمینی براساس جريان آب رودخانه و داده‌های تراز آب
- ۱۲-۵-۸ جهت و سرعت جريان آب زیرزمینی، با توجه به داده‌های تراز آب و قابلیت انتقال

## ۶-۸ مطالعه کیفیت آب زیرزمینی در وضعیت موجود

به منظور تعیین مسائل مربوط به کیفیت آب زیرزمینی در محدوده مورد عمل رفتارسنگی، ارزیابی کیفیت کلی آب زیرزمینی مورد نیاز است. برای این عمل لازم است آمار کیفیت آب زیرزمینی جمع آوری و بررسی شود. ابتدا مطالعات با تأکید بر کیفیت قبلی آب زیرزمینی صورت می‌گیرد و سپس نقشه‌ای که نشانده‌های آводگی آب زیرزمینی است، با در نظر گرفتن تغییرات در سطح و عمق براساس داده‌ها و تجزیه آب چاههای موجود تهیه می‌شود.

## ۷-۸ ارزیابی نفوذ بالقوه پس‌آبهای در سطح زمین

بعد از بررسی منابع بالقوه آводگی و آводه‌کننده‌های بالقوه، قدم بعدی، تعیین این موضوع است که آیا این پس‌آبهای 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 جريان ورودی پساب و خروجیها عبارتند از: تبخیر و نشت، تفاضل ورودی و خروجی، حجم آب نشته به زیرزمین را بدست می‌دهد. برای آبیاری، ورودی عبارت است از: بارندگی و آب به کار رفته در آبیاری و هرزآبهای سطحی عبارت است از: تبخیر، تعرق و هرگونه جريان خروجی سطحی.

## 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 رو به پایین آب در بسیاری از موارد ناشناخته است، اما آگاهی از آن، در ارزیابی منابع انتشار آلودگی آب زیرزمینی از اهمیت بسیار برخوردار است.

## ۹-۸ ارزیابی رقیق‌شدگی آلوده‌کننده‌ها در ناحیه اشباع

بسیاری از فرایندهای رقیق‌شدگی 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 آن است 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) را کاهش می‌دهد. به هر حال فرآیندهای رقیق‌شدگی در زیر سطح ایستابی بسیار متفاوت با منطقه غیراشباع است.

رقیق‌شدگی در اغلب موارد با عوامل زیر تعیین می‌شود:

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

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

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

۴-۹-۸ قابلیت انتقال مواد سازنده آبخوان

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

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

۷-۹-۸ 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.

۹-۹-۸ ساختمان چاه

۱۰-۹-۸ الگوها و حجمهای پمپاژ

## ۱۰-۸ اولویت‌بندی منابع آلوده‌کننده و علتهاي آن

مراحل رفتارسنگي که تا اينجا ارائه شده، شامل يك سري از اهداف يا اقدامهاي رفتارسنگي است که باید با توجه به منابع شناخته شده و علل آلودگي آب زيرزميني اولویت‌بندی شود. اولویت‌بندی می‌تواند با درنظر گرفتن موارد زير صورت پذيرد:

۱-۱۰-۸ بر حسب اهميت موضوع موردنظر رفتارسنگي

۲-۱۰-۸ با توجه به افزايش سختي و دشواري انجام دادن کار

۳-۱۰-۸ با درنظر گرفتن قabilت تجزيه و تحليل آمار و اطلاعات به دست آمده از روشهاي مختلف

۴-۱۰-۸ با توجه به هزينه‌هاي اجرای پروژه و تجزيه‌هاي موردنياز.

در ارتباط با هزينه می‌توان از هزينه تصفيه‌هاي مختلف مثل: سبك سازی يا کلرينه کردن آب، هزينه حذف آلودگي آب زيرزميني براساس استانداردهای آب شرب و غيره نام برد.

تجزيه‌هاي موردنياز می‌تواند شامل: تجزيه‌هاي بیولوژيکي، شيميايی، فيزيکي و راديولوژيکي باشد.

## ۱۱-۸ ارزیابی برنامه موجود رفتارسنگی

هر کوششی برای برنامه رفتارسنگی جدید باید با درنظر گرفتن فعالیتهای رفتارسنگی موجود باشد. برای آن که برنامه رفتارسنگی جامع و با حداقل هزينه انجام گيرد اين امر ضرورت اساسی دارد.

## ۱۲-۸ برقراری رهیافت‌های<sup>۱</sup> رفتارسنگی

براساس نقايص داده‌ها و اطلاعات به دست آمده از اولویت‌بندی مرحله ۱۰-۸، امكان شناخت رهیافت‌های رفتارسنگی لازم به دست می‌آيد. برای برقراری رهیافت‌های رفتارسنگی، لازم است که ابتدا هدفهای رفتارسنگی فني و يزه آلودگي برای آلودگيهای ناشی از هر منيع، شناخته و توسعه داده شود. به طور مثال می‌توان به محلهای دفن زباله اشاره کرد که موجب نشت شيرابه‌هاي با TDS بالا می‌شوند. هدف رفتارسنگی فني و يزه آلودگي می‌تواند تعين کمیت، سرنوشت و حمل اين مواد جامد محلول در محیط زیرسطحی باشد. قدم اول می‌تواند شناسایي منطقه يا مناطق رفتارسنگی (منطقه سطحی، غيراشباع يا اشباع)، روشهاي رفتارسنگی برای بررسی TDS در هر منطقه، تکنيکهای تجزيه نمونه‌ها برای هر روش رفتارسنگی و فواصل نمونه‌برداری باشد. از آنجا که ترکيبهای مختلفی از مناطق رفتارسنگی، روشهاي رفتارسنگی، تجزيه نمونه‌ها و فواصل نمونه‌برداری برای رسیدن به هدف فني يکسانی وجود دارد، ممکن است بيش از يك رهیافت رفتارسنگی برای هر هدف تکنيکي وجود داشته باشد. يك رهیافت

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

#### ۱۳-۸ انتخاب و اجرای برنامه رفتارسنگی

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 رفتارسنگی را بهینه کرد. همچنین با استفاده از روش‌هایی نظیر دورسنگی 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.

#### ۱۴-۸ بازنگری و تفسیر نتایج رفتارسنگی

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 کنترل آلودگی 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.

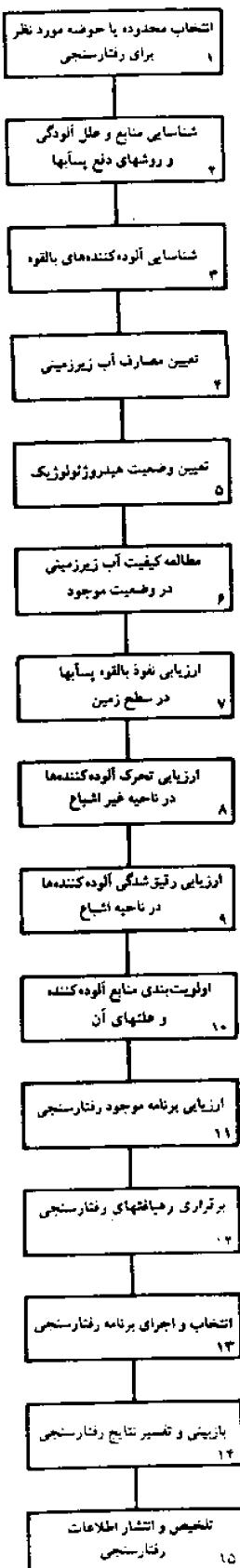
مسئولیت تجزیه و تحلیل داده‌های رفتارسنگی به منظور تبدیل آنها به اطلاعات کیفی آب برای مسئولان ذی‌ربط، فعالیتی مستمر است. این اطلاعات برای شناخت تغییرات ناگهانی کیفی و اقدامات لازم و سریع، باید مورد مطالعه دقیق قرار گیرد.

#### ۱۵-۸ تلخیص و انتشار اطلاعات رفتارسنگی

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

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

## نمودار ۱ - مرحله‌های ساده شده رفتارستنجی کیفی آب زیرزمینی



- 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., Prentice 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 شریه

با عنوان «دستورالعمل رفتار سنجی  
کیفی آبهاي زيرزميني» به منظور تعیین  
ضوابط و معیارهای مطالعه تغییرات  
کیفیت منابع آب زیرزمینی در طول زمان  
تهییه 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 آبودگی، معیارهای  
نمونهبرداری از چاههای رفتارسنجی و  
ارزیابی تایح حاصل، مورد بحث و بررسی  
قرار می‌گیرد.

مرکز مدارک اقتصادی - اجتماعی و انتشارات

