

راهنماهای استاندارد در تغذیه مصنوعی آبهای زیرزمینی

نشریه شماره ۱۵۰- ن

آبان ماه ۱۳۸۴

به نام خدا
جمهوری اسلامی ایران
وزارت نیرو
شرکت مدیریت منابع آب ایران
معاونت پژوهش و مطالعات پایه
دفتر استانداردها و معیارهای فنی

راهنماهای استانداردها در تغذیه مصنوعی آبهای زیرزمینی

آبان ماه ۱۳۸۴

نشریه شماره ۱۵۰ - ن

پیش‌گفتار

امروزه نقش و اهمیت ضوابط، معیارها و استانداردها و آثار اقتصادی ناشی از به کارگیری مناسب و مستمر آنها در پیشرفت جوامع، تهیه و کاربرد آنها را ضروری و اجتناب ناپذیر ساخته است. نظر به وسعت دامنه علوم و فنون در جهان امروز، تهیه ضوابط، معیارها و استانداردها در هر زمینه به مجامع فنی - تخصصی واگذار شده است.

با در نظر گرفتن مراتب فوق و با توجه به شرایط اقلیمی و محدودیت منابع آب در ایران، تهیه استاندارد در بخش آب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و از این رو دفتر استانداردها و معیارهای فنی شرکت مدیریت منابع آب ایران در جهت نیل به این هدف، با مشخص نمودن رشته‌های اصلی مهندسی آب اقدام به تشکیل مجامع علمی - تخصصی با عنوان کمیته‌های تخصصی نموده که نظارت بر تهیه این استانداردها را به عهده دارند.

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

- استفاده از تخصص و تجارب 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 دوباره کاریها و اتلاف منابع مالی و غیرمالی کشور
- توجه به اصول و موازین مورد عمل مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و سایر مؤسسات معتبر تهیه‌کننده استاندارد

آگاهی از نظرات کارشناسان و صاحب‌نظرانی که فعالیت آنها به نوعی در ارتباط با تهیه استانداردهای مهندسی آب می‌باشد موجب امتنان خواهد بود.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	مقدمه
۲	پیشگفتار مترجم
۳	پیشگفتار نویسندگان
۴	۱- کلیات
۴	۱-۱ هدف
۴	۲-۱ دامنه کاربرد
۴	۳-۱ آب زیرزمینی و مفاهیم مدیریت آن
۶	۴-۱ مفاهیم تغذیه آب زیرزمینی
۱۲	۵-۱ سازماندهی گزارش
۱۴	۲- برنامه‌ریزی
۱۶	۱-۲ کارهای مقدماتی
۲۰	۲-۲ جمع‌آوری داده‌ها
۲۱	۳-۲ ارزیابی منابع
۲۸	۴-۲ بررسیهای مقدماتی
۳۳	۵-۲ روشها و امکانات تغذیه و بازیافت
۴۳	۶-۲ مسائل پتانسیل
۴۳	۷-۲ طرح مفهومی
۵۶	۳- بررسیها و آزمایشهای صحرائی
۵۷	۱-۳ شناسایی (اکتشاف) سطحی
۵۷	۲-۳ شناسایی (اکتشاف) زیرسطحی
۵۷	۳-۳ پارامترهای هیدرولیکی
۵۸	۴-۳ کیفیت آب
۵۸	۵-۳ ارزشهای محلی و زیست‌محیطی
۵۹	۴- طراحی
۵۹	۱-۴ طراحی مقدماتی
۶۹	۲-۴ طراحی نهایی

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۷۲	۵- مسائل تنظیمی و حقوقی آب
۷۲	۵-۱ زمینه‌های پیشین
۷۳	۵-۲ حقایقها
۷۳	۵-۳ موارد قانونی
۷۳	۵-۴ محدودیتهای عرفی و قضایی
۷۵	۶- موارد زیست‌محیطی
۷۵	۶-۱ نظرات، بیانیه‌ها و بازنگریهای زیست‌محیطی
۷۶	۶-۲ مسائل اجتماعی و زیست‌محیطی
۷۸	۶-۳ پتانسیل اثرات مثبت زیست‌محیطی
۷۹	۷- اقتصاد
۷۹	۷-۱ هزینه‌ها
۸۳	۷-۲ تحلیلهای مالی
۸۴	۸- ساختمان
۸۴	۸-۱ فنون حفاری چاههای تغذیه
۸۵	۸-۲ ترتیب ساختمانی
۸۹	۸-۳ اطلاعات احداث
۹۱	۹- آغاز به کار
۹۱	۹-۱ روشهای آغاز به کار
۹۳	۹-۲ روشهای بهره‌برداری
۹۳	۹-۳ روشهای بستن چاه
۹۵	۱۰- بهره‌برداری، نگهداری، و برچیدن
۹۵	۱۰-۱ مقدمه
۹۶	۱۰-۲ آموزش بهره‌بردار
۹۶	۱۰-۳ ثبت آمار رویدادها
۹۷	۱۰-۴ داده‌های مورد نیاز برای بهره‌برداری
۹۹	۱۰-۵ پیگیری بهره‌برداری از تسهیلات
۹۹	۱۰-۶ نگهداری پیش‌گیرانه

فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۱۰۵	۷-۱۰ مسائل و مشکلات پتانسیل
۱۱۷	۸-۱۰ کیفیت آب
۱۲۲	۹-۱۰ مدیریت در محل
۱۲۶	۱۰-۱۰ جمع کردن یا رهاسازی ایستگاه
۱۳۵	پیوستها
۱۳۵	پیوست ۱- فرهنگ اصطلاحهای آب زیرزمینی
۱۴۳	پیوست ۲- نمادها و نشانهها
۱۴۵	پیوست ۳-
۱۴۵	پیوست ۴- فهرستی نمونه برای بررسیهای زیست محیطی
۱۵۹	پیوست ۵- ضرایب تبدیل سامانههای متریک به انگلیسی

مقدمه

با توجه به اهمیت احداث، مدیریت و بهره‌برداری از پروژه‌های تغذیه مصنوعی در ذخیره و استفاده بهینه از منابع آب سطحی و سیلابها و جلوگیری از خسارتهای وارده از سوی آنها و همچنین نبود دستورالعمل و راهنمای مناسب در این خصوص و نیاز متخصصان و کارشناسان ذیربط به دستورالعملها و راهنماهای استاندارد، ضرورت داشت که این نیاز در اسرع وقت و دست کم از طریق ترجمه منابع معتبر و بین‌المللی مورد توجه قرار گیرد. لذا دفتر استانداردها و معیارهای فنی با بررسی استاندارد ASCE به شماره ۰۱-۳۴ با عنوان "Standard Guidelines for Artificial Recharge of Ground Water" و با توجه به اینکه این استاندارد حاوی مجموعه مناسبی از مسائل قانونی، حقوقی، آیین‌نامه‌ای، فنی و زیست‌محیطی است، اقدام به ترجمه آن نمود. بدیهی است که مسائل قانونی و حقوقی، مربوط به ایالات متحده آمریکا بوده و ترجمه آنها در این مجموعه صرفاً برای آشنایی متخصصان و الگوبرداری مناسب در انطباق با شرایط کشور است. امید است که این مجموعه مورد استفاده کارشناسان و متخصصان مربوط قرار گیرد و با نظرات ارزنده خود، این دفتر را در راه توسعه کمی و کیفی استانداردهای تغذیه مصنوعی یاری نمایند.

ترجمه متن اصلی این استاندارد توسط آقای دکتر محمود شریعتمدار طالقانی انجام شده است. بررسی، بازبینی و نظارت بر ترجمه، توسط آقای مهندس احمد رجایی کارشناس دفتر استانداردها و معیارهای فنی انجام شده است. همچنین سرکار خانم شمس‌عالم ویراستاری نهایی این مجموعه را به عهده داشته‌اند. با تشکر از زحمات نامبردگان، برای ایشان از خداوند متعال توفیق و سلامتی روزافزون مسئلت می‌نماید.

دفتر استانداردها و معیارهای فنی

پیشگفتار مترجم

از آنجا که کشور عزیز ما ایران در اقلیمی خشک و نیم‌خشک قرار دارد، همواره با مشکل کم‌آبی مواجه است، به گونه‌ای که خشکسالی‌های اخیر، بویژه در سال ۱۳۸۱ موجب شد که حتی مناطق شهری نیز با کمبود ذخایر آبی مواجه شود و همین امر سبب جیره‌بندی آب و قطع چند ساعته آن در تهران و چند شهر بزرگ دیگر شد. به‌هرحال، خشکی، یک واقعیت اقلیمی در کشور ما بوده و تنها راه مقابله با این مسئله، استفاده بهینه از منابع موجود است. خوشبختانه مهار آبهای سطحی و کنترل و ذخیره‌سازی آنها از راه احداث سدها توسط وزارت نیرو در سالهای اخیر رشد چشمگیری داشته و لیکن در بعضی موارد، احداث سد برای مهار آبهای سطحی و سیلابها به لحاظ اقتصادی، فنی و دیگر موارد امکان‌پذیر نیست. اجرای طرحهای تغذیه مصنوعی به منظور مهار آبهای سطحی و ذخیره آنها در زیر زمین، دارای مزایای بسیاری از جمله کاهش تبخیر در فصلهای گرم، پالایش و تصفیه منابع آب سطحی توسط آبخوان، سازگاری زیست‌محیطی بیشتر، جلوگیری از تخریب و فرسایش خاک و ... همواره مورد توجه متخصصان بوده است. به همین دلیل با توجه به اینکه این راهنما محتوی مسائل حقوقی، قانونی و آیین‌نامه‌ای و نیز مسائل فنی و زیست‌محیطی پروژه‌های تغذیه مصنوعی است، برای ترجمه انتخاب گردید. از سوی دیگر، وزارت نیرو در حال تهیه قانون جامع آب می‌باشد که امید است با تدوین نهایی آن، مشکلات مربوط به نبود قانون کامل و جامع در صنعت آب کشور برطرف شود.

در پایان لازم است از همه عزیزانی که مرا در راه تحقق این امر، با توجه به بیماری اینجانب، یاری نموده‌اند، از جمله جناب آقای دکتر رضا اردکانیان معاون محترم وزیر نیرو در امور آب، جناب آقای مهندس سید علی محمودیان، جناب آقای دکتر پیمان بدیعی، جناب آقای دکتر محمدجواد منعم و جناب آقای دکتر بیژن شیبانی، صمیمانه تشکر و قدردانی نمایم. همچنین از سرکار خانم فاطمه زمانیان که با تهیه وسایل و ابزار و کمکهای مورد نیاز در تایپ و تدوین این راهنما اینجانب را یاری نموده‌اند، تشکر می‌نمایم.

پیشگفتار نویسندگان

کتاب حاضر یا راهنمای استاندارد تغذیه مصنوعی آب زیرزمینی^۱ در راستای کامل کردن کتابی به نام مرجع در مدیریت آب زیرزمینی، چاپ انجمن مهندسان عمران آمریکا^۲، و نیز کتاب دیگری به نام مرجع در کاربرد و نگهداری وسایل و امکانات آب زیرزمینی، چاپ همان انجمن نوشته شده است. این سه کتاب، از کارهای اساسی و اولیه‌ای پالوده شده که توسط کمیته فنی آب زیرزمینی و زیر گروهی از گروه آبیاری و زهکشی، انجام شده است. استانداردها توسط کمیته تغذیه مصنوعی آب زیرزمینی، بخشی از شورای توسعه استانداردها در مؤسسه منابع آب و محیط زیست انجمن مهندسان عمران آمریکا تدوین یافته است. مطالب ارائه شده در این کتاب، در مطابقت با اصول شناخته شده و مورد قبول در مهندسی تهیه شده‌اند. راهنماهای استاندارد باید زیر نظر افراد حرفه‌ای و کارآموده در برنامه‌ریزی و توسعه منابع آب زیرزمینی، مانند هیدرولوژی و هیدرولیک آب زیرزمینی به کار گرفته شوند.

1 - Standard Guidelines for Artificial Recharge of Ground Water
2 - (ASCE, 2001)

۱- کلیات

۱-۱ هدف

هدف این مجموعه، فراهم کردن مجموعه‌ای از راهنماهای استاندارد است، و نه استانداردهایی مطلق. منظور از این راهنماها، توصیف گام‌های متعددی است که در توسعه، بهره‌برداری و نگهداری پروژه‌های تغذیه مصنوعی آب زیرزمینی مورد نیاز است. این گونه پروژه‌ها، به طور ذاتی چند تخصصی بوده به طوری که افراد با تخصصهای متفاوت و مرتبط با پروژه، به درک چگونگی ارتباط کارهای خود در تناسب با کار دیگران نیاز خواهند داشت. اگرچه برخی از جنبه‌های فنی کار به صورت مشروح بیان نشده است اما اطلاعات فنی اضافی در فهرست مراجع در پیوست ۳، ارائه شده است.

۲-۱ دامنه کاربرد

این راهنماها، به توصیف گام‌های لازم در برنامه‌ریزی، طراحی، ساختمان، نگهداری و بهره‌برداری سامانه‌های تغذیه مصنوعی آب زیرزمینی و افزایش تغذیه طبیعی آب می‌پردازند. همچنین موارد اقتصادی، زیست‌محیطی و قانونی (مانند حقایقها، نظامها و مصوبه‌ها) و بررسیهای صحرایی و روشهای آزمایشی را که ممکن است در تمام گامهای بالا کاربرد داشته باشند، در نظر می‌گیرند. تغذیه ممکن است با پخش آب روی سطح زمین برای نفوذ به آن و یا مستقیماً با وارد کردن آب به داخل آبخوان از طریق چاهها انجام شود. اگرچه این راهنماها به گونه‌ای تدوین شده‌اند که انواع مختلف پروژه‌های تغذیه را پوشش می‌دهند، اما می‌توان برای پروژه‌های بنیادی یا کوچک نیز از قسمتهایی از این راهنماها متناسب با پروژه پیشنهادی استفاده کرد.

۳-۱ آب زیرزمینی و مفاهیم مدیریت آن

آب زیرزمینی، از مهم‌ترین منابع آبها می‌باشد و تغذیه مصنوعی آن یکی از فنون مهم مدیریتی است. آب زیرزمینی، ۰/۶ درصد از آب دنیا را تشکیل می‌دهد که ۶۷ برابر ۰/۰۰۹ درصد آب رودها و دریاچه‌ها است (Bouwer, 1978). بقیه آب جهان، به صورت یخزده در قطبها، برف در قله برخی کوهها (۲ درصد) یا آب شور در اقیانوسها (۹۷ درصد) است. حدود نیمی از مردم ایالات متحده، برای مصارف خانگی از آب زیرزمینی استفاده می‌کنند. $\frac{3}{4}$ از آب مورد نیاز سازمانهای آب عمومی، از آب زیرزمینی تأمین می‌شود و آب زیرزمینی استخراجی از طریق چاهها، تنها منبع آب خانگی برای ۴۰ میلیون نفر از مردم ساکن روستاها و حومه شهرها است. همچنین، آب زیرزمینی، منبع مهمی از آب مورد نیاز کشاورزی و صنایع است.

اگر چه استفاده از آب زیرزمینی گستره فراوانی دارد، اما بسیاری از مشترکان درک بسیار اندکی از منشأ و محل اولیه، چگونگی تهیه، تولید، تصفیه، انتقال و تحویل آب، و مراحل حصول اطمینان از سلامت و قابلیت آب برای آشامیدن دارند. تا همین اواخر، تصور عمومی از آبخوان، رودخانه یا دریاچه‌ای زیرزمینی بود که منبع آبی نامحدود، سالم و قابل اطمینانی است. این تصور با دریافت گزارشهایی در رابطه با آلودگی ناشی از نشت از مخازن ذخیره سوخت، انبارهای سطحی زباله‌های شهری، زیانهای ناشی از حمل و جابه‌جایی و تخلیه ضایعات و آلودگی از منابع بی‌شمار دیگر، تغییر فراوان کرد. همچنین، با دریافت

گزارشهای بسیاری در رابطه با افت سطح ایستابی و در نتیجه کاهش منابع آب، عموم مردم به این واقعیت پی بردند که در استخراج آب زیرزمینی، محدودیت وجود داشته و تغذیه طبیعی، توانایی تأمین نیازهای دلخواه از آبخوانها در تمام کشور را ندارد.

۱-۳-۱ رویداد آب زیرزمینی

آب زیرزمینی، آن بخش از آب زیر سطحی است که فشاری بیش از فشار اتمسفر دارد و بنابراین به سمت چاه یا حفره‌های دیگر جریان می‌یابد. سازندهای زمین‌شناسی که دارای آب زیرزمینی بوده و از تراوایی (قابلیت نفوذ) کافی برخوردارند و توانایی تأمین مقدار آب مصرفی لازم از چاهها را دارند، آبخوان نامیده می‌شوند. آبخوانها یا تحت فشار یا غیر تحت فشار و آزاد هستند. در بخش بالای آبخوانهای آزاد، سطح آب آزادی وجود دارد که به آن سطح ایستابی می‌گویند. این سطح آب، می‌تواند با افزایش یا کاهش آب آبخوان آزادانه به سمت بالا یا پایین حرکت کند. آبخوانهای تحت فشار در بین لایه‌های ناتراوا یا کم‌تراوا^۱ قرار گرفته‌اند. اگر این لایه‌ها تراوایی متوسط داشته باشند، نیمه تراوا^۲ نامیده می‌شوند.

آبخوانهای آزاد، با نفوذ عمقی از سطح زمین تغذیه می‌شوند. آبخوانهای تحت فشار، از طریق بیرون‌زدگیهای آنها، که در آن قسمتها تحت فشار نیستند، و یا از طریق لایه‌های محصورکننده نشستی^۳ (نیمه تراوا) تغذیه می‌شوند. مقدار تغذیه طبیعی در درازمدت، برای آبخوان آزاد، حدود ۵۰ درصد متوسط بارندگی در نواحی با آب و هوای سرد و مرطوب مانند شمال غربی اروپا، یا شرق ایالات متحده و کانادا می‌باشد. این رقم، برای نواحی نسبتاً مسطح، و غیر شهری با خاکهایی نسبتاً تراوا کاربرد دارد که مقدار رواناب سطحی ناچیز یا اندک است. برای آب و هوایی مدیترانه‌ای، میزان تغذیه اغلب در حدود ۱۰ تا ۲۰ درصد بارندگی در درازمدت، و در آب و هوای گرم و خشک (بارندگی کمتر از ۲۰۰ میلی‌متر در سال) کمتر از ۱ درصد است. بیشترین مقدار تغذیه در نواحی خشک، احتمالاً از رودخانه‌های فصلی و زودگذری است که سطح آب زیرزمینی در آنجا در زیر بستر رودخانه قرار دارد.

تأمین آب چاههای پمپاژ در آبخوانهای آزاد، با پایین افتادن سطح ایستابی (افت در اطراف چاه) و زهکش شدن فضای متخلخل انجام می‌شود. در فضای خالی‌شده، هوا جایگزین آب در حفرات می‌شود. آبدهی چاههای پمپاژ در آبخوانهای تحت فشار به سه صورت انجام می‌گیرد:

(۱) با خارج کردن آب از ذخیره در محیط غیر تحت فشار اطراف آبخوان، (۲) با تراکم لایه‌ها و عدسیه‌های از جنس رس در آبخوان و در نتیجه کم‌شدن فشار آب منفذی، و (۳) با انبساط آب در اثر کاهش فشار. روش دوم، فقط برای یکبار آبدهی است، زیرا این امر، اساساً امری برگشت‌ناپذیر است. به سبب وجود ساز و کارهای مختلف، آبدهی آبخوانهای آزاد در واحد افت سطح ایستابی چندین مرتبه بیشتر از آبدهی آبخوانهای تحت فشار در واحد افت فشار می‌باشد (Bouwer, 1978). به همین دلیل، در آبخوانهای آزاد آب بیشتری را می‌توان به ازای واحد بالآمدن سطح ایستابی، در مقایسه با آبخوانهای تحت فشار به ازای واحد افزایش فشار پیژومتری ذخیره کرد. این مورد، در تغذیه آبخوانها بسیار مهم است.

1 - Aquicludes
2 - Aquitards
3 - Leaky Confining Layers

۱-۳-۲ کیفیت آب زیرزمینی

سن آب زیرزمینی یا زمان ماندگاری آن می‌تواند بر کیفیت آب زیرزمینی اثر بگذارد. این مورد، به مدت زمان تماس آب با مواد معدنی موجود در لایه‌های زیر سطح زمین بستگی دارد. زمان ماندگاری آب، فاصله زمانی بین نفوذ آب به داخل خاک و زمانی است که آب از چاهی پمپاژ می‌شود و یا با دیگر روشها، دوباره روی سطح زمین ظاهر می‌شود. زمان ماندگاری آب زیرزمینی، برای چشمه‌های موجود در نواحی مرطوب فقط چند روز یا کمتر، برای آب زیرزمینی کم عمق در نواحی با بارندگی زیاد چندین ماه یا سال، برای آب زیرزمینی در عمقی بیشتر در نواحی مرطوب چندین دهه یا قرن، و برای نواحی با آب زیرزمینی عمیق و به صورت "فسیل" در آب و هوای خشک هزاران یا دهها هزار سال است. قدمت آب زیرزمینی در حوضه بزرگ آرتزین در استرالیا را حدود چند میلیون سال برآورد کرده‌اند.

آب باران، معمولاً از کیفیت خوبی برخوردار است و مجموع جامدات حل شده (TDS) آن در حدود ۱ تا ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر و به طور متوسط حدود ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر است. در مناطق با هوای آلوده، دامنه مجموع جامدات حل شده در آب بارندگی که به داخل خاک نفوذ می‌کند ممکن است از ۳ تا ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر، و به طور متوسط ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر باشد. بارانهای اسیدی، معمولاً pH برابر ۴ تا ۵ دارند. هنگام بارندگی یا ذوب برف، که آب از میان خاک، ناحیه غیراشباع، و آبخاها عبور می‌کند، با مواد موجود در این نواحی واکنش داده و عناصر شیمیایی منتج از هوازدگی کانیها را در خود حل می‌کند و در نتیجه مجموع مواد حل شده آب افزایش می‌یابد. تجزیه مواد گیاهی و دیگر واکنشهای زیست‌شناختی، عناصر دیگری را به آب اضافه می‌کند که از میان آنها می‌توان به املاح مربوط به اسیدنیتریک، اسید فولویک و اسیدهای آلی (TOC) اشاره کرد. این قسمت از مواد را ترکیبهای جدید یا به اصطلاح مواد تری‌هالومتان (THM) می‌نامند، که می‌توانند تشکیل فرآورده‌های نامطلوبی را در برابر کلرزنی آب بدهند. آب زیرزمینی طبیعی و تازه و غیرآلوده، عموماً دارای ۰/۲ تا ۰/۷ میلی‌گرم بر لیتر کربن آلی است (Thurman, 1979). این آب، همچنین در اعماق زیاد نیز دارای میکروارگانسیمهای زنده می‌باشد. به این ترتیب، آب زیرزمینی تازه، بدون هیچ نوع تصفیه‌ای برای نوشیدن مناسب بوده ولی به هیچ وجه کاملاً خالص نیست (Bouwer, 1978).

وجود عوامل بیماری‌زا (باکتریها، ویروسها و تک‌یاخته‌ها) در آب مصرفی خانگی، نشان‌دهنده شدت تهدید بیماریهای میکروبی ناشی از آب بدون تصفیه کافی است. شیوع فراوان (اپیدمی) بیماریهای ناشی از آب، بیشتر در کشورهای در حال توسعه رخ می‌دهد که در آنها تصفیه کافی آب انجام نمی‌شود. بیشتر بیماریهای ناشی از آب در ایالات متحده، مربوط به آب زیرزمینی تصفیه نشده است بر خلاف آب سطحی که برای آشامیدن به طور مرتب و منظم با روش کلرزنی یا روشهای دیگر ضدعفونی می‌شود.

افزون بر شیوع فراوان بیماریها که بیشتر مردم در یک زمان دچار آن می‌شوند، بیماریهای بومی نیز در اثر آلودگی میکروبی و تصفیه ناکافی آب برای مصارف خانگی با گسترشی کمتر وجود دارد.

۱-۴ مفاهیم تغذیه آب زیرزمینی

هدف از مدیریت آب زیرزمینی، معمولاً طولانی‌تر کردن مدت استفاده از منبع و حفظ کیفیت آن است. به گونه‌ای که آب مازاد مصرف، در داخل زمین ذخیره شود تا در هنگام کمبود آب، برای برآوردن نیازها از منبع خارج شود. آب زیرزمینی، گاهی

به صورت منبعی محدود ذخیره می‌شود. اطلاعات بیشتر در این مورد را می‌توان در نشریه مدیریت آب زیرزمینی (ASCE, 1987) بررسی کرد. نیازهای روزافزون به آب، سازمانهای مربوط را برآن داشت که به جستجوی راههای مدیریتی متفاوتی بپردازند تا برای آینده، آمادگی لازم را داشته باشند. این راهها شامل مدیریت آب زیرزمینی و استفاده تلفیقی از آنها و مدیریت هماهنگ آبهای سطحی و زیرزمینی است. محللهای مناسب برای احداث سدها اندک بوده و مخالفت هر روزه با احداث سدهای جدید برای ذخیره درازمدت آب در حال افزایش است. این مخالفتها، به دلیل جنبه‌های زیست‌محیطی و مسائل دیگر است. ذخیره آب در زیر سطح زمین با تغذیه مصنوعی، در صورت امکان، راهحلی کارآمد و مناسب از نظر جنبه‌های زیست‌محیطی برای ذخیره آب است. آبخوانها می‌توانند برای ذخیره، انتقال و پخش آب تغذیه‌شده به کار روند. اگر چاهها در محل مصرف آب حفر شوند، شاید فقط به یک شبکه توزیع محلی نیاز باشد و نیازی به شبکه‌های وسیع و بزرگ انتقال و توزیع آب سطحی نباشد، زیرا آب در آبخوانها می‌تواند در زیر سطح زمین، از محل تغذیه تا نقطه مصرف جریان یابد. تغذیه آب زیرزمینی با روشهای سطحی یا زیرزمینی می‌تواند برای تغییر محل و مسیر جریان آبهای آلوده نیز به کار رود. هدفهای اصلی و فرعی از تغذیه آب زیرزمینی در بخش ۲-۱-۳ آمده است.

تغذیه مصنوعی آب زیرزمینی می‌تواند آسیب‌پذیری تغذیه طبیعی را در برابر تغییرات میزان بارندگی (باران و برف) کاهش دهد؛ بویژه در نواحی با بارندگی کم که کاهش اندکی در مقدار بارندگی می‌تواند موجب کاهش زیادی در تغذیه آب زیرزمینی شود.

1-4-1 اصطلاحات کلیدی

تغذیه: عبارت است از دوباره پر کردن آب زیرزمینی از راه نفوذ دادن آب بارندگی، رودها، گودالهای سطحی و دیگر منابع، و یا وارد کردن مستقیم آب به آبخوان از طریق چاه، گالری و دیگر روشها. تغذیه می‌تواند به‌طور طبیعی یا مصنوعی انجام گیرد.

تغذیه طبیعی: تغذیه‌ای است که بدون هیچ کمک یا افزودنی توسط افراد، صورت می‌پذیرد.

تغذیه مصنوعی: تغذیه‌ای است که با تغییر و تعدیل عمده الگوی طبیعی تغذیه انجام می‌شود، تا سبب افزایش تغذیه شود.

تغذیه واداری: برداشت آب از آبخوان در کنار رودها به‌وسیله پمپاژ یا دیگر روشها، برای پایین‌انداختن سطح آب زیرزمینی، به‌منظور افزایش نفوذ از چنین رودهایی است.

تغذیه تصادفی: می‌تواند توسط وسایل و امکاناتی که برای تغذیه آب زیرزمینی طراحی نشده‌اند (مانند آبیاری و مخزنهای تصفیه فاضلاب) و از راه تغییر پوشش گیاهی برای دیگر هدفها و نه تغذیه، رخ دهد.

سامانه‌های نفوذ سطحی: به‌منظور افزایش نفوذ سطحی و نفوذ عمقی به درون خاک، آب را روی زمین پخش یا انباشته می‌کنند. این روش را می‌توان فقط برای تغذیه آبخوانهای آزاد به‌کار برد. اگر سامانه‌های تغذیه سطحی را در بیرون‌زدگی آبخوانی تحت فشار یا در محلی که آبخوان به حالت آزاد در می‌آید احداث کنند، قادر به تغذیه آبخوان خواهند بود.

سامانه‌های تغذیه با چاه: برای ورود آب به داخل آبخوان و ذخیره آب، کنترل انتقال آب آلوده و نگهداری نواحی در معرض نفوذ آب شور به‌کار می‌روند. تزریق آب در چاه، توسط نیروی گرانش یا با استفاده از فشار هیدرواستاتیک اتفاق می‌افتد.

چاههای ذخیره و برداشت آب آبخوان (ASR): ترکیبی از چاههای تغذیه و برداشت بوده و معمولاً برای ذخیره فصلی، درازمدت، یا فوریتها طراحی می‌شوند.

سامانه‌های تصفیه خاک - آبخوان (SAT): معرف قدرت خاک در تغییر یا جدا کردن آلودگی از آب مورد تغذیه که ممکن است روی کیفیت آب زیرزمینی تأثیر بگذارد، است

مشروح اصطلاحهای آب زیرزمینی مورد استفاده در این راهنما، در پیوست ۱ فرهنگ لغات فنی، علائم اختصاری و نمادها در اولین اشاره به آنها در متن شرح داده شده‌اند و فهرست آنها در پیوست ۲ ارائه شده است، فهرست مراجع گفته‌شده در متن و مراجع اضافی در مورد آب زیرزمینی از قبیل ASTM D653 در پیوست ۳ آمده است.

۱-۴-۲ روشهای تغذیه

۱-۴-۲-۱ نفوذ سطحی

سامانه‌های نفوذ سطحی، شامل امکانات و تسهیلات واقع در داخل آبرو و خارج از آبرو می‌باشند. امکانات در داخل آبرو عبارت است از سدها، سرریزها، خاکریزها، آب‌بندها و دیگر ساختمانها در بستر آبرو و رودخانه یا در دشتهای سیلابی که برای نگهداری آب و پخش آن روی نواحی خیس و بسیار وسیع، برای افزایش حجم نفوذی به کار می‌روند. سد نگهدارنده‌ای که در بخش بالایی حوضه آبریز ساخته می‌شود را می‌توان به‌عنوان قسمتی از طرح تغذیه آب زیرزمینی به‌شمار آورد. این سد با اقدامهای تنظیمی، به‌منظور افزایش تغذیه آب زیرزمینی در بخش پایینی حوضه استفاده می‌شود. سطح خیس، شامل بستر و دیواره‌های وسایل و بناها است. امکانات خارج از آبرو عبارت از گودال، اراضی آبخیز مستغرق، یا نهرهای حفاری شده ویژه تغذیه و ساختمان سکوها یا استفاده از حفره‌ها و گودالهای قدیمی برداشت شن و ماسه، و دیگر حفره‌های مشابه می‌باشند. در امکانات و وسایل داخل آبروها و نهرها، آب روی خاک در حرکت است البته گاهی حرکت بسیار آهسته می‌باشد. در سامانه‌های خارج از آبرو، آب روی خاک، معمولاً به‌حالت مستغرق بوده و سرعت حرکت جانبی آن صفر است. این رفتار، می‌تواند موجب رسوب ذرات ریز خاک یا دیگر مواد جامد شده و سبب محدودیت نفوذ شود. سامانه‌های نفوذ سطحی، به خاکهای سطحی تراوا (شن، ماسه و لوم ماسه‌ای) نیاز دارند. نواحی غیراشباع نیز باید دارای تراوایی مناسب، بدون لایه‌های محدودکننده جریان به سمت پایین بوده و همچنین بدون عناصر شیمیایی نامطلوب، که می‌توانند با شستشو وارد آب زیرزمینی شوند، باشند. آبخوانها باید از نوع آزاد بوده و آب زیرزمینی در قسمت بالایی آبخوان دارای کیفیت خوبی باشد. در نهایت، برای سامانه‌های نفوذ سطحی، باید زمینهایی با اندازه‌های کافی و هزینه‌هایی قابل قبول موجود باشد.

۱-۴-۲- تغذیه از طریق چاه

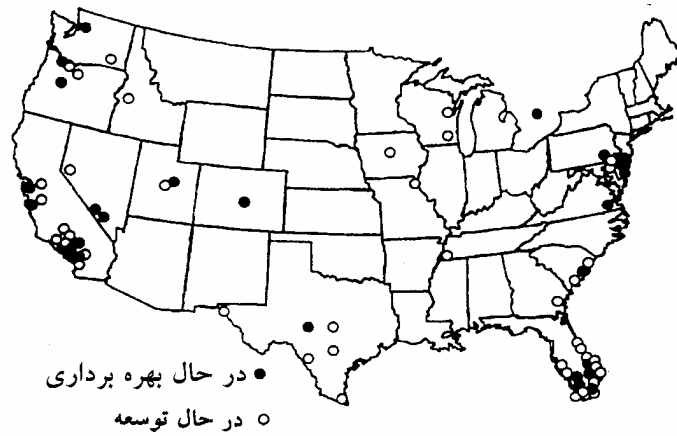
در جاهایی که شرایط لازم برای تغذیه سطحی وجود ندارد، می‌توان آب زیرزمینی را با وارد کردن مستقیم آب به داخل آبخوان از طریق چاه نیز تغذیه کرد. این چاهها به‌طور معمول، مشابه چاههای آبدی ساخته می‌شوند (صافیها، پوششهای شنی، تزریق سیمان و غیره)؛ اگرچه ممکن است صافی با طول و قطر بیشتر، برای افزایش تغذیه و کاهش انسداد چاه، به‌کار برده شود.

قبل از تغذیه از طریق چاه، موارد زیر باید انجام گردد: (۱) مواد معلق، هوای محبوس، و احتمالاً گازهای محلول را خارج نمایید (۲) مواد غذایی و کربن آلی گونه‌های حیاتی که موجب کاهش کیفیت آب می‌شود را جدا سازید، و (۳) میکروارگانیسمهای آن را ضدعفونی یا با روشی دیگر غیر فعال نمایید، تا از مسدود شدن فیزیکی و زیست‌شناختی آبخوان یا پوشش فیلتری اطراف صافی و بخش باز چاه جلوگیری شده و ورود عوامل بیماری‌زا به داخل آبخوان ناممکن شود. همچنین باید ترکیبهای نامطلوب مانند عناصر شیمیایی مسموم‌کننده و عناصر کاهش‌دهنده کیفیت آب را قبل از تزریق به چاه جدا کرد. شیمی آبی که برای تغذیه به‌کار می‌رود نیز باید با آب زیرزمینی سازگار باشد تا از تشکیل رسوب و کلوئیدها جلوگیری شده و از کاهش تراوایی آبخوان جلوگیری شود. تغییر در میزان pH و پتانسیل ریدوکس (پتانسیل اکسیداسیون و احیا Eh) از شرایط سطحی تا شرایط موجود در آبخوان می‌تواند سبب افزایش واکنشهای شیمیایی شده و بر تراوایی اثر بگذارد. حتی پس از آن، چاه نیاز به پمپاژ دوره‌ای و احتمالاً توسعه و نوسازی دوباره دارد تا اثرات مسدودشدگی کاهش یافته و از میزان تغذیه مناسبی برخوردار شود. به سبب هزینه زیاد چاه، پیش تصفیه آب مورد تغذیه، و کارهای لازم برای نگهداری، معمولاً تغذیه آب زیرزمینی توسط چاه نسبت به تغذیه به روش نفوذ سطحی دارای هزینه بیشتری است، مگر در مواردی که بهای زمین بالا بوده یا شرایط آن برای تغذیه نامناسب باشد. چاههای ذخیره و برداشت (ASR)، چاههایی دو منظوره هستند که توانایی تغذیه، ذخیره و آبدی را دارند. این چاهها، آب را در آبخوانها برای دوره‌های متفاوت زمانی کوتاه‌مدت و بلندمدت ذخیره می‌نمایند و از آن، در مواقع نیاز اوج و فوریت‌های آشامیدنی استفاده می‌کنند. ذخیره آب تصفیه‌شده و آب سطحی با کیفیت بالا، در برخی نواحی ممکن است برای مدت زیادی ماندگار باشد. در طراحی چاههای ASR، برای برداشت آب تغذیه‌شده به یک پمپ نیاز است. پمپ مورد استفاده برای برداشت آب، می‌تواند در پمپاژ دوره‌ای و کوتاه‌مدت چاه برای خارج کردن مواد جامد جمع‌شده به‌کار رود. هنگامی که آب آشامیدنی ذخیره می‌شود، معمولاً تا قبل از مصرف به تصفیه نیازی ندارد، مگر اینکه برای آشامیدن ضدعفونی شود.

چاههای ASR برای ذخیره حجمهای بزرگ آب، به منظور برآوردن نیاز در زمان اوج مصرف بسیار اقتصادی هستند. شکل ۱-۱ و جدول ۱-۱ (Pine, 1995) و به روز کردن آن توسط نویسنده در سال ۱۹۹۸) محل چاههای تغذیه و ASR را در سال ۱۹۹۸ در ایالات متحده نشان می‌دهند.

(توضیح مترجم: از آنجا که جدول ۱-۱ مربوط به ناحیه، سال احداث، بافت خاک و میزان برداشت از چاهها در ایالات متحده

است، بنابراین فقط چند نمونه از ۲۸ مورد نگارش گردید.)



شکل ۱-۱- پروژه‌های ASR، ژوئن ۱۹۹۸

جدول ۱-۱- ایستگاههای ASR در حال کار در ایالات متحده، مه ۱۹۹۸

ظرفیت برداشت، (میلیون لیتر بر روز)	ناحیه ذخیره	سال آغاز کار	محل
۵۰	ماسه	۱۹۶۸	ویلوود
۹	ماسه رسی	۱۹۷۱	گردون
۲۳	ماسه رسی سیلتی	۱۹۷۸	گولتا
۲۶	سنگ آهک	۱۹۸۵	پیس ریور
۳۸۵	ماسه سنگ	۱۹۸۸	لاس وگاس
---	---	---	---

۱-۴-۲-۳ روشهای دیگر تغذیه

تغذیه آب زیرزمینی، گاهی توسط بریدگی یا خندق، گالری جانبی، چاهکها، منطقه تهویه^۱ در چاهها (چاههای خشک)، یا سامانه‌های حفر شده شبیه به آن در ناحیه غیر اشباع، انجام می‌شود. این سامانه‌ها ممکن است در صورت بالا بودن سطح ایستابی، مسیری تا ناحیه اشباع آبخوان داشته باشند. این سامانه‌ها از نظر فنی در بین سامانه‌های نفوذ سطحی و تزریق درون چاهی قرار دارند. مشکل مهم، دشواری در پاک کردن آنها (جدا کردن رسوبات مسدودکننده) به منظور حفظ نفوذپذیری مناسب در درازمدت است.

به منظور افزایش ذخیره آب زیرزمینی، روش مدیریت دیگری نیز به جای تغذیه وجود دارد. در این روش، به جای آب زیرزمینی، آب سطحی به مصرف کنندگان دارای حبابه آب زیرزمینی تحویل داده می شود و در نتیجه آب موجود در آبخوان به صورت ذخیره باقی می ماند که برابر با میزان آبی است که مصرف کننده پمپ می کرده است.

۱-۴-۳ منابع آب برای تغذیه

بارندگی، منبع اصلی آب زیرزمینی است که وارد خاک شده و با نفوذ عمقی از ناحیه غیر اشباع، یا ناحیه تهویه، به سمت پایین می رود و در لایه های زیرین به آب زیرزمینی می رسد. بارندگی ممکن است مستقیماً وارد خاک شود و به غیر از مقداری که توسط تبخیر و استفاده گیاهان از آن کم می شود، به ذخیره آب زیرزمینی افزوده شود. آن مقدار از بارش که مستقیماً وارد خاک نشده و به صورت رواناب وارد رودها، سیلها و شاخه های فرعی آنها می شود، می تواند آب زیرزمینی را از طریق بستر جریانها تغذیه نماید. منابع آب برای تغذیه مصنوعی، شامل آب آشامیدنی مانند آب سطحی تصفیه شده، اضافات آب سطحی (جریان رودها، کانالها، قناتها، و غیره)، آب زیرزمینی از آبخوانی دیگر، و آبهای نامناسب برای آشامیدن مانند آب خروجی از دستگاههای تصفیه فاضلاب، آب سطحی آلوده، رواناب سیلاب، آب برگشتی آبیاری و دیگر آبهای دارای آلودگی با تأثیر معکوس بر کیفیت آب زیرزمینی می باشند. بسته به نوع تغذیه و ویژگیهای فیزیکی، شیمیایی و زیست شناختی آب، ممکن است عمل تصفیه لازم باشد تا منبع آب برای تغذیه مناسب شود و آب زیرزمینی مورد استخراج، دارای کارایی لازم برای مصرف مورد نیاز باشد. روش تصفیه آب شامل استفاده از خاک و آبخوان به عنوان وسیله ای ساده تا روشهای فیزیکی و شیمیایی پیچیده است.

۱-۴-۴ برداشت آب تغذیه شده

برداشت آب زیرزمینی حاصل از تغذیه مصنوعی، توسط چاههایی عمودی یا افقی حفر شده با دست یا ابزار مکانیکی، انجام می گیرد. چاههای افقی به شکل گالریهای نفوذی، اغلب در زیر بستر آبرو یا در مجاورت آن قرار دارند تا بتوانند آب را از آبرو بگیرند. یا ممکن است تقریباً عمود بر جهت جریان رو به پایین آب زیرزمینی در محلها و ایستگاههای تغذیه باشند.

در برخی موارد، چاههای آب حفر شده در آبخوانهای تحت فشار، دارای فشار کافی بوده و سبب خروج جریان آب زیرزمینی روی سطح زمین می شوند (جریان آرتزین). با این وجود، در این چاهها و چاههای موجود در آبخوانهای آزاد، معمولاً به پمپهایی برای انتقال آب زیرزمینی به محلهای مصرف یا ذخیره سطحی نیاز است.

۱-۴-۵ مواردی درباره کیفیت آب

سازندهای زیرزمینی "صافیهای" فیزیکی، شیمیایی، و زیست شناختی هستند که می توانند آلودگیهای موجود در آب تغذیه شونده با کیفیت پایین را در هنگام عبور از خود، بویژه در ناحیه غیر اشباع جدا سازند.

بهبود کیفیت آب و استفاده از خاک و آبخوان به منظور تصفیه آب، هدف اصلی برخی از پروژههای تغذیه مصنوعی و یا پروژههایی است که به منظور تغذیه و برداشت بنا شده اند. در دوره تصفیه خاک - آبخوان (SAT)، درباره میزان آلودگی باید دقت زیادی کرد، زیرا اطلاعات درازمدتی در کاربرد سامانه SAT برای مقادیر مختلف آلودگی در دست نیست. کیفیت چنین

آبهای در طراحی، به توجه بیشتری نیاز دارد تا در هنگام بهره‌برداری، از بروز مشکلات جلوگیری شود. در برخی موارد، سازمانها برای توسعه نیازهای مربوط به تصفیه آب اصلاح‌شده و آبهای با کیفیت پایین، پیش از کاربرد آنها برای تغذیه، اقدامهایی انجام داده‌اند. آب خروجی از ایستگاههای تصفیه فاضلاب خانگی، باید پیش از استفاده در تغذیه آب زیرزمینی به اندازه کافی تصفیه شود. آب شرب به تصفیه قبل از تغذیه یا پس از برداشت از آبخوان و یا هر دو، نیاز دارد. تغذیه آبخوان تحت فشار با مواد درشت‌تر، ممکن است بهبود قابل ملاحظه‌ای در کیفیت آب به وجود نیاورد. در بعضی مناطق، اگر آب با کیفیت پایین برای تغذیه در چاه به کار رود، به منظور تصفیه در حد استاندارد قبل از انجام تغذیه باید از قوانین و آیین‌نامه‌های مصوب پیروی کرد. همچنین تصفیه کافی آب قبل از تغذیه، برای کاهش انسداد مناطق تغذیه و بوئزه اطراف چاههای تغذیه لازم است.

آب زیرزمینی موجود در زیر مخزنهای سپتیک^۱، متأثر از نشست مقادیر زیادی از مواد جامد حل‌شده (TDS)، نیتراژها، نیتراژها، کلریدها، باکتریها و ویروسها است. آب زیرزمینی واقع در مناطق تحت آبیاری، معمولاً دارای مقدار بیشتری مواد جامد حل‌شده، نیتراژها، آفت‌کشها (Bouwer, 1990a)، و در برخی نواحی، عناصر کمیاب حاصل از شستشوی خاک و ناحیه غیر اشباع (سلنیم، بر، آرسنیک، مولیبدن، کادمیم، جیوه و مواد دیگر) است.

با توجه به خطرات بهداشت عمومی که می‌تواند در تأمین آب وجود داشته باشد، تصفیه آب مورد تغذیه، و پایش کیفیت آب مورد تغذیه و بهره‌برداری بسیار مهم است.

با پیشرفت در تشخیص مواد موجود در آب و شناخت اثرهای زیانبار آنها، مقررات مربوط به منظور حفظ بهداشت عمومی به‌طور دائم در حال تغییر است. از آنجا که استانداردهای موجود ممکن است فاقد یافته‌های جدید در مورد کیفیت آب باشند، استانداردها باید به‌طور مداوم مورد تجدید نظر قرار گیرند.

۵-۱ سازماندهی گزارش

سازماندهی بخشهای این راهنما با گامهای گزارش کلی تفاوت دارد. موضوعهایی مانند موارد اقتصادی، در بخشهایی جداگانه آمده‌اند زیرا در روند کلی، به توجه بیشتری نیاز دارند. رابطه بین فصلهای گزارش و گامهای مطالعاتی در فصل ۲ یا برنامه‌ریزی، شرح داده شده است. این راهنما در ۱۰ فصل و پنج پیوست به شرح زیر ارائه شده است:

- ۱- کلیات
- ۲- برنامه‌ریزی
- ۳- بررسی و آزمایش صحرائی
- ۴- طراحی
- ۵- مسائل تنظیمی و حقوقی آب
- ۶- مسائل زیست‌محیطی
- ۷- اقتصاد
- ۸- ساختمان

۹- آغاز کار

۱۰- بهره‌برداری، نگهداری، و خاتمه دادن

پیوستها

- ۱- فرهنگ اصطلاحات آب زیرزمینی
- ۲- علایم و نمادها
- ۳- مراجع
- ۴- یادداشتی برای بررسی اثرات زیست‌محیطی
- ۵- ضرایب تبدیل واحدهای متریک - انگلیسی

۲- برنامه‌ریزی

در هنگام انتخاب و ارزیابی پروژه‌ها و روشهای تغذیه مصنوعی، احتمال اجرای موفق پروژه را می‌توان با استفاده از روشی منطقی به بالاترین سطح رسانید. این روش منطقی بر پایه نتایج و تجربیات حاصل از ایستگاههای با بهره‌برداری موفق و دیگر پروژه‌های نه چندان موفق قرار دارد. اگر چه هر پروژه تغذیه برمبنای ویژگیهای خاص و منحصر به فرد محل پروژه که تعیین‌کننده ماهیت و راستای فعالیتهای آن است، انجام می‌گیرد ولی پروژه‌های مختلف می‌توانند دارای جهات مشترکی باشند که برای شکل‌دادن به زمینه‌ای در برنامه‌ریزیهای توصیه‌شده مورد استفاده قرار گیرند. برنامه‌ریزی، کاری تکرارشونده است که با مفاهیم توسعه و بر پایه داده‌های عمومی موجود از منابع موجود آغاز شده و سپس با افزایش سطح بررسیها و میزان و شرح بیشتر داده‌های به‌دست آمده از آنها، و در صورت مثبت‌بودن و نداشتن کاستی، انجام می‌شود.

یک دیدگاه گام‌بندی (فازی) توصیه می‌شود که در آن، سطح فعالیت و سرمایه در هر گام به درجه قبول خطرهای فنی و غیر فنی بستگی دارد. این استانداردها، در پروژه‌های مشابه بسیاری کاربرد دارند. میزان جزئیات، نباید طراحان پروژه‌های بنیانی یا کوچک را از آگاهی روشها و مشکلات بی‌نیاز کند بلکه باید به بخشهای مورد استفاده از این استاندارد در پروژه مذکور بپردازد. شش گام (فاز) زیر، معمولاً در احداث و بهره‌برداری پروژه‌ها مورد نیاز می‌باشد:

گام ۱- فعالیتهای مقدماتی:

- جمع‌آوری و سازماندهی داده‌ها، ارزیابی منابع، ارزیابی مکانهای مختلف و بررسیهای مقدماتی،

- مدل مفهومی، برآورد زیست‌محیطی و مشارکت عمومی.

گام ۲- بررسی صحرایی و برنامه آزمایشی

گام ۳- طراحی:

- طرح مقدماتی، مشارکت عمومی، گزارشهای مهندسی و گزارشهای زیست‌محیطی،

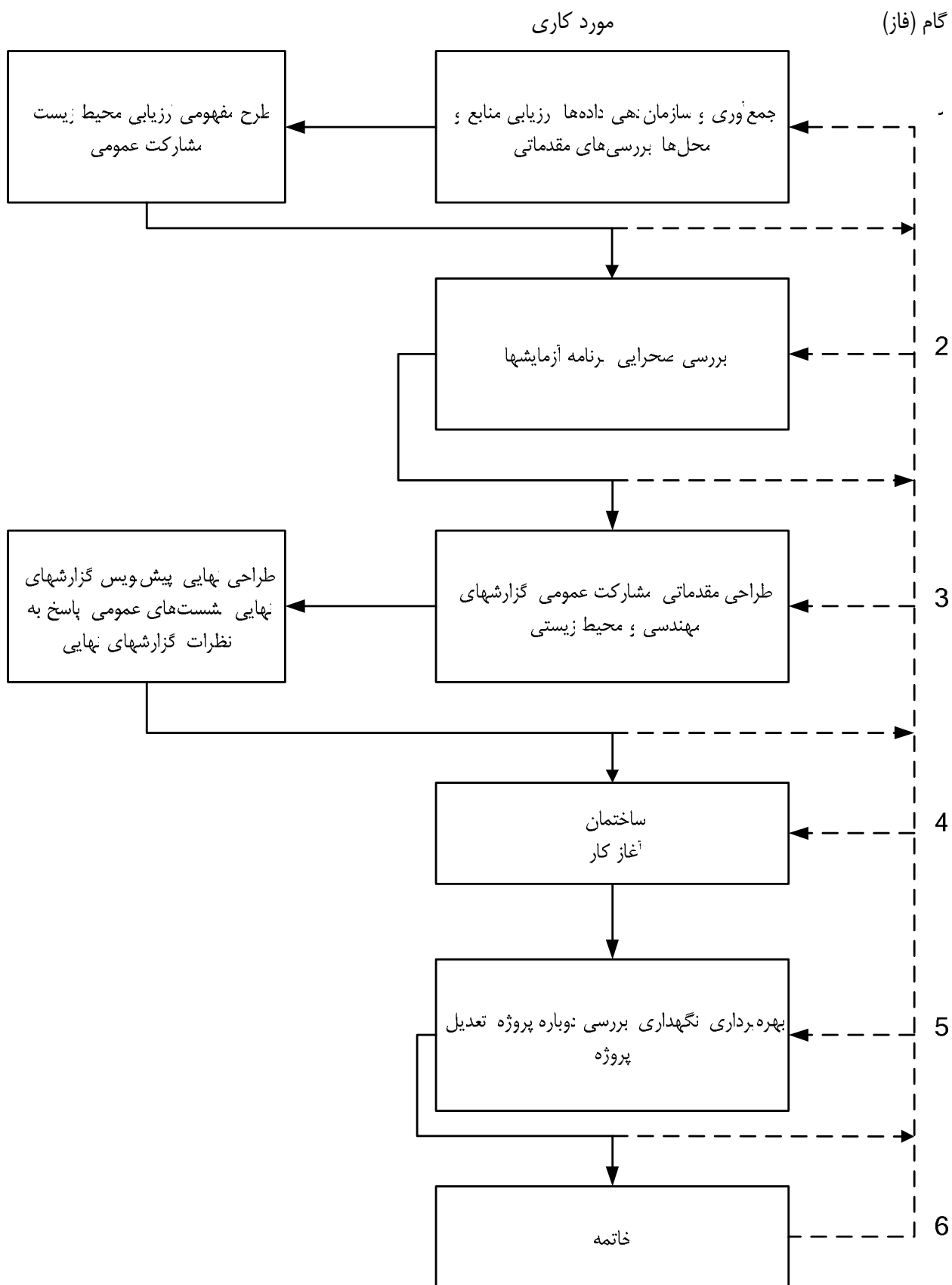
- طرح نهایی، پیش‌نویس گزارش نهایی، گفتگوی عمومی، پاسخ به نظرات و گزارش نهایی.

گام ۴- ساختمان و آغاز کار

گام ۵- بهره‌برداری، نگهداری، بررسی دوباره پروژه و تعدیل پروژه.

گام ۶- خاتمه

فصلهای این راهنما، از گامهای بالا پیروی نمی‌کنند، زیرا موارد مشترک در تمام گامها در بخشهای مختلف آمده‌اند. نداشتن توجه کافی به قوانین و آیین‌نامه‌های آب در بخش ۵، مسائل زیست‌محیطی در بخش ۶ و اقتصاد در بخش ۷ در تمام دوره پروژه می‌تواند سبب گسیختگی سریع در تمامی زنجیره بالا شود. به‌دنبال بخش ۸ (ساختمان)، بخش ۹، شروع به کار می‌کند و این، به‌علت وابستگی نزدیک ولی جدا بودن آنها است، زیرا شروع پروژه‌ای می‌تواند پس از تعطیلی پروژه‌ای، برای مدت زمانی رخ دهد. ترتیب مطالعه و انجام کار در شکل ۲-۱ ارائه شده است.



شکل ۱-۲ - توسعه یک برنامه تغذیه مصنوعی آب زیرزمینی

در کارهای انجام شده در برخی از گامهای بالا، ممکن است نیاز به بررسی دوباره بخشهایی از آنها باشد. در بعضی موارد، هنگامی که سطح قبول خطر، بیش از حد معمول است، یا پروژه دارای پیچیدگی بیشتری است، هر یک از گامها ممکن است وسیع تر بوده و به تحلیل بیشتری نیاز داشته باشد. در صورت محدودیتهای مالی، بویژه در دوره بررسیهای صحرائی ممکن است به زیربخش بیشتری نیاز باشد. در احداث پروژه به صورت گام بندی، باید توجه کافی اعمال شود، به گونه ای که تجربه به دست آمده از کارکرد پروژه را بتوان در هنگام ضرورت برای تعدیل طرحها به کار بست.

بسته به پیچیدگی پروژه پیشنهادی، مقدار داده های قابل اعتماد موجود و وجود پروژه های مشابه در منطقه، برخی فعالیتها را می توان پس از بررسی اثرات ممکن در عملکرد پروژه، مقدار سرمایه و هزینه های نگهداری و بهره برداری کم یا حذف کرد. اگر کارهای ابتدایی در گام ۱ و داده های حاصل از پروژه های تغذیه موفق در نزدیکی آن قابل توجیه باشد، بررسیهای صحرائی را می توان بلافاصله به دنبال برنامه مفهومی قرار داد.

مطالعه اثرات زیست محیطی باید همزمان با مطالعات برنامه ریزی پروژه انجام گیرد و گزارش اثرات زیست محیطی ممکن است همزمان با اتمام طرح مفهومی لازم باشد.

همچنین احتمال انجام موفقیت آمیز یک پروژه تغذیه را می توان با گردآوردن گروهی فنی، ولی با تخصصهایی متفاوت، شامل مهندسان، متخصصان آبهای زیرزمینی، کارشناسان منابع آب، برنامه ریزان و ... افزایش داد. افراد گروه باید در رشته های فیزیک خاک، حرکت آب زیرزمینی، ژئوشیمی، کیفیت آب، روشهای تصفیه آب، راه اندازی وسایل، هیدرولیک، مدل های شبیه سازی آبخوان، اقتصاد، شیمی آب و طراحی شبکه لوله کشی، ایستگاههای پمپاژ و دیگر موارد مربوط به استفاده از سامانه های آب، صاحب نظر باشند. متخصصهای دیگری نیز، برای انجام امور زیست محیطی، حقوقی، آیین نامه ای، باستانی، روابط عمومی و مانند آنها مورد نیاز است. عدم توجه به این موارد در تفاهم و برنامه ریزی می تواند در ادامه مسیر به اصلاحاتی پر هزینه در زمانی طولانی تر و یا شاید به شکست کلی برنامه منجر شود.

۱-۲ کارهای مقدماتی

۱-۱-۲ تعیین آب مورد نیاز

سازمان علاقه مند به اجرای برنامه ای در تغذیه آب زیرزمینی باید نیاز خود را بر پایه مطالعات عرضه و تقاضای آب در گذشته، حال و آینده قرار داده و کوشش و کاوش در مصرف سرانه آب، آیین نامه های مربوط به کیفیت آب و قوانین آب را در نظر بگیرد. چنین بررسیهایی سبب می شود که سازمان مربوط، دیدگاههای بهتری از کمیت، مقدار، کیفیت، محل و زمان بندی نیازهای تکمیلی آب در آینده را در دست داشته باشد. همچنین، تصمیم گیری برای نیازها، باید شامل تغییر در کمیت و کیفیت آب سطحی و امکان اجرای پروژه های حفاظت آب در آینده نیز بشود.

در بسیاری موارد، برآورد نیازهای آبی شامل نیازهای میانگین، تغییرات ماهانه، و روندهای مصرف، مهم می باشند. نسبت های بالاترین مصرف روزانه به میانگین سالانه، بالاترین مصرف هفتگی به میانگین سالانه، و مصرف ماهانه به صورت درصدی از میانگین سالانه، ممکن است کمک زیادی در برآورد دوره های مصرف اوج که برداشت از آب تغذیه شده، بیشترین سودآوری را

دارد، بنماید. این نسبتها، همچنین، در ارزیابی ظرفیت موجود تأمین، تصفیه، و انتقال بیهوده آب در هر ماه، بسیار سودمند هستند. تجزیه و تحلیل آمار مصرف روزانه، به‌طور عمده، فرصتهای ذخیره‌سازی را مشخص می‌کنند که آمارهای ماهانه توانایی آن را نداشته و این مورد سبب صرفه‌جویی زیادی در حجم ذخیره و کاهش هزینه‌های مربوط به آن می‌شود.

شبکه‌های آب شهری، معمولاً بر مبنای برآورد نیازهای اوج روزانه در آینده طراحی می‌شوند. نسبت نمونه در مصرف اوج روزانه به مصرف میانگین سالانه، حدود $1/3$ تا $2/0$ است، هرچند نسبتهای بالاتری تا 5 نیز ارائه شده است. در نتیجه، وجود اضافه ظرفیت بیهوده در شبکه‌های آب در هنگامی که نیازها کمتر از نیاز اوج هستند، امری غیر معمول نیست. این اضافه ظرفیت را می‌توان در ماههایی که مصرف اوج وجود ندارد، با استفاده از امکانات تغذیه مصنوعی برای ذخیره آب در زیر زمین به‌کار برد.

شبکه‌های آب کشاورزی معمولاً برای برآورد نیاز آبی گیاهان، و در نظر داشتن تغییر آب و هوا، برای سالی با بارندگی متوسط طراحی می‌گردند (جنسن و همکاران، ۱۹۹۰). در سالهای مرطوب، روانابهای زیادی را می‌توان در مخزنهای سطحی، یا با تغذیه حوضه‌های زیرزمینی ذخیره نمود تا در سالهای خشک مورد استفاده قرار گیرند. آیین‌نامه‌های کیفیت آب برای تغذیه، استحصال یا تحویل به مصرف‌کنندگان، به ارزیابی نیاز دارند، تا در انتخاب روش تغذیه و تصفیه سودمند واقع شوند.

۲-۱-۲ مشارکت عموم

مشارکت هرچه بیشتر عموم در امر برنامه‌ریزی، برای فراهم کردن اطلاعات و دریافت نظرهای آنها در ابتدا، امری اساسی است، چرا که در راستای اجتناب از سوءتفاهم‌هایی است که رفع آنها در مراحل بعدی، به فعالیتهایی گسترده نیاز دارد.

پروژه‌های تغذیه آب زیرزمینی، اغلب اثرات مهمی روی گروههای مختلف مردم، در نواحی مجاور و نیز در مناطق دور از محل تغذیه دارد. دامنه این اثرات می‌تواند از تغییر در تراز آب زیرزمینی، تغییر در کیفیت آب آبخوان مورد تغذیه، تغییر در جریان چشمه‌های مجاور، تغییر در جریان رودها و آبروهای پایین‌دست پروژه، تا اثرات محیطی دیگر باشد. در همان ابتدای گام مقدماتی، مهم است که تمام گروههای تأثیرپذیر را با پروژه مورد نظر آشنا ساخت، پیشنهادها و نظرات آنها را گرفت، مسائل مورد توجه آنها را شناخت و با آنها در روبه‌رو شدن با این موارد همکاری کرد. کمیته‌ای مشورتی می‌تواند در ارتباط بین طراحان پروژه و مردم، نقشی عمده داشته باشد. به این دلیل، اعضای کمیته مشورتی باید شامل اشخاص با نفوذ در جامعه و نمایندگان مدیریت و محیط زیست باشند.

پروژه‌های آب زیرزمینی ممکن است توسط نهادهای عمومی یا سازمانهای خصوصی (مانند شرکتهای آب) پشتیبانی شوند و باید به‌دنبال روشهای مجاز محلی، استانی و کشوری باشند. در ایالات متحده، این روشها شامل قانون ملی محیط زیست، قانون آب پاک، قانون آب آشامیدنی سالم، قانون حمایت از گونه‌های در خطر و برخی دیگر از آیین‌نامه‌های محلی و ایالتی هستند. قانونها و آیین‌نامه‌هایی که روی پروژه مورد نظر تأثیر می‌گذارند، باید در ابتدای بررسی مشخص شوند. در بخش ۵ قانونها و آیین‌نامه‌ها در مورد آب، و در بخش ۶ موارد زیست‌محیطی (و اجتماعی) آمده است.

۲-۱-۱ پذیرش عمومی آب زیرزمینی تغذیه‌شده

شهروندانی که دارای آب سطحی یا آب زیرزمینی "محلی" با کیفیت خوب هستند، ممکن است در مورد سلامت و طعم و مزه آب زیرزمینی "جدید" نگران باشند. اگر قرار است آب زیرزمینی به شبکه افزوده شود، به منظور اهداف دوگانه افزایش آب زیرزمینی و اثرات استفاده از آن، به گروهی آگاه‌کننده نیاز است که با کمک کمیته مشورتی تشکیل می‌شود. آزمایشهای طعم و مزه در نشستهای عمومی، برای به‌دست‌آوردن پذیرش آنها نتیجه‌ای موفق داشته است. در نواحی که از آب زیرزمینی استفاده می‌کنند، برنامه تغذیه مصنوعی آب زیرزمینی به کوششهای بیشتری در امر آموزش نیاز دارد، بویژه اگر آب نفوذی، آبی آشامیدنی نباشد.

۲-۱-۲ آگاهی عمومی از تغذیه مصنوعی

در آغاز برنامه تغذیه مصنوعی، ممکن است به منظور آگاه‌سازی از چگونگی بهره‌برداری تغذیه مصنوعی، سود حاصل از آن، تدبیرهای امنیتی به کار گرفته‌شده و حفاظت از مصرف‌کنندگان، بیانه‌هایی به صورت کتبی و شفاهی در همایشهای عمومی ارائه شود.

۲-۱-۳ تعیین هدفهای تغذیه

در هر پروژه‌ای، توجه دقیق به تمام هدفها و گزینه‌ها و اولویت‌دادن به هدفهای کاربردی اهمیت زیادی دارد. در حالی که این موضوع به نظر واضح و آشکار می‌آید، گامی است که بیشتر اوقات دچار غفلت و فراموشی می‌گردد و در پایان منجر به انجام پروژه در محلی نادرست، و یا شکست در دستیابی به منافع مورد پیش‌بینی می‌شود. معمولاً هدفی اولیه و اساسی وجود دارد، وگرنه پروژه به گام ۱ هم نخواهد رسید. افزون بر این، اغلب یک یا چند هدف فرعی و دست دوم هم وجود دارد، که توجه سریع‌تر به آنها می‌تواند اساس قبول و پشتیبانی از برنامه تغذیه را گسترده‌تر کرده و همچنین بر طرح مورد نظر تأثیری مطلوب داشته باشد. در قسمت زیر، ۳۲ هدف بالقوه در تغذیه وجود دارد که از پروژه‌های موجود در سراسر جهان که در حال بهره‌برداری یا در مراحل مختلف توسعه هستند به‌دست آمده است. امکان وجود اهداف دیگر یا ترکیبی از اهداف زیر نیز زیاد است:

- مدیریت آبی یکپارچه،
- ذخیره و برداشت فصلی آب،
- ذخیره درازمدت آب،
- ذخیره فوریتی یا استراتژیکی آب،
- ذخیره کوتاه‌مدت،
- افزایش تولید رشته چاهها،
- برقراری سطح آبهای زیرزمینی، جایگزینی برداشت اضافی،
- بالا آوردن سطح آبها، کاهش هزینه‌های پمپاژ،
- جایگزینی یا تکامل شبکه‌های توزیع سطحی یا لوله‌کشی،

- نگهداری فشار و جریان در شبکه توزیع،
- افزایش ضریب اعتماد شبکه در فشار و جریان آب،
- نگهداری عدسیهای آب تازه (شیرین) معلق،
- به تأخیر انداختن ساختمان یا توسعه دستگاههای آب،
- توقف یا کاهش میزان فرونشینی سطح زمین،
- افزایش کیفیت آب زیرزمینی در استانداردهای کشاورزی،
- ذخیره انرژی حرارتی،
- پایدارسازی آب پیش‌رونده،
- کاهش فرآورده‌های حاصل از ضدعفونی،
- کنترل هیدرولیکی آب آلوده،
- کاهش مواد غذایی در رواناب کشاورزی،
- بهبود کیفیت آب سطحی با تصفیه خاک - آبخوان،
- ذخیره آب اصلاح‌شده برای مصرف دوباره،
- ایجاد مانع برای توقف، معکوس کردن یا جلوگیری از ورود آب شور به آبخوان،
- جبران تلفات در اثر نشت از لایه‌های سطحی شور،
- کاهش اثرهای زیست‌محیطی حاصل از انحراف در مسیر رودها،
- حفاظت و برگرداندن جریانهای سطحی،
- کنترل حرارت آب برای تخم‌ریزی ماهیها،
- تفریحهای آبی،
- کنترل سیلاب،
- افزایش ماهیها و حیات وحش،
- حفظ جانوران آبی و مهاجر.

دو مثال از هدفهای فرعی، عبارت است از "تأخیر در ساختمان ایستگاههای تصفیه آب" و "افزودن ترکیبی از هدفهای تفریحی و کنترل سیلاب"، که در زیر به آنها اشاره شده است:

۱- ممکن است هدف اصلی یک جامعه، ذخیره آب آشامیدنی در زیرزمین برای تأمین نیازهای آبی حداکثر بوده و همزمان احتیاج به توسعه دستگاه تصفیه را به تأخیر اندازد. محل استخراج یا چاه ذخیره و برداشت می‌تواند در ایستگاه تصفیه یا هر محل مناسب دیگری در محدوده شبکه انتقال و توزیع باشد. در ماههای با مصرف حداکثر، ممکن است در برخی از قسمتهای توزیع، کاهش فشار رخ دهد. قرار داشتن محل چاه در ناحیه دارای مشکل در شبکه توزیع، می‌تواند هر دو هدف اصلی و فرعی را انجام دهد زیرا آب زیادی در ماههای با نیاز کمتر ذخیره می‌شود و در ماههای با نیاز حداکثر، استخراج می‌شود و به نگهداری فشار محلی در حد کافی کمک می‌کند.

۲- جبران افت سطح آب زیرزمینی با ساختن حوضچه‌ها و استخرهای تغذیه در ناحیه شهری می‌تواند هدفهای تفریحی و کنترل سیلاب را نیز انجام دهد.

استخرهای کنترل سیلاب را می‌توان همزمان با استخرهای رسوب‌گیر بنا کرد تا منبعی برای تغذیه هم باشند. در اطراف این استخرها می‌توان نواحی تفریحی نیز ایجاد کرد.

۲-۲ جمع‌آوری داده‌ها

مقدار و جزئیات داده‌هایی که باید جمع‌آوری شوند، با پیشرفت بررسیها تغییر می‌یابد. در آغاز مرحله بررسی پروژه، اطلاعات گذشته در تمام جنبه‌ها باید جمع‌آوری، سازماندهی و بازبینی شوند. اگر دانسته‌ها درباره منبع آب زیرزمینی ناچیز باشد، داده‌های اضافی را باید با آزمایشها و اندازه‌گیریهای صحرائی به دست آورد. این امر، مجوز تجزیه و تحلیل مقدماتی را می‌دهد و در صورت لزوم، راهنمایی برای تصمیم‌گیری جمع‌آوری بیشتر داده‌ها برای برنامه موردنظر است. اگر چه ممکن است در مراحل ابتدایی مطالعه میزان داده‌های مورد نیاز حجم زیادی داشته باشد اما آنها باید گستره وسیعی از پارامترها را دربرگیرند و دارای کیفیت خوبی باشند. پس از تکمیل بررسیهای مقدماتی، ممکن است لازم شود که داده‌های بیشتری برای توسعه برنامه مورد نظر تهیه شود. داده‌های جمع‌شده و سازماندهی شده برای طرح مقدماتی، باید به صورت جامع و تفصیلی باشند تا دیگر نیازی به جمع‌آوری داده‌های بیشتر برای طرح نهایی نباشد. (برای اطلاعات بیشتر به استانداردهای ASTM شماره D5254, D5410, D5408, D5409 و D5474 مراجعه شود).

داده‌های مورد نیاز، داده‌هایی هستند که برای تعیین کمیت و کیفیت آب موجود برای تغذیه از نظر محل، میزان و زمان، داده‌های مشابه برای منبع آب زیرزمینی، شرایط زمین‌شناسی سطحی و زیرسطحی، توپوگرافی ناحیه و محل‌های ممکن برای پروژه و نواحی لازم برای سیستم نفوذی، داده‌های آماری، و دستورها، قانونها، آیین‌نامه‌ها، و روشهای مهندسی قابل قبول و مصوب به کار می‌روند. داده‌های مربوط به آلودگی آب و خاک در نواحی اشباع و غیر اشباع نیز لازم است. ولی اغلب در مراحل انتهایی بررسیها جمع‌آوری می‌شوند. اطلاعات لازم برای بررسی منبع آب زیرزمینی را می‌توان به دو بخش داده‌های فیزیکی و غیر فیزیکی تقسیم کرد، که شرح آنها در بخش زیر آمده است. داده‌ها نه تنها باید دارای ارزشهای زمان حال باشند، بلکه باید شامل ارزشهای تاریخی موجود (با توجه به کیفیت خود داده‌ها و تغییرات احتمالی در داده‌های غیرفیزیکی) نیز باشند.

۲-۲-۱ داده‌های فیزیکی

برخی موارد لازم درباره تجزیه و تحلیل هیدرولوژیکی در زیر ردیف شده‌اند:

- اندازه‌گیری جریان منابع موجود مانند تأمین آب آشامیدنی، رودها، کانالها، چشمه‌ها و ایستگاههای تصفیه فاضلاب. اندازه‌گیریها باید در دوره‌های زمانی مختلف مانند دوره‌های تر و خشک، فصلهای مختلف و دیگر دوره‌های متفاوت انجام شوند.

- تجزیه و تحلیل‌های کیفی منابع موجود و آب موجود در آبخوان یا آبخوانها، باید همزمان انجام شود. تجزیه‌ها باید شامل عوامل فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی باشد. در استفاده از سوابق تجزیه کیفی، باید دقت فراوان کرد زیرا احتمالاً تعداد زیادی از نمونه‌ها در هنگام بررسی مسئله ویژه‌ای برداشت شده و ممکن است کیفیت پایینی را نشان دهند،
- عمق سطح ایستابی و ارتفاع سطح ایستابی یا سطح پیژومتری در هر آبخوان،
- لوگهای زمین‌شناسی و ژئوفیزیکی زیرسطحی از محل‌های مختلف حوضه آب زیرزمینی،
- موقعیت چاهها و داده‌های پمپاژ در حوضه آب زیرزمینی و نواحی مجاور آن،
- موقعیت منابع شناسایی شده آلودگی سطحی یا زیر سطحی،
- آزمایشهای هیدروژئولوژیکی و برآورد قبلی پارامترهای هیدروژئولوژیکی آبخوان یا آبخوانها،
- تهیه نقشه توپوگرافی و زمین‌شناسی،
- کاربری اراضی، شامل تجهیزات و ایستگاههای آبی و تغییر کاربری که ممکن است در تعادل هیدروژئولوژیکی تأثیر بگذارد؛
- مقدار نفوذ سطحی و ضریب آبگذری.

۲-۲-۲ داده‌های غیر فیزیکی

در ابتدای گام ۱ باید قوانین کشوری، استانی و محلی، و آیین‌نامه‌های محیطی در رابطه با پروژه پیشنهادی را در نظر گرفت. همچنین مدارک حقوقی مربوط به منبع آب و آب زیرزمینی، ظرفیت ذخیره حوضه آب زیرزمینی و کیفیت آب مصرفی باید در دسترس باشد. داده‌های فیزیکی موجود در موارد فرهنگی و گونه‌های جانوری که با اجرای پروژه در خطر خواهند بود نیز باید جمع‌آوری شوند (فصلهای ۵ و ۶ ملاحظه گردد).

۳-۲-۲ سازماندهی داده‌ها

داده‌های جمع‌آوری شده باید برای بازیابی آسان سازماندهی شوند و از نظر کامل بودن برای انجام هدفهای گام موردنظر بررسی شوند. اگر پایگاه داده‌ها ناکافی است، باید برای جمع‌آوری داده‌های اضافی، قبل از رفتن به گام بعدی مطالعه، برنامه‌ریزی تکمیلی انجام شود.

۳-۲ ارزیابی منابع

موارد ذکر شده در زیر، مطالعاتی را که با ارزیابی منابع آغاز شده و تا رسیدن به یک طرح مفهومی ادامه دارد را در برمی‌گیرد. میزان جزئیات مورد نیاز با توجه به محل، اندازه پروژه و اطلاعات و فناوری موجود تفاوت می‌کند. ممکن است بسیاری از اقدامها در گامهای بعدی به بازبینی و نگرش دوباره با تفصیل بیشتر نیاز داشته باشند.

ارزیابی مقدماتی به ملاحظه عوامل متعددی از قبیل منابع آب در دسترس، تصفیه موردنیاز، موقعیتهای موجود، کمیت و هزینه آب تولیدی توسط پروژه بستگی دارد. ملاحظه کمیت منبع آب و تغییرات تقاضا، معمولاً حجم آب سالانه موجود برای

تغذیه و آب لازم برای برداشت را نشان می‌دهد. زمان نیازهای اوج مصارف شهری، صنعتی و کشاورزی نیز ممکن است بر زمان بندی تغذیه و برداشت آب تأثیر بگذارد.

اگر ارزیابی هیدروژئولوژیکی نشان دهد که تغذیه سطحی در نواحی مورد نظر در درون بستر جریان یا خارج از آن امکان پذیر است، معمولاً ارزیابی مختصری می‌تواند موجود بودن ظرفیت کافی برای تغذیه تمامی جریان را نشان دهد. همچنین، اگر ممکن باشد که موقعیتهای موجود برای استفاده‌های ثانوی نیز به کار روند، ارزیابی موقعیتهای با دقت بیشتری انجام می‌شود. اگر دسترسی زمین و شرایط هیدروژئولوژی مناسب باشد، تغذیه سطحی معمولاً هزینه کمتری را در بر خواهد داشت. در جایی که هر یک از این عوامل محدودکننده باشند، یا در جایی که برداشت آب در محل تغذیه مورد نظر باشد، تغذیه درون چاهی را باید در نظر داشت.

در برخی موارد، ترکیبی از تغذیه سطحی و درون چاهی دارای عملکردی مناسب‌تر است زیرا از جریان موجود برای تغذیه و ظرفیت ذخیره ناحیه استفاده کامل می‌شود.

به‌عنوان قسمتی از مرحله انتخاب، مهم است که هدفهای تغذیه پتانسیل مورد توجه قرار گیرد.

تغذیه آب در داخل زمین، فقط قسمتی از روش کار است و پتانسیل نهایی استفاده و مقدار آب ذخیره شده در نقطه برداشت، به همین میزان مهم است. بنابراین اقتصاد تغذیه نباید فقط شامل هزینه وسایل و امکانات تغذیه آب زیرزمینی باشد، بلکه باید برای به دست آوردن هدفهای مدیریت آب محلی تمام هزینه‌ها را در نظر گرفت. همچنین باید به هزینه حاصل از زیان احتمالی به کیفیت و کمیت آب دیگران که ممکن است از این پروژه به وجود آید، توجه کرد.

۲-۳-۱ ارزیابی کمیت و کیفیت آب منابع موجود

توجه دقیق به کیفیت و کمیت منابع مختلف آب و آب زیرزمینی، و همچنین مقایسه آنها باهم، در اجرای پروژه‌ای موفق امری اساسی است.

همه منابع باید با آب موجود از نظر تغییرپذیری متوسط (روزانه تا درازمدت) در میزان جریان و کیفیت آن و روندهای جریان و کیفیت ارزیابی شوند. در ابتدا، آب اغلب جریان بیشتری دارد ولی به مرور زمان، با افزایش نیازهای با اولویت بیشتر (حقبه‌ها) به آن، جریان کاهش می‌یابد. تغییرپذیری ماهانه به سبب هیدرولوژی، رقابت در تقاضا، محدودیتهای حقوقی و یا دیگر خصوصیات سامانه‌ها امری معمول است.

می‌توان آب منابعی که برای تغذیه مناسب نبوده یا دارای استانداردهای کیفی موجود نیستند را با تصفیه قبل از انجام تغذیه، مناسب کرد. از سوی دیگر، باید فرآورده‌های فرعی حاصل از عمل تصفیه را نیز پیش‌بینی کرد. منابع آب مناسب عبارتند از:

- رودها و کانالها،
- دریاچه‌ها و مخزنها،
- فاضلاب تصفیه شده،
- رواناب باران،
- وارد کردن آب از دیگر نواحی،

- آب زیرزمینی از آبخوانهای دیگر،

- آب آشامیدنی تصفیه شده.

آمیختن آبهای با کیفیت متفاوت در تغذیه به روش پخش سطحی و استفاده از چاه، می تواند به نتایج ناخواسته ای مانند رسوب مواد شیمیایی منجر شود. نتایج حاصل از تغذیه را باید برای آب سطحی ورودی و نیز آب زیرزمینی اطراف آن تعیین کرد. آب زیرزمینی واقع در اطراف، باید دارای کیفیتی باشد که تا حد زیادی تحت تأثیر آب سطحی ورودی قرار نگیرد. از نواحی دارای آب آلوده، باید دوری شود. اگر امکان دوری از نواحی با کیفیت پایین وجود ندارد، باید قبل از انتخاب محل، به طور کامل برآوردی تفصیلی از اثرات مورد انتظار مانند حرکت و پراکنش آب آلوده انجام گیرد.

کیفیت آب تغذیه (شامل عوامل فیزیکی، شیمیایی و میکروزیست شناختی) و تصفیه آن نیز باید به دقت بررسی شود. چرا که در بسیاری موارد، وجود این عوامل در دوره های فصلی یا درازمدت ممکن است مانند پوششی بر روی عملکرد تغذیه تأثیر بگذارند. در ماههایی که جریانهای زیادی برای تغذیه وجود دارد، عوامل مهمی نیز در کیفیت آب وجود دارد و سبب مسدود شدن حوضچه ها یا چاههای تغذیه می شوند. پایش دقیق جریانهای آب دریافتی شهری، صنعتی و کشاورزی، برای جلوگیری از ورود آبهای ناسازگار به آب زیرزمینی لازم است. ارزیابی کاملی از کیفیت آب تغذیه برای هر منبع لازم است تا پتانسیل مشکلات برای هر یک مشخص شود. اگرچه ترکیب فیزیکی، شیمیایی، و باکتریولوژیکی از یک نمونه برداشتی از هر منبع در ماههای شاخص از جریانها و تغذیه آنها راهنمایی مناسب برای آینده می باشد، ولی محتاطانه تر است که از نمونه های برداشتی در دوره های مختلف و شرایط جریانی متفاوت ارزیابی به عمل آید. تغذیه مصنوعی در مناطق با غلظتهای بالای نترات همراه با رواناب بهاری، تغذیه مصنوعی و ذخیره زیرزمینی آب با کیفیت خوب در دیگر زمانهای سال و برداشت از آب تغذیه شده در زمانی که کیفیت منبع آب پایین می باشد به عنوان یک عمل مفید و کم هزینه ممکن است مدنظر قرار گیرد.

هنگامی که کمیت و کیفیت مورد نظر است، ممکن است که هر دو را ترکیب کرده و در نتیجه ارزیابی را در زمانهایی از سال به عمل آورد که آب تغذیه به مقدار کافی و با کیفیت مناسب وجود دارد. این کار، اساس و پایه ای را برای تعیین حجم پتانسیل موجود تغذیه در سالهای اولیه و سالهای بعدی فراهم می سازد. با تحلیلی مشابه برای آب مورد تقاضا، می توان پایه ای برای تعیین حجم موجود و تغذیه مورد نیاز فراهم کرد.

۲-۳-۱-۱ دسترسی به منابع آب آشامیدنی

آب مورد استفاده در تغذیه، باید تا حد امکان به محل ایستگاه و امکانات مورد نظر نزدیک باشد زیرا سامانه های انتقال آب، مانند خطوط لوله و کانالهای رو باز، نیاز به سرمایه گذاری زیادی دارند و هزینه بهره برداری و نگهداری آنها نیز بالا است. اگر بتوان ایستگاه تغذیه آب زیرزمینی را در مجاورت سامانه های موجود انتقال آب یا زهکشهای طبیعی با ظرفیت انتقال موجود قرار داد، مقرون به صرفه خواهد بود. اگر بتوان ایستگاهها را در شیئی از منابع تأمین آب مستقر کرد، هزینه پمپاژ به حداقل رسیده و حتی صفر خواهد شد.

۲-۳-۱-۲ دسترسی به منابع آب در بلندمدت

منبع (منابع) تغذیه، باید آب لازم برای بهره‌برداری مؤثر از دیدگاه فنی و اقتصادی را در درازمدت تأمین کند. کمبود آب یک منبع، باید توسط منبع دیگر جبران شود. درجه دسترسی (یا خطرپذیری) را می‌توان با استفاده از آمارهای تاریخی کمی و کیفی جریانها ارزیابی کرد. میزان خطرپذیری می‌تواند با نوع مصرف (کشاورزی، خانگی یا تجاری) و مقدار کمبود آمار قابل قبول تغییر کند، به‌طور نمونه، پروژه‌های ذخیره آب زیرزمینی با درجه نسبتاً بالایی از غیر قابل اعتماد بودن منبع، می‌تواند بهره‌برداری شوند. اگر داده‌ای در دسترس نیست و یا نمی‌توان آن را با تحلیل هیدرولوژیکی گسترش داد، ممکن است دوره‌ای به‌منظور جمع‌آوری داده‌ها برای ارزیابی امکان‌سنجی پروژه لازم باشد. دیگر عوامل مؤثر در دسترسی درازمدت، عبارت است از اثرات منفی زیست‌محیطی، حبابه دیگران از منبع آب، آیین‌نامه‌های محلی، استانی و دولتی، و مجوزهای لازم برای دسترسی به آب منابع. هر یک از این عوامل باید در ابتدا به‌طور دقیق بررسی شوند و در تعیین امکان‌پذیری و عمر مفید پروژه، مورد توجه قرار گیرند.

۲-۳-۱-۳ محدودیت‌های حقوقی و زیست‌محیطی

قصور در بررسی مواد قانونی (بخش ۵) در ابتدای کار، به تأخیر و احتمال شکست پروژه منجر می‌شود. توجه دقیق به شناسایی اثرات زیست‌محیطی (بخش ۶) و همچنین ارتباط باز با گروه‌های زیست‌محیطی در طول مدت کار لازم است. چنین توجهاتی منجر به تصویب پروژه شده و مقاومت در برابر اجرای پروژه را کاهش می‌دهد.

۲-۳-۱-۴ هزینه در برابر کیفیت

در تعیین اینکه کدام منبع (منابع) آب، اقتصادی‌ترین است، باید اثر کیفیت و هزینه‌های تصفیه آن برای تغذیه، مورد ارزیابی قرارگیرد. هزینه‌های تصفیه باید شامل فرآورده‌های فرعی حاصل از تصفیه نیز باشد. همچنین تغییرات احتمالی در تصفیه، در صورت لزوم، باید حفظ بهداشت عمومی از مواد شیمیایی و بیماری‌زا را نیز در برگیرد. افزون بر این، افزایش دانش و توسعه فنی باید بررسی شود تا نیاز به تصفیه‌های اضافی پر هزینه، برای جدا کردن مواد شیمیایی زیان‌آور و عوامل بیماری‌زا از آبهای تغذیه مشخص شود.

۲-۳-۱-۵ آب اصلاح‌شده به‌عنوان یک منبع

بررسی‌های فاضلاب اصلاح‌شده به‌عنوان یک منبع، شامل مطالعه منابع ورودی از ایستگاههای تصفیه فاضلاب، و همچنین آمار آن در برآورد نیازهای آبدی است. وجود فاضلابهای صنعتی یا آبهای باران عبوری از فاضلابهای بهداشتی، باید بررسی شود. اگر قرار است آب اصلاح‌شده به‌عنوان منبعی برای تغذیه آب زیرزمینی به کار رود، باید وجود ویروسها و دیگر عوامل بیماری‌زا در آب آلوده تصفیه‌شده مورد بررسی قرار گرفته و نیازهای کیفی به ایستگاههای تصفیه یک سامانه پایش برای خارج کردن آبهای غیر قابل استفاده از محل تأسیسات توسعه یابد.

۲-۳-۲ ارزیابی منبع آب زیرزمینی

ارزیابی یک منبع آب زیرزمینی، شامل تعیین حدود جانبی و عمودی حوضه و زیر حوضه‌های آب زیرزمینی، حجم آب حقیقی، تاریخی و احتمالی ذخیره‌شده، کیفیت آب در آبخوان یا آبخوانها؛ تعداد آبخوانها و ارتباط بین آنها، مقدار عوامل هیدرولوژیک حاکم بر حرکت و ذخیره آب زیرزمینی و روندهای تاریخی بیلان هیدرولوژیکی عرضه و تقاضا با استفاده از تغییرات تاریخی ذخیره است.

۱-۲-۳-۲ میزان ذخیره موجود

پتانسیل ذخیره آبخوان و خصوصیات نگهداری آن به‌طور عمده، توسط شرایط زمین‌شناسی کلان در ناحیه مانند ماهیت ماده آبخوان، وسعت لایه‌ها، ضریب ذخیره، وجود شکافها یا شکستگیها، و سازندهای رخنمون‌یافته تعیین می‌شود. معمولاً، آبخوانهای واقع در زیر لایه‌های با پتانسیل، وسعت زیادی دارند و ممکن است کاهش در ذخیره (سطوح ایستابی پایین) را در اثر برداشتها تجربه کرده باشند، به‌گونه‌ای که در ابتدا فضای موجود برای ذخیره به‌عنوان عامل محدودکننده تغذیه نیست. در دیگر نواحی مورد استفاده برای تغذیه از طریق چاه، ذخیره ممکن است با جابه‌جایی آب محلی به داخل یک آبخوان تحت فشار و یا چند آبخوان آزاد صورت پذیرد، به‌طوری که برداشت کامل آب ذخیره شده پس از توسعه ناحیه ذخیره اولیه فراهم باشد. کیفیت چنین آبهای محلی ممکن است متفاوت (شیرین، تلخ، شور، یا نیتراته و غیره) باشند.

برای یک آبخوان آزاد در یک حوضه آب زیرزمینی میزان ذخیره پتانسیلی که می‌تواند برای تغذیه به‌کار رود، برابر مقدار بین حد بالای تراز آب و بستر آب شیرین یا حد پایین‌تر از آب می‌باشد. استفاده از یک حوضه آب زیرزمینی را می‌توان با مخزنی سطحی مقایسه کرد، که در آن قسمتهایی از ظرفیت ذخیره برای کنترل سیلاب، تفریح، تأمین آب و دیگر استفاده‌ها در نظر گرفته شده‌اند. میزان ذخیره در یک حوضه آب زیرزمینی دست‌کم دارای دو قسمت "مقدار کل" و "میزان قابل استفاده برای تغذیه مصنوعی" است. بخش قابل استفاده ممکن است توسط آیین‌نامه‌های مربوط به سطح آب در بالا و پایین، و یا توسط نواحی نفوذی با چاههای برداشت، یا به‌وسیله مسائل کیفی مربوط به آب محدود شده باشد. میزان حجم ذخیره مورد نیاز باید به‌دقت مشخص شود و با دیگر حجمهای مورد نیاز یا دیگر برنامه‌ها در تضاد نباشد.

مقدار ذخیره موجود در یک آبخوان تحت فشار و با آب تازه (شیرین) و بدون نیاز یا نیاز اندک به تصفیه قبل از استفاده مورد نظر، محدود به ناحیه بیرون‌زده موجود (تغذیه) است؛ البته ممکن است با توجه به فشارهای مجاز در آبخوان، دارای محدودیت بیشتری نیز باشد. برای آبخوان تحت فشار محتوی آب غیر آشامیدنی، ذخیره با جابه‌جایی آب محلی اطراف چاه به‌دست می‌آید. به‌طور نمونه، این‌کار ذخیره‌ای بسیار بیشتر از میزان لازم فراهم می‌نماید.

تخلخل، آبدهی ویژه و ضریب ذخیره برای پیش‌بینی پتانسیل ذخیره را می‌توان با استفاده از روش دانه‌بندی و دیگر روشهای توصیف‌شده در (ASCE 1987) و در آزمایشهای استاندارد ASTM (رجوع به پیوست ۳) به‌دست آورد. وسعت آبخوان و دیگر سیماهای زمین‌شناسی، مانند هدایت آبی، عدسیها در داخل آبخوان، شکستگیها، شکافها و دیگر ویژگیهای داخل طبقات مجاور را می‌توان از طریق تجزیه و تحلیل لوگهای حفاری، اکتشافهای ژئوفیزیکی، آزمایشهای فیزیکی و شیمیایی در آزمایشگاه، آزمایشهای پمپاژ چاه و مشاهده جریان زیرسطحی با استفاده از ردیابها تعیین کرد. هدف از ارزیابی، تعیین مقدار

ذخیره موجود و ظرفیت احتمالی حوضچه آب زیرزمینی و تأیید اضافی بودن ظرفیت ذخیره از نیازهای مورد نظر است. هدف دیگر، عبارت از تعیین مقدار عوامل کنترل کننده حرکت آب زیرزمینی در حوضه و مکانهای ممکن به منظور تغذیه است. سازندهایی که شامل میزان زیادی از مواد متصل به هم هستند، در بسیاری موارد، دارای مقادیر زیادی تغذیه بوده (از طریق مقادیری ناچیز از مواد جدا از هم در سازند) و سبب جریان سریع آب به دیگر نواحی می‌شوند. این عمل، ممکن است در سنگ آهک یا سنگهای رسوبی شکسته که در آنها مجاری افقی و عمودی، شکستگیها و حفره‌ها می‌توانند عامل اصلی حرکت باشند، واقع شود. بسته به هیدرولیک حوضچه آب زیرزمینی و برنامه زمانی و مکانی برگشت سطح آب، ممکن است برداشت آب از نزدیکی نقطه تغذیه در آبخوانهای آزاد مشکل باشد.

شکستگیهای گسلی در مواد به هم چسبیده و نچسبیده، ممکن است به‌عنوان یک مجرا و یا مانعی برای حرکت آب زیرزمینی عمل کنند. سدهای گسلی ممکن است سبب جدایی حوضه‌ای به‌صورت زیر حوضه‌هایی کامل یا نسبتاً مجزا شوند و اجازه حرکت عمودی آب بین آبخوانها را بدهند، یا حرکت آب را در داخل آبخوانی کاهش دهند، و یا از مهاجرت آب کاملاً جلوگیری کنند.

۲-۳-۲-۲ حد بالا و حد پایین در بهره‌برداری آب زیرزمینی

محدوده‌های سطح بالای آب زیرزمینی برای آبخوان آزاد، می‌تواند تابعی از نگهداری زیرزمینها (و آرامگاهها، بستر جاده‌ها و غیره) به حالت خشک، توقف تلفات آب مسیره‌های آبی مجاور، جلوگیری از مهاجرت آب به سمت نواحی با کیفیت پایین، یا خیس شدن موقت اراضی باشد. حد سطح پایین می‌تواند تابعی از کاهش نسبت کیفیت با عمق، کاهش ظرفیت یا خشک شدن چاههای بهره‌برداری موجود، عمق اقتصادی پمپاژ و فرونشینی زمین باشد. موردی خاص، برای توده‌های آب زیرزمینی در مجاورت آبهای شور وجود دارد که باید به آنها دقت کافی داشت تا سطح آنها نزدیک به حد جلوگیری از نفوذ آب شیرین به آب شور یا مجاز به نفوذ آب شور یا تلخ به آبخوان با آب شیرین نشود. تمام دلیلهای بالا می‌توانند راهنمایی برای محدودیتهای سطح بالا و پایین آب زیرزمینی باشند.

فشارهای تغذیه در آبخوانهای تحت فشار توسط عوامل زیر محدود می‌شوند:

(۱) پتانسیل شکستگی هیدرولیکی لایه‌های محبوس کننده، (۲) پتانسیل جریان داشتن یا خشک شدن چاهها و چشمه‌ها در هنگام تغذیه یا برداشت، و (۳) به حداقل رساندن انسداد چاههای تغذیه ناشی از گل آلودگی در اثر فشار زیاد.

۲-۳-۲-۳ کیفیت آب

کیفیت آب زیرزمینی باید برای تمام ناحیه مورد نظر مشخص شود. به دلیل اهمیت موضوع، باید خصوصیات آب زیرزمینی از نظر کیفیت معدنی، آلی، زیست‌شناختی در نواحی و عمقهای مختلف (آبخوانها)، برای طرح برنامه تحویل آب با کیفیت موردنظر به مصرف‌کنندگان، مشخص شود. (ASTM D5738, D5754, D5877, D5903).

برای تغذیه سطحی، آب زیرزمینی باید شیرین باشد؛ در صورتی که ممکن است برای تغذیه توسط چاه، آب زیرزمینی شیرین، شور، تلخ، با نیترات بالا یا شامل اجزای ناسازگار باشد. این آبها را می‌توان با آب ذخیره‌شده جایگزین کرد، که دوباره می‌توانند از همان چاه ASR برداشت شوند.

اگر آب محلی در آبخوانی با آب نفوذی واکنش نشان دهد، کیفیت این آب می‌تواند بهتر یا بدتر شود. آزمایش اولیه که به‌عنوان قسمتی از بررسیهای هیدروژئولوژی انجام می‌گیرد، باید عواملی وسیع را بیازماید. باید از آب زیرزمینی، تعداد نمونه کافی (دست کم سه نمونه در نواحی مختلف) از عمق (یا عمق‌هایی) برداشت شود که در آنها مخلوط شدن آبها صورت می‌گیرد. تعداد نمونه‌های لازم از آب تغذیه با نوع منبع متفاوت است. اگر تغییرات فصلی در کیفیت منبع آب داشته باشد، نمونه‌های بیشتری مورد نیاز است. بررسی این نمونه‌ها، بیانگر نیاز به نمونه‌های بیشتر یا کفایت آنها خواهد بود. هدف از ارزیابی ژئوشیمیایی، تعیین این نکته است که آبها با هم سازگار بوده و رسوب یا واکنشهای نامناسبی رخ نخواهد داد. اگر مشخص شود که ممکن است آمیختن با آب زیرزمینی در دیگر نواحی صورت پذیرد، در این صورت باید نمونه‌هایی از آن نواحی برداشت شود. اگر انتظار واکنشهای ژئوشیمیایی نامناسبی می‌رود، ممکن است پیش‌تصفیه و تصفیه بعد برای اصلاح کافی باشد.

۲-۳-۴- ضرورت تصفیه آب منابع

تعیین نیاز تصفیه آب منبع و مقدار آن قبل از اقدام به تغذیه مصنوعی آب زیرزمینی باید بر پایه عوامل زیر باشد:

- بار فیزیکی، شیمیایی و معدنی آب منبع،
- وضعیت کیفی آب زیرزمینی،
- استانداردهای کیفی منتشرشده و مورد انتظار آب زیرزمینی،
- ملاحظات بهره‌برداری،
- ملاحظات مجاز ویژه.

برای تغذیه از طریق چاههای ASR، تغذیه با آب آشامیدنی تصفیه‌شده معمولاً کافی است؛ البته بعضی ملاحظات باید برای تصفیه سرچاهی (ماسه‌گیر) برای جداکردن جامدات موجود در شبکه لوله‌کشی یا تعدیل pH برای کنترل پتانسیل واکنشهای ژئوشیمیایی نامناسب در نظر گرفته شود. بسته به خصوصیات آبخوان، یک منبع آب آشامیدنی با کیفیت پایین، ممکن است به تصفیه‌های تکمیلی نیاز داشته باشد.

۲-۳-۳- فهرست محلهای ممکن برای تغذیه

اطلاع مقدماتی درباره ویژگیها و هزینه محلهای موجود، دارای اهمیت زیادی است. افزون بر کاربری فعلی یک محل، ویژگیهای زیر نیز در رابطه با انتخاب محل، بسیار مهم است (ASTM D420, D5254, D5730):

- زمین‌شناسی (لایه‌های محبوس‌کننده، پارامترهای خاک، گسلها و غیره)،
- ژئوشیمی،
- توپوگرافی،
- آب‌شناسی،

- هواشناسی، مانند: دما، بارندگی، باد و رواناب،
- جهت و شیب سطح آب زیرزمینی، شیب پتانسیومتری (فشاری)،
- نزدیکی با منبع آب مناسب،
- نزدیکی با امکانات انتقال،
- نزدیکی با ناحیه مصرف،
- نزدیکی با امکانات دفع فاضلاب،
- نزدیکی با مواد سمی و دیگر ضایعات،
- سابقه کاربری زمین،
- پوشش گیاهی و حیات وحش،
- وجود گونه‌های در خطر،
- منابع فرهنگی،
- نزدیکی افراد و آزمایشگاه با کیفیت،
- چاههای مجاور،
- مرزهای دولتی و صنایع همگانی.

۴-۲ بررسیهای مقدماتی

۱-۴-۲ هیدروژئولوژی

بررسیهای هیدروژئولوژی، معمولاً بیشترین زمان را به خود اختصاص می‌دهند و بحرانی‌ترین عامل در ارزیابی مطالعه امکان‌پذیری پروژه می‌باشند. ارزیابی دقیق هیدروژئولوژی و زمین‌شناسی ناحیه، می‌تواند راهنمایی ارزنده در انتخاب نواحی مناسب برای ذخیره، منابع آب برای تغذیه و تصفیه‌های مورد نیاز، همچنین محل و نوع امکانات برای تغذیه باشد. در بسیاری موارد، ممکن است این امر را بدون بررسیهای صحرائی بسیار زیاد انجام داد. از سوی دیگر، چنین ارزیابی ممکن است نشان‌دهنده مجهولات فنی مهمی باشد که فقط می‌توانند از طریق نمونه‌برداری، حفاری و آزمایش انجام شوند. اینکه چنین بررسیهای صحرائی در زمان مطالعه مقدماتی انجام شود، تا زمان طرح مفهومی به تعویق افتد، یا در مرحله طراحی اولیه صورت پذیرد تصمیمی است که مربوط به ویژگی محل می‌باشد. با وجود این، تشخیص اینکه کدام عامل معلوم و کدام مجهول است، می‌تواند راهنمایی برای تصمیم‌گیری روشن‌تری در رابطه با برنامه‌ریزی پروژه و سرمایه‌گذاری و فعالیتهای مربوط به جمع‌آوری داده‌ها در آینده باشد. در ارزیابی عمومی هیدروژئولوژی حوضچه آب زیرزمینی، باید موارد فنی زیر با استفاده از داده‌ها و منابع موجود مورد توجه قرار گیرند:

- توپوگرافی سطحی،
- ویژگیهای خاک سطحی و ناحیه غیر اشباع،
- آبخوانها (وسعت و عمق)،

- ساختمان زمین‌شناسی زیرسطحی (خاک به هم نچسبیده، شکستگیها، سطوح لایه‌بندی، شکافهای انحلالی، درزها و غیره)،
- لایه‌های محبوس‌کننده یا لایه‌های نیمه تراوا (وسعت و عمق)،
- مرزهای هیدرولوژی،
- سنگ‌شناسی آبخوانها و لایه‌های محبوس‌کننده،
- وجود لوگهای حفاری و ژئوفیزیکی و مغزه‌ها،
- خصوصیات هیدرولیکی (قابلیت انتقال، ذخیره، تراوش، هدایت آبی، تخلخل، میزان نفوذ و غیره)،
- سطوح ایستابی یا فشاری (پتانسیومتری) در گذشته و حال،
- شیب محلی سطح ایستابی یا سطح فشاری،
- وضعیت چاه تا یک شعاع منطقی،
- تخلیه آب زیرزمینی به نواحی اطراف،
- نزدیکی منابع با پتانسیل آلودگی (سطحی و زیرزمینی)،
- روشهای رایج احداث چاه و مقدار تولید آب،
- کانی‌شناسی رسها، ماسه‌ها و دیگر اجزای خاک،
- کیفیت آب هر یک از آبخوانها در گذشته و حال،
- سازگاری ژئوشیمیایی آب نفوذی با آب درون سازندها و کانیها،
- نزدیکی توده‌های با پتانسیل آلودگی که ممکن است عمل تغذیه بر آنها تأثیر گذارد،
- نقشه زمین‌شناسی حوضچه آب زیرزمینی،
- مقاطع زمین‌شناسی حوضچه آب زیرزمینی،
- تاریخچه زمین‌شناسی محل،
- سازوکار تکتونیک و لرزه‌ای محل،
- بررسی اندازه رسوبات.

در ارزیابی، باید مرزهای پتانسیل سنگ بستر (ASTM D5609)، آبخوانهای معلق و مخاطرات کیفی آب (مانند رسوبات تبخیری، عناصر ردیاب در ناحیه غیر اشباع و همچنین در آبخوان) شناسایی شوند. نواحی باید انتخاب شود که تأثیر خطرهای سطحی در آنها، مانند نواحی در معرض ضایعات جامد کنترل‌نشده، به کمترین حد ممکن برسد. تشخیص عوارضی مانند سطوح گسلی در سطح یا رسوبهای دارای شیار، اهمیت فراوان دارد زیرا ممکن است بر جهت جریان آب مورد تغذیه اثر بگذارند. در نواحی که اطلاعات زمین‌شناسی کم است، قبل از انتخاب نهایی محل از چاهکهای آزمایشی و روشهای ژئوفیزیکی (سطحی و زیرزمینی) به‌منظور تعیین شرایط زمین‌شناسی استفاده می‌شود.

خصوصیات هیدرولیکی بسیاری وجود دارد که تعیین آنها به آزمایشهای صحرائی یا آزمایشگاه نیاز دارد. در مراحل ابتدایی بررسی، ممکن است برای تعیین خصوصیات هیدرولیکی فقط از جدولهای موجود در بسیاری از کتابهای آب زیرزمینی استفاده

شود. وقتی دقت بیشتری مورد نیاز باشد، روشهای بسیار دیگری، برای به دست آوردن داده‌های سطحی و زیرسطحی موجود است (ASCE, 1987; etc).

آبدهی ویژه یک آبخوان یا حوضه آب زیرزمینی، عبارت است از نسبت حجم آبی که بعد از اشباع شدن از آبخوان یا حوضه آب زیرزمینی، توسط نیروی گرانش تخلیه می‌شود به کل حجم آبخوان یا حوضچه آب زیرزمینی. تعریف بالا، نشان می‌دهد که زهکشی گرانشی کامل است. در محیط طبیعی، آبدهی ویژه عموماً به عنوان تغییری است که در مقدار آب ذخیره شده در واحد سطح آبخوان آزاد به ازای یک واحد تغییر در ارتفاع فشاری اتفاق می‌افتد. این عبارت، تعریف ضریب ذخیره است که وقتی در مساحت و عمق (حجم) آبخوان یا حوضچه آب زیرزمینی ضرب شود، حجم آبی را به دست می‌دهد که می‌تواند در آبخوان آزاد یا حوضچه آب زیرزمینی ذخیره شود.

آبدهی ویژه (ضریب ذخیره) برای اندازه‌گیری مقدار آبی به کار می‌رود که می‌تواند در زیر زمین ذخیره یا از آن برداشت شود. با وجود این، زهکشی آب (یا وارد کردن آب) در خاک اشباع (یا غیر اشباع) به زمان نیاز دارد. هیچ‌گونه عامل زمانی در تعریف آبدهی ویژه یا ضریب ذخیره وجود ندارد، اما بسیاری از آزمایشها نشان داده‌اند که زهکشی در ابتدا بسیار سریع است، ولی با گذشت زمان کاهش یافته و ممکن است چندین ماه یا حتی برای سالها ادامه یابد. مواد دانه‌ریز دارای آبدهی ویژه یا ضریب ذخیره کمتری نسبت به مواد درشت‌دانه‌تر می‌باشند، اگرچه ممکن است تخلخل آنها بیشتر باشد.

هدایت هیدرولیکی (قابلیت نفوذ) میزان ظرفیت انتقال آب تحت یک شیب پتانسیل است. این عامل بستگی زیادی به اندازه دانه‌ها دارد زیرا هر چه اندازه دانه‌ها کوچک‌تر باشد، مقدار فضای خالی کمتر است، پس مقاومت اصطکاک در مقابل جریان بیشتر خواهد بود. مقادیر کمی توسط قانون داری بیان شده که در اغلب کتابهای آب زیرزمینی موجود است (ASTM D4043). هدایت آبی با گرانروی تغییر می‌کند. گرانروی تحت تأثیر دما بوده و ممکن است به شیمی آب داخل خلل و فرج بستگی داشته باشد. کانیه‌های رس که بخش بزرگی از آبخوانها را تشکیل می‌دهند، اغلب به ترکیب شیمیایی آب حساس هستند. افزون بر این، هنگامی که آبهای با ترکیب شیمیایی متفاوت مخلوط شوند، واکنشهای شیمیایی ناسازگاری می‌تواند رخ دهد که باعث کاهش هدایت آبی می‌شود. همچنین، اگر آب همراه با هوا در ماده‌ای متخلخل در جریان باشد، نفوذپذیری کمتر از هنگامی است که آب به تنهایی جریان داشته باشد.

انواع چاههای قائم (استفاده از چاههای موجود و چاهکهای آزمایشی جدید) و روشهای ژئوفیزیکی سطحی مختلفی وجود دارد که می‌توان از آنها در انتخاب محل تغذیه استفاده کرد. در نواحی که داده‌های زیرسطحی ناکافی است، این روشها باید قبل از انتخاب محل به کار گرفته شوند. از روشهای داخل چاهی می‌توان برای تعیین آبخوانهای معلق و محدود، برآورد اندازه رسوبات و تخلخل، هدایت آبی نسبی و تقریبی، و تعیین نواحی دارای پتانسیل ذخیره استفاده کرد.

روشهای ژئوفیزیک سطحی در مراحل ابتدایی و نهایی اکتشاف آب زیرزمینی به کار می‌روند. این روشها، در تعیین عمق سنگ بستر، وجود ساختارهای مدفون (مانند گسلها و سدهای سنگ بستر) و وجود مجاری یا لوله‌های مدفون نیز کاربرد دارند. روشهای ژئوفیزیک سطحی می‌توانند در مقیاس محلی تا منطقه‌ای مورد استفاده قرار گیرند.

روشهای ژئوفیزیک سطحی مفید، عبارتند از:

- لرزه‌ای (بازتابی و انکساری)،

- مغناطیس زمینی،
- گرانی سنجی،
- مقاومت الکتریکی،
- تکنیکهای الکترومغناطیسی.

روشهای ژئوفیزیک زیر سطحی مفید عبارتند از:

- مقاومت،
- صوتی (مربوط به صدا)،
- گامای طبیعی / گامای القاشده،
- نوترون (تراکم و تخلخل هسته‌ای)،
- حرارت،
- حفره چرخشی،
- جریان سنج،
- الکترومغناطیس.

در حال حاضر، کتابهای زیادی درباره روشهای تعیین مقادیر هیدرولیکی و زمین‌شناسی آبخوانها وجود دارد. بسیاری از روشهای آزمایش، در استانداردهای آزمایش و مواد انجمن آمریکا توصیف شده‌اند.
(DSTM D4043, D4050, D4105, D4106, D5126, D5270, D5472, D5786)

۲-۴-۲ ژئوشیمی

مخلوط کردن آبهای با کیفیت متفاوت در روش پخش سطحی یا تغذیه درون چاهی، می‌تواند به نتایج ناخواسته‌ای مانند رسوب مواد شیمیایی منجر شود. اثرات شدید منتج از عمل تغذیه راه، باید از تحلیل آب سطحی نفوذی، آب زیرزمینی اطراف و کانیهای موجود در آبخوان تعیین کرد. هر دو نوع آب، باید دارای کیفیتی باشد که در اثر مخلوط شدن با یکدیگر، ناسازگاری ایجاد نکند. از نواحی با آلودگی مشخص باید اجتناب شود. اگر استفاده از نواحی با کیفیت پایین اجتناب‌ناپذیر است، باید برآوردی تفصیلی و کامل از اثرات، شامل حرکت و انتشار آب آلوده، قبل از انتخاب محل انجام گیرد.

ناسازگاری ترکیبهای آب مورد تغذیه با آب آبخوان، ممکن است مسائل مختلفی را به وجود آورد. واکنشهای شیمیایی مختلفی می‌تواند در داخل آبخوان رخ دهد. این واکنشها می‌توانند روی عملکرد هیدرولیکی آبخوان (ذخیره و انتقال) تأثیر بگذارند. واکنشهای شیمیایی با تولید مواد نامحلول، پتانسیل انسداد مجاری آبخوان را دارند. برخی از این مواد، شامل کربنات کلسیم، هیدروکسید آهن و چند نوع از رسوبهای اکسید منگنز هستند. افزون بر این، واکنشهای دیگری مانند تبادل کاتیون، انحلال کانیها و انبساط رسها می‌توانند در آبخوان رخ داده و سبب تغییر عمده‌ای در ویژگیهای انتقالی آبخوان شوند. بعضی از رسوبات، دارای حالتی توده مانند جامد و بدون نظم هستند که قادر به انسداد آبخوان می‌باشند. افزون بر این، آبهای تغذیه‌شونده

با مقدار زیاد مواد غذایی و آلی، می‌توانند باعث رشد زیست‌شناختی زیاد و موجب گرفتگی صافی چاهها و آبخوان شوند. توانایی پیش‌بینی شدت چنین مسائلی، بر مبنای شناخت خصوصیات شیمیایی آبهای مورد تغذیه و زیرزمینی می‌باشد. بسیاری از مواد شیمیایی مورد نظر مانند فلزهای سنگین، دارای حالت‌های متعدد اکسیداسیون می‌باشند. انتقال این مواد شیمیایی به شرایط اکسید/ احیا (Redox) در آبخوان بستگی دارد. شرایط اکسید و احیا شدن در آبخوان، به مقدار زیادی توسط وجود اکسیژن حل شده در آبهای نفوذی کنترل می‌شود. اکسیژن حل شده در آب زیرزمینی غیر آلوده، عموماً حدود صفر تا چند میلی‌گرم بر لیتر است. آبهای سطحی مورد استفاده در تغذیه، معمولاً دارای چند میلی‌گرم بر لیتر اکسیژن حل شده و چند میلی‌گرم بر لیتر نیاز به اکسیژن زیست‌شناختی (BOD) است. میزان BOD در آبهای سطحی مورد تغذیه، معمولاً برای مصرف اکسیژن در آن آب کافی است و در نتیجه آبهای مورد تغذیه در آبخوان، بی‌اکسیژن (Anoxic) خواهند شد. شرایط بی‌اکسیژنی سبب بروز واکنشهای مؤثر بر کیفیت آب می‌شود مانند واکنشهایی که به تشکیل Fe^{++} و Mn^{++} (هر دو انحلال‌پذیر هستند) و H_2S منجر می‌شوند. آهن و منگنز، به‌طور معمول از مواد جامد آبخوان به‌دست می‌آیند؛ اگرچه مقداری از آنها می‌توانند از آبهای تغذیه شونده به‌دست آمده باشند. سولفید به مقدار زیادی از احیای باکتریایی سولفات در آب تغذیه، و در برخی از آبخوانها از گچ (سولفات کلسیم) در قسمتهای جامد آبخوان تولید می‌شود. همچنین، شرایط بی‌اکسیژنی، تعداد زیادی از واکنشهای بیوشیمی مانند تبدیل نترات به گاز ازت و اکسیدها در حضور کربن آلی را کنترل می‌کند.

۳-۴-۲ محیط زیست

بررسیهای مقدماتی زیست‌محیطی، باید تمام داده‌های موجود را جمع‌آوری کرده تا مسائل زیست‌محیطی مشخص شده و در اولین فرصت ممکن، مورد توجه قرار گیرند. عدم انجام چنین موردی، معمولاً سبب تأخیر در مطالعات مربوط به پروژه، و نیز فقدان حمایت عمومی از آن می‌شود. اگر گونه‌های نادر و در خطر انقراض حیوانات یا گیاهان در ناحیه پروژه وجود داشته باشند، باید به اقدامهای مهاجرتی توجه سریع‌تری شود، به‌گونه‌ای که تمام برنامه‌ها را بتوان همراه با هزینه‌های حقیقی آنها، از جمله مهاجرت برآورد کرد (قسمت ۴-۱-۸-۲، بخش ۶ و پیوست ۴).

۴-۴-۲ تشبیه (مدل) سازی مقدماتی

یک مدل مقدماتی از جریان آب زیرزمینی، می‌تواند در درک و شناخت هیدروژئولوژی حوضه‌ای از آب زیرزمینی، بخشی از حوضه، یا ناحیه‌ای از آن قابل استفاده باشد و مشخص می‌نماید که کدام یک از پارامترهای آبخوان بیشترین تأثیر را بر آبخوان (یا آبخوانهای) مورد مطالعه دارند. چنین اطلاعاتی، اهمیت زیادی در تصمیم‌گیری تعیین ضرورت و هزینه جمع‌آوری داده‌ها در آینده خواهند داشت. مدلها در این مرحله از مطالعات، به پیچیدگی زیاد یا کاربرد رایانه نیازی ندارند. محاسبه تعادل جرمها (ورودیها و خروجیها) برای حوضه آب زیرزمینی به‌عنوان واحدی کلی یا به‌عنوان مجموعه‌ای از واحدها، مثال خوبی از مدلی ساده است. همچنین، می‌توان برای پیش‌بینی میزان بالآمدگی توده آب زیرزمینی از معادله‌هایی ساده استفاده کرد (بخش ۱۰-۹-۵) تا اگر آبخوان توانایی پذیرش جریان جانبی را نیز داشته باشد در برآورد میزان تغذیه مدنظر قرار گیرد. همچنین برای برآورد گسترش جانبی و حرکت آب ذخیره‌شده نیز می‌توان از آن استفاده کرد.

۲-۴-۵ قانونها، آیین نامه‌ها و حقایقها

بررسیهای قبلی باید از این نظر مورد بازنگری قرار گیرد که هیچ‌گونه تخلفی از قانونها و آیین‌نامه‌ها روی نداده و اینکه تمامی حقایقهای لازم، همراه با هزینه‌های احتمالی آنها ملاحظه شده است.

۲-۵ روشها و امکانات تغذیه و بازیافت

تغذیه یک حوضچه آب زیرزمینی را می‌توان توسط نفوذ سطحی در مسیل طبیعی یا در حوضچه‌های خارج از بستر، گودالها یا خندقها انجام داد. تغذیه مستقیم آب در قسمت زیرسطحی با استفاده از چاههای تغذیه، چاههای موجود در منطقه تهویه آبخوان و چاههای ASR انجام می‌گیرد.

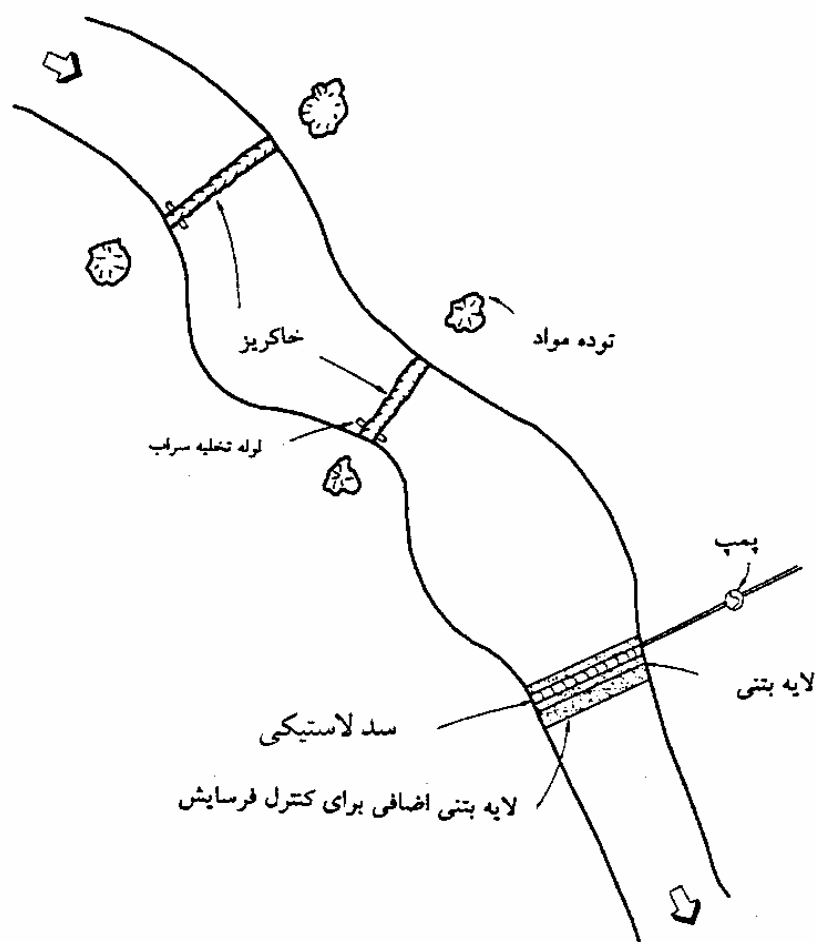
۲-۵-۱ تغذیه سطحی

سامانه‌های نفوذ سطحی برای تغذیه مصنوعی آب زیرزمینی، به خاکهای نفوذپذیر (لوم ماسه‌ای، ماسه و شن)؛ نواحی غیراشباع بدون لایه‌های محدودکننده و آبخوانهای آزاد با قابلیت انتقال کافی برای جریان جانبی در درون آبخوان نیاز دارند. همچنین، خاکها در نواحی غیراشباع و اشباع آبخوان نباید آلوده باشند. میزان آب ورودی به منطقه تغذیه، نباید از ظرفیت تغذیه منطقه فراتر رود. پخش سطحی را می‌توان در دو گروه بیان کرد که عبارت از سامانه‌های داخل آبرو (کانال) و سامانه‌های خارج از آبرو است.

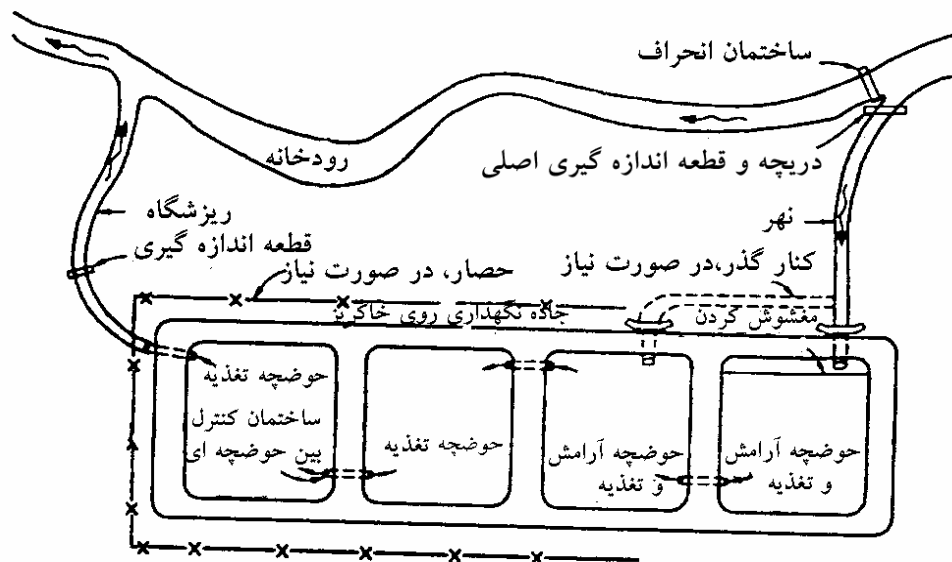
سامانه‌های داخل آبرو می‌تواند از یک مجرای طبیعی، بدون هیچ‌گونه بهسازی در آن، ولی با ورود آب از منبعی دیگر به آن، تا کانالی با بستر آماده‌شده برای آن و دریچه‌ها و وسایل ثبت اتوماتیک متغیر باشد. در حالت دوم، منبع تغذیه می‌تواند جریان طبیعی آبرو، منبعی دیگر، یا ترکیبی از هر دو باشد. تنظیم و مدیریت آب تغذیه توسط سرریزها، سدها یا خاکریزهایی انجام می‌گیرد که آب را روی بستر آبرو یا دشت سیلابی پخش کرده و یا عمق آب را افزایش می‌دهند. سدها باید با سرریزها و آب‌برهایی با مقطع کافی ساخته شوند تا بتوانند جریانهای بزرگی را که هر از چند گاهی اتفاق می‌افتد از خود عبور دهند. از سدهای لاستیکی (که دارای خاصیت کاهش حجم بوده و می‌توانند جریانهای بزرگ را عبور دهند) نیز می‌توان در این امر استفاده کرد. برخی از سرریزها و خاکریزهایی را که از خاکهای محلی ساخته شده‌اند، می‌توان بعد از صدمه دیدن توسط جریانهای بزرگ به راحتی بازسازی کرد. با سامانه‌های نفوذی برای تغذیه مصنوعی باید طبق ژئوهیدرولوژی محل، کیفیت آب منبع و آب مخزن مورد تغذیه، و شرایط آب و هوایی رفتار شود. شکل ۲-۲ نموداری از یک سامانه تغذیه مصنوعی درون رودخانه‌ای (آبرو) را نشان می‌دهد.

سامانه‌های خارج از کانال، ممکن است حفره‌های قدیمی شن یا حوضچه‌های بنا شده برای مقاصد ویژه باشند. سامانه‌های نفوذی خارج از کانال که جریانهای بارندگی را از کانالهای کنترل سیلاب دریافت می‌کنند، ممکن است به ظرفیت زیاد برای ساختمانهای ورودی نیاز داشته باشند تا در مواقع جریانهای اوج نیز قابل استفاده باشند. حوضچه‌ها باید از نظر هیدرولیکی مستقل باشند به گونه‌ای که هر کدام بتوانند مطابق بهترین برنامه خود آگیری نمایند، خشک و پاک شوند. ساختمانهای ورودی نباید سبب فرسایش خاک شوند زیرا در این صورت کف حوضچه‌ها (آبگیرها) مسدود خواهند شد. مساحت حوضچه‌ها به زمان

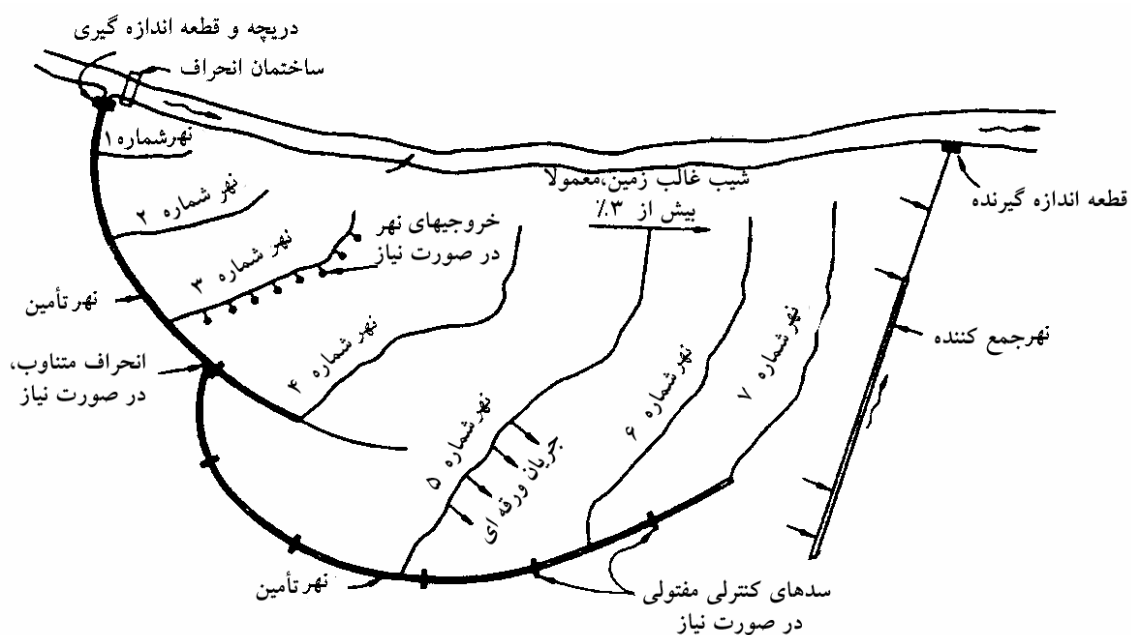
لازم برای خشک شدن بستگی دارد. دوره‌های خشک شدن باید قبل از کاهش زیاد مقدار نفوذ سطحی شروع شود، به گونه‌ای که خشک شدن فقط با نفوذ انجام گیرد و پمپاژ آب از حوضچه‌ها (آبگیرها) لازم نباشد. تعداد حوضچه‌ها باید زیاد و کافی باشد تا مجوز انعطاف‌پذیری در عملیات را بدهد (سیلابی شدن، دوره‌های خشک شدن و پاک کردن متفاوت). البته بعضی از حوضچه‌ها باید کنار گذاشته شوند تا هنگام جریانهای آب حداکثر یا جریانهای در دوره کاهش نفوذ، مورد استفاده قرار گیرند. میزان نفوذ در زمستان، به دلیل سرد بودن آب و خشک شدن آرام‌تر حوضچه‌ها و ناتمام بودن بازیافت نفوذ و یا در تابستان به دلیل رشد سریع جلبکها و رستنیهای کف حوضچه کم می‌شود. دو نوع تغذیه مصنوعی خارج از آبرو برای سامانه حوضچه‌ای در شکل ۲-۳ و برای یک نهر و سامانه سیلابی در شکل ۲-۴ نشان داده شده است.



شکل ۲-۲- سامانه تغذیه مصنوعی درون رودخانه (آبرو)



شکل ۲-۳- اقدامهای تغذیه مصنوعی در محدوده کنار رودخانهها



شکل ۲-۴- اقدامهای تغذیه مصنوعی از جویهای کنار رودها

۲-۵-۱-۱ آببندهای خاکی

آببندهای خاکی، موانعی هستند که در عرض کانال و معمولاً عمود بر جهت حرکت آب ساخته می‌شوند. اگر آببندهای خاکی از مواد کف کانال ساخته شده و اجازه شستشو با جریانهای سیلابی را داشته باشند، می‌توانند برای ایجاد حوضچه در کانالهای طبیعی روشی مؤثر و نسبتاً کم هزینه باشند. جریانهای بهره‌برداری معمول را می‌توان توسط لوله‌ای با دریچه یا بدون دریچه که

در زیر یا درون آببند نصب می‌شود، عبور داد. بهره‌برداری از آببندها با لوله‌های جریان فرعی در صورت لزوم به شخصی برای بررسی روزانه سطح و جریان آب و تنظیم دریچه نیاز دارد. دریچه کنترل لوله گذرگاه فرعی (اگر نصب شده باشد) برای تنظیم ارتفاع آب در بالادست آببند به کار می‌رود، ضمن آنکه آب را به تأسیسات پایین دست می‌رساند. لوله باید در نزدیکی یکی از دو انتهای آببند قرار گیرد تا از خطر شسته شدن آببند در هنگام سیلاب بکاهد و برای افراد بهره‌بردار امنیت بیشتری فراهم آورد.

از دست دادن آببند در هنگام جریانهای سیلابی، باید با پیش‌بینی در طرح باشد، و نه به‌طور تصادفی. یک قسمت تورفتگی در مرکز آببند می‌تواند سبب افزایش امکان شسته شدن آببند در نزدیکی مرکز کانال شود. جریان سیلابی در ابتدا از قسمت فرو رفته عبور کرده و در آنجا شروع به فرسایش آببند می‌کند. این عمل، معمولاً سبب می‌شود که آببند در قسمت پایین شسته شود. اگر چندین آببند به‌طور متوالی در همان کانال ساخته شوند، در صورتی که تمام آببندها در یک دوره زمانی کوتاه مدت شکسته شوند، جریانهای زیادی در پایین دست رخ می‌دهد.

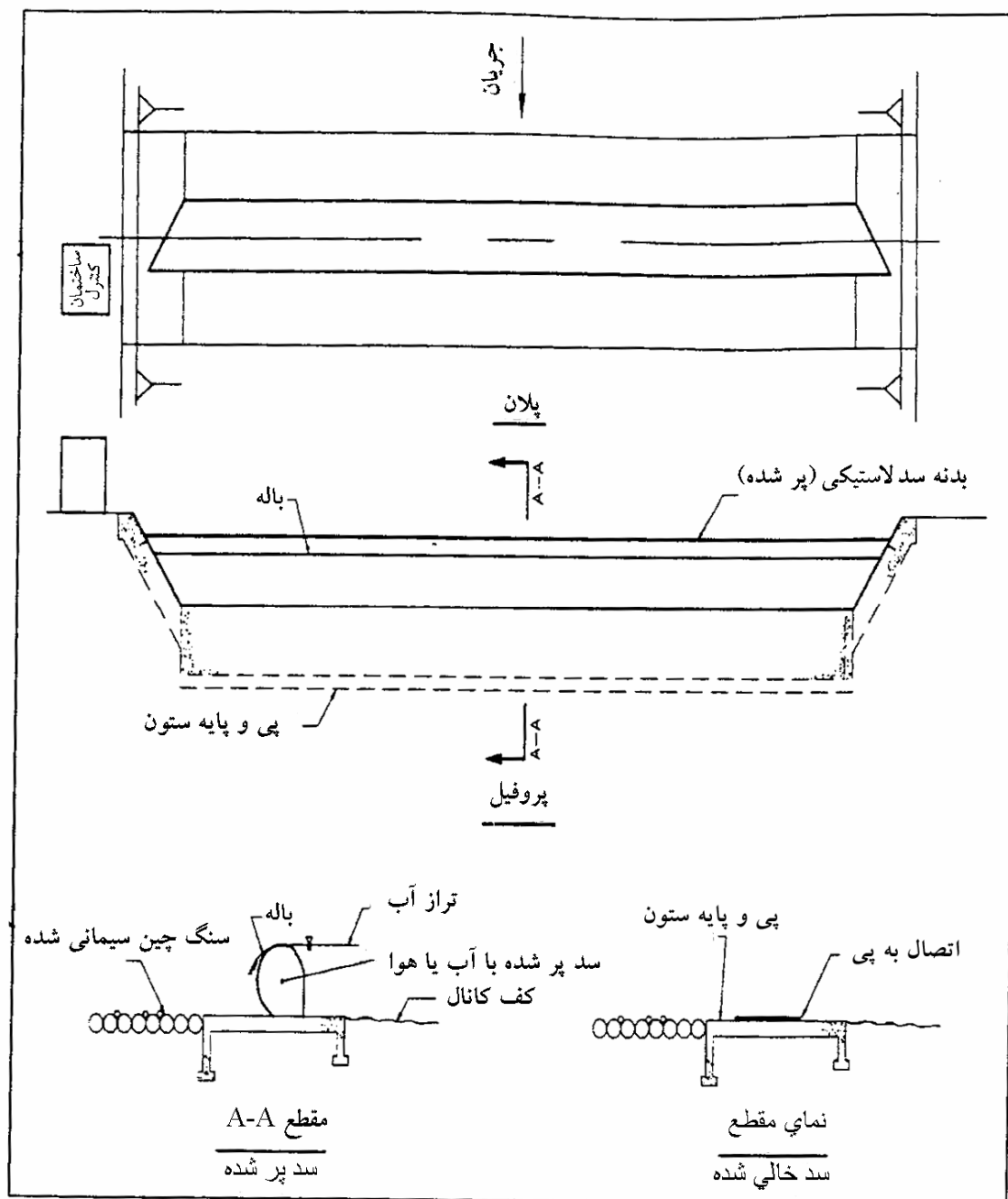
اگر شرایط فیزیکی اجازه داده یا سازمانهای مربوط لازم بدانند، آببندهای خاکی را می‌توان به‌طور سالانه ساخت و از بین برد. این نوع ساختمان، معمولاً در مقایسه با استفاده از مواد کف کانال که می‌توان آن را با شستن از بین برد، هزینه‌ای بیشتر دارد. در نظر گرفتن یک محل برای ذخیره مواد در مجاورت هر آببند، به کاهش هزینه و زمان لازم برای دوباره‌سازی آببند کمک می‌کند. احداث یک آبرو فرعی دائمی با ساختار دریچه‌ای به‌گونه‌ای که از شسته شدن وسایل ساختمانی آببند در امان باشد توصیه می‌شود. این عمل، با حذف نیاز به قرار دادن لوله آب‌گذر فرعی و ساختن گریه‌رو برای دسترسی به ساز و کار عملکرد، سبب کاهش زمان ساختمان آببند می‌شود. این‌گونه آب‌گذرهای فرعی دائمی، سبب صرفه‌جویی در زمان از میان برداشتن آببند نیز خواهد شد؛ البته اگر این عمل به‌جای شستن، توسط ماشین انجام شود.

ملاحظات لازم برای بی‌عیب بودن آبگیرهای دائمی، اساساً شبیه یک سد خاکی کوچک است. نصب لوله آب‌گذر فرعی به دقتی ویژه نیاز دارد تا از شسته شدن آببند از زیر پی در خارج از لوله جلوگیری شود. تجربه نشان داده است که لوله‌های رسی با ضخامت حدود $0/3$ متر و طول $0/6$ متر که در فاصله حدود ۵ متری از اطراف لوله قرار می‌گیرند، مانعی مؤثر در جلوگیری از شسته شدن است. ابعاد لوله به شرایط محل بستگی دارد. مواد تشکیل‌دهنده آببند باید در اطراف و در تمام طول لوله در میان آببند کاملاً فشرده شوند و نیز دقت خاصی در محل لوله‌های رسی قطع جریان در اطراف لوله آب‌گذر فرعی اعمال شود. در محلی که فقط یک لوله رسی به کار می‌رود، باید آن را در حدود یک‌سوم فاصله در میان آببند از طرف بالادست قرار داد. در مکانهایی که مواد بستر نمی‌توانند برای احداث آببند به کار روند، و همچنین در جایی که آببندی با نفوذپذیری کمتری مورد نیاز است، یا برای قسمتهای پایدارتر آببند، طراحی با استفاده از معیارهای سدهای خاکی کوچک لازم است.

۲-۱-۵-۲ سدهای لاستیکی

همان‌گونه که در شکل ۲-۵ نشان داده شده، سدهای لاستیکی می‌توانند در کانالها به کار بروند تا در تمام مدت سال کاربرد داشته باشند. جنس آنها، ترکیبی از مواد مرکب است که از بافتی توری‌مانند، قوی و محکم، اشباع‌شده با لاستیک یا پلاستیک یا دیگر مواد مقاوم به آب، هوا، آفتاب و آلودگی هوا ساخته شده‌اند. این‌گونه سدها، دارای مزیت کنترل سیلاب در کانالها

هستند، در واقع آنها را می‌توان به‌گونه‌ای طراحی کرد تا وقتی تورم آنها کاهش می‌یابد، مطابق با شکل کانال کنترل سیلاب درآیند؛ در این حالت اجازه عبور نسبتاً بدون زیان سیلاب را می‌دهد. بعد از کاهش سیلاب و گل‌آلودگی، سطح لاستیکی متورم می‌شود تا در بالادست سد ایجاد یک حوضچه نماید. در نتیجه، در داخل کانال نفوذ اضافی تولید شده و یا برای انحراف آب به داخل سازندهای تغذیه‌پذیر خارج از کانال، افزایش ارتفاع به‌وجود می‌آید.



شکل ۲-۵- سد لاستیکی

سدهای لاستیکی را می‌توان به سه روش مختلف متورم ساخت: فقط با آب، با هوا روی آب، یا فقط با هوا. شالوده باید از موادی باشد که پایه‌ای محکم و ثابت را تشکیل دهد. طراحی شالوده در هر سه مورد مشابه است ولی تفاوت‌های مهمی نیز بین آنها وجود دارد. از این رو، قبل از طراحی شالوده، سازنده و نوع بهره‌برداری باید انتخاب شوند.

سدهایی که فقط با آب متورم می‌شوند، ساده‌ترین و قابل اعتمادترین سدها هستند. آب مورد نیاز می‌تواند توسط خود رودخانه هنگامی که دارای گل آلودگی زیادی نباشد، یا از یک سامانه توزیع تحت فشار، یا پمپاژ از یک دریاچه، یا پمپاژ از چاه تأمین شود.

در سدهایی که با آب و هوا متورم می‌شوند، می‌توان در ابتدا قسمتی از آن‌را با هوا پر کرد تا در بالادست سد تشکیل یک استخر بدهند و یا جریان آب را به داخل سازندهای تغذیه‌پذیر مجاور منحرف کنند. آب منحرف‌شده را می‌توان از استخر به داخل سد پمپاژ نمود یا آن را به مکان تغذیه دیگری منحرف کرد. هوای مورد استفاده برای حالت آب و هوا یا فقط کارکرد با هوا، توسط کمپرسور یا ماشین دمیدن هوا تأمین می‌شود.

تفاوت اصلی بهره‌برداری در این سه نوع سد، گذشته از روش متورم ساختن آنها، رفتار آنها در هنگام تخلیه است؛ اگر فقط با آب پر شده باشند، آب سد در حدود همان مقدار در تمام طول سد خالی خواهد شد، و در تمام طول آن عمق آب لبریزشده یکسان خواهد بود. سدهای لاستیکی که با هوا و آب یا فقط هوا متورم شده‌اند، معمولاً دارای سرریزی V شکل در نزدیکی مرکز سد هستند، که باعث تمرکز سرعت زیاد آب در آن می‌شود. بسته به ارتفاع سد، این جریان متمرکز به تدابیر کنترل فرسایش در پایین‌دست سد و احتمالاً تدبیری برای کنترل محل جهش هیدرولیکی برای کاهش انرژی آب سرریزشده، نیاز دارد. شالوده سد لاستیکی، معمولاً از بتن مسلح است، ولی استفاده از ماده جایگزین دیگری که تولید شالوده‌ای پایدار نماید نیز امکان‌پذیر است. در بیشتر موارد، محل تأسیسات تغذیه، ساخت شالوده از مواد غیر قابل نفوذ را برای سد لاستیکی، غیر عملی یا غیر ممکن می‌نمایند. از این رو، احتمالاً در زیر شالوده سد، نشست روی می‌دهد. این پتانسیل نشست و شستشو را می‌توان با طراحی فیلتری اضافی برای پاشنه پایین‌دست سد کنترل کرد. فیلتر اضافی، از شن و ماسه‌ای تشکیل می‌شود که در پایین ریز و در بالا درشت است. در واقع هدف اجازه دادن به آب است تا در زیر شالوده سد جریان یابد بدون اینکه موادی را از زیر شالوده با خود حمل کند. در طی زمان غیرمشخصی، فیلتر به تدریج با نگه‌داشتن رسوب موجود در آب تغذیه مسدود می‌شود.

آب می‌تواند از بالای اولین سد لاستیکی به پایین‌دست جریان یابد. با وجود این، باید یک لوله آب‌گذر فرعی با یک دریچه کنترل، برای کنترل آب، در نظر گرفته شود. اگر وسایل و امکانات پایین‌دست سد لاستیکی، با آب اضافی صدمه ببیند، آنگاه از آب‌گذر فرعی می‌توان برای کنترل جریان استفاده کرد. در مکانهایی که جریانهای متفاوت وارد استخر ایجادشده توسط سد لاستیکی می‌شود، می‌توان از آب‌گذر فرعی برای تنظیم جریان عبوری از سد، از ذخیره پشت سد برای تنظیم جریانهای عبوری به پایین‌دست استفاده کرد.

سدهای لاستیکی باید به‌گونه‌ای طراحی شوند تا در دوره‌های زمانی با جریان بالا، به‌طور خودکار فروکش کند تا از سیلابی شدن املاک و اراضی مجاور جلوگیری شود.

۲-۵-۱-۳ سدهای از نوع فلاش برد (تخته چوبی)

می‌توان از سدهای تخته چوبی برای نگهداری آب به‌منظور انجام تغذیه اضافی استفاده کرد. ملزومات شالوده به‌طور کلی مانند سدهای لاستیکی است. این سدها توسط دیرکهای (تیر یا میله) عمودی در محل نگه داشته می‌شوند. تخته چوبیها و دیرکها، هر دو را باید قبل از فصل سیلابی جدا ساخت تا مانع عبور جریانهای سیلابی نشوند. جدا کردن تخته چوبیها در زمان عبور آب زیاد، به‌علت فشار آب، تقریباً غیر ممکن است، و اگر به موقع نیز برداشته نشوند، ممکن است از بین بروند و یا تخریب آنها لازم باشد.

۲-۵-۲ تغذیه زیر سطحی

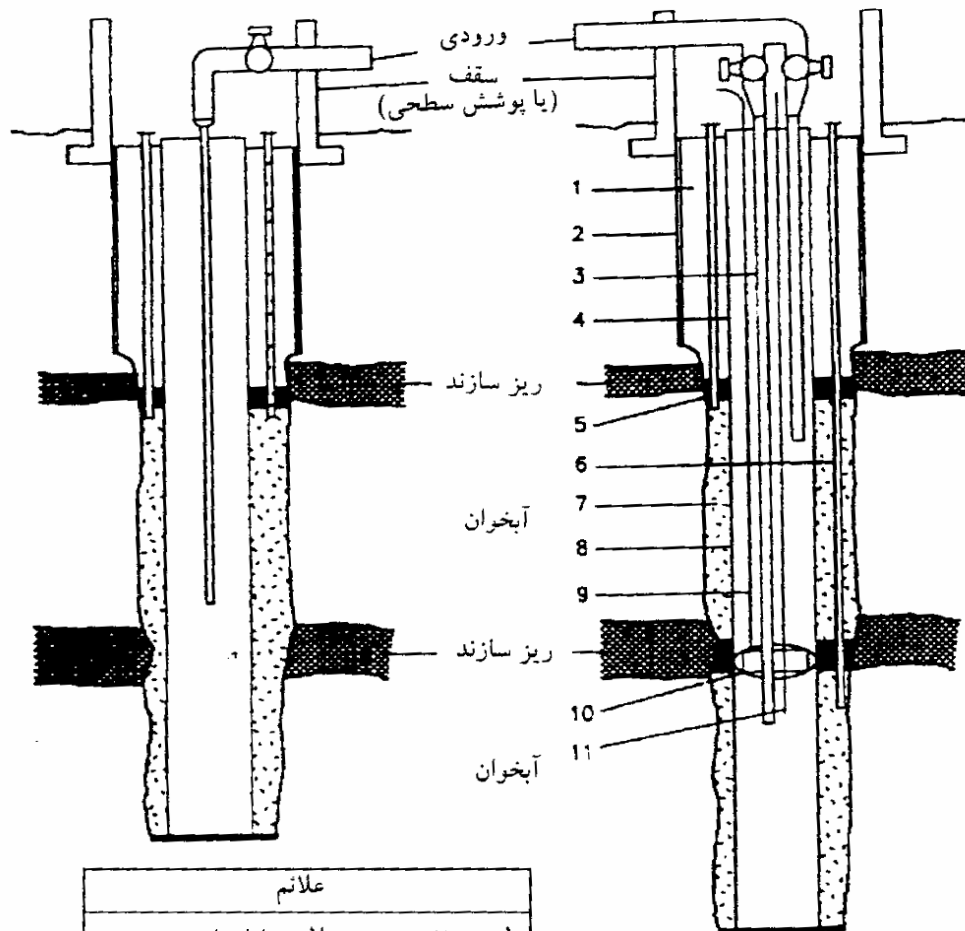
چاههای تغذیه را می‌توان برای تغذیه آبخوانهای تحت فشار یا آزاد مورد استفاده قرار داد. برای آبخوانهای با مواد جدا از هم یا به‌هم نچسبیده (شن و ماسه) چاهها شامل لوله جدار، صافی، پوشش شنی، بخش سیمانی‌شده و لوله‌ای برای افزودن آب به چاه به‌منظور نفوذ به‌داخل آبخوان است. اگر آب تزریقی به‌داخل چاه، از استخر باشد، باید نسبت به تصفیه آن در محل ورود به چاه دقت زیادی کرد. توصیه می‌شود که کیفیت آب، مرتباً زیر نظر باشد و آب تغذیه مورد بررسی قرار گیرد تا از مسدود شدن چاه و آبخوان جلوگیری شود. برای آبخوانهای با مواد به‌هم چسبیده با تخلخل ثانوی، (برای مثال ماسه سنگ، گدازه‌های آتشفشانی و سنگهای آهکی) بخشی از چاه واقع در سنگ را می‌توان مانند یک گمانه باز بدون صافی یا غلاف به‌کار برد. در این‌گونه چاهها، در بعضی مواقع تمام یا قسمتی از اختلاف ارتفاع بین سطح زمین و سطح آب زیرزمینی به‌عنوان نیروی برای جریان آب به‌داخل آبخوان به‌کار می‌رود. با این وجود، در بعضی موارد، فشار اضافی توسط پمپ ایجاد می‌شود تا عمل تغذیه انجام شود.

چاههای تغذیه را می‌توان برای تغذیه مستقیم آبخوانهای تحت فشار یا نیمه‌تحت فشار یا موجود در اعماق نسبتاً زیاد به‌کار برد. این‌گونه چاهها اجازه می‌دهند که سازندهای محبوس علاوه بر تغذیه از سطح زمین در نواحی رخنمون یافته، در محل این چاهها نیز تغذیه شوند. از سوی دیگر، چاههای تغذیه می‌توانند آب را به داخل سازندهای واقعی در شبی بالاتر از محل برداشت، تغذیه نمایند. چاههای تغذیه، همچنین می‌توانند به‌طور مؤثری در مناطقی که سازندهای آبدار به‌صورت عدسیه‌ای از چندین لایه آبدار که توسط لایه‌های نسبتاً غیر قابل نفوذ جدا شده‌اند، به‌کار روند. در چنین سازندهایی، صافی چاههای تغذیه را می‌توان در مقابل طبقات آبدار، برای انجام تغذیه قرار داد. چاههای تغذیه را می‌توان برای ایجاد بالآمدگی سطح آب زیرزمینی به‌منظور جلوگیری مؤثر از تداخل آب دریا به‌کار برد. چهار نوع از چاههای تغذیه، در شکل‌های ۲-۶ و ۲-۷ به‌قرار زیر نشان داده شده‌اند: (۱) هنگامی که فقط یک آبخوان تغذیه می‌شود، یک چاه تغذیه به‌کار می‌رود، (۲) چاه با تغذیه دو گانه برای تغذیه مستقل دو آبخوان جداگانه به‌کار می‌رود. (۳) چاه مرکب برای تغذیه و برداشت (نوعی از چاه ASR) و (۴) چاه تغذیه چند قسمتی، که برای تغذیه آبخوان در عمقهای مختلف به‌کار می‌رود.

چاههای افقی با جمع‌کننده‌های شعاعی نیز برای تزریق به‌کار برده شده‌اند. قسمت جمع‌آوری‌کننده انباره عمودی بتنی با قطری زیاد است که تا فاصله‌ای در زیر سطح آب زیرزمینی قرار می‌گیرد. در کف انباره عمودی، تعدادی نقب (تونل) افقی به طول ۱۰ متر یا بیشتر، به‌صورت شعاعی احداث می‌شوند. پس از توسعه این نقبهای افقی توسط پمپاژ، تزریق در میان آنها را می‌توان مانند چاههای تزریقی نمونه انجام داد. مشکل چاههای تغذیه، گرفتگی و مسدود شدن تدریجی آنها است، که به عملیات پرهزینه پیش تصفیه یا پمپاژ مرتب و توسعه دوباره برای جداسازی رسوبات نیاز دارد.

چاه تغذیه تک واحدی

چاه تغذیه دو واحدی



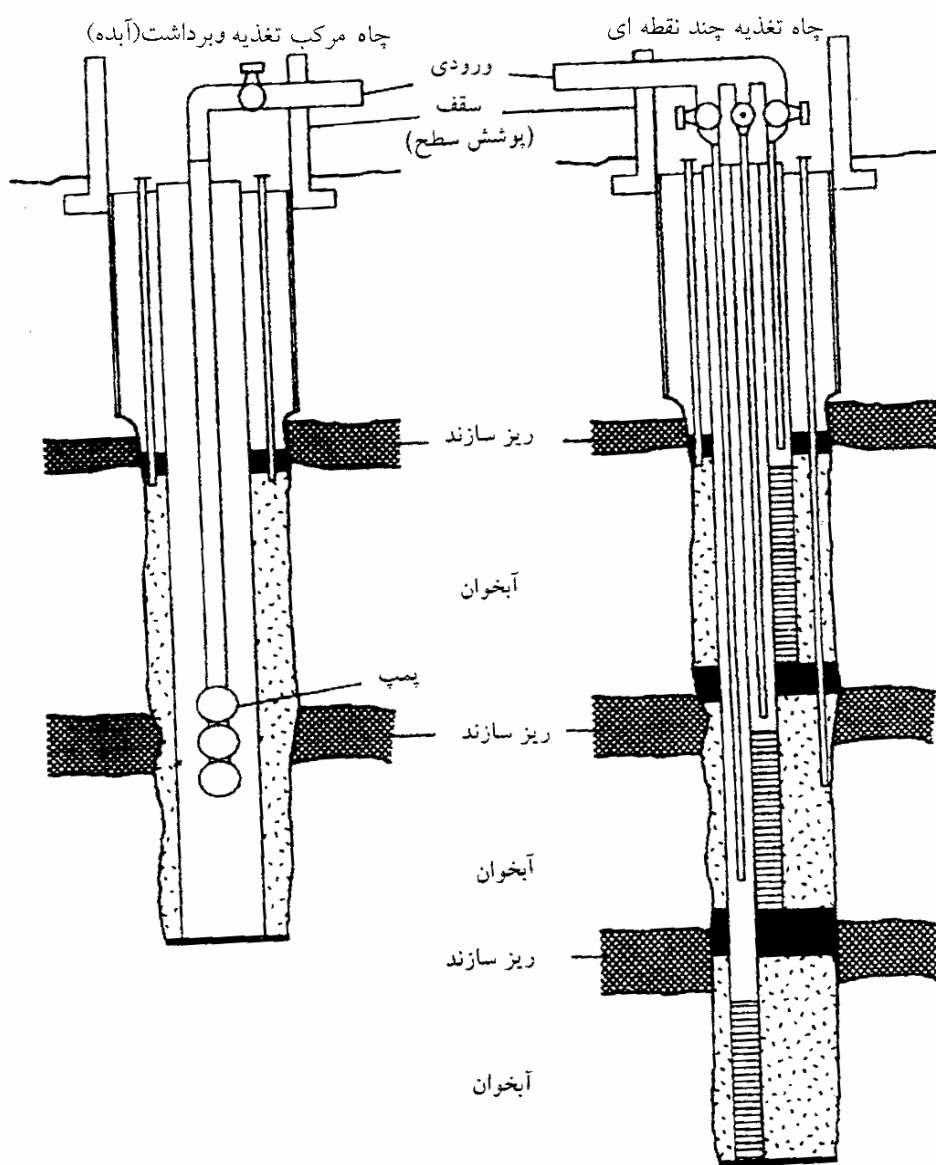
علائم	
۱- دوغاب	۷- پوشش شنی
۲- پوشش محافظ	۸- صافی چاه
۳- لوله انتقال	۹- خط فشار موضعی
۴- لوله جدار خالی	۱۰- فشار هوا
۵- عایق بتونیت	۱۱- لوله اندازه گیری
۶- لوله بتونی ریز	

شکل ۲-۶- چاههای تغذیه تک واحدی و دو واحدی

۱-۲-۵-۲ چاههای تغذیه و برداشت از آبخوان (ASR)

استفاده از چاههای ASR در تغذیه مصنوعی رو به افزایش است. این چاهها، مرکب از چاههای تغذیه و چاههای پمپاژ می‌باشند (شکل ۲-۷). هنگامی که آب اضافی وجود دارد یا هنگامی که کیفیت آب مناسب است، از این چاهها برای تغذیه و ذخیره استفاده می‌شود و در هنگام نیاز به آب، پمپاژ می‌شوند. هر چند روز، هفته، یا ماه، یکبار پمپاژ کوتاه‌مدت این چاهها، معمولاً مواد جامد جمع‌شده در آنها را جدا کرده و مسئله گرفتگی آنها را رفع می‌کند. این چاهها، معمولاً برای ذخیره فصلی یا درازمدت

آب آشامیدنی در نواحی که نیاز به آب در تابستان بسیار بیشتر از زمستان، و یا بر عکس، دارند و یا در نواحی دارای تغییرات در تأمین و کیفیت آب، مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این حالت، دستگاه‌های تصفیه آب آشامیدنی برای تأمین نیازهای آبی در حدود متوسط، و نه نیازهای اوج، طراحی می‌شوند. مازاد آب فصلی با این چاهها در زیرزمین ذخیره می‌شود و در دوره‌های خشکی پمپاژ می‌شوند (و یا برعکس) تا تولید دستگاه تصفیه را زیاد نمایند. اگر در ابتدا آب قابل آشامیدن تغذیه شود، معمولاً آب برداشتی فقط به «ضد عفونی» نیاز دارد. هزینه استفاده از دستگاه‌های تصفیه با ظرفیت نیاز متوسط سالانه به همراه چاههای ASR برای ذخیره آب اضافی به منظور استفاده در مواقع نیاز اوج، معمولاً کمتر از هزینه دستگاه‌های تصفیه با ظرفیت نیاز اوج و بدون کاربرد این نوع چاهها است.



شکل ۲-۷- چاه مرکب تغذیه - برداشت (A.S.R) و چاه تغذیه چندگانه در آبخوانهای تحت فشار

چاههای ASR را می‌توان برای ذخیره آب غیر آشامیدنی با کیفیت بالا مانند آب تصفیه‌شده، آب زیرزمینی تصفیه‌نشده و آب سطحی نیز به کار برد. در هنگام برداشت، این آب را می‌توان برای آبیاری، نگه‌داشتن مرداب، نگهداری جریان پایه در رودها و نهرها و مصرف آب شهری پس از تصفیه، (در صورت دارا بودن شرایط بهداشتی) استفاده کرد. چاههای ASR را می‌توان برای ذخیره آب در آبخوانهای با آب شور و بدمزه نیز به کار برد، البته باید دقت شود که در هنگام تغذیه، مخلوط شدن این آبها به حداقل کاهش یابد.

تبدیل چاههای آبده به چاههای تغذیه یا ASR، اقدامی مفید و مطلوب به نظر می‌رسد. با این وجود، چاه باید ساختمانی کامل و مناسب، ژئوهیدرولوژی مطلوب و ویژگیهای شیمیایی مناسب آب و خاک داشته باشد. کیفیت آب تغذیه باید قابل قبول باشد. چاه می‌تواند توسط عوامل متعددی، مسدودشده و خسارت ببیند. برخی از آنها مواد شیمیایی، عوامل زیست‌شناختی، هوای محبوس یا گیر افتاده و ذرات معلق است. تبدیل چاههای آبده به چاههای تغذیه، ممکن است به تغییرات زیادی در سامانه لوله‌کشی و دیگر اسبابها و متعلقات چاه نیاز داشته باشد.

۲-۲-۵-۲ تغذیه از طریق ناحیه تهویه (خشک) چاهها

چاههای موجود در ناحیه تهویه (خشک)، گمانه‌هایی در ناحیه غیراشباع بوده که عمق آنها معمولاً حدود ۱۰ تا ۵۰ متر و قطرشان در حدود ۱ تا ۱/۵ متر است. در آنها لوله‌ای مرکزی وجود داشته و فضای مدور بین لوله و دیواره چاه با شن و ماسه پر شده است. این چاهها برای استفاده از رواناب باران در نواحی با بارندگی نسبتاً کم که فاقد فاضلاب آب باران یا فاضلاب مرکب هستند، استفاده می‌شود. ممکن است این نوع تغذیه در هنگامی که رواناب دارای جامدات یا مواد شیمیایی نامناسب است (یا چاه در ناحیه غیر اشباعی احداث شده است که نمی‌تواند رواناب را به میزانی کافی قبول نماید)، مشکل ایجاد کند. در مکانهایی که آب زیرزمینی در عمقی زیاد از سطح زمین قرار دارد (برای مثال ۱۰۰ تا ۲۰۰ متری)، چاههای کم‌عمق موجود در منطقه تهویه یا خشک بسیار کم هزینه‌تر از چاههای تغذیه متداول می‌باشند؛ بنابراین تمایل به استفاده از چاههای کم‌عمق، بیشتر از چاههای تغذیه‌ای است که به داخل آب زیرزمینی نفوذ می‌کنند. این کار با آب تغذیه دارای کیفیت خوب مورد قبول است. با این وجود، هنگامی که بسته‌شدن و گرفتگی، غیر قابل قبول می‌شود، چاه موجود در ناحیه خشک رها شده و چاهی جدید احداث می‌گردد. چاههای موجود در ناحیه تهویه (خشک) شبیه حفره‌ها و استوانه‌هایی هستند که برای تغذیه به کار می‌روند. برای تغذیه کافی این چاهها، باید به میزان کافی آب وارد لایه‌های تراوا شود. معادله‌هایی توسط متخصصان مختلف مانند Zangar (1953) برای پیش‌بینی میزان تغذیه برحسب هدایت هیدرولیکی خاک در ناحیه غیر اشباع، قطر چاه و عمق آب در چاه توسعه یافته‌اند. برای مثال، این معادله‌ها نشان می‌دهند که میزان تغذیه پتانسیل برای چاهی خشک با قطر ۱/۲ متر، عمق ۳۰ متری آب در چاه، و هدایت هیدرولیکی خاک برابر ۱ متر در روز، معادل ۱۵۷۰ متر مکعب در روز است. ممکن است در نتیجه گرفتگی اطراف چاه، مقدار حقیقی تغذیه کمتر باشد، زیرا جدا کردن مواد جامد از چاه، کاری ساده نبوده و زحمات فراوانی به همراه دارد.

۲-۵-۳ اسبابها و متعلقات

افزون بر خصوصیات اصلی یک پروژه تغذیه، اسبابها و متعلقات بسیاری مانند ساختمانهای خروجی، خطوط لوله و کانالهای فرعی، دیوارها و نرده‌ها، پمپهای کوچک، ساختمانهای ورود آب، شیر فلکه‌های کنترل، درجه‌ها، دستگاههای کنترل از راه دور و ابزار رایانه‌ای وجود دارند که برای برنامه تغذیه با بازدهی بالا لازم هستند.

۲-۶ مسائل پتانسیل

برای تغذیه مصنوعی آب زیرزمینی، مسائل بسیاری در توسعه، بهره‌برداری و نگهداری ایستگاهی وجود دارد. آگاهی از این مسائل و راه‌حلهای ممکن برای آنها، در توسعه این‌گونه پروژه‌ها بسیار مهم است. تمام دانسته‌های این استاندارد بویژه مطالب بخش ۱۰ را باید قبل از تصمیم‌گیری درباره پروژه مورد نظر، مورد مطالعه جدی قرار داد و در زمان طراحی نیز این عمل باید تکرار شود. در بسیاری موارد مسئله‌ای که در هنگام بهره‌برداری پروژه تغذیه مصنوعی وجود دارد، مسئله‌ای است که می‌توان با آشنایی با آن و راه‌حلهای مربوطه، از آن دوری کرد.

۲-۷ طرح مفهومی

طرح مفهومی برای تأسیسات تغذیه مصنوعی، جانمایی تأسیسات تغذیه، شامل تأسیسات قبل و بعد از عملیات را، توصیف می‌کند. این مرحله شامل توصیفی عمومی از چگونگی کارکرد امکانات و ابزار و نیز نظری کلی بر مسائل زیست‌محیطی است. روش توسعه برنامه‌های مورد نظر با ارائه تعداد زیادی برنامه مختلف از جمله عدم اجرای هیچ‌گونه برنامه، آغاز شده و سپس تمام آنها با هم مقایسه می‌شوند. از آن میان، امیدبخش‌ترین آنها برای بررسی بیشتر در گام طراحی انتخاب می‌شوند.

اطلاعات در مورد روشهای تغذیه و ویژگیهای یک یا چند مکان مختلف که مشخص شده‌اند مرتب می‌شوند و مزایا و معایب هر محل نشان داده می‌شود. بر این اساس، ترکیب روشها و مکانهای مناسب برای تغذیه می‌تواند برای برنامه‌های مورد نظر توسعه یافته و توانایی آنها در دستیابی به هدفهای تغذیه ارزیابی شود. طرح مفهومی، باید طرحی کلی و برنامه‌ای دارای امکانات تغذیه و برداشت نهایی بوده و شامل تشریح کامل محلها برای ابزار و امکانات آزمایشی باشد که بتواند برای تأیید برنامه مورد نظر بنا شود. طرح مفهومی باید شامل محل و اندازه حوضچه‌ها، خاکریزها، چاههای تغذیه و برداشت، لوله‌ها، پمپها، بناها، کنترلرها و دیگر ابزار با تفصیل کافی باشد تا بتوان برآورد هزینه را برای مقایسه انجام داد. در برآورد هزینه‌ها باید هزینه واحد برای آب تغذیه و آب برداشتی و نیز برای تأمین ظرفیت آب مصرفی اوج موجود باشد؛ البته اگر این امر یکی از اهداف تغذیه باشد.

یک عامل کلیدی در طرح مفهومی، استفاده از زمین و ابزار و امکانات موجود یا احداث تسهیلات جدید است. ممکن است معادن سنگ، حفره‌های شنی، چاههای متروکه و تسهیلاتی از این دست وجود داشته باشد که باید در آزمایش هدفهای برنامه مورد توجه قرار گیرند. چنین امکانات موجودی، همیشه در محلی مناسب قرار ندارند و دارای شرایط مناسبی برای تغذیه نیستند. نباید با استفاده از تسهیلات نامناسب، هدفهای برنامه را به‌صورتی ناموفق به اجرا درآورد. هنگامی که یک ایستگاه تغذیه به‌شدت گرفته و مسدود می‌شود و برنامه نگهداری و پشتیبانی را از دست می‌دهد، به‌دست آوردن پشتیبانی دوباره برای سرمایه‌گذاری

به منظور آزمایش‌های بیشتر، امری بسیار مشکل خواهد بود. چاه‌های متروکه موجود احتمالاً برای تغذیه یا برداشت آب، مصرفی ندارند زیرا به دلیلی بدون استفاده مانده‌اند، که بیشتر به سبب ساختمان، گذشت زمان، یا مسائل کیفیت آب است. این اشکالها می‌توانند مانعی بزرگ در اجرای موفقیت‌آمیز برنامه تغذیه باشند. هنگامی که حوضچه‌ها یا چاه‌های موجود، مورد آزمایش قرار می‌گیرند، باید دقت زیادی در تشخیص و در صورت امکان، در رفع و تصحیح اشکالهای طراحی یا ساختمانی تسهیلات موجود انجام گیرد تا در برنامه تغذیه خللی ایجاد نکند. ممکن است از گودالهای شنی قدیمی، برای قرار دادن مواد حفره‌های دیگر استفاده شده و بستر و دیواره‌های آنها با رسوبهای ریز گرفته شده باشد. همچنین، بهره‌برداری آنها ممکن است سبب کنده شدن مناطق شنی و به‌جا ماندن نواحی با تراوایی کمتر در بسترها و دیواره‌های گودالها شده باشد.

۲-۷-۱ مفاهیم نفوذ سطحی

برای به حداقل رساندن نیاز به زمین به منظور جریانی مشخص در طراحی و همچنین به حداکثر رساندن ظرفیت هیدرولیکی یک سامانه تغذیه معین، باید نفوذ سطحی و بار هیدرولیکی به حداکثر ممکن افزایش یابد. حالت اخیر، معمولاً در سامانه‌های موجود (حوضچه‌ها یا دیگر تسهیلات برای نفوذ سطحی) در نواحی شهری رخ می‌دهد که برای توسعه سامانه و افزایش تغذیه و SAT فرصت زمانی موجود نیست. چالش موجود معمولاً جداسازی رسوبها و روشهای پیش‌تصفیه به منظور کاهش اثرات گرفتگی، تعیین عمق بهینه آب در حوضچه‌ها و تهیه برنامه‌های وقوع سیلاب، خشکی و پاک‌سازی بوده که خود به تغذیه هرچه بیشتر آب در دوره‌ای طولانی منجر خواهد شد. هنگامی که جریان آب منبع مانند جریانهای دائمی یا زودگذر با دوره‌های اوج منظم نیست، یا ظرفیت سامانه تغذیه باید بسیار بزرگ باشد تا بتواند از جریانهای اوج استفاده نماید، یا حوضچه‌های نفوذ مانند گودالهای قدیمی شن باید بسیار عمیق باشند تا ظرفیت ذخیره لازم برای نفوذهای بعدی را داشته باشند. اگر از حوضچه‌هایی کم‌عمق استفاده می‌شود و حجم کل حوضچه برای نگهداری جریانهای اوج کافی نباشد، سدها یا دیگر امکانات برای ذخیره سطحی لازم به نظر می‌رسد تا جریانهای زیاد کوتاه‌مدت را ذخیره نمایند و در دوره‌های بعدی به میزان کمتری برای تغذیه وارد حوضچه‌های نفوذی نمایند.

اگر هدایت هیدرولیکی آبخوانی زیاد باشد، میزان تغذیه حوضچه یا چاه، بیشتر توسط شرایط خاک یا آبخوان در نزدیکی سطح مورد تغذیه تعیین می‌شود. مقادیر تغذیه در حوضچه‌های با طراحی درست معمولاً از روی میزان نفوذ در محل تماس آب و خاک اندازه‌گیری می‌شود. مقدار نفوذ در طول زمان بر اثر گرفتگیهای زیست‌شناختی و غیر زیست‌شناختی در محل تماس آب و خاک کاهش می‌یابد. در نواحی با قابلیت انتقال کم آبخوان، به‌جای نفوذ، حرکت جانبی، میزان تغذیه را کنترل می‌کند.

میزان نفوذ عبارت است از مقدار حجم آب نفوذی در واحد سطح مساحت خیس شده. در ناحیه‌ای مستغرق، که هیچ‌گونه ورودی یا خروجی آب سطحی ندارد، میزان نفوذ برابر با مقدار افت سطح آب در داخل حوضچه است. واحدهای معمول برای میزان نفوذ، عبارت است از متر بر روز، سانتی‌متر بر روز و فوت بر روز. از آنجا که حوضچه‌های نفوذ به خشک شدن و تمیز شدن دوره‌ای (هر چند هفته، ماهانه، سالانه، یا هر چند ساله) نیاز دارند، مقادیر نفوذ درازمدت که شامل دوره‌های خشک نیز می‌باشند، کمتر از مقادیر نفوذ متوسط در دوره‌های سیلابی هستند. این میزان نفوذ درازمدت، «میزان بارگذاری هیدرولیکی» نام دارد و شامل زمانهای خشکی و تمیزکردن است. میزان نفوذ در حالت درون‌کانالی و بدون کانالی در دوره استغراق و سیلاب، با

به حساب آوردن اثرات انسداد، دارای دامنه‌ای از ۰/۳ تا ۳ متر بر روز است. سامانه‌های تغذیه، با بهره‌برداری در تمامی سال و خشک کردن و تمیز نمودن دوره‌ای بستر، دارای مقادیر بارگذاری هیدرولیکی ۳۰ تا ۳۰۰ متر در سال هستند. میزان تبخیر از سطوح آبی و خاکهای خیس از ۰/۳ متر بر سال یا کمتر (در آب و هوای خنک و مرطوب)، تا ۲/۵ متر بر سال یا بیشتر (در آب و هوای گرم و خشک) نوسان دارد (۱/۸ متر بر سال در شهر فینکس، ایالت آریزونا). بنابراین تلفات در اثر تبخیر از سامانه‌های نفوذ سطحی، بسیار کمتر از مقادیری است که به درون زمین نفوذ کرده و معمولاً تبخیر صرفنظر می‌شود. اگر بستر حوضچه‌ها توسط رسوب یا دیگر مواد مسدودکننده بسته نشود (بخش ۱۰-۷-۱) و سطح آب زیرزمینی به اندازه کافی پایین باشد تا بر نفوذ اثری نگذارد (بخش ۱۰-۷-۵)، میزان نفوذ در حدود هدایت هیدرولیکی خاک خواهد بود (که حدود ۰/۳ متر بر روز برای لومهای ماسه‌ای، ۱ متر بر روز برای ماسه‌های لومی، ۵ متر بر روز برای ماسه‌های ریز، ۱۰ متر بر روز برای ماسه درشت‌تر، و ۲۰ تا ۵۰ متر بر روز برای شنهای ریز است). مخلوطهای شن و ماسه، هدایت هیدرولیکی کمتری نسبت به شن یا ماسه تنها دارند (Bouwer and Rice, 1984, 1989).

۲-۷-۲ فرایند تصفیه خاک - آبخوان

عبور آب از میان لایه بالایی خاک و آبخوان، به نام SAT، سبب برخی تغییرات مفید در کیفیت آب می‌گردد. بسیاری از فرایندها در سامانه‌های SAT تکرار شدنی و پایدار هستند؛ برخی از آنها عبارتند از: تجزیه نیتراژها، جدایی و تجزیه میکروارگانسمها، تجزیه و کانی‌سازی ترکیبهای آلی زنده انحطاط‌پذیر و سبک‌کردن یا از بین بردن برخی از ترکیبهای آلی مصنوعی. با این وجود، فلزها، فسفات، فلورید، و ترکیبهای آلی غیرقابل تجزیه می‌توانند به آهستگی توسط عمل جذب، رسوب یا عدم تحرک در سامانه SAT انباشته شوند. آگاهی یافتن از چگونگی تأثیر این انباشته‌شدن روی کارکرد درازمدت سامانه‌ها، نیازمند بررسی‌هایی می‌باشد. این سامانه‌ها ممکن است دارای عمر بسیار طولانی و مفید باشند (چندین دهه یا بیشتر)، ولی رویدادهایی که در درازمدت در اثر آبهای با آلودگیهای مختلف رخ می‌دهد، هنوز روشن نیست. به همین دلیل، سامانه‌های SAT که دارای جریان ورودی و خروجی از ایستگاههای تصفیه فاضلاب هستند باید به‌عنوان یک منبع، پایش شده تا اقدامهایی مانند پیش تصفیه بیشتر آب برای جلوگیری از اثرات نامناسب انجام گیرد (بخشهای ۱۰-۷-۱۴ و ۱۰-۸-۵).

۲-۷-۳ مفاهیم چاه تغذیه

ممکن است در موارد زیر، تغذیه آب زیرزمینی با سامانه‌های نفوذ سطحی از نظر اقتصادی قابل قبول نباشد:

- زمین توسعه نیافته موجود نبوده یا گران است،
- خاک سطحی قابل نفوذ وجود ندارد،
- نواحی غیر اشباع، لایه‌های محدودکننده دارند،
- مواد شیمیایی نامناسب قابل شستشو وجود دارد،
- آبخوانها در بالا دارای آب با کیفیت نامناسب می‌باشند،
- آبخوانها از نوع تحت فشار هستند.

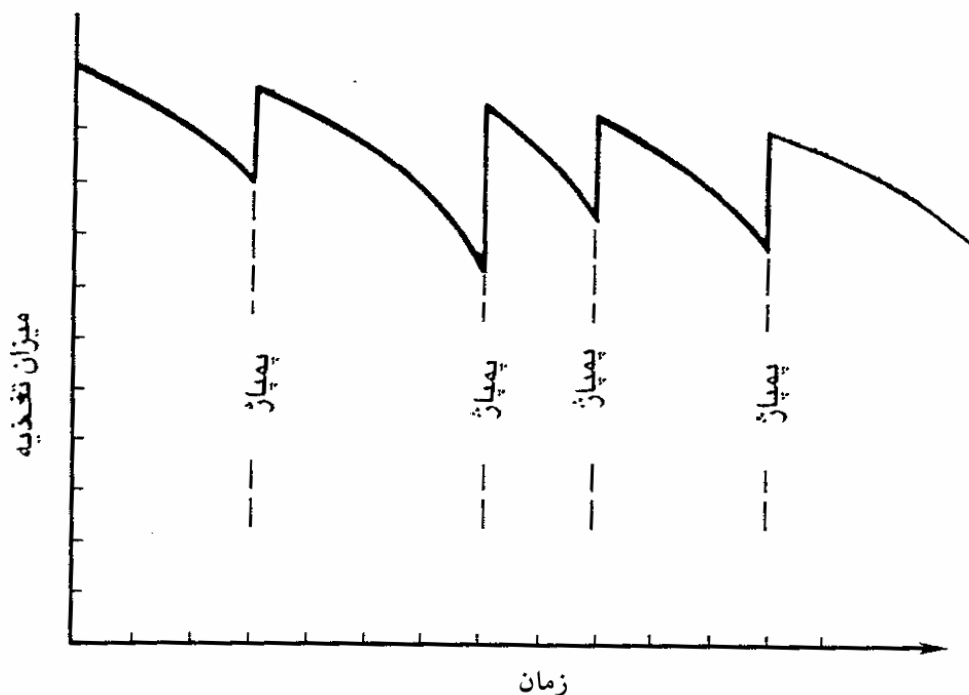
در این شرایط، تغذیه آب زیرزمینی می‌تواند با چاههای تغذیه یا ASR انجام شود. این چاهها می‌توانند چاههای موجود برداشت آب (با تعدیل لوله‌کشی آنها تا بر عکس شدن جریان و اندازه‌گیری ممکن شود)، چاههای احداثی برای تغذیه، چاههای ASR و یا چاههای دارای منطقه خشک (تهویه) باشند. در صورت وجود لایه‌های محدودکننده کم عمق، می‌توان با استفاده از چاههایی که ارتباط هیدرولیکی مستقیم را میان لایه‌های بالا با آبخوان مورد تغذیه برقرار می‌کنند، تغذیه را انجام داد. تغذیه همزمان چند آبخوان را نیز می‌توان با مجزا کردن هیدرولیکی آبخوانها از یکدیگر انجام داد (شکل‌های ۲-۶ و ۲-۷).

اجزای فیزیکی لازم برای بهره‌برداری چاههای تغذیه، صرف‌نظر از چاه و منبع آب، شامل سامانه‌هایی برای تأمین آب در خارج از چاه، تأمین آب داخلی چاه، اندازه‌گیری جریان، تنظیم جریان، و اندازه‌گیری بار تزریقی و در صورت نیاز امکانات قبل و بعد از تصفیه است.

آب مصرفی برای چاههای تغذیه، ممکن است آب رودخانه یا دریاچه به‌صورت تصفیه‌شده یا تصفیه نشده، آب آشامیدنی دریافتی از منابع سطحی یا زیرزمینی، و فاضلاب تصفیه‌شده باشد. به سبب طبیعت فیلتری بستر چاههای تغذیه، پیش‌تصفیه آب مورد تغذیه به مقدار قابل توجهی نیاز است؛ این کار نه تنها برای نگهداری میزان تغذیه، بلکه برای سازگار کردن کیفیت آن با آب آبخوان است.

چاههای تغذیه می‌توانند باعث تغذیه گسترده‌ی مناطقی شوند که لایه‌های متناوب با هدایت هیدرولیکی زیاد و کم وجود دارد، زیرا آنها در لایه‌هایی که هدایت هیدرولیکی افقی و قابلیت انتقال زیاد دارند مفید بوده و محدودیت‌های عمودی ایجاد شده توسط لایه‌های ریزدانه‌تر با هدایت هیدرولیکی کم را جبران می‌کنند. اگرچه ممکن است یک چاه تغذیه به تنهایی دارای میزان تغذیه بالا باشد، ولی معمولاً تعدادی از این چاهها برای یک ایستگاه تغذیه لازم است. اثرات متقابل این چاهها باید در طراحی مورد توجه قرار گیرد ولی تا زمان تأیید از طریق انجام آزمایشهای نمونه، اطمینانی به‌دست نمی‌آید و نهایتاً نیز باید با بهره‌برداری خود شبکه چاههای تغذیه، از آن مطمئن شد. تجربه نشان می‌دهد که چاههای تغذیه به تصفیه مداوم آب نیاز دارند. این اعمال شامل فیلترکردن، توسعه و نگهداری دوره‌ای است. پمپاژ مرتب چاه به‌مدت چند دقیقه یک‌بار در هر چند روز، چند هفته، یا چند ماه، گرفتگی چاه را بهبود می‌بخشد (شکل ۲-۸). تعداد تکرار پمپاژ برای توسعه دوباره، به محل چاههای ASR بستگی دارد. جدول ۲-۱ (Pyne, 1995a) فهرست تعدادی از محل‌های بهره‌برداری به همراه دوره توسعه مجدد را نشان می‌دهد. میزان تغذیه حقیقی برای چاه تغذیه در آبخوانی آزاد، به‌دلیل اثرات گرفتگی و کاهش زمان تغذیه برای بازسازی، کمتر از میزان تغذیه پتانسیل است. میزان تزریق در محل مورد نظر، باید بر اساس داده‌های به‌دست آمده از چاههای آبد، یا چاههای نمونه در محل، برآورد شود. برای چاههای موجود در آبخوانهای آزاد، ظرفیت ویژه تغذیه معمولاً برابر نیمی از ظرفیت ویژه برداشتی می‌باشد، ولی ممکن است دارای دامنه‌ای از حدود ۲۰ تا ۱۰۰ درصد باشد.

در شرایط سطح ایستابی آزاد و وجود سازندهای متخلخل بین سطح آب زیرزمینی و سطح زمین، چاههای تغذیه می‌توانند از نظر اقتصادی با حوضچه‌های تغذیه سطحی در شرایط خاصی رقابت کنند. افزون بر صرفه‌جویی اقتصادی و نیاز حداقل به زمین، چاههای تغذیه می‌توانند در محور تسهیلات اصلی انتقال آب قرار گیرند؛ و موجب صرفه‌جویی در وسایل انتقال شده و نیز می‌توانند در محل یا نزدیکی راهها یا حریم عمومی جاده قرار گرفته و در نتیجه هزینه زمین را به حداقل برسانند.



شکل ۲-۸- تأثیر پمپاژ بر چاه تغذیه

جدول ۲-۱- دوره شستشو در ایستگاههای بهره‌برداری انتخاب شده ASR

نوع خاک	شستشو	محل
ماسه رسی	روزانه	ویلدوود، نیوجرسی
سنگ آهک	فصلی	پیس ریور، فلوریدا
سنگ آهک	ماهانه	پالم بی، فلوریدا
آبرفت	فصلی	لاس وگاس، نوادا
ماسه	ماهانه	کالیفرنیا، کالیفرنیا
ماسه سنگ	ماهانه	ناحیه آبی، کلرادو

در کار مهندسی، طراحی یک منبع آب، چاه تغذیه یا چاه ASR امری ساده نیست. چاههای طراحی و تکمیل شده با برنامه‌های سریع، ممکن است به‌صورتی غیر قابل اعتماد و غیر مؤثر در آیند. در مرحله مفهومی باید به روش حفاری مورد استفاده، نوع پوشش، شبکه‌ها، صافیها، لایه شنی و پمپ مورد استفاده توجهات کلی و عمومی داشت. در مرحله طراحی مقدماتی، انتخاب مشخص‌تر این موارد لازم است.

در چاههای تغذیه و ASR، بهتر است از فشار زیاد برای ورود بیشتر آب به داخل آبخوان خودداری شود، زیرا این عمل، موجب فشرده شدن لایه مسدودکننده شده و دانه‌های معلق را به داخل سازندها وارد کرده و در نتیجه توسعه دوباره چاه مشکل می‌شود. بارهای تزریقی کمتر و پمپاژ بیشتر، موجب کارکرد بهتر چاه در درازمدت می‌شود.

۲-۷-۴ مفاهیم تغذیه با فاضلابهای تصفیه‌شده

هنگامی که فاضلاب تصفیه‌شده یا آب با کیفیت پایین برای تغذیه به کار می‌رود و سامانه‌های تغذیه به‌عنوان سامانه‌های تغذیه و برداشت، طراحی و بهره‌برداری می‌شوند، باید ترکیبی مناسب از پیش‌تصفیه، SAT و پس‌تصفیه انتخاب شود. اگر فاضلاب بهبود یافته برای نفوذ سطحی به کار می‌رود، باید پیش‌تصفیه کاملی، مانند تصفیه ابتدایی و ثانوی روی آن انجام شده باشد. این عمل، روشی معمول در ایالات متحده است. با این وجود، در برخی از محلها ممکن است برای جدا ساختن اجزا و مواد دارای خطرات درازمدت برای کیفیت آبخوان و آب زیرزمینی تصفیه اضافه‌ای نیز لازم باشد.

در مکانهایی که منابع آب زیرزمینی قابل شرب تخریب کیفیت نشده‌اند، تصفیه ابتدایی و فیلترکردن، احتمالاً کافی است و شاید مزایایی هم داشته باشد؛ نه تنها به دلیل صرفه‌جویی مالی، بلکه به دلیل انتشار مقدار مجموع کربن آلی (TOC) بیشتر می‌تواند با مصرف دوباره و سوخت و ساز، مقدار بیشتری TOC مقاوم را در سامانه‌های SAT جدا نموده و مقدار بیشتری نیتروژن با عمل بدون نترات کردن جدا شود. تصفیه ابتدایی، دست کم باید شامل جداسازی مواد جامد معلق باشد. افزون بر این، مواد مغذی (نیتروژن و فسفر)، کربن آلی و میکروارگانیسمها نیز باید جدا شوند. فاضلاب بهبود یافته و دیگر آبهای با کیفیت پایین، برای تغذیه و سپس آشامیدن استفاده شده‌اند، البته پس از آنکه بر روی آب منبع، پیش‌تصفیه کافی انجام شده و برخی نیازهای آبخوانی (جدایی چاهها، زمان نگه‌داشت در زیرزمین و مخلوط کردن با آب زیرزمینی محلی) نیز انجام گرفته است.

فاضلاب خانگی جمع‌شده از آبخوانها، پس از عمل SAT به لحاظ کیفی قابلیت استفاده‌های بسیاری غیر از آشامیدن را دارد. از این استفاده‌ها، می‌توان به آبیاری سبزیها و میوه‌ها، آبیاری پارکهای شهری، زمینهای ورزشی و بازی، حیاطهای خصوصی اهالی و مانند اینها اشاره کرد. اگر مخلوط کردن کافی با آب زیرزمینی محلی یا تصفیه پس از برداشت انجام شود، تا حدی که استانداردهای کیفی آب آشامیدنی را داشته باشد (اغلب نیاز به ضدعفونی دارد) استفاده شرب از آنها نیز ممکن است. در گزارشی از فرهنگستان ملی علوم ایالات متحده، آمده است که در استفاده شرب از آب آبخوانهای تغذیه‌شده با پساب فاضلابها (بویره خانگی) باید با احتیاط عمل کرد (NRC, 1994). بررسیهای اپیدمیولوژی یا بیماریهای مسری نشان داده است که در نواحی که اهالی از آب زیرزمینی تغذیه‌شده با پسابهای فاضلابها برای آشامیدن استفاده می‌کنند، هیچ‌گونه اثر نامطلوب بهداشتی دیده نشده و این امر باعث شده است تعدادی از متخصصان استفاده از آن را پیشنهاد کنند (Nellor, 1984; Sloss, 1996). سازمان کارهای آبی آمریکا استفاده غیر مستقیم (در ابتدا تخلیه در آب سطحی یا زیرزمینی) از پساب فاضلاب را تأیید می‌کند. چنین مصرفی، باید با بررسی دقیق مقامات بهداشتی انجام گیرد. مقررات مربوط به استفاده آشامیدنی و گیاهی از آب زیرزمینی که از پساب فاضلابها سرچشمه گرفته در نقاط مختلف دنیا متفاوت هستند و در برخی نواحی، اختلاف زیادی با هم دارند. هنوز

بخشهایی حل نشده مانند تجمع اجزای شیمیایی وجود دارند که می‌توانند با ناحیه تغذیه و خواص آب زیرزمینی ناسازگار باشند (Bouwer, 1997; etc) و (بخش ۱۰-۷-۸، اثرهای بهداشتی).

هنگامی که پسابهای ایستگاه تصفیه فاضلاب شهری دارای جانداران بیماری‌زای بی‌نظم (ویروسها و کیستهای پروتوزوا) و مواد شیمیایی زیان‌آوری باشد تصفیه اضافی برای حفاظت از کیفیت آب زیرزمینی و متروک نشدن پروژه لازم است (Lee, 1996).

اگر این آبها برای تغذیه چاه مصرف شوند، برای به‌دست آوردن استانداردهای کیفی آب آشامیدنی، دست کم در ایالات متحده، روشهای پیشرفته تصفیه فاضلاب (AWWT) قبل از تغذیه لازم است (Johnson, 1981). در کشورهای دیگر، ممکن است به کیفیت آب در آبخوان و بهترین استفاده از آب، و نیز به سازگار بودن کیفیت آب تغذیه با ملزومات پیش تصفیه همراه با بهترین مصالح عمومی و زیست‌محیطی توجه شود.

کلرزی یا دیگر روشهای ضدعفونی با اثر پایدار در آب، باید قبل از ورود آب به چاه انجام شود تا فعالیت زیست‌شناختی در چاه به کمترین حد برسد. این امر، برای کاهش گرفتگی اطراف چاه و برآورد نیازهای تنظیمی لازم است که به‌طور کلی، و محافظه‌کارانه، بر این فرض هستند که با حرکت آب به‌سوی آبخوان هیچ‌گونه بهبود کیفی (تصفیه آبخوانی) رخ نمی‌دهد. هنگامی که AWWT شامل پدیده اسمزی معکوس (RO) است، آب دارای میزان کمی TDS خواهد بود که سبب خوردگی و تهاجم آن می‌شود. واکنش ژئوشیمی بین این آب و آبخوان دریافت‌کننده آن باید به‌خوبی مشخص شود تا اطمینان به‌دست آید که آب باعث انتقال اجزای شیمیایی ناخواسته از کانیها و دیگر مواد جامد آبخوان به آب تولیدی نهایی نخواهد شد. مخلوط آب بعد از RO با آب محتوی TDS بالاتر، یا تثبیت آن با عمل آهک‌زنی یا روشی مشابه قبل از تغذیه، ممکن است برای اجتناب از کیفیت نامناسب آب در محل برداشت آب مورد تغذیه لازم باشد. ممکن است در صورت وارد کردن فاضلاب تصفیه‌شده به‌داخل آبخوانی با آب قابل شرب، مخلوط کردن با آب زیرزمینی محلی نیز مورد نیاز باشد. گرفتگی چاه به‌دلیل استفاده از آبهای دیگر منابع را می‌توان با تصفیه پیشرفته آب منبع کاهش داد.

در نواحی که فاضلاب اصلاح شده برای تغذیه سطحی مصرف می‌شود، ممکن است استفاده شرب از آب آبخوان نیاز به تصفیه بیشتری داشته باشد، ولی هزینه کاربرد SAT و استفاده از برخی تصفیه‌های بیشتر احتمالاً کمتر از هزینه AWWT کامل برای تبدیل مستقیم آبدهی دستگاه تصفیه به آب آشامیدنی است. ضمناً SAT دارای مزیت اضافی شکستن اتصال لوله به لوله و مستقیم فاضلاب اصلاح‌شده در حال برگشت از میان AWWT کامل است و بنابراین از ظرافت و پذیرش عمومی بیشتری برای مصرف آب برگشتی برای شرب برخوردار است. برای پس‌تصفیه، ضدعفونی بیشترین تأثیر را بعد از SAT دارد، زیرا میزان مواد جامد معلق کم است و بیشترین عوامل بیماری‌زا توسط SAT جدا شده‌اند. پرتوافکنی با نور ماورای بنفش پس از آن، احتمالاً بهترین روش ضدعفونی برای به حداقل رساندن فرآورده‌های فرعی مضر در اثر ضدعفونی است. اضافه کردن مقدار کمی کلر قبل از نفوذ، احتمالاً مناسب است زیرا بقیه عوامل بیماری‌زا می‌توانند توسط SAT جدا شوند و در صورتی که آب برای مقاصد غیر شرب به‌کار رود نیازی به ضدعفونی بعدی نیست.

بحث در مورد اثر SAT هنوز ادامه دارد. برخی از مخالفتها به‌دلیل تفاوت در تأثیر می‌تواند به‌علت نوع خاک و مواد معدنی موجود در آن باشد. به‌دلیل قدرت حرکت انترویروسها در آب زیرزمینی، مهم است که روی استانداردهای کلیفرمی ناشی از

مدفوع انسانی و حیوانی به‌عنوان پایه‌ای برای قضاوت در کافی بودن ضدعفونی و SAT برای جداسازی عوامل بیماری‌زا تکیه نشود. با این وجود، ممکن است تضادهایی بین پیش‌تصفیه بهینه برای SAT و پیش‌تصفیه لازم در آیین‌نامه‌های محلی باشد. همچنین، افکار عمومی ممکن است برای اطمینان از به‌دست آوردن میزان مطلوب تصفیه به بهترین فناوری موجود و آگاهی کامل و مرتب از آن نیاز داشته باشند.

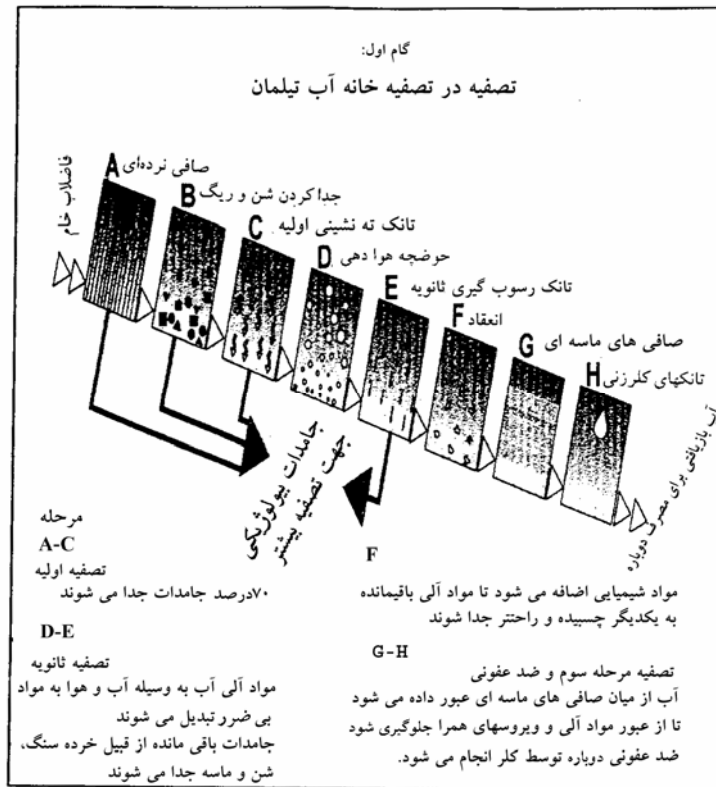
شرایط خاک محلی همیشه برای سامانه‌های تغذیه آب زیرزمینی و SAT مناسب نیستند. با این وجود، هنوز علاقه به تغذیه آب زیرزمینی با پساب فاضلاب به روش سامانه نفوذ سطحی وجود دارد، بویژه در شهرهای نسبتاً کوچک که پذیرفتن آیین‌نامه‌های سخت‌تر و دقیق‌تر در رابطه با ریختن فاضلاب در آب سطحی می‌تواند دارای هزینه‌ای زیاد باشد. در این جوامع، تغذیه آب زیرزمینی و SAT می‌تواند هنوز از نظر اقتصادی و زیست‌محیطی جذاب باشد. با توجه به آنکه جریان فاضلاب از این شهرها نسبتاً کم است، لذا نیاز به زمین برای سامانه‌های نفوذ زیاد نخواهد بود. بررسی‌های محلی کافی برای ارزیابی میزان نفوذ واقعی و پایدار بسیار لازم است، تا اطمینان به‌دست آید که هیچ‌گونه لایه رسی یا محدودکننده در ناحیه غیر اشباع وجود ندارد، و اینکه هیچ‌نوع بستر سنگی یا سازندهایی با هدایت هیدرولیکی کم وجود نداشته و بهره‌برداری در آنجا با آب زیرزمینی آشامیدنی یا دیگر علایق محلی مغایرت ندارد. برای این کار ممکن است به اندازه‌گیری صحرایی هدایت هیدرولیکی در ناحیه غیر اشباع، استفاده از حوضچه‌های آزمایشی نسبتاً بزرگ (دست کم حدود ۰/۵ هکتار) برای ارزیابی آزمایش‌های درازمدت میزان نفوذ و اثر دوره‌های مختلف خشکی و سیلابی نیاز باشد. باید در قسمت بالایی لایه‌های با پتانسیل محدودکننده، پیژومترهایی نصب شوند تا آبخوانهای معلق و محلی را مشخص نمایند. بالآمدگی اندازه‌گیری‌شده آب زیرزمینی را باید با بالا رفتن سطح ایستابی محاسبه‌شده مقایسه کرد تا هدایت هیدرولیکی بین حوضچه نفوذی و آبخوان مشخص شود.

سامانه‌ای در حال طراحی برای تغذیه فاضلاب در شهر لوس‌آنجلس ایالت کالیفرنیا، در شکل‌های شماره ۲-۹ (زنجیره تصفیه) و ۲-۱۰ (طرح کلی) آمده است.

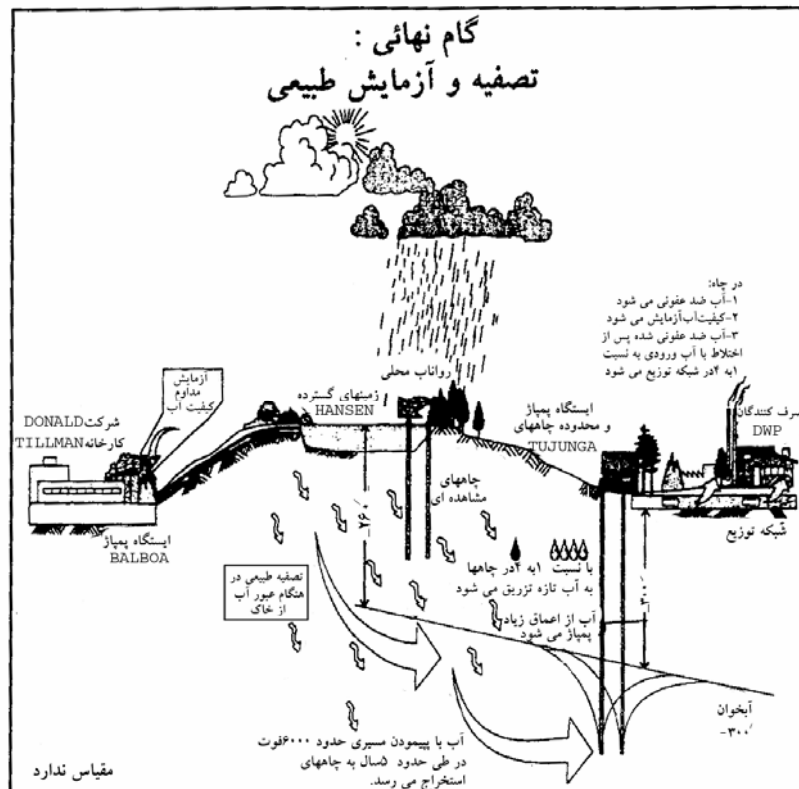
مزایای تصفیه به‌دست آمده در سامانه تغذیه در هنگامی که آب اصلاح‌شده به‌عنوان منبع آب به‌کار می‌رود، گاهی هدف اصلی تغذیه است. این سامانه، سپس به‌عنوان سامانه تصفیه خاک - آبخوان با برداشت کامل آب بازیافتی تولیدی برای استفاده شهری یا کشاورزی عمل می‌کند. بازیافت کامل آب با قرار دادن منظم حوضچه‌های نفوذی و چاه‌های برداشت به‌دست می‌آید، به‌گونه‌ای که تمام آب نفوذی اصلاح شده، با حداقل برداشت آب زیرزمینی محلی، توسط چاه‌ها برداشت می‌گردد. آگاهی درست و کامل برای اطمینان از تصفیه مطلوب لازم است. این سامانه‌ها به‌عنوان گزینه اقتصادی‌تر در مقایسه با فیلتره کردن داخل دستگاه و ضدعفونی برای پساب تولیدی نوبه سوم مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۲-۷-۵ شرایط محل

تسهیلات تغذیه آب زیرزمینی و برداشت، باید در محلی باشد که به بخش‌های قابل نفوذ آبخوان دسترسی داشته باشد. این تسهیلات باید ترجیحاً در فاصله قابل ملاحظه‌ای از نواحی با آب نامطلوب باشند، مگر اینکه هدف، مجزا کردن یا بهبود آب‌های زیرزمینی با کیفیت پایین باشد. در این مورد، این استثنا وجود دارد که محل چاه‌های ASR، در آبخوان‌های با کیفیت پایین است.



شکل ۲-۹- زنجیره دستگاه تصفیه اصلاح آب



شکل ۲-۱۰- سامانه تغذیه فاضلاب

۲-۷-۵-۱ شرایط فراگیرنده محل

مساحت محل باید به اندازه کافی باشد تا بتوان در آن از وسایل حفاری چاه و لوازم نگهداری، ذخیره مواد و در صورت لزوم امکانات تصفیه، شامل فیلتره و ضدعفونی کردن، استفاده کرد و اثر صدا را در نواحی مجاور تا مقداری قابل قبول کاهش داد. این مقدار توسط قانون یا آیین‌نامه‌های محلی یا ایالتی مشخص می‌شوند. شرایط اطراف که می‌توانند بر بهره‌برداری یک سامانه تغذیه مصنوعی تأثیر بگذارند، عبارتند از: منابع آلودگی که کیفیت آب را تخریب می‌کنند، محل و استفاده از چاههای مجاور، وجود نواحی شهری و تفریحی دارای بو و رایحه، حشرات، صدای تولیدی در محل‌های تغذیه، محل واقع در داخل گستره سیلاب ۱۰۰ ساله که روی ارتفاع واحدهای ساختمانی مؤثر است، یا وسایل و تسهیلات تأثیرپذیر از بالآمدن سطح آب زیرزمینی. اگر لایه زیرین، انتقال‌دهنده توده و برجستگی آب زیرزمینی باشد، باید تأثیر آن بر ساختمان‌هایی مانند زیرزمینها و پی‌ها مورد توجه قرار گیرد.

۲-۷-۵-۲ شرایط سطحی و زیرسطحی

تعیین شرایط سطحی و زیرسطحی از ارزیابی بخشهای مناسب عناوین هیدروژئولوژی فهرست شده در بخش ۲-۴-۱ نتیجه می‌شود. محل سامانه‌های نفوذی باید دارای خاکهای قابل نفوذ (تراوا) باشد (مخلوط شن و ماسه، ماسه و ماسه لومی). از خاک با سطح پوشیده از تخته سنگ یا پاره سنگ، عموماً باید اجتناب کرد زیرا جداکردن مواد ریز جمع‌شده در طی عملیات، مشکل است. آزمایشهای نفوذپذیری و اندازه‌گیریهای برجا (گمانه یا نمونه‌های هنگام حفر چاه) از هدایت هیدرولیکی در عمقهای مختلف مفید است. از نتیجه آزمایشهای نفوذپذیری یا آزمایش نمونه‌های زیرسطحی در آزمایشگاه، برای تعیین میزان بار هیدرولیکی نسبی در محل‌های مختلف استفاده می‌شود. این داده‌ها در پیش‌بینی ظرفیت و نیاز به زمین، و در محاسبه معیارهای طراحی و مدیریت سامانه در ابعادی کامل، لازم می‌باشند. ناحیه غیر اشباع نیز باید بررسی شود تا از عدم وجود لایه‌های محدودکننده مهم و مواد شیمیایی نامطلوب اطمینان به‌دست آید، زیرا ممکن است به وسیله آب نفوذی، شسته شده و وارد آب زیرزمینی شوند. حفر چاهکهای آزمایشی به‌وسیله مته الزامی است تا وجود یا عدم وجود لایه‌های محدودکننده مشخص شده و کیفیت آب به‌دست آید و جنس آبخوان در عمقهای مختلف معین شود. اگر معلوم شود که در هنگام بهره‌برداری پروژه، مواد شیمیایی در نواحی اشباع یا غیر اشباع قابل شسته شدن می‌باشند، باید برای بررسی، یک مطالعه موردی انجام داد. همچنین باید عمق آب زیرزمینی برآورد شود تا بتوان از پایین بودن کافی سطح ایستابی برای نفوذ نامحدود مطمئن شد. به‌علاوه باید قابلیت انتقال آبخوان، تعیین یا برآورد شود تا از کافی بودن آن برای جلوگیری از بالا آمدن ناهماهنگ آب زیرزمینی به‌صورت پشته (توده) در زیر سامانه نفوذی اطمینان حاصل شود. بالآمدگی آب در زیر سامانه‌های تغذیه را می‌توان با استفاده از مدل‌های ریاضی پیش‌بینی کرد. آبخوان باید از نواحی با آب آلوده عاری باشد زیرا می‌تواند همراه با جریان سامانه تغذیه به سمت محل‌های برداشت حرکت کنند. برای چاههای تغذیه باید بازه‌های مورد تغذیه در اعماق مختلف آبخوان و محل‌ها و نوع استفاده از آن آبخوان توسط مالکان چاههای مجاور تعیین شود.

۲-۷-۶ ملزومات آیین نامه‌ای

در توجیه روشهای مورد استفاده برای تغذیه آب زیرزمینی و ارزیابی محللهای ممکن، باید اثرهای ممکن بر خصوصیات محیطی و مجاور طرح بررسی شوند. ویژگیهای تنظیمی که باید رعایت شوند (بخش ۵ و ۶) باید برای پروژه‌های مختلف به دقت بررسی شوند. باید تشخیص داد که شرایط، مفاهیم و روشهای متفاوت، پایه و اساس آیین نامه‌های مختلف در قضاوت است. از آنجا که رعایت آیین نامه‌ها ممکن است دست کم نیاز به برخی قضاوتها باشد، کفایت این آیین نامه‌ها باید ارزیابی شود تا اطمینان به دست آید که آنها کیفیت آب زیرزمینی، محیط زیست، مالکیت‌های مجاور و موفقیت درازمدت پروژه را تضمین می‌کنند.

۲-۷-۷ طرحهای مفهومی برای محل مورد نظر

هنگامی که محدودیتی وجود نداشته یا ناچیز باشد و هنگامی که بتوان چندین هدف را که در تضاد نیستند با هم اجرا کرد، ممکن است تنها یک برنامه‌ریزی کافی باشد. با این وجود، در بیشتر موارد، بین هدفها تضاد و رقابت وجود داشته و به توسعه برنامه‌های مختلفی نیاز است. عوامل دیگری که ممکن است طرحهای متفاوتی را سبب گردد عبارت است از منابع محدود، محدودیت‌های فنی در طراحی، منافع اجتماعی و زیست محیطی، محدودیت‌های مالی و اقتصادی، پذیرش عمومی، و محدودیت‌های حقوقی، عرفی و اداری. فرموله کردن طرح، روشی تکرار شونده است که ممکن است به توجه و توجیه تعداد زیادی طرح نیاز داشته باشد؛ اگرچه در این هنگام، جزئیات به صورت عمومی ارائه می‌شود. هریک از طرحهای متعدد، و نیز گزینه عدم اجرا، باید برای دست‌آوردهای مورد انتظار در آینده، (معمولاً ۱۰ تا ۵۰ سال بعد)، مورد ارزیابی قرار گیرند.

۲-۷-۷-۱ توسعه گزینه‌های مختلف

فهرست ابتدایی گزینه‌های متفاوت باید همگی بدون حذف طرح یا طرحهایی به خاطر هزینه یا محدودیتها توسعه یابند، چرا که بسیاری از پیشنهادها غیر عملی و نامناسب ممکن است مورد علاقه و پشتیبانی ابتدایی مهمی از جانب عموم باشند. مستندسازی مدارک توجیهی برای گزینه‌های رده شده همراه با قضاوت در مورد آنها توصیه می‌شود. توسعه برنامه‌های مختلف، باید براساس مقاصد و هدفهای پروژه در یک افق زمانی آینده استوار شود. مقایسه میزان دستیابی به هر یک از برنامه‌ها در آینده باید یکی از عوامل اصلی در تعیین سود و بهره برنامه باشد.

بر پایه اطلاعات حاصل از تهیه فهرست محللهای ممکن و اطلاعات حاصل از بررسیهای مقدماتی، باید چند طرح مفهومی دست کم با در نظر گرفتن موارد زیر توسعه یابد:

- خصوصیات خاک سطحی و زیرسطحی شامل ویژگیهای هیدرولیکی آبخوان،
- موقعیت و وسعت منطقه،
- نوع وسایل و ابزار مناسب برای شرایط سطحی و زیرسطحی،
- فاصله تا منابع آب،
- میزان پیش تصفیه در صورت نیاز،

- مقدار و کیفیت آب منابع،
- عمق آب زیرزمینی،
- میزان ذخیره آب زیرزمینی موجود،
- کیفیت آب زیرزمینی،
- چاههای موجود، محل و عمق آنها،
- مسائل تنظیمی احتمالی،
- مسائل زیست محیطی احتمالی،
- برآورد هزینه‌ها به ازای هر واحد،
- امکان اضافه شدن علاقمندیهای عمومی جانبی (پارکها، پناه حیات وحش و غیره).

اگر منطقه طرح بزرگ باشد یا بیش از یک هدف در نظر باشد، ممکن است بسیاری از جزئیات طرح مشخص شود. چند عامل را می‌توان ترکیب کرد تا طرحهای مختلفی شکل گیرد. شناخت محدودیتها باید در ابتدای جمع‌بندی طرح انجام شود. افزون بر محدودیتهای گفته شده قبلی، زمان لازم به منظور طراحی برای اجرا در مقابل زمانی که نیاز به تأمین اضافی است باید در نظر گرفته شود.

۲-۷-۲-۲ مشارکت همگانی

سازماندهی گروه مشاوره همگانی در ابتدای امر (توصیه شده در بخش ۲-۱-۲) عاملی مهم در توسعه اجزای برنامه و زنجیره کامل برنامه‌های مختلف است. اعضای گروه مشاوره همگانی باید نماینده شاخص بسیاری از اقشار نواحی تحت تأثیر باشند. روش کار باید با ارائه داده‌های فیزیکی و غیر فیزیکی شروع شود و در راستای ملاحظه گزینه‌های توسعه یافته توسط حامیان پروژه پیشرفت کند. سپس گزینه‌های اضافی می‌تواند توسط گروه مشاوره همگانی پیشنهاد شود و مورد مقایسه با گزینه‌های قبلی قرار گیرد. باید برنامه‌ای برای آموزش همگانی بر پایه واقعیتها تهیه شود تا از عدم تفاهم و درک عمومی جلوگیری شود. اظهارنظر و بحثهای عمومی می‌تواند به تعدیلهایی واقع‌گرایانه، رد شدن، یا قبول برنامه موردنظر منجر شود.

۲-۷-۲-۳ طرحهای منتخب برای بررسی بیشتر

فهرست تمام طرحهای مختلف دارای پتانسیل، اکنون باید به منظور ارزیابی تفصیلی به تعدادی طرح قابل انجام، کاهش یابد. باید برای شناسایی طرح یا طرحهایی اقدام کرد که هدفهای مورد نظر را تأمین می‌کنند. گزینه دیگری مبنی بر عدم انجام طرح نیز باید برای مقایسه با موارد انتخابی توصیف شود. هر کدام از طرحها باید از نظر محدودیتها، مسائل شناخته شده، هدفهای پروژه و موفقیتهای طرح با یکدیگر مقایسه شوند. طرحهای اضافه و با بازدهی کم و غیر قابل قبول را می‌توان به راحتی حذف کرد.

از آنجا که گزینه‌ها را باید با گزینه بدون انجام طرح مقایسه کرد، باید قضاوت قابل توجهی در تعیین اساس و پایه این امر به کار برد. ارزیابی عوامل فیزیکی و غیر فیزیکی، به اضافه هزینه و بازده، فهرستی از بهترین گزینه‌ها را برای بررسی بیشتر به دست می‌دهد.

۲-۷-۷-۴ تعیین داده‌های اضافی مورد نیاز

اگر داده‌ها برای انتخاب گزینه‌های مفهومی کافی نباشند، داده‌های لازم باید جمع‌آوری شده و قبل از انتخاب گزینه‌هایی برای بررسی بیشتر، ارزیابی شوند.

اگر داده‌ها کافی باشند و گزینه‌ای انتخاب شود، باید قبل از پیشروی بیشتر، برنامه‌ریزی و سرمایه‌گذاری برای اجرای کار، شامل داده‌های اضافی مورد نیاز برای یک یا دو مرحله بررسی و مطالعه بعدی، تعیین شود. بخشی از بررسی‌های مربوط به گام بعدی را ممکن است ضمن به دست آوردن داده‌های اضافی انجام داد.

۲-۷-۷-۵ گزارش طرح مفهومی

نتایج مطالعات طرح مفهومی باید به صورت پیوسته در گزارشی شامل اطلاعات زیر ارائه شود:

- پروژه‌های انتخابی برای بررسی‌های بیشتر،
- خلاصه‌ای از داده‌های به کار رفته و مراجعی که داده‌ها در آن قرار دارند،
- مفهوم مورد استفاده در توسعه گزینه‌های شایسته بررسی بیشتر،
- نتایج حاصل از گروه مشاوره همگانی،
- مزایا و معایب هر یک از گزینه‌ها، ترجیحاً به صورت نمایش ماتریسی،
- توصیه‌ها برای داده‌های اضافی و بررسی‌های صحرائی شامل برآورد زمان و هزینه، که باید قبل یا همزمان با طراحی مقدماتی انجام گیرد،
- مسائل احتمالی فیزیکی، آیین‌نامه‌ای و زیست‌محیطی که باید بررسی و برطرف شوند.

۳- بررسیها و آزمایشهای صحرائی

مفهوم تمام عوامل ذکر شده در قبل این است که برای برنامه‌ریزی، طراحی، احداث، بهره‌برداری، و نگهداری یک پروژه تغذیه آب زیرزمینی مراحل متعدد و داده‌های بسیاری لازم است. معمولاً شروع کار با به‌دست آوردن داده‌ها و مراجع موجود برای نواحی دارای پتانسیل مورد نظر، بررسی و خلاصه کردن داده‌ها، تعیین نیاز به داده‌های اضافی، جمع‌آوری اطلاعات از راه بررسیهای صحرائی، و خلاصه کردن نتایج برای تجزیه و تحلیل آنهاست. این کوششها از چند روز تا چند سال به طول می‌انجامد و به داده‌های موجود، اندازه و محل پروژه و اهمیت تأمین آب بستگی دارد. در برخی موارد، ممکن است آزمایشهای صحرائی، پروژه‌های نمونه (بخش ۴-۱-۵)، و آزمایش تحلیلی برای تصحیح نتایج هر گام یا بخشی از یک گام لازم باشد. آزمایش تحلیلی ممکن است به شکل وزن دادن یا ارزیابی برنامه‌های مختلف باشد (بخش ۲-۷-۷ و ۴-۱-۸) یا توسط مدل‌سازی (بخش ۴-۱-۴) در طی گامهای مختلف انجام گیرد. در این بخش، آزمایشهای صحرائی به‌منظور تعیین زمین‌شناسی سطحی و زیرسطحی و خصوصیات پتانسیل منبع آب تغذیه‌کننده و آب زیرزمینی، به تفصیل توصیف نمی‌شود، اما باید توسط زمین‌شناسها و مهندسان با تجربه انجام گیرد. نتایج هر آزمایش یا مجموعه‌ای از آزمایشها، شامل داده‌ها، نتیجه‌گیریها و کشفیات مربوط به پروژه، و توصیه‌ها یا تغییرات پیشنهادی قبل از ورود به مرحله طراحی مقدماتی، باید در گزارشی یادداشت و ارائه گردند. ساخت پروژه‌های نمونه (بخش ۴-۱-۵)، در حالی که آزمایشهای صحرائی مورد نظر نیستند، اطلاعات اضافی به‌دست می‌دهد.

آزمایشهای صحرائی برای یک پروژه تغذیه سطحی، احتمالاً تنها از یک حوضچه موقت یا چندین حوضچه واقع در مکانهای با هیدروژئولوژی مختلف تشکیل می‌شود. تأسیسات دائمی‌تر نیز می‌توانند در حوضچه احداث گردند و اگر اطمینانی به کارهای پیشین وجود دارد، برای آزمایشهای صحرائی و پروژه نمونه، مورد استفاده قرار گیرند. برای پروژه‌های زیرسطحی، یک یا چند چاه آزمایشی لازم است؛ با این وجود، باید برای مصرف آینده آنها فکری کرد. مفاهیم ارائه شده برای تغذیه سطحی و زیرسطحی (بخشهای ۲-۵-۱، ۲-۵-۲، و ۲-۷) به‌منظور آزمایشهای صحرائی و پروژه‌های نمونه نیز کاربرد دارند. در انتخاب محل آزمایشهای صحرائی و پروژه‌های نمونه باید دقت کرد تا بتوان نتایج را برای کل منطقه تغذیه به‌کار برد. نواحی اطراف محل آزمایش یا پروژه نمونه، باید به‌خوبی با ابزار دقیق پوشانده شوند تا تغییرات کمی و کیفی را در فواصل زمانی متناوب، یا به‌طور دائمی ثبت نمایند.

یک بخش مهم در بررسیهای صحرائی، ایجاد پایگاه داده برای ارزیابیهای زیست‌محیطی می‌باشد (بخشهای ۲-۴-۳، ۴-۱-۸-۲، و ۶، و پیوست ۴). این نوع داده‌ها باید توسط اشخاص حرفه‌ای و با تجربه یا زیر نظر آنها جمع‌آوری شوند. هنگام برنامه‌ریزی برای جمع‌آوری داده‌های اضافی و انجام آزمایشهای صحرائی برای دیگر هدفها، به‌دست آوردن انواع داده‌های زیست‌محیطی توصیف شده در بخش ۶-۳ نباید فراموش شود. استانداردهای ASTM (پیوست ۳) بسیاری از روشهای آزمایشی که در هنگام مطالعه آب زیرزمینی مفید است را توصیف می‌کنند.

۱-۳ شناسایی (اکتشاف) سطحی

چندین روش محاسبه‌ای برای تعیین پتانسیل نفوذ در کتابهای درسی آمده است؛ با این وجود، بهترین نتیجه، از آزمایش صحرایی در نزدیک‌ترین محل به منطقه آزمایشی به دست می‌آید. برآورد مقدماتی ظرفیت نفوذ در درازمدت را می‌توان از داده‌های شناسایی و با توجه به شیب آب زیرزمینی، نوع خاک و داده‌های زمین‌شناسی زیرسطحی محل مورد نظر به دست آورد. پیش از طراحی نهایی، ممکن است برای تعیین میزان تغذیه (نفوذ) واقعی‌تر، به نفوذسنجها و قطعات آزمایشی کوچک نیاز باشد. استفاده از نفوذسنجهای استوانه‌ای، روشی قابل قبول در اندازه‌گیری مقدار نفوذ است. نفوذسنج استوانه‌ای معمولاً نتایجی منطقی به دست می‌دهد و بنابراین، به استوانه‌های دوگانه نیازی نیست. میزان نفوذ از نفوذسنجهای استوانه‌ای، به سبب واگرایی جریان و عمق محدود خیس‌شدگی، به تصحیح نیاز دارند تا مقادیری به دست آید که بتوان آنها را در حالت سیلابی درازمدت زمینهای بزرگ به کار برد. آزمایشهای نفوذپذیری باید در مکانهای متعددی در ناحیه مورد نظر انجام گیرد. میزان نفوذ درازمدت را می‌توان با احداث یک حوضچه تغذیه آزمایشی با مساحت حداقل ۰/۵ هکتار با دقت بیشتر به دست آورد. این تسهیلات آزمایشی، به برآورد هدایت هیدرولیکی (در نبود لایه‌های محدودکننده) در ناحیه غیراشباع بالای آب زیرزمینی نیز کمک می‌نمایند. حوضچه‌های آزمایشی، باید به اسباب و ابزار کافی مجهز باشند؛ چرا که نه تنها برای تعیین جریان ورودی و میزان تغذیه، بلکه برای اندازه‌گیری ارتفاع سطح آب در داخل حوضچه و مقادیر ارتفاع آب زیرزمینی در اطراف حوضچه نیز لازم می‌باشند.

۲-۳ شناسایی (اکتشاف) زیرسطحی

لایه‌ای بودن مواد زیرسطحی و وسعت آنها، در تعیین مسیری که آب مورد تغذیه دنبال می‌کند، بررسی امکان بالا آمدن آب بر روی لایه‌ای نفوذناپذیر یا نیمه‌تراوا، محل قرار گرفتن استخرها یا چاههای تغذیه و همچنین فاصله آنها، اهمیت زیادی دارد. روشهای مورد استفاده برای به دست آوردن داده‌های ژئوفیزیکی، در بخش ۲-۴-۱ آمده و روشهای مورد استفاده برای حفر چاهها در بخش ۸ بحث شده است. در جاهایی که سازندها و لایه‌های زیرسطحی تقریباً پیوسته و ممتد هستند، تعداد نسبتاً کمی آزمایش کافی است. در جاهایی که مشخص شده و یا گمان می‌رود که سازندها و لایه‌ها ناپیوسته باشند، تعداد زیادی آزمایش لازم خواهد بود.

۳-۳ پارامترهای هیدرولیکی

قابلیت انتقال و آبدهی ویژه را می‌توان بر اساس گزارش لوگهای حفاری (Van der Leeden, 1990) یا با دقت بیشتر با آزمایشهای پمپاژ در یک یا چند چاه، برآورد کرد. برای تغذیه آبخوانهای تحت فشار، باید آزمایشهایی برای تعیین قابلیت انتقال، ذخیره، نشت، ظرفیت ویژه و در صورت امکان، میزان تزریق‌پذیری ویژه اجرا شود. این مقادیر، برای تعیین حجم ذخیره لازم بوده و ممکن است به منظور تعیین مسیر جریان، وسعت، و سرعت جریان آب نفوذی و واکنش سطح آب به آن مورد نیاز باشد. در این رابطه، معادله‌هایی مانند قانون دارسی، تیس، گلاور و هنتوش وجود دارد که می‌توان آنها را در بیشتر کتابهای درسی پایه هیدرولوژی آب زیرزمینی پیدا کرد. انتشارات USGS را نیز می‌توان برای تعیین پارامترهای آبخوان به کار برد و بالا آمدن

پشته‌های آب زیرزمینی در واکنش به تغذیه را پیش‌بینی کرد. به‌دست آوردن داده‌های مطلوب از کیفیت منبع و نیز آب زیرزمینی موجود امری اساسی است و برای آن می‌توان به مراجع زیر مراجعه کرد.

ASTM D4043, D4044, D4050, D4104, D4106, D4696, D4700, D4750, D5126, D5254, D5269, D5270, D5472, D5473, D5737, D5753, D5777, D5786

۴-۳ کیفیت آب

به‌دست آوردن داده‌های مقدماتی از کیفیت آب، با نمونه‌برداری در زمان حفاری، آزمایش پمپاژ، و آزمایش کارایی آبخوان، در زمان و هزینه صرفه‌جویی می‌کند، ولی چنین نمونه‌برداریهایی و اینکه چه عواملی اندازه‌گیری می‌شوند، باید به‌دقت ثبت و یادداشت شود. از آنجا که ممکن است نمونه‌های برداشتی در زمان حفاری با گل حفاری و مواد دیگر آلوده شوند، باید نمونه‌های قابل اعتماد بیشتری، پس از توسعه چاه برداشت گردد. اگر کیفیت آب و آبخوان پیش از گام طراحی به اندازه کافی معلوم نیست، باید یک برنامه جمع‌آوری و تحلیل در نظر گرفته شود. به‌دست آوردن داده‌های کیفی مطمئن از منبع آب مورد تغذیه و آب زیرزمینی، امری اساسی است.

۵-۳ ارزش‌های محلی و زیست‌محیطی

مطالعات صحرائی برای بررسی وجود مواد شیمیایی مسموم یا زیان‌آور سطحی و نزدیک سطحی، و چاه‌های متروک به‌دلیل امکان برقراری ارتباط بین آبخوان‌های تأثیرپذیر ممکن است در پروژه پیشنهادی انجام گردد.

باید برای تعیین گونه‌های گیاهان و جانوران موجود در محل یا محل‌های پیشنهادی، بررسی‌های صحرائی به‌عمل آید. اگر گونه‌های در خطر وجود داشته باشد، انواع، تعداد و گسترش آنها ثبت و یادداشت شود.

۴- طراحی

طراحی مقدماتی، یا بررسی امکان‌پذیری بر اساس ارزیابی منابع و گزینه‌های انتخابی، به‌عنوان بخشی از طرح مفهومی انجام می‌گیرد. نتیجه طراحی مقدماتی، انتخاب طرح پیشنهادی برای مطالعات تفصیلی است تا اطمینان به‌دست آید که طرح انتخابی برای طراحی نهایی از نظر مهندسی، زیست‌محیطی و اقتصادی امکان‌پذیر بوده و در آن، به قوانین، آیین‌نامه‌ها و حقایق‌ها توجه شده است.

۴-۱ طراحی مقدماتی

طراحی مقدماتی، شامل طراحی تفصیلی کافی گزینه‌های انتخابی پیشین برای تعیین مزایا و معایب گزینه‌ها و هزینه‌های نسبی آنهاست.

۴-۱-۱ معیارهای طراحی تسهیلات سطحی

هنگامی که مقدار آب منبع، دارای نوسانهای زیادی است، مقداری ذخیره سطحی مورد نیاز است. اگر منبع آب در زمان جریانهای سیلابی، مقادیر زیادی رسوب داشته باشد، ممکن است قبل از تغذیه سطحی، بخشی از جریان جدا شده یا حوضچه‌های رسوبگیر به‌عنوان پیش‌تصفیه، مورد نیاز باشد. آب نفوذی باید پیش از ورود به بخش اشباع آبخوان، از میان رسوبات سطحی عبور داده شود. به‌طور کلی، هرچه بافت رسوبات سطحی درشت‌تر باشد، ظرفیت نفوذ ابتدایی و نگهداشت بعدی بیشتر خواهد بود. حوضچه‌های کم‌عمق با عمق حدود ۲۰ سانتی‌متر، سریع‌تر از حوضچه‌های عمیق‌تر، زهکشی می‌شوند، اما حوضچه‌های عمیق‌تر دارای سطح بیشتری از دیواره‌های جانبی برای نفوذ هستند. شکل حوضچه‌ها و عمق آب که سبب بیشترین میزان نفوذ می‌شوند، به هیدرولوژی محل و فاصله حوضچه‌ها از هم بستگی دارد.

هدف از پروژه‌های تغذیه از نوع حوضچه‌ای، به‌دست آوردن بیشترین نسبت سطح خیس‌شده به سطح کل زمین است. نسبت‌های نمونه در حوضچه‌های موجود، حدود ۷۵ درصد است. با این وجود، در نواحی شهری این نسبت نزدیک به ۹۰ درصد است. شرایط بهره‌برداری و نگهداری نیز برخی محدودیتها را در استفاده از آنها به‌وجود می‌آورد.

در نواحی توسعه نیافته، خاکریزها به‌میزان زیادی با انتقال خاک محلی توسط ماشینهای معمول (بولدوزر) به‌داخل مکان موردنظر، ساخته می‌شوند؛ این کار بدون توجه به شیب و تراکم خاکریز انجام می‌گیرد. با این وجود، در ناحیه شهری که در آنجا تراوش یا شکست خاکریز منجر به خسارت به املاک خصوصی می‌شود، باید توجه بیشتری به ساختمان پی و دیواره‌های خاکی شود. عموماً، خاکریزها را می‌توان با شیب جانبی ۱/۵ به ۱، با عمق آزادی برابر ۰/۳ تا ۰/۹ متر (با توجه به تراکم مواد، اندازه حوضچه و جهت باد) بنا نمود. سرریزهای ساخته شده از الوار عمل آورده شده، عمر مفیدی حدود ۱۰ تا ۱۵ سال داشته، و در نتیجه این امر، کاربرد بتن برای تسهیلات و اقدامهای دائمی را تأیید می‌نماید. معمولاً روی خاکریزها جاده‌هایی به‌منظور نگهداری، بررسی، بهره‌برداری و نگهداری ساخته می‌شوند. آب‌بندهای خاکی، سدهای لاستیکی و سدهای چوبی در بخش ۲-۵ بحث شده‌اند.

برای سامانه‌های حوضچه‌ای متعدد، کنترل کافی جریان ورودی و بین حوضچه‌ای باید انجام گیرد. آبگذرهای دریچه‌دار و دارای اندازه کافی، مستقر در میان خاکریزها، مانند سرریزها و دیگر خروجیها، موفق عمل کرده‌اند. باید در مورد جلوگیری از سرعت‌های فرسایشی در پایین دست چنین ساختمانهایی توجه نمود. باید در قسمت پایینی پروژه، ساختمانی برای کنترل و امکان برگرداندن آب اضافی به نهر یا کانال قرار داده شود. برای بهترین حالت بهره‌برداری پروژه، هر حوضچه باید از نظر هیدرولیکی مستقل باشد.

۴-۱-۲ معیارهای طراحی تسهیلات زیرسطحی

افراد مسئول در بهره‌برداری از تسهیلات تغذیه، باید با معیارهای طراحی چاهها آشنا باشند. اگرچه اصول بنیادی طراحی برای چاههای تغذیه و برداشت مشابه هستند، ولی بهره‌برداری موفق نیاز به شناخت تفاوت‌های مهم طراحی چاهها، تأسیسات سرچاه و میدانهای چاه تغذیه در مقایسه با چاههای بهره‌برداری یا مشاهده‌ای دارد. دانستن این موضوع مهم است که شرایط فیزیکی بهره‌برداری متفاوت می‌باشد. در صورت فقدان ظرفیت، دانش طراحی امری اساسی است.

اطلاعات کامل از زمین‌شناسی و هیدرولوژی سازندهای زیرزمینی، مقدمه طراحی مناسب چاه و حصول نتایج کارآمد برای یک پروژه تغذیه است. خواص آبخوان را باید از راه تجزیه و تحلیل نمونه‌ها، و در صورت امکان، نمونه‌های حفاری و آزمایش پمپاژ چاهها به دست آورد. توزیع اندازه ذرات، تخلخل، آبدهی ویژه، هدایت هیدرولیکی، قابلیت انتقال، ذخیره‌پذیری و نشت باید تعیین گردند.

هر چاه تغذیه ممکن است منبع مستقل تأمین آب داشته باشد و یا سامانه تأمین آب مشترکی برای چندین چاه موجود باشد. قسمتی از سامانه تأمین، دستگاهی برای ایجاد فشار مورد نیاز برای برقراری جریان تأمین آب و فراهم آوردن فشار لازم برای تغذیه است. این دستگاه می‌تواند دستگاهی برای بالا بردن قدرت پمپاژ یا دستگاه کاهش‌دهنده فشار، بسته به تراز آب تأمین شونده باشد. برای هر چاه باید شیر فلکه‌ای جداکننده نصب شود. این شیرفلکه، می‌تواند کارکرد چاه را متوقف کند بدون اینکه نیاز به بستن کل سامانه باشد. شیر فلکه ترجیحی برای این کار، از نوع شیر پروانه‌ای یا دریچه است. شیر فلکه کروی به خاطر نیاز به آزمایش مرتب مناسب نیست.

یک دستگاه جریان‌سنج برای هر یک از چاههای تغذیه جهت ثبت و تنظیم جریان لازم است. دستگاه مورد استفاده باید بتواند آمار مجموع جریان را نیز برداشت کند. قاعدتاً هرگونه دستگاه قابل اطمینان برای اندازه‌گیری جریان در سامانه آب تحت فشار مناسب می‌باشد، با این نظر که انتخاب دستگاهی ویژه، به پروژه تغذیه خاص بستگی دارد. شیر فلکه‌های کروی برای تنظیم جریان مناسب است. به‌طور کلی شیر فلکه‌های پروانه‌ای برای تنظیم جریان در چاههای تغذیه عملکردی رضایت‌بخش داشته‌اند. سازمان کنترل سیلاب در لوس‌آنجلس از دستگاههای فشار متغیر (لوله‌های جریان و صفحه‌های روزنه‌دار) برای آگاهی از میزان جریان در ۲۱۰ چاه تزریقی، برای جلوگیری از ورود آب دریا به آب زیرزمینی در ساحل استفاده می‌کند. هنگامی که مجموع جریان هر چاه به تنهایی مورد نیاز نیست، جریان‌سنجهای قابل حمل به‌جای دستگاههای اختصاصی به کار می‌روند. تجربه پروژه‌های لوس‌آنجلس نشان می‌دهد که تنظیم میزان جریانهای بسیار کم با شیر فلکه‌های پروانه‌ای اندکی مشکل‌تر از شیر فلکه‌های کروی است.

ملاحظات انتخاب قطر چاههای تغذیه، نشان داده است که قطر چاه تغذیه یک منظوره با قطر چاههای دو منظوره ASR متفاوت است. لوله جدار چاه تغذیه باید به اندازه کافی بزرگ باشد تا برای لوله انتقال جریان و دیگر وسایل مورد نیاز در داخل چاه فضای کافی وجود داشته و همچنین حجم زیادی برای دستگاههای پمپاژ و توسعه‌های بعدی چاه داشته باشد. البته، هرچه لوله جدار چاه بزرگ‌تر باشد، هزینه چاه بیشتر خواهد بود. برای چاههای ASR، قطر لوله جدار باید برای نگهداشت پمپ کافی باشد. معمولاً این قطر با وسایل مورد نیاز در داخل چاه سازگار است.

محدودیت‌های مشابهی برای افزایش عمق چاههای تغذیه یا پمپاژ وجود دارد؛ به‌گونه‌ای که هزینه هر متر حفاری چاه با عمیق‌تر شدن چاه افزایش می‌یابد. بجز افزایش هزینه، دلیل روشن دیگری برای محدود کردن عمق چاههای تغذیه وجود ندارد. بدیهی است که عمق چاه به عمق آب زیرزمینی و آبخوان مورد تغذیه بستگی دارد. برای چاههای ASR، عمق بخش صافی‌گذاری شده یا مشبک به درجه مجاز بودن مخلوط شدن آبهای محلی و ذخیره‌شده یا به احتمال وجود کانیه‌ها در برخی از قسمت‌های چاه بستگی دارد که می‌توانند سبب بروز مسائل شیمیایی شوند. هنگامی که مخلوط شدن باید محدود شود (برای مثال، به‌خاطر تفاوت‌های مهم در کیفیت آب)، انتخاب دقیق بازه ذخیره لازم خواهد بود.

انتخاب نوع چاه برای محلی مشخص، بر پایه همان اصولی است که در انتخاب یک چاه پمپاژ مدنظر است. بسته به ماهیت سازندها، چاه تغذیه ممکن است حفاره‌ای باز در سازندهای به‌هم چسبیده و محکم یا دارای پوشش فیلتری مصنوعی یا طبیعی در سازندهای منفصل و جدا از هم باشد. عملکرد پوشش فیلتر، نگهداری مواد آبخوان، و عملکرد صافی چاه، نگهداری پوشش فیلتری است. طراحی نادرست صافی چاه و پوشش فیلتری چاه تغذیه می‌تواند منجر به افزایش پتانسیل گرفتگی و بسته شدن چاه شود. طراحی صافی چاه باید همراه با پوشش فیلتری صورت گیرد، که آن نیز بر پایه اندازه مواد سازند است. مواد فیلتری خیلی ریز می‌تواند از توسعه کامل (رفع انسداد) سازندهای به‌هم نچسبیده اطراف چاه جلوگیری نموده، پتانسیل گرفتگی را افزایش داده و توسط فشار آب تزریقی به‌داخل سازند رانده شوند.

اگر مواد پوشش فیلتری بسیار درشت باشند، در هنگام توسعه چاه منجر به فرسایش سازند می‌شوند، و برای چاههای تغذیه، مجوز حرکت مواد مسدودکننده را به‌داخل سازندها می‌دهند که هنگام توسعه دوباره نمی‌توان آنها را جدا کرد. نمونه‌هایی از سازندهای مجاور صافی چاه باید الک (غربال) شوند تا توزیع اندازه ذرات تعیین شود. دانه‌بندی فیلتر باید به شکلی انتخاب شود که بتواند حرکت ذرات ریز از سازند به‌داخل چاه را کنترل نماید. اگر اندازه دانه‌بندی کافی باشد، ممکن است یک فیلتر طبیعی را از مواد موجود در سازند بوجود آورد.

معمولاً ضخامت مؤثر فیلتر از ۸۰ میلی‌متر (حداقل) تا ۲۳۰ میلی‌متر (حداکثر) است. برای چاههای پمپاژ با فیلتر طبیعی، سوراخهای صافی باید به شکلی انتخاب شود که ۳۰ تا ۶۰ درصد مواد آبخوان را نگهداری نمایند؛ برای فیلترهای مصنوعی، سوراخهای صافی باید توانایی نگهداری حداقل ۹۰ درصد از مواد فیلتر را داشته باشند. منحنی فیلتر و توزیع اندازه ذرات آبخوان باید موازی هم بوده و فیلتر از مواد درشت‌تر باشد. پوشش فیلتر با اندازه نگهداری ۷۰ درصد باید ۴ تا ۶ برابر مواد آبخوان باشد. ضریب ۴ برای آبخوانهای دانه‌ریز و یکنواخت، و ضریب ۶ برای آبخوانهای با مواد درشت‌تر و غیر یکنواخت کاربرد دارد.

احداث یا توسعه نادرست چاه می‌تواند مایعات حفاری را در فیلتر و سازندهای مجاور، برجا گذارد که در نتیجه آن هدایت هیدرولیکی و بازده چاه، به‌میزان مؤثری کاهش می‌یابد. توسعه بیش از حد چاه می‌تواند مواد ریزدانه سازندها را به‌داخل فیلتر

بکشد و قابلیت تخلیه و تغذیه چاه را کاهش دهد. از آنجا که هزینه نگهداری، عاملی مهم در ارزیابی اقتصادی پروژه است، طراحی باید شامل اقدامهایی برای اجتناب از مسائل احتمالی در نگهداری باشد.

از آبهای با خصوصیات کیفی متفاوت اعم از آب واردشده، آب آشامیدنی تصفیه شده از منابع سطحی و زیرزمینی، آب رودخانه و دریاچه تصفیه شده و تصفیه نشده، و فاضلاب تصفیه شده در چاه تغذیه استفاده شده است. تمام آب مورد استفاده برای چاههای تغذیه، بدون مواد جامد معلق و گازهای محلول بوده و به میزان کافی ضد عفونی شده بودند.

اصطلاح «بار تغذیه (تزریق)» برای توصیف بار یا فشار هیدرولیکی مورد نیاز چاه تغذیه به منظور تزریق آب به درون سازندهای زیرزمینی به کار می رود. می توان آن را به عنوان تصویر معکوس افت در چاه پمپاژ در زمان حداقل بودن اثر گرفتگی در چاه و آبخوان در نظر گرفت. «بار تزریق» را ممکن است به عنوان ستونی از آب در داخل چاه تغذیه در بالای سطح آب زیرزمینی ساکن تعریف کرد. این ارتفاع، برای مقابله با تلفات اصطکاک به وجود آمده و هنگام حرکت آب از چاه به داخل آبخوان لازم است. تلفات هیدرولیکی شامل تلفات در لوله انتقال یا ستون پمپ تا صافی چاه، تلفات از میان صافی چاه، تلفات در پوشش سنی، تلفات در اثر گرفتگی سطح مشترک با آبخوان و تلفات اصطکاک به دلیل حرکت آب از میان آبخوان به سمت چاه است. بار فشاری، بخشی از بار کلی است و شامل ارتفاع چاه نیست.

بر اساس تجربه سازمان آب منطقه آلامدا - کالیفرنیا، به نظر می رسد که با کاهش دمای آب از ۲۰ درجه سانتی گراد به ۱۰ درجه سانتی گراد، میزان نفوذ عمقی در حوضچه ها کاهش می یابد. تأثیر مشابهی در چاههای تزریقی به دلیل افزایش افت بار در حالتی که آب تزریقی سردتر از آب زیرزمینی محلی باشد رخ می دهد. این عمل، در نتیجه تغییر در میزان گرانیروی آب است. با گرم شدن آب تغذیه توسط آب زیرزمینی، یا توسط خود آبخوان، هوای محلول خارج شده و غلظت هوا در آب به مقدار زیادی کاهش می یابد. هنگام خارج شدن هوا، گرایش به حفظ هوا و بسته شدن خلل و فرج در فاصله بسیار نزدیک چاه وجود دارد (بخش ۱۰-۷-۲-۳). در تمام موارد، بار فشاری ایجادشده روی آبخوان، باید کمتر از فشار شکستگی آبخوان باشد، مگر اینکه هدف، شکستن آبخوان باشد.

محدودیت در ارتفاع تغذیه، به میزان زیادی به وجود یا عدم وجود لایه محدودکننده، مقاومت لایه محدودکننده، میزان زیان به تأسیسات سطحی در اثر جمع شدن آب در مجاورت چاه، افتی که با پمپاژ چاه برای جدا کردن ذرات جامد به وجود می آید، و شاید دیگر توجهات و ملاحظات ویژه در مکانی معین بستگی دارد. برای مثال، در پروژه جلوگیری از ورود آب دریا به آبخوانهای ساحلی در منطقه لوس آنجلس بار تزریقی در چاههای تزریقی، نباید از مقاومت برآورد شده پوشش رسی روی آبخوان بیشتر می شد. در چاههای ASR بار تزریق معمولاً محدود به افت پمپاژ و اطمینان از برطرف شدن گرفتگی چاه در هنگام شستشوی معکوس خواهد بود.

معمولاً در چاههای تغذیه، سطح آب یا سطح پتانسیومتری (فشاری) در داخل لوله جدار چاه برای تغذیه ثابت، افزایش می یابد. این، نشان دهنده افزایش آشکار در افت بار تزریقی است. مقدار تغییر در بار تزریقی به نام «میزان گرفتگی» خوانده شده و برای مشخص کردن دوره مناسب برای توسعه چاه تغذیه به کار می رود. برای یک چاه ASR، این کار معمولاً شامل پمپاژ چاه به مدت چند دقیقه در هر چند روز، هفته، یا ماه است. برای چاه تغذیه یک منظوره، این کار معمولاً با تکرار کمتری انجام می شود، ولی به کوشش بیشتری نیاز دارد.

۴-۱-۳ رسمیت بخشیدن به طرحهای متعدد

در مرحله طرح مفهومی، کمبود داده‌ها باید مشخص شده و پیش از این مرحله تصحیح شود. تمام طرحهای متعدد باید تا همان سطح دقت توسعه یابند. این سطح، شامل عوامل مهندسی، زیست‌محیطی، قانونی و اقتصادی است. سطح اطمینان یا خطرپذیری، به اثر خطاهای انجام‌شده در این مرحله بستگی دارد؛ برای مثال در چه زمان و چه منابعی در نتیجه عدم توانایی در کامل کردن طراحی نهایی به سبب داده‌های ناکافی یا یافته‌های ناسازگار در گام طراحی مقدماتی حذف می‌شوند. منظور از بررسی در این سطح، تعیین هزینه‌ها و منافع نسبی، و زیانهای هر یک از گزینه‌ها و انتخاب امیدبخش‌ترین آنها برای طراحی نهایی است.

۴-۱-۴ آزمایش با مدل‌سازی (تسبیه‌سازی)

در این بخش از بررسیهای تغذیه باید کاربرد مدل کامپیوتری مورد توجه قرار گیرد. مدل، عبارت است از نمایشی از یک وضعیت حقیقی که برای هدفی خاص تهیه می‌شود. جریان آب زیرزمینی را می‌توان به روشی غیرمستقیم در یک مدل ریاضی با معادله‌هایی نشان داد که نماینده فرایندهای فیزیکی، سطوح آب زیرزمینی و شرایط مرزی باشد. بسته به پیچیدگی شرایط هیدروژئولوژیکی حوضچه آب زیرزمینی و تسهیلات و امکانات برنامه‌ریزی، مدلها می‌توانند به گونه‌ای ساده یا به اندازه‌ای پیچیده باشند که برای حل آنها به کامپیوتر نیاز باشد.

مدلها حالتی عمومی، تفسیری و قابل پیش‌بینی دارند (Anderson and Woessner, 1992). همچنین می‌توان از آنها در تدابیر مدیریتی استفاده کرد و در بهینه‌سازی هدفها مانند کمترین میزان هزینه، حداکثر بازدهی و بیشترین استفاده از آب زیرزمینی نیز به کار روند. گاهی این کار را می‌توان به روش آزمایش و خطا، به معنی استفاده مکرر از مدلی با مقادیر مختلف انجام داد، ولی اغلب، مدل بهینه‌سازی برای به دست آوردن راه حلی بهینه لازم است.

در حالت عمومی، می‌توان از مدلها در به دست آوردن شناختی از هیدروژئولوژی فرضی محل استفاده کرد. برای مثال مدلهای عمومی را می‌توان برای بررسی پویایی (حرکت) سامانه و واکنش بین آب سطحی و زیرزمینی مورد استفاده قرار داد. با به کارگیری مدل به عنوان ابزار پیش‌بینی، مدل می‌تواند شرایط آینده را در برنامه‌های مختلف برآورد نماید. مدلهای عمومی و تفسیری، نیاز به واسنجی ندارند در حالی که مدلهای پیش‌بینی، نیاز به واسنجی دارند. در این مرحله از بررسیها، داده‌های موجود باید برای توجیه استفاده از مدل پیش‌بینی کافی باشد تا بتوان مدل را برای بررسی واکنش سامانه هیدروژئولوژیکی به طرحهای مختلف آزمایش کرد.

مراحل اصلی ایجاد مدل جریان آب زیرزمینی، در شکل ۴-۱ ارائه شده است. همان‌گونه که اشاره شد، اولین گام (پس از مشخص شدن هدف) ارائه یک مدل مفهومی از سامانه هیدروژئولوژیکی است. این یک مرحله اساسی است که باید قضاوت تخصصی و منطقی و نیز داده‌های قابل اعتماد زیادی را به همراه داشته باشد. مدل مورد نظر باید واحدهای آب چینه‌شناسی سامانه آبخوان را منعکس کند و شامل تمامی مرزهای آب سطحی و آب زیرزمینی قابل شناسایی باشد. این اطلاعات می‌توانند برای برقراری محدوده مکانی مدل عددی پیشنهادی به کار روند (Anderson and Woessner, 1992).

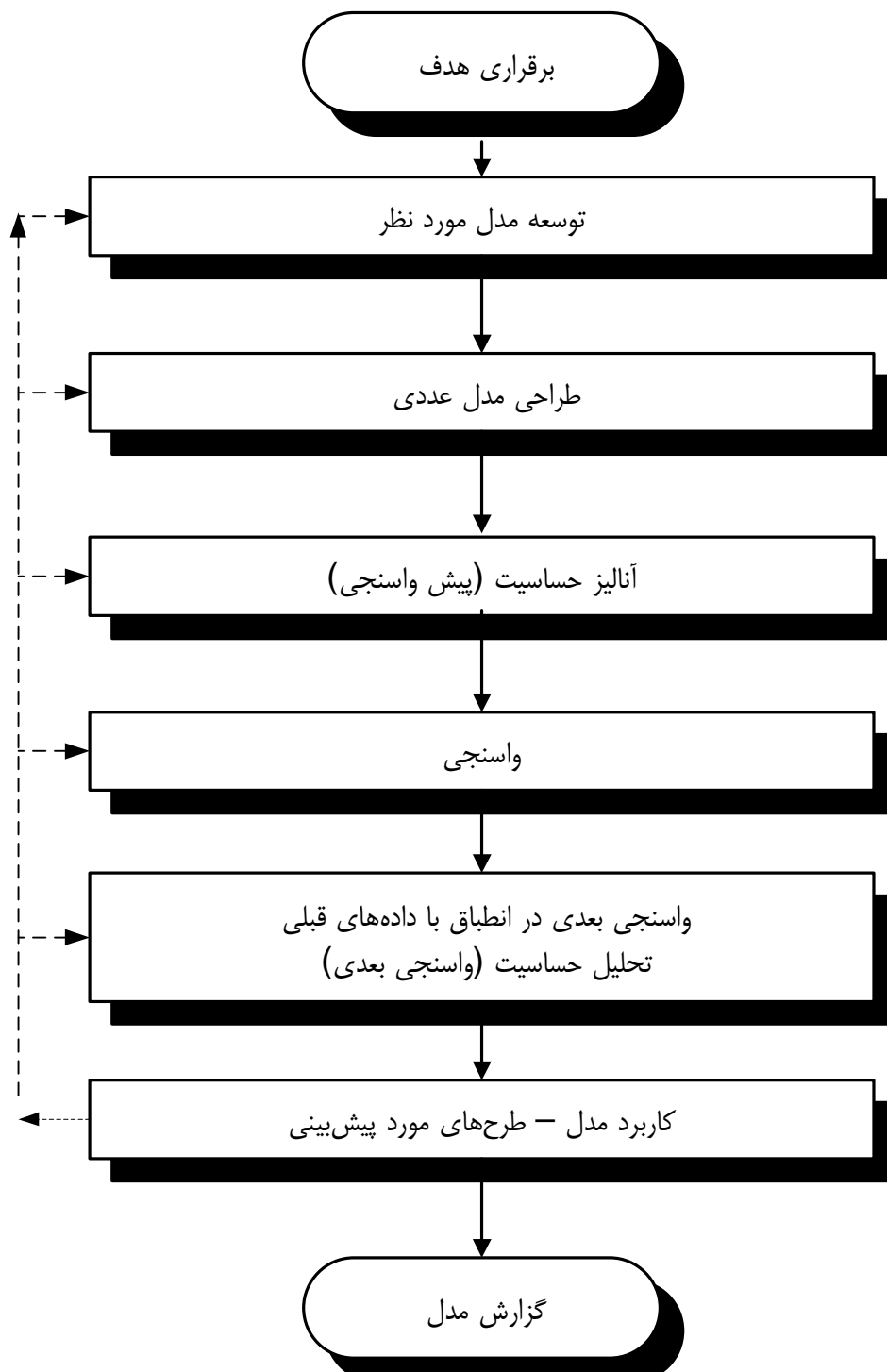
گام بعدی پس از کامل شدن مدل مفهومی، طراحی مدل عددی است که مدل مفهومی را نمایش می‌دهد. قبل از جلو رفتن این گام، باید مدلی یک، دو، یا سه بعدی تعیین شود. سپس کارهای باقی‌مانده شامل طراحی شبکه تفاضل محدود یا شبکه اجزای محدود، انتخاب کد مدل، برقراری شرایط اولیه و مرزی، توصیف لایه‌های مدل و اعمال پارامترهای مدل روی سلولها یا گره‌ها انجام شود. طول فاصله زمانی مناسب نیز باید بر پایه هدفهای مدل، و طبیعت سامانه هیدروژنولوژیکی و کمیت و کیفیت داده‌های موجود برای ورود به مدل و واسنجی مدل برقرار شود. کد مدل، باید توانایی شبیه‌سازی تمام فرایندهای هیدروژنولوژیکی وابسته را داشته باشد. برای مثال در نواحی که آب سطحی و آب زیرزمینی از نظر هیدرولیکی به شدت به هم پیوسته هستند، استفاده از مدل با کد اختلاط آب سطحی - زیرزمینی باید مورد توجه قرار گیرد (مرجع بالا و استانداردهای ASTM D5609, D5610).

هنگامی که مدل عددی کامل شد، اجرای آنالیز حساسیت، به تشخیص پارامترهایی که مدل به آنها بیشترین حساسیت را دارد کمک می‌کند. این پارامترها باید در تعدیل روند، اولویت واسنجی داشته باشند. افزون بر این، آنالیز حساسیت می‌تواند باعث افزایش شناخت سامانه هیدروژنولوژیکی شود و تعیین کند که در کجا فقدان داده‌های ورودی وجود دارد و تقدم در جمع کردن داده‌ها را نشان دهد. در مدل‌سازی تغذیه آب زیرزمینی به روش سطحی، لایه مسدودکننده بویژه در مرز بین آب سطحی و زیرزمینی حساس است.

در این هنگام، واسنجی مدل را می‌توان انجام داد. واسنجی یک مدل جریان آب زیرزمینی شامل تعدیل منظم پارامترهای ورودی (با روش آزمایش و خطا یا دیگر روشهای خودکار) در نتیجه تکرار مدل (در محدوده خطای قابل قبول) بوده تا واکنشهای سامانه که قبلاً اندازه‌گیری شده‌اند مانند ارتفاع آب زیرزمینی، جریان پایه، میزان تراوش و تبخیر و تعرق را منعکس نماید. برای بالابردن اطمینان به واسنجی مدل، داده‌های پیشین باید دارای دامنه‌ای وسیع از مقادیر اندازه‌گیری شده در دوره زمانی نسبتاً درازمدت باشند. معیارهای واسنجی باید نوع سامانه مدل شده و هدف مدل‌سازی را منعکس نمایند. هنگام واسنجی، کشف اشتباهات و کمبودها در مدل امری معمول بوده و به بازنگری گامهای پیشین در روش کار نیاز است (شکل ۴-۱).

در ادامه واسنجی، پیشنهاد می‌شود که مدل برای زمان گذشته که برای واسنجی استفاده نشده است، به کار رود و نتایج مدل با داده‌های پیشین مقایسه شوند. این کار، به نام تأیید مدل (یا درستی) معروف است؛ اگرچه مدل‌های آب زیرزمینی نمی‌توانند با حقیقتی کامل تأیید شوند. در بسیاری موارد، هنگامی که دوره‌هایی نسبتاً کوتاه از آمار وجود دارد، داده‌ها فقط برای واسنجی جزیی کافی هستند. در این حالت، نتایج باید با احتیاط و هوشیاری مورد استفاده قرار گیرد. با پیشرفت بررسیها، داده‌های اضافی باید جمع‌آوری شده و برای ادامه واسنجی و تأیید مدل به کار روند. از سوی دیگر، اگر داده‌های کافی برای تأیید وجود دارند اما تأیید به دست نمی‌آید، روش واسنجی باید بازنگری شود (مراجع قبلی).

استفاده از مدل آب زیرزمینی برای شبیه‌سازی پیش‌بینیها معمولاً به‌عنوان آخرین مرحله از کل فرایند مدل‌سازی است؛ اگرچه نقایصی را می‌توان در طی این گام پیدا کرد که لازم به بازنگری گامهای قبلی است. کاربرد مدل نیز، گامی است که در آن، بیشترین مسئولیت تخصصی وجود دارد. هنگام تفسیر نتایج پیش‌بینی شده، قضاوت تخصصی و مستدلی لازم است؛ بویژه، در تصمیمهای مبتنی بر کاربرد مدل آب زیرزمینی باید به عدم اطمینانهای نتایج خروجی از مدل توجه شود. آنالیز عدم اطمینان پس از واسنجی مدل می‌تواند برای دستیابی به کمیت عدم اطمینان انجام شود. واقعیت مهمی که باید همیشه مدنظر باشد، این است که مدلی با واسنجی موفق، حتماً پیش‌بینی‌هایی دقیق ارائه نمی‌دهد.



شکل ۴-۱- گام‌های فرایند مدل‌سازی جریان آب زیرزمینی

در برخی مواقع، روش عددی در مدل‌سازی جریان آب زیرزمینی نه فقط تنها گزینه‌ی موجود نیست، بلکه مناسب‌ترین گزینه هم به‌شمار نمی‌آید. در این موارد، روش‌های تحلیلی مانند روش عناصر تحلیلی باید مورد توجه قرار گیرند (Haitjema, 1995)؛ (بوژه، در مدل‌سازی آب زیرزمینی روش‌های تحلیلی اغلب می‌توانند به‌عنوان پیش درآمد یا پس‌آوردی (مکملی) برای مدل‌های عددی باشند). با این وجود، مقدار قابل توجهی قضاوت تخصصی برای اجرای چنین روش‌هایی لازم است. با افزایش محبوبیت برنامه‌های رایانه‌ای و قدرت رایانه‌ها، خطر به‌کار بردن برنامه‌ها و نتایج نیز افزایش می‌یابد. در استفاده از نتایج حاصله از یک شبیه‌سازی رایانه‌ای، تصمیم‌گیرنده برای به‌دست آوردن نتایج مورد نظر باید از حدود دقت داده‌های ورودی و نیز از روابط مورد استفاده در رایانه آگاهی کامل داشته باشد. برای برخی از مکانها و سطح بررسی، احتمالاً عاقلانه‌تر است که استفاده از مدل‌های پیشرفته و در سطحی بالا به تعویق افتد زیرا پیشرفتگی مدل باید در تناسب با مقدار، دقت و تفصیل داده‌ها باشد.

۴-۱-۵ آزمایش با پروژه نمونه^۱

به‌منظور آزمایش و پایش باید یک برنامه پیشنهادی به همراه برخی جزئیات ارائه شود. این کار شامل تعیین و پایش پارامترهای هیدرولوژیکی مانند جریان‌های پایه در آب‌روها و سطوح آب زیرزمینی در ناحیه ذخیره قبل از شروع عملیات تغذیه است. این کار، باید به‌وسیله پایش چندین دوره تر و خشک برای تغذیه از حوضچه‌های تغذیه کم‌عمق یا چندین ماه برای حوضچه‌های عمیق یا تغذیه از مجرای رودخانه دنبال شود. اگر منبع از آب تصفیه‌شده باشد، باید مدت زمانی را برای آزمایش‌های اضافی در نظر گرفت. برای چاه‌های از نوع ASR، این کار شامل چندین دوره تغذیه و برداشت است، در حالی که برای چاه‌های تغذیه، این کار شامل چندین ماه بهره‌برداری در شرایط نمونه است.

محل و فواصل زمانی (فرکانس) آماربرداری و نمونه‌برداری، و پارامترهای موردنیاز در تجزیه نمونه‌ها، باید توسعه یابند. به‌عنوان نمونه، این داده‌ها شامل سطوح آب، جریان‌ها، فشارها و کیفیت آب است. این کار، معمولاً بخش زمان‌بر و پرهزینه برنامه آزمایش بوده و باید با بیشترین دقت ممکن برنامه‌ریزی شود تا هدف درست و بودجه کافی باشد. برخی از برنامه‌های آزمایشی در پایان برنامه در جمع‌آوری داده‌های کافی مورد نیاز در تفسیر نتایج تغذیه دچار شکست می‌شوند.

پروژه‌های آزمایشی یا نمونه، باید به میزان کافی درازمدت باشند تا مجوز رسیدن، یا دست‌کم نزدیک شدن آب زیرزمینی به حالت تعادل را بدهند. از آنجا که تعادل آشکار فقط برای دوره‌ای کوتاه‌مدت است، دوره آزمایش باید تا مدت زمانی منطقی پس از تعادل آشکار ادامه یابد. دلایل برای چنین شرایطی، شامل انباشتگی آب در یک آبخوان تا شروع نشت به‌سمت آبخوان واقع در زیر، گرفتگی درازمدت یا واکنش‌های آهسته ژئوشیمیایی است. همچنین، باید مراقب واکنش بر پروژه و چاه‌های دیگر یا فعالیت‌های تغذیه (طبیعی یا مصنوعی) در ناحیه بود. پروژه‌های آزمایشی، مانند همیشه توافق و سازشی است؛ بین آنچه از نظر تئوری مدنظر است و آنچه در عمل قابل به‌دست آوردن است. از آنجایی که نتایج پروژه‌های نمونه به مقیاس و معیار بستگی دارند، این پروژه‌ها باید در اندازه و با مقیاس کامل، یا تا حد ممکن نزدیک به آن، بنا شوند. نتایج به‌دست آمده از پروژه‌های

آزمایشی با مقیاس کوچک و با چاههای با قطر کم، منجر به ارائه مقدار جریان کم و آمیختگی بیشتر شده و نتایج نسبتاً کمتر آبدهی را نسبت به چاههای با مقیاس کامل ارائه می‌دهد.

۴-۱-۶ هزینه‌ها، فواید و کیفیت

با استفاده از بیلان آبی یا مدل‌های ریاضی بر پایه تحلیل هیدرولوژیکی، فایده برای پروژه‌های متعدد باید برآورد شود. تأثیر سطوح مختلف کیفیت نیز باید مورد توجه باشد. اگر بررسیهای زیست‌محیطی (که باید به موازات بررسیهای مهندسی انجام گیرند) نشان دهد که گزینه‌ای باعث اثرات مضر زیست‌محیطی خواهد شد، میزان کاهش و تخفیف خسارات باید برحسب واحد پولی و فایده تعیین شود. انواع هزینه‌های مورد توجه در بخش ۷ مورد بحث قرار خواهند گرفت.

۴-۱-۷ بررسیهای زیست‌محیطی

بررسیهای زیست‌محیطی پیشین باید بازبینی و به هنگام گشته و مشتمل بر موارد زیر باشند؛ در بخش ۶ در این باره بیشتر بحث شده است:

- جنبه‌های اقتصادی - اجتماعی،
- نواحی حساس از نظر زیست‌محیطی،
- پتانسیل مثبت اثرات زیست‌محیطی،
- ارزیابیهای زیست‌محیطی، گفته‌ها و بازنگری‌ها،
- بالا بردن جنبه‌های اجتماعی و زیست‌محیطی.

۴-۱-۸ ارزیابی طرحهای متعدد

نتایج پیش‌بینی شده یک پروژه، باید با هدفهای پروژه و با گزینه عدم انجام پروژه مقایسه شوند. اثرات مثبت و منفی ناشی از هر گزینه، همراه با هزینه‌ها و فواید مورد انتظار از پروژه، باید در فهرستی مفصل آورده شود، و در صورت نیاز، خلاصه‌ی آن تهیه گردد.

۴-۱-۱-۱ مشارکت همگانی

در این سطح از بررسیها، مشارکت و ارائه نظر همگانی حائز اهمیت بیشتری است و شاید امری اساسی باشد. در مراحل قبلی، پیشنهادهای ورودی از طریق مجمع مشورتی انجام می‌گرفت. در این مرحله، نمایش وسیع‌تری از انتخاب گزینه‌ها، از طریق اجتماع همگانی باز توصیه می‌شود. اطلاعات ارائه‌شده به عموم، باید شامل سود و زیانهای گزینه‌ها (و نیز گزینه عدم انجام)، اثرات کیفی گزینه‌ها روی آب زیرزمینی و منابع تحویلی، هزینه‌های پروژه برای مصرف‌کنندگان، و روشهای مختلف تأمین بودجه، پیچیدگیهای زیست‌محیطی همراه با اقدامهای تسکینی باشد.

۴-۱-۱-۲ ملاحظات اقتصادی

داده‌های هزینه واحد برای امکانات و تسهیلات پروژه، باید از نظر کامل بودن بازنگری شده و در صورت لزوم به‌هنگام گردد و سپس در تعیین هزینه‌های هر گزینه استفاده شود. برآورد فواید هر گزینه در ترکیب با داده‌های مناسب هزینه، میزان تقریبی هزینه‌های واحد آب تغذیه و برداشتی و افزایش مورد انتظار ظرفیت سامانه در تأمین آب در هنگام اوج مصرف را به‌دست می‌دهد. در تحلیلها باید هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری، پیش‌بینی موجود بودن منابع آب تغذیه در آینده، عمر مفید پروژه، و هزینه‌های پایانی را نیز در نظر گرفت. هزینه‌ها معمولاً به‌عنوان هزینه سرمایه‌ای و هزینه بهره‌برداری هستند. درباره هزینه‌های مختلف مورد توجه، در بخش ۷ بحث خواهد شد. افزون بر هزینه اقتصادی گزینه، لازم است که امکان‌پذیری مالی پروژه نیز تعیین شود، بدین معنی که تأمین بودجه برای آن ممکن باشد و مصرف‌کنندگان، منافع را به اندازه کافی بزرگ بدانند تا مایل به پرداخت برای پروژه باشند.

تحلیل اقتصادی برای برآورد هزینه‌های سالانه، شامل استهلاک سرمایه و هزینه‌های معمول بهره‌برداری و نگهداری مهم است. ممکن است سرمایه‌گذاری توسط منابع خارجی نیز انجام گیرد. سرمایه‌گذاری توسط منابع مختلف را می‌توان در گزارش مرحله مفهومی پیشنهاد کرد.

کاربرد تغذیه در مقایسه با گزینه‌های متداول در تأمین آب مانند توسعه منابع جدید آب، بسیار اقتصادی‌تر است. این امر، در درجه اول به دلیل فاصله تا منابع جدید و هزینه‌های زیست‌محیطی همراه آن است. هنگامی که امکان‌پذیری تغذیه تأیید شد، معمولاً مناسب است که تحلیل اقتصادی وسیع‌تری برای ارزیابی برنامه بهینه، به‌منظور توسعه کلی برنامه مدیریت آب، انجام گیرد. همچنین، در رابطه با بستن (تعطیلی) تسهیلات تغذیه آب زیرزمینی زمانی که عملکرد غیراقتصادی دارند یا عواملی پیش‌بینی نشده بروز می‌کند توجه داشت.

۴-۱-۱-۳ برآورد و جمع‌آوری داده‌های لازم

باید تا هنگام پیشبرد پروژه، کار انجام یافته بازنگری شود تا کمبود احتمالی در داده‌ها تعیین شود. باید فهرستی از داده‌های مورد نیاز برای یکسان ساختن پایگاه داده‌ها، با خطرپذیری مالی قابل قبول ارائه شود، و با توجه به زمان لازم برای جمع‌آوری و هزینه‌های مربوط، ارزیابی شده و برای اجرا زمان‌بندی شود.

۴-۱-۱-۴ قوانین، آیین‌نامه‌ها و حقایقها

کارهای پیشین باید بازنگری شود تا اطمینان به‌دست آید که تخلفی از قوانین یا آیین‌نامه‌ها رخ نداده و تمام حقایقهای لازم، همراه با مخارج آنها در نظر گرفته شده است.

۴-۱-۱-۵ انتخاب بهترین گزینه

در انتخاب بهترین گزینه به‌عنوان پروژه پیشنهادی، تصمیم‌گیرندگان باید قبل از انتخاب نهایی، تمام پیشنهادهای ارائه شده همگانی همراه با جنبه‌های فیزیکی، اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی را مورد توجه قرار دهند. پروژه، ممکن است برای

مصرف‌کنندگان بیشترین کارایی و بیشترین بازدهی نداشته یا مطلوب‌ترین گزینه نباشد ولی باید هدفها را به بهترین وجه برآورده کند و موفق باشد.

۴-۱-۹ گزارشها

کارهای انجام‌یافته در دوره بررسیهای مقدماتی، باید دست کم در دو گزارش ارائه شوند: الف - گزارش مهندسی ب - گزارش زیست‌محیطی. اگر گزارش پر حجم است، عوامل اصلی باید در گزارش خلاصه‌شده و تفصیلات در گزارشهای همراه بیابند. پروژه پیشنهادی باید به روشنی ولی خلاصه و مختصر همراه با دلایل انتخاب آن بیان شود. اطلاعات باید با جزئیات کافی برای درک همگانی ارائه شود و بدون تمایلات نویسنده (یا نویسندگان) باشد. پروژه پیشنهادی باید با گزینه عدم انجام پروژه نیز مقایسه شود. اطلاعات در مورد گزینه‌های دیگری که بررسی شده‌اند نیز باید در گزارشها آورده شود. گزارشها باید به‌عنوان گزارش مقدماتی و گزارش نهایی شده پس از نشستهای عمومی منتشر شوند.

۴-۱-۱۰ نشستهای همگانی

نشستهای همگانی در مورد پروژه پیشنهادی، باید در محل‌های مختلفی برگزار شود تا امکان مشارکت کاربران در آنها فراهم باشد. تصمیم‌گیران و کارمندان آنها و اعضای کمیته‌های مشورتی باید در این نشستها شرکت کنند. توضیحات و نظرات باید درخواست شود، به آنها توجه شده و برای آنها اقدام لازم صورت گیرد. نظرات و کارهای انجام‌گرفته درباره آنها باید در گزارش نهایی طراحی مقدماتی ارائه شود.

۴-۲ طراحی نهایی

طراحی نهایی عبارت است از تدقیق طراحی مقدماتی، لحاظ نمودن نتیجه نشستهای همگانی، داده‌های اضافی و بررسیهای مورد نیاز. این کار باید با تفصیلی هر چه بیشتر و در حد لازم انجام گیرد تا امکان برآورد دقیق هزینه‌ها، سهولت احداث و مراحل بهره‌برداری عملی را بدهد.

طراحی نهایی باید به‌همراه یک گزارش زیست‌محیطی بوده و دست‌کم شامل موارد زیر باشد:

- نوع، اندازه، فاصله، محل تسهیلات سطحی و زیرسطحی تغذیه و متعلقات آنها شامل هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری،
- مقادیر کمی و کیفی ذخیره و فایده پیش‌بینی شده پروژه،
- هزینه‌های واحد و مجموع تمام تسهیلات، شامل: هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری،
- برنامه ساختمانی،
- روش رسیدن به کیفیت دلخواه با مخلوط کردن، تصفیه یا اعمال محدودیتها،
- محل، طراحی و هزینه‌های پروژه‌های سبک‌سازی زیست‌محیطی، قوانین و آیین‌نامه‌های مؤثر در پروژه،
- به‌دست آوردن حقایق، در صورت وجود.

اگر پروژه دارای فنون جدید، خطرپذیری بالا، یا هزینه زیاد باشد، طراحی نهایی باید توسط مدل‌سازی تفصیلی آزمایش شده و پروژه به صورت مرحله‌ای ساخته شود تا در هر مرحله مشکلات کشف شده و تعدیلهای به موقع انجام گیرند.

۴-۲-۱ به‌هنگام کردن زیست‌محیطی

ملاحظات زیست‌محیطی که هنگام طراحی مقدماتی مشخص شده‌اند، باید مورد نظر قرار گرفته و در گزارش اثرهای زیست‌محیطی گنجانده شوند.

۴-۲-۲ عمر پروژه

در گزارش نهایی، باید تصمیمی درباره پایان عمر پروژه در زمانی معین ارائه شود، یا عمر پروژه با نگهداری درست و جایگزینی سیماهای لازم، دائمی و پایدار شود.

۴-۲-۳ دسترسی به منابع

تحلیل مالی و اقتصادی پروژه، به اطلاعاتی صحیح و استوار درباره مدت‌زمان وجود منابع آب تغذیه نیاز دارد. همچنین، اطلاعات برای حقوق دیگران در مورد همان منابع و امکان کاهش کمیت و کیفیتهای موجود به سبب عملیات توسعه در بالادست، لازم است.

۴-۲-۴ برنامه بهره‌برداری و نگهداری پروژه

هزینه بهره‌برداری و نگهداری پروژه شامل جایگزینی سیماهایی از پروژه، باید به‌عنوان بخشی از بررسیهای امکان‌پذیری مالی و اقتصادی تعیین شوند. باید برای برنامه بهره‌برداری و نگهداری، کوششهای فراوانی انجام گیرد که شامل آگاهی و بازرسی دوره‌ای از سامانه و اطمینان از دقت در برآورد هزینه‌ها نیز خواهد بود. در مراحل نهایی برنامه، مقدار زمین تعیین‌شده قبلی باید بازنگری شود و کافی بودن آن و نیز مسائلی مانند صدا و بو مورد تأیید قرار گیرد؛ بویژه اگر قرار است از فاضلاب اصلاح شده استفاده شود.

۴-۲-۵ پیش‌نویس گزارش نهایی

نتایج طرح نهایی باید با اسناد دیگری به صورت پیوست ارائه شود که سه هدف کلیدی زیر را برآورده سازند:

- نشان‌دهنده روش فنی قابل‌توجهی در مورد برنامه تغذیه باشد (که از جنبه‌های فنی، زیست‌محیطی، مالی و اقتصادی، اسناد و مدارک به‌خوبی جمع‌بندی و ارائه شده‌اند).
- فراهم‌کننده مدارکی در به‌دست آوردن مجوزهای لازم و پشتیبانی قانونی و مالی بوده و با مسائل زیست‌محیطی برخوردی منطقی داشته باشد.
- نشان‌دهنده خلاصه‌ای اجرایی برای مدیریت در تصمیم‌گیری باشد.

گزارش ممکن است در یک مدرک ارائه شود، یا شامل چند مدرک باشد، که این مورد، به اندازه و پیچیدگی پروژه بستگی دارد. بخش عمده گزارش باید شامل کارهای انجام شده مانند فواید، هزینه‌ها، طراحی و مسائل زیست‌محیطی باشد. با اجرای برنامه تغذیه، بدون شک تغییراتی در شرایط اطراف پروژه رخ می‌دهد و ارزیابی دوباره بعضی از عوامل برنامه اصلی را لازم می‌سازد. افزون بر این، با انجام برنامه آزمایشی و ارزیابی داده‌های آزمایشی ممکن است تغییراتی در روش آزمایش یا برنامه پایش توجیه گردد. این، یک امر طبیعی است و شرایط و پیش‌بینی‌های لازم برای چنین تغییراتی باید در برنامه و طرح اصلی و پیمانکاریهای همراه و ترتیبات مالی گنجانده شود.

۴-۲-۶ مرحله نشستهای همگانی

نشستهای همگانی، به برنامه‌ریزی زمانی همراه با مکانی راحت و مناسب برای عموم نیاز دارد. معرفی و ارائه گزارشها باید روشن و اغلب با زبانی عامیانه باشد. تا حد امکان، داده‌ها و نتیجه بررسیها باید به شکلی ترسیمی یا به صورت جدول ارائه شده و از قبل، به شرکت‌کنندگان داده شود. یادداشتهایی از مدارک پروژه، باید در محلهایی از ناحیه پروژه موجود باشد و خبر نشستها از مدتی قبل از نشست آگهی شوند.

۴-۲-۷ رسیدگی به ایرادها

باید به تمام ایرادهای کتبی یا شفاهی گرفته شده به گزارشها در نشست، توجهی خاص شود. اگر ایرادها جدی هستند، بازگشت به طراحی در مراحل مختلف لازم خواهد بود.

۴-۲-۸ گزارش نهایی

گزارش نهایی باید بازنگری پیش‌نویس گزارش نهایی بوده و شامل قسمتی باشد که در آن، فهرست ایرادها همراه با پاسخها و مدارک تغییرات در پیش‌نویس آمده باشد.

۴-۲-۹ بازنگری دوره‌ای برنامه‌ها

هنگامی که تصمیم به پیشرفت پروژه گرفته می‌شود، باید هرچند وقت پس از طراحی اولیه پروژه، یک برنامه دوره‌ای زمانی به منظور بررسی عملکرد واقعی پروژه با مقادیر طراحی شده در هر دوره تهیه گردد. همچنین، باید به بازنگری دوره‌ای هدفهای اولیه پروژه و تغییر افکار عمومی توجه شود.

۵- مسائل تنظیمی و حقوقی آب

۱-۵ زمینه‌های پیشین

اگرچه کنترل حبابه‌ها و کیفیت آب در ایالتها متفاوت است، اما قانون اصلی و پایه حاکم بر کیفیت آب در ایالات متحده، قانون آب پاکیزه سال ۱۹۷۲ است. این قانون، اساساً بیان می‌کند که نباید آلودگی که بیشتر از حد مجاز حداکثر است و سبب تخریب استفاده‌های سودمند از آنها می‌شود را به آبروهای کشور وارد کرد. حفاظت از آب زیرزمینی در ایالات متحده از طریق قانون آب آشامیدنی سالم اجرا می‌شود. اجرای قانون آب آشامیدنی سالم در حال گسترش است و بر برنامه‌های تغذیه آب زیرزمینی شامل تغذیه با رواناب بارندگی تأثیر خواهد گذاشت. اجبار در اجرای قوانین و آیین‌نامه‌های دولتی، ایالتی و محلی، و افزایش کمبود آب همراه با افزایش مشکلات در به‌دست آوردن مجوز برای ساختمان تسهیلات ذخیره آب سطحی، عوامل اصلی توجه به توسعه تغذیه مصنوعی و استفاده دوباره از آب هستند.

روشهای اجرایی در هر بخش از ایالات متحده و کشورهای دیگر متفاوت است. در ایالات متحده، هر ایالت روشها و نیازهای خود را دارد. دولت مرکزی (سازمان عمران، آژانس حفاظت از محیط زیست و سازمان بررسیهای زمین‌شناسی) نیز در فعالیتهای تغذیه اشتغال داشته و این فعالیتها از طریق برنامه‌های اجتماعی محلی و آیین‌نامه کنترل تزریق زیرسطحی (UIC) در کلاس پنج فعالیتهای چاه انجام می‌شود. پروژه‌های داخل آبروها و روی دشتهای سیلابی زیر نظر مهندسی ارتش، پروانه ۴۰۴، اجرا می‌شود.

تغذیه آب زیرزمینی، کاری با پیشینه زیاد بوده و دانش و تجربه قابل توجهی از آن به‌دست آمده است (Asano, 1985). با این وجود، هنوز مواردی است که نیاز به توجه دارند و پرسشهایی که نیاز به جواب دارند؛ بویژه هنگامی که از فاضلاب، آب اصلاح شده، یا آب با کیفیت پایین استفاده می‌شود (Asano, 1992). این توجه‌ها، همگی در رابطه با آیین‌نامه‌های بهداشتی و حفظ سلامتی عموم، و نیز توجه به اثرات استفاده از آنها بعد از SAT (تصفیه خاک - آبخوان) و وضعیت این سامانه‌ها است. موارد دیگر شامل به حداکثر رساندن ظرفیت هیدرولیکی سامانه‌های تغذیه، پیدا کردن بهترین ترکیب از پیش‌تصفیه، SAT، پس‌تصفیه و بهترین نوع مدیریت درگرفتنگی لایه برای به‌دست آوردن ترکیبی بهینه از کمیت و کیفیت آب ورودی به آبخوان است.

توجه به محیط زیست، بسیار مهم بوده و بر حمایت عمومی از پروژه، اثر فراوانی دارد. باید به اثرات موجود روی جریان رودخانه و کیفیت آن توجه شود؛ البته بررسی اثرات در مورد سطوح آب زیرزمینی، کیفیت آب زیرزمینی، کیفیت آب برداشتی و اکوسیستم‌ها نیز لازم است. معمولاً عملیات تغذیه به‌دلیل استفاده مؤثرتر از آب برای محیط زیست سودآور است. با این وجود، هر پروژه باید بر اساس ویژگیهای خود ارزیابی شود. ممکن است برنامه‌هایی کوچک برای کاهش اثرات زیانبار پتانسیل برای محیط زیست مناسب باشند. هزینه پتانسیل در اجرای این‌گونه طرحها باید در تحلیل اقتصادی پروژه قرار داشته باشد.

آگاهی از قانونهای حاکم بر آثار باستانی لازم است. مکانهایی که هنگام حفاری در آنها، آثار باستانی یا دیگر اشیای با ارزش یافت می‌شوند، نیاز به دقتی ویژه دارند. در صورت پیدا شدن، باید اداره دولتی مربوط را فوراً با خبر کرد. از این‌رو، مطالعات منابع فرهنگی، شامل بررسیهای باستان‌شناسی، باید قسمتی از مطالعات هر پروژه باشد.

هنگامی که زمین دولتی، برنامه دولتی یا تمایل دولتی وجود دارد، گزارشی از اثرات زیست‌محیطی، یا بیابان‌های حاکی از عدم لزوم چنین گزارشی لازم است. ملزومات مشابهی نیز در بسیاری از کشورها و در ایالات متحده وجود دارد. بررسی اثرات پروژه، باید همراه با تحلیل‌های فنی پروژه انجام گیرد.

۲-۵ حقایقها

یک مورد مشترک برای پروژه‌های تغذیه، مالکیت آب واقع در ذخیره زیرزمینی است. قانونهای ایالتی بیانگر این هستند که اگر در حال حاضر آبی برای مصرف‌کننده به‌منظور آشامیدن یا ذخیره وجود داشته باشد، این آب در زمان برداشت از ذخیره آب زیرزمینی پس از تغذیه نیز برای او محفوظ است. با انتقال یا ذخیره زیرزمینی، حقوق در رابطه با آب تغذیه‌شده از بین نمی‌رود، به شرطی که آب تغذیه شده از حوضچه آب زیرزمینی خارج نشده و یا سبب از بین رفتن آبهای بومی نشود. بعضی آیین‌نامه‌های محلی، ممکن است مدت زمان ذخیره آب در زیرزمین را محدود نماید. در برخی از محلها ممکن است به آیین‌نامه‌های محلی یا قانونهای ایالتی تکمیلی برای تقویت حقایقها همراه با پروژه تغذیه نیاز باشد. استفاده از آب منبع، به اخذ مجوز نیاز دارد و در نواحی با کمبود آب می‌تواند مسئله‌ساز باشد. ممکن است منبعی از آب کاملاً در تعهد بوده و یا فقط در زمانهایی کوتاه یا جریانهای سیلابی در دسترس باشد. در چنین مواردی، ممکن است خرید حقایقها لازم باشد.

۳-۵ موارد قانونی

برخی از موارد قانونی که به توجه نیاز دارند عبارتند از:

- توانایی کنترل آب تغذیه‌شده،
- داشتن حقایقهای سطحی و ذخیره آب زیرزمینی،
- مجوزها و احکام،
- نظارت بر استفاده از فاضلاب اصلاح‌شده،
- مسئولیتهای مرتبط با موارد کیفی آب،
- نوع مالکیت،
- مالکیت زمین،
- ارزیابیهای محلی.

۴-۵ محدودیتهای عرفی و قضایی

محدودیتهای عرفی و قضایی شامل ردیفی وسیع و گسترده از قوانین سنتی، رسوم و فعالیتهایی هستند که عموماً قابل قبول بوده و ممکن است روی پروژه تغذیه آب زیرزمینی تأثیر بگذارند. همان‌گونه که ذکر شد، این محدودیتهای شامل موارد زیر هستند:

- مالکیت آب تغذیه شده

- پذیرش عمومی از آب تغذیه هنگامی که منبع تغذیه دارای کیفیتی زیان آور است،
 - توانایی فرد یا سازمان مسئول در اقدام به فعالیتهای تغذیه آب زیرزمینی، بدین معنی که فرد یا سازمان مسئول در ذخیره سطحی، ممکن است در انجام تغذیه آب زیرزمینی توانایی نداشته باشد،
 - نبودن قدرت قضایی روشن برای ماموریت در اجرای تغذیه آب زیرزمینی، در یک ناحیه شهری پیچیده که در آن شهرداری و دفاتر تخصصی دیگر وجود دارند، و
 - استانداردهای تصفیه برای مصرف، برای زمانی که استانداردها و آیین نامه های محلی، ایالتی و مرکزی کیفیت آب تغذیه نتوانند آخرین پیشرفتهای علمی مربوط به اجزای قابل قبول در آب را ارائه نمایند.
- راه حل مسائل عرفی و قضایی، ایجاد محیطی با تشریک مساعی بین تمام موجودیتهای متأثر از پروژه است. ایجاد همکاری بین گروهها و علاقمندان، روشی مؤثر برای حل این گونه مسائل است.

۶- موارد زیست‌محیطی

بررسی اثر زیست‌محیطی و ارائه گزارش آن، عاملی مهم در برنامه تغذیه می‌باشد. اثرات زیست‌محیطی نه تنها مربوط به محیط فیزیکی می‌شوند، بلکه روی وضعیت اقتصادی و اجتماعی پروژه نیز تأثیر می‌گذارند. هنگامی که به‌نظر می‌رسد این اثرات کم بوده و مخالفتی با برنامه وجود ندارد یا ناچیز است، گزارشی از ارزیابی مقدماتی کافی است. تأثیر بررسی‌های زیست‌محیطی باید همراه با تحلیل مهندسی انجام شود و گزارش آن نیز همراه با گزارش مهندسی باشد.

برنامه‌های تغذیه، مستقل (مستثنی) از فشارهای گروهی و سیاسی نیستند. گاهی حمایت‌کننده پروژه که برای پروژه تغذیه قبول مسئولیت کرده، ممکن است دارای منع حقوقی باشد که در این صورت ممکن است باعث جلوگیری از اجرای مؤثر پروژه شود. این امر می‌تواند به‌شکل عدم دسترسی به محلها یا منابع آب مناسب، انعطاف‌پذیری بسیار کم بهره‌برداران در دادن اختیار به حامیان پروژه به‌منظور استفاده از منابع آب سطحی، برنامه‌های مدیریت آب با اولویت بیشتر که می‌تواند به‌طور مؤثری از رقابت گزینه‌های امیدبخش جلوگیری نماید، و دیگر محدودیت‌های متعدد حقوقی باشد. کوتاهی در ارزیابی و توجه دقیق به این مسائل می‌تواند به‌سادگی به شکست یا تأخیر زیادی در برنامه تغذیه منجر شود. برعکس، همکاری با گروهی از شهروندان مشاور و استفاده از گزارش‌های مهندسی و زیست‌محیطی به‌عنوان ابزاری برای پشتیبانی سیاسی و حقوقی، می‌تواند به داده‌های سازنده و احتمال افزایش موفقیت نهایی برنامه تغذیه منجر شود.

۱-۶ نظرات، بیانیه‌ها و بازنگری‌های زیست‌محیطی

در ایالات متحده، روش برآورد زیست‌محیطی بر پایه انجام نیازهای قانونی دولت مرکزی، نیازهای فرعی استنتاج‌شده از دستورهای اجرایی، جوابگویی عوامل مسئول، نیازهای قانونی ایالت و دیگر دستگاه‌های قانونی است. هنگامی که یک پروژه تغذیه مصنوعی توسط هزینه‌های دولت مرکزی انجام می‌گیرد، یا برای آن مجوز دولتی لازم است، پروژه تحت کنترل سیاست ملی زیست‌محیطی (NEPA^۱) سال ۱۹۶۹ قرار می‌گیرد. این قانون، به برآورد اثرات زیست‌محیطی پروژه‌ها توسط عوامل دولتی نیاز دارد. همچنین در پروژه‌ها یا عملیاتی که انتظار می‌رود اثرات زیست‌محیطی مهمی بر انسان داشته باشد، باید بیانیه‌ای رسمی در این مورد (EIS^۲) تهیه و ارسال شود. این موارد، برای تهیه ابزاری به‌منظور توجه منظم به مسائل زیست‌محیطی همانند دیگر نیازهای ملی از قبیل توسعه اقتصادی، لازم است. آیین‌نامه‌های رسمی در موافقت با نیازهای NEPA، توسط شورای کیفیت محیط زیست (CEQ^۳) ترویج یافته است. آیین‌نامه‌ها، جزئیات مفاد EIS و برخی از مدارک دیگر NEPA شامل پیدا نکردن تأثیری مهم (FONSI^۴) و گزارش تصمیم‌گیری (ROD^۵) را فراهم می‌نمایند. افزون بر این، آیین‌نامه‌ها، روشها را برای تهیه و بازنگری EIS همراه با تأکید بر اهمیت مشارکت همگانی در تقریباً تمام مراحل فرایند NEPA، بطور خلاصه مطرح می‌کنند. افزون بر بازنگری همگانی، مدارک مختلف NEPA مورد بازنگری مسئولان محلی، ایالتی و دولت مرکزی، از جمله سازمان حفاظت محیط زیست قرار دارد.

1 - National Environmental Policy Act
2 - Environmental Impact Statement
3 - Council on Environmental Quality
4 - Finding of No Significant Impact
5 - Record of Decision

بعضی از ایالتها و برخی کشورها، نیازهایی مشابه با NEPA را برای پروژه‌های مورد پشتیبانی یا نیازمند به کسب مجوزهایی از ایالت، به صورت قانون درآورده‌اند. در این ایالتها، پروژه‌ها باید از روش زیست‌محیطی مورد نظر ایالت پیروی کنند. برای پروژه‌هایی که با سرمایه دولت مرکزی پشتیبانی می‌شوند یا به مجوزهایی از آن نیاز دارند، فرایندهای ایالت و نیز فرایندهای NEPA، باید رعایت شوند. بدون توجه به لزوم یا عدم لزوم ارزیابی رسمی، فرایند NEPA به خوبی توسعه یافته و به شکلی گسترده به کار گرفته می‌شود و می‌تواند به عنوان مدلی برای انجام مطالعات زیست‌محیطی به منظور ارزیابی موارد اجتماعی و زیست‌محیطی در پروژه‌های تغذیه مصنوعی سطحی و زیرسطحی به کار رود.

توجه و ارزیابی موضوعهای اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی و در نظر گرفتن تمام گزینه‌ها، (شامل گزینه عدم انجام کار) در صورت امکان باید هرچه سریع‌تر به برنامه‌ای با پشتیبانی گسترده منجر شود. دوباره توصیه می‌شود روش‌شناسی منظم به کار رود. تأثیر استفاده از یک فهرست یا ماتریس هدف به اثبات رسیده است.

۲-۶ مسائل اجتماعی و زیست‌محیطی

در نواحی بسیاری، درک عمومی از نیاز به تغذیه مصنوعی، شامل پروژه‌های ذخیره در آبخوان و برداشت از آن، به منظور نگه‌داشت سطوح ایستابی است، ولی توجه به تأثیر آن بر کیفیت آب زیرزمینی رو به افزایش است. سازمانهای آب خصوصی و شهری، بخشهای تأمین و حفاظت آب و دیگران، مردم را در مورد شایستگیهای تغذیه مصنوعی به عنوان روشی ممتاز برای انباشتن و پرکردن آبخوانها و کاهش فشار روی آنها در هنگام اوج مصرف آموزش داده‌اند. باید به عنوان بخشی از توسعه یک برنامه تغذیه مصنوعی، به موارد کیفی آب موجود و موارد زیست‌محیطی برنامه‌های تغذیه مصنوعی، شامل استفاده از فنون جدید در این امر توجه کرد. موضوعهای مربوط هنگامی اهمیت پیدا می‌کنند که دامنه کلی مسائل اجتماعی و زیست‌محیطی مرتبط با دوره عمر تسهیلات تغذیه مصنوعی مورد توجه قرار گیرد. اگر به این موارد و موضوعها توجه کافی نشود، احتمالاً با پروژه مخالفت خواهد شد. برای توجه کافی به موارد اجتماعی و زیست‌محیطی، باید در گام برنامه‌ریزی پروژه، پتانسیل اثرهای مثبت و منفی زیست‌محیطی و راهکارهای لازم مورد نظر باشند. این کار، مستلزم بررسی دقیق نتایج فیزیکی حیاتی و اقتصاد اجتماعی در مالکیت‌های مجاور، و انتخاب دقیق گزینه‌ها به منظور اجتناب یا به حداقل رساندن اثرات نامطلوب است. روشهای انجام این نوع تحلیل، اساساً مشابه برآورد اثرات زیست‌محیطی بوده و در نشریات، به طور مناسبی وجود دارند (Jain, 1993; Canter, 1996).

یک روش پیشنهادی، استفاده از ماتریس ساده بوده که در آن فهرستی نسبتاً تفصیلی از فعالیت‌های پروژه روی یک محور، و فهرستی از موارد اجتماعی و زیست‌محیطی روی محور دیگر است. با مقایسه فهرستهای نسبتاً تفصیلی از فعالیتها به همراه عوامل زیست‌محیطی، می‌توان پیچیدگی و اهمیت موضوعها و توجه‌ها را توسعه داد. اثرات پروژه پیشنهادی باید شامل اثرات (۱) مستقیم (۲) غیرمستقیم و (۳) تجمعی باشد. اثرات مستقیم مرتبط با یک کار ویژه بوده که در همان زمان و محل رخ می‌دهد. اثرات غیرمستقیم (ثانوی) نیز به کاری ویژه بستگی دارد، ولی دارای تأخیر زمانی بوده یا با فاصله‌ای از محل رخ می‌دهند. اثرات تجمعی هنگامی رخ می‌دهند که تجمع اثرات کوچک، باعث یک حادثه بزرگ می‌شود یا در هنگامی که اثرات کوچک ولی

مشابه از مجموعه‌ای از حوادث، تولید اثری بزرگ می‌کند. برای مثال، می‌توان از توسعه یک چاه تغذیه در شبکه کاملی از چاهها نام برد.

صورت ریز^۱ فعالیتها، در تعیین انواع اثرات زیست‌محیطی همراه با پروژه پیشنهادی مفید است. در ایالات متحده، این صورت ریز در گزارش زیست‌محیطی اجباری است و تعیین می‌کند که گزارش زیست‌محیطی کاملی لازم بوده یا اظهار منفی بودن کافی است.

صورت ریز فعالیتها باید:

- طول عمر کامل پروژه را بپوشاند،
 - شامل بحثی از اثرات زیست‌محیطی پروژه پیشنهادی (فیزیکی، اجتماعی و اقتصادی) باشد،
 - مشخص کند که آیا پروژه اثر مهمی بر محیط زیست خواهد داشت یا خیر و یا ممکن است که داشته باشد یا نداشته باشد،
 - اقدامهای سبک‌سازی را، در صورت لزوم ارائه کند،
 - حاوی جزئیات طرح، منابع مورد استفاده، به‌دست آوردن زمین، دسترسی به محل، ساختمان، شروع، بهره‌برداری، پایش، نگهداری، نوسازی، و خارج کردن نهایی وسایل هنگامی که پروژه کامل می‌شود، باشد.
- صورت ریز فعالیتها در ایجاد شناخت و تفاهمی کامل و دقیق از آنچه که باید انجام شود، در کجا و در چه هنگامی انجام خواهد شد، چه کسی آن را انجام خواهد داد و نیز اینکه چرا باید انجام شود، نیز مفید است. افزون بر این، گزینه‌های مرتبط با موارد صورت ریز فعالیتها باید مشخص شده و در ارزیابی مدنظر قرار گیرند. فهرست باید متناوباً به‌هنگام شود تا تغییرات در اهداف و نیازهای مطالعات را در برگیرد. مواردی که در یک برآورد زیست‌محیطی مدنظر قرار می‌گیرد به آب، بوم‌شناسی، زمین، اجتماع، انسان، و نواحی حساس از نظر محیط زیست بستگی دارد. موارد اجتماعی و زیست‌محیطی با محل پروژه، طراحی، اندازه و دیگر متغیرها تغییر می‌کند. مواردی که مدنظر قرار می‌گیرد نهادهای دولتی پیشنهاددهنده یا سرمایه‌گذار پروژه تغییر می‌یابند. پیوست ۴، صورت ریز نمونه از ملاحظات زیست‌محیطی بر پایه برنامه‌های ایالت کالیفرنیا را نشان می‌دهد. مطالب اصلی در صورت ریز عبارتند از:

- ۱- پایداری بوم‌شناختی و محیط زیست‌شناختی، بویژه در پروژه‌های آب حساس می‌باشند. پروژه‌هایی که به‌نظر می‌رسد در تضاد با محیط زیست هستند، به‌احتمال زیاد موجب واکنشی منفی از عموم و مخالفتی مستقیم از گروههای طرفدار محیط زیست می‌شوند. این مسائل باید به‌دقت محاسبه شوند تا بتوان اثرات منفی را به حداقل رساند که البته ممکن است کارهای اصلاحی نیز برای از بین بردن کامل اثرات منفی لازم باشد.
- ۲- زمین مورد استفاده برای ساختن ایستگاه تغذیه مصنوعی نیاز به تعدیل ملک موجود و تغییر کاربری یا ایجاد موانع به‌صورت خاکریز دارد. پروژه‌ها باید به‌دقت طراحی شوند، به‌گونه‌ای که با کاربری زمینهای مجاور سازگار بوده و مانع استفاده از دیگر گزینه‌ها در آینده نشوند.

۳- موضوعهای انسانی و اجتماعی شامل اثر متقابل مردم با یکدیگر و مردم با محیط زیست است. موارد اقتصادی، سبب انعکاس اثر بر فعالیتهای دولتی، صنعتی و تجاری، و خصوصی خواهد بود.

۴- موارد و ملاحظات حساس زیست محیطی، بیشتر به خاطر واکنش احساسی بخشی از مردم (و در برخی موارد، همه آنها) مهم است. به دلیل اینکه این موضوعها، به تفرقه اندازی منجر می شوند و ممکن است باعث تأخیر در پروژه یا حتی حذف آن شوند، لازم است که هرچه زودتر به این مسائل توجه شود. بویژه در بررسی به حداقل رساندن اثرات منفی با اقدامهای پیشگیرانه تأکید می شود.

در بعضی نقاط دنیا، ملاحظات مذهبی، استفاده از پساب خروجی فاضلاب را با وجود تصفیه روی سطح زمین جایز ندانسته ولی این آب بعد از عبور از میان زمین، یعنی تغذیه آب زیرزمینی، مورد قبول قرار می گیرد.

۳-۶ پتانسیل اثرات مثبت زیست محیطی

افزون بر اقدامهای سبک سازی برای به حداقل رساندن (یا حذف) اثرات منفی زیست محیطی، ممکن است از جنبه های مفید یک پروژه تغذیه مصنوعی برای مقابله با اثرات منفی غیرقابل اجتناب استفاده شود. برای مثال، افزایش آب موجود، سودی مثبت است. در برخی از پروژه های تغذیه مصنوعی، ممکن است از آبهای مانند سیلابها استفاده کنند که در صورت عدم مصرف در گودالهایی کم عمق جمع می شوند و سپس با تبخیر از بین می روند. همچنین می توان کیفیت منابع آب سطحی و زیرزمینی را از راه تصفیه یا مخلوط شدن با آب با کیفیت بالاتر بهبود داد. برای جلوگیری از ورود آب شور به داخل آب زیرزمینی نیز از تغذیه آب زیرزمینی استفاده می شود. بسیاری از پروژه های تغذیه سطحی، دارای موقعیت تفریح عمومی هستند. در حالی که در بعضی پروژه ها، از تماس بدنی افراد با آب (مانند شنا کردن) جلوگیری شده، اما ماهیگیری و قایقرانی در آنجا از تفریحهای مناسب و سازگار با پروژه های تغذیه خواهد بود.

بعضی از پروژه های تغذیه مصنوعی، ممکن است با هدف مدیریتی مؤثر بر زمینهای مرطوب و حیات وحش باشد. با احداث حوضچه های جمع آوری یا نگهداری آب منبع، و با برنامه ریزی برای تغذیه در دوره های بحرانی، ممکن است مسکنی برای حیات وحش به وجود آید. افزون بر این، مقداری یا تمامی آب زیرزمینی تغذیه شده مصنوعی را می توان به تدریج پمپاژ کرد و برای حفظ حیات وحش به کار برد. آب رگبار و طوفان، معمولاً به عنوان عاملی مزاحم و نامطلوب تلقی می شود که باید سعی در تخلیه هر چه سریع تر و ارزان تر آن شود. با این وجود، اکنون بسیاری از جوامع به آن به عنوان یک منبع پتانسیل برای تغذیه مصنوعی در تبدیل آن به منبعی امن و با هزینه ای ارزان می نگرند، اگر چه ممکن است نوع و وضع استفاده از آن به دلیل مسائل و آیین نامه های بهداشتی محدود باشد. در کاربردهایی مشابه، پروژه های تغذیه مصنوعی می توانند راه حلی برای مسئله فاضلابها، و در نواحی کم آب، دست کم راه حلی برای جبران کمبود آب باشند. چنین کارهایی دارای سابقه اجرایی مطلوبی در سراسر جهان هستند (Pyne, 1995a).

منافع، بیشتر از طریق مدیریت پیشرفته آبخوان به دست می آید. آبدهی بیشتر و افزایش کیفیت آب، پتانسیل اثرات مثبت را نشان می دهند. در نهایت، ممکن است منافع اقتصادی - اجتماعی نیز در پروژه های تهیه آب برای مصرف عمومی و فعالیتهای تجاری، صنعتی و کشاورزی مشخص شود.

۷- اقتصاد

تصمیم‌گیری در احداث پروژه تغذیه آب زیرزمینی، باید پس از مقایسه با منابع دیگر و بر پایه هزینه واحد آب تولیدی باشد. چنین مقایسه‌ای باید بر اساس حداقل هزینه‌های کلی سالانه در مدت عمر مورد انتظار پروژه و با استفاده از نرخ بهره‌ای متناسب با سازمان حمایت‌کننده انجام شود. هزینه‌های سالانه نه تنها شامل هزینه‌های جاری، بلکه پرداخت هزینه‌های مربوط به سرمایه نیز می‌باشد. در تصمیم‌گیری، عوامل دیگری مانند کیفیت نسبی آب، اطمینان‌پذیری، راحتی ساختمان و دریافت مجوز، اثرهای سودآور یا زیانبار زیست‌محیطی، یا توانایی جایگیری در سامانه آبی موجود در آینده نیز، دخالت دارند. تعیین ارزش پولی این عوامل اگر چه مشکل است ولی باید تعیین شوند تا کمکی برای تصمیم‌گیرندگان باشد. از سوی دیگر، این عوامل، شامل هزینه‌ها را می‌توان به صورت رتبه‌بندی یا غربالی درآورد تا در ارزیابی گزینه‌ها، به تصمیم‌گیرندگان کمک کند.

مسئله مهم دیگر از نظر اقتصادی، امکان‌پذیری مالی، به معنای توانایی در سرمایه‌گذاری پروژه است. در این رابطه، نه تنها هزینه‌ها، بلکه توانایی مالی عوامل اجرایی یا شرکتها، و تمایل پرداخت‌کنندگان مالیات یا سهامداران، برای تأمین هزینه‌های پروژه باید مد نظر باشد. به دلیل اینکه تحلیل زیست‌محیطی پروژه نیز ممکن است نیاز به شناخت اثرات مالی در ناحیه داشته باشد، لذا توسعه داده‌های هزینه و درک ارتباط بین پروژه پیشنهادی و اقتصاد محلی باید هر چه زودتر آغاز شود.

۷-۱ هزینه‌ها

برای انتخاب بهترین گزینه، تحلیل‌های اقتصادی دقیقی لازم است. عواملی که باید در نظر گرفته شوند، نه تنها شامل هزینه‌های تسهیلات تغذیه است، بلکه باید زمینه‌های مختلف پیش‌تصفیه، نگهداری، و رفع مسائلی مانند گرفتگی چاهها، آب منبع و پیش‌تصفیه، نیرو و منابع تأمین آب، آزمایشگاه، دور ریختن مواد، کارکنان نگهداری، جایگزینی (استهلاک سرمایه)، و استهلاک تسهیلات نیز به حساب آورده شوند. همچنین این هزینه‌ها، باید شامل اتفاقاتی که ممکن است رخ داده (بخش ۷-۱-۷) همراه با دعاوی قضایی و کاهش خسارتهای وارده به منابع آب موجود ناشی از خطاهای پروژه باشد.

۷-۱-۱ هزینه‌های مالکیت زمین

هزینه‌های مالکیت زمین، می‌تواند به شدت متفاوت باشد، که خود به محل و آبادسازی آن بستگی دارد. هزینه‌های زیر، باید پیش‌بینی شوند (O, Hare, 1986):

- ارزش زمین و آبادسازی آن،
- جستجوی مالکیت و نقشه‌ها،
- نقشه‌برداری مالکیتها،
- ارزیابی و تعیین قیمت،
- گرفتن سند،
- بررسیهای زیست‌محیطی،
- هزینه‌های متفرقه، مانند تمبرهای سند، بیمه، هزینه‌های ثبت و غیره،
- هزینه‌های تغییر شکل زمین،
- مخارج کمک‌کنندگان.

اگر زمین از املاک خاص باشد، هزینه به دست آوردن زمین شامل هزینه‌های گفته شده به اضافه مخارج حقوقی است. امکان افزایش بهای زمین با گذشت زمان جنبه اقتصادی جالبی از تغذیه آب زیرزمینی با حوضچه‌های نفوذی است. سود حاصل از فروش زمینهای مورد تغذیه را می‌توان برای احداث چاههای تغذیه که به سطحی بسیار کوچک‌تر از سطح حوضچه‌های نفوذی نیاز دارند یا برای دیگر پروژه‌های مدیریت منابع آب به کار برد. با این وجود، در استفاده از چاههای تغذیه، ممکن است به تسهیلات اضافی برای تصفیه نیاز باشد که بخشی از ناحیه تغذیه را اشغال می‌کنند. همچنین، زمین برای فروش باید به شرایط طبیعی اولیه برگردانده شده و مواد شیمیایی نامناسب موجود از بین برود.

۲-۱-۷ هزینه‌های به دست آوردن حق عبور

هنگامی که به جای هزینه سند، به حق عبور آسان از راه نیاز است، بهای خرید آن شامل هزینه‌های گفته شده در زیر بخش قبلی است. با این وجود، از آنجا که حق مالکیت برای مالک زمین باقی است و مالک، استفاده بیشتری از زمین می‌کند، هزینه آسانی عبور، دارای دامنه‌ای از ۱۰ تا ۵۰ درصد بهای سند، بسته به نوع استفاده از باقی‌مانده زمین است.

۳-۱-۷ هزینه‌های برنامه‌ریزی

هزینه‌های مربوط به هر دوره در هر یک از بررسیهای فهرست شده در زیر، به اطلاعات موجود و پیچیدگی و آشنایی با ویژگیهای محل، ماهیت و هدف از پروژه، و بهای درخواستی توسط افراد سازمان یا شرکت مهندسان مشاور مجری بررسی، بستگی دارد. بسته به زمان و مکان، ممکن است موارد اضافی دیگری نیز از جمله موارد زیر لازم باشد:

- پشتیبانی گروه مشورتی،
- بررسیهای هیدرولوژیکی و زمین‌شناسی،
- بررسیهای زیست‌محیطی،
- بررسی منابع فرهنگی،
- مدل‌سازی،
- طرح مفهومی،
- توسعه و آزمایش یک برنامه پایش،
- تحلیل مالی و اقتصادی.

۴-۱-۷ هزینه‌های مهندسی

نمونه‌هایی از هزینه‌های مهندسی که در طرح تأمین آب عمومی وجود دارد، در کتابهای درسی، به صورت خلاصه آمده‌اند (Post, 1991). اینها، می‌توانند به عنوان راهنمایی برای پروژه‌های تغذیه آبخوانها نیز به کار روند که شامل موارد زیر است:

- بررسی و گزارش طرح مقدماتی،
- آماده‌سازی طراحیهای تفصیلی، برنامه‌ها، خصوصیات و نقشه‌ها،

- پیشنهاد آگهی‌ها و بازنگری،
- بازدید ساختمانی، شامل بازنگری نقشه‌های کارگاهی و تفسیر برنامه‌ها،
- روند پرداختها،
- روش کسب مجوز،
- بهره‌برداری از پروژه آزمایشی نمونه،
- گزارش نهایی آزمایش و ساختمان،
- برچیدن پروژه.

۷-۱-۵ هزینه‌های ساختمانی

هنگام برآورد هزینه برای ساخت تسهیلات تغذیه، هزینه ساختمانی هر یک از اجزای زیر باید در نظر گرفته شود:

- خاکبرداری و تسطیح زمین،
- تسهیلات تصفیه،
- تسهیلات نفوذ،
- تسهیلات انتقال،
- چاههای تغذیه، برداشت و ASR،
- چاههای مشاهده‌ای (پایش)،
- تسهیلات کنترل،
- وسایل اندازه‌گیری،
- سامانه‌های پایش،
- ساختمانها و لوازم آزمایشگاه،
- ساختمانهای اداری،
- راههای دسترسی و محوطه پارکینگ،
- نرده‌ها و جلوگیری از خرابی،
- خیابان‌بندی، تزئین و دیگر منافع اجتماعی و سبک‌سازی.

۷-۱-۶ هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری

بهره‌برداری و نگهداری تسهیلات تغذیه مصنوعی، در بخش ۱۰ ارائه خواهد شد. تمام موارد بهره‌برداری و نگهداری مربوط به پروژه باید مدنظر قرار گرفته و هزینه آنها برآورد شود. مسئول برآورد، باید هزینه‌های مختلف اداری مانند دستمزدها و منافع کارکنان، نیازهای دفتری و هزینه‌های بالاسری، دستگاههایی مانند برق و تلفن، سودآوری و حق بیمه‌ها را نیز با هزینه‌های بهره‌برداری به حساب آورد.

۷-۱-۷ هزینه‌های احتمالی

هنگامی که هزینه تسهیلات تأمین آب عمومی برآورد می‌شود، مرسوم است که هزینه‌ای احتمالی نیز به هزینه‌های برآورد شده پروژه اضافه شود. میزان این هزینه، برحسب دقت داده‌های استفاده شده در برآورد هزینه‌ها، تفاوت می‌کند. هزینه‌های احتمالی به میزان ۱۰ تا ۱۵ درصد هزینه پروژه، تقریباً متداول است (Post, 1991). هزینه‌های احتمالی باید به مقدار کافی باشد تا بتوانند هزینه‌های پیش‌بینی نشده مانند دعاوی حقوقی را پوشش دهند.

۷-۱-۸ هزینه‌های حقوقی و جواز

برای احداث تسهیلات تغذیه آبخوان ممکن است اخذ پروانه و جواز از دفاتر یا مسئولان لازم باشد. معمولاً برای درخواست این پروانه‌ها، پرداخت بهای درخواست‌نامه‌ها و خدمات حرفه‌ای لازم است. بسته به ماهیت پروژه، مجوزهای لازم شامل مجوزهای ساختمانی یا توسعه آنها، مجوزهای لایروبی و خاکریزی، مجوز مصرف گیاهی، مجوزهای NPDES و معافیت از استانداردهای کیفی آب و آبخوان می‌شوند. اگر پروژه شامل تصمیمی از طرف دولت مرکزی باشد (شامل امتیازی در مورد پروانه دولتی یا حق عبور) قبول NEPA لازم است. همچنین، در مواردی که حبابه‌ها با مالکیت زمین همراه نیست، هزینه‌های تأمین این حقوق باید به حساب آید.

۷-۱-۹ هزینه‌های جایگزینی

هزینه‌ای که اغلب از آن چشم‌پوشی می‌شود، مربوط به عمر برآورد شده پروژه است. اگر بخشهایی از پروژه دارای عمری محدود و کمتر از عمر اقتصادی فرض شده برای ساختمان (های) اصلی پروژه باشند، روشهای سرمایه‌گذاری برای جایگزینی آن سیمها، باید در برنامه مالی قرار گیرند. این کار، معمولاً از طریق استفاده از وجه استهلاکی انجام می‌شود. دامنه این هزینه‌ها می‌تواند از هزینه جایگزینی برخی قطعه‌ها تا جایگزینی کامل پروژه باشد. برای مقایسه با پروژه‌های مختلف، هزینه‌های احتمالی آینده باید بر پایه ارزش کنونی محاسبه شوند.

هزینه دیگری که باید در نظر گرفته شود، کاهش عمر پروژه به خاطر استفاده از فاضلابهای با تصفیه ناکافی یا آب با کیفیتی پایین است. این امر، ناشی از تجمع مواد شیمیایی زیان‌آور در آبخوان است (Lee, 1993) و به چاره‌جویی و اصلاح نیاز دارد. برآورد میزان چنین هزینه‌هایی دشوار است اما نیاز به وزن دادن در مقایسه با هزینه به‌روز تصفیه آبهای منابع دارد. یک برنامه پایش منظم، مجوز حل زود هنگام مسائل را خواهد داد.

۷-۱-۱۰ هزینه‌های کنارگذاری پروژه

هزینه‌ای که می‌تواند با کنار گذاشتن پروژه‌ای وارد شود، عبارت است از برداشت تسهیلات سطحی و زیرسطحی، تجدید و اصلاح سطح به حالت قبل از پروژه یا به حالتی که توسط عوامل محلی مورد قبول است. افزون بر این، نباید هیچ نوع ماده شیمیایی نامطلوب روی زمین یا در آب زیرزمینی باقی بماند و تسهیلات زیرسطحی باید با خاکریزی با روشی مورد قبول، رها شوند.

۲-۷ تحلیل‌های مالی

یک پروژه باید دو آزمایش مالی را پشت سر بگذارد؛ اولین آزمایش، تشخیص اقتصادی بودن پروژه و انتخاب بهترین از نظر مالی، و دومی که اساسی‌ترین آزمایش است، تعیین توان پروژه از نظر تأمین بودجه (امکان‌پذیری مالی) است.

امکان‌پذیری مالی نباید با توجیه اقتصادی اشتباه شود. ممکن است پروژه‌ای از نظر اقتصادی جذاب باشد ولی از جنبه مالی امکان‌پذیر نباشد. چنین موقعیتی هنگامی روی می‌دهد که مزایا و سودمندی پراکنده بوده و هزینه‌ها را نه می‌توان مشخص و نه پرداخت کرد. امکان‌پذیری مالی را می‌توان به‌عنوان تمایل و توانایی بهره‌برداران در پرداخت خدمات و تولیدات پروژه تعریف کرد. افزون بر این، ممکن است پروژه‌ای از نظر اقتصادی جذاب باشد، اما قدرت وام گرفتن سازمان حمایت‌کننده از نظر قانون و اساسنامه (سرمایه) به اندازه‌ای محدود باشد که نتواند پروژه را تأمین مالی کند. باید تحلیل مالی انجام شود تا چگونگی پرداخت هزینه پروژه توسط حمایت‌کننده آن مشخص شود. این کار ممکن است شامل استفاده از منافع، ضمانت‌نامه‌های التزامی عمومی، اعتبارهای مالیاتی یا برقراری هزینه‌های مناسب در استفاده از آب باشد.

اگر هدف‌های دیگری نیز در پروژه وجود داشته باشد، باید هزینه‌هایی برای آنها اختصاص داد و روش‌های وصول آن هم مشخص شود. یکی از روش‌های مورد توجه برای سرمایه‌گذاری در دیگر هدف‌ها مانند کنترل سیلاب یا ناحیه‌ای تفریحی، مشارکت مناسب دولت در هزینه‌ها است.

امکان‌پذیری مالی پروژه با توجه به نرخ بهره، ارزش آب و نسبت جلوگیری از میزان خسارت وارده، متغیر است. بیشترین امکان‌پذیری مالی در ناحیه‌ای پر جمعیت و صنعتی است چرا که میزان خدمات حمایت‌کننده پروژه زیاد است، و ممکن است هنگامی که ناحیه خدماتی حمایت‌کننده پروژه بخش کشاورزی باشد، به‌خاطر برآورد ارزش نواحی مربوطه امکان‌پذیری مالی کمترین باشد.

در مقایسه برنامه‌های مختلف، ممکن است پروژه‌ای با بهترین امکان‌پذیری اقتصادی از نظر مالی امکان‌پذیر نباشد. در چنین مواردی، ممکن است گزینه‌ای با امکان‌پذیری اقتصادی کمتر انتخاب شود و گزینه دیگر با امکان‌پذیری اقتصادی بیشتر، برای ساخت در گام‌های بعدی در زمانهای آینده در نظر گرفته شود.

۸- ساختمان

این بخش، شامل بحثی از مهم‌ترین عوامل در امر ساختمان است که احتمالاً بر بهره‌برداری و نگهداری تسهیلات تغذیه آب زیرزمینی، اثرات مختلفی دارد. فنون ساختمانی برای تسهیلات پخش سطحی، نسبتاً مشخص است. بسیاری از آنها در بخشهای دیگر بحث خواهند شد. چاههای تغذیه، پیچیده‌تر بوده و دارای مسائل بهره‌برداری و نگهداری بیشتری هستند. فن حفاری، شرح و تاریخ ساختمانی و آمارهای احداث چاهها در این قسمت بحث خواهند شد. جزئیات بیشتر را می‌توان در کتابهای فنی یافت (Fowler, 1996; AWWA 1989, 1993; NWWA, 1988). اطلاعات اضافی در مورد ساخت تسهیلات پخش سطحی، درون مسیل و بیرون مسیل، و همچنین چاههای تغذیه و چاههای ASR را می‌توان در نشریات و کتابهای مرجع یافت.

۸-۱ فنون حفاری چاههای تغذیه

احداث چاههای تغذیه آب زیرزمینی مشابه چاههای برداشت آب زیرزمینی است، اگرچه ممکن است طراحی آنها متفاوت باشد. خلاصه‌ای از فنون حفاری چاههای دهانه گشاد با وجود تفاوت در طراحی، در بخشهای زیر ارائه می‌شود. استانداردهای حفاری چاه توسط برخی نهادهای دولتی قبول شده‌اند (CDWR, 1991).

۸-۱-۱ روش حفاری کابلی

حفاری کابلی یا ضربه‌ای، شامل بالابردن و پایین آوردن مکرر و کنترل شده سرمته فولادی سنگینی روی کف چاه همراه با پیشرفت حفاری است. قطر حفره، معمولاً از ۱۵۰ تا ۷۵۰ میلی‌متر است. تکه‌های سست شکسته شده از کف چاه (حفره) توسط سطلی متصل به یک رشته سیم به سطح آورده می‌شوند. در سازندهای سست و به هم نچسبیده، معمولاً لوله جدار چاه به داخل رانده می‌شود تا از ریزش دیواره چاه جلوگیری شود. در مواد محکم و به هم چسبیده، این کار معمولاً لازم نیست. در ضمن به گل حفاری نیاز نمی‌باشد مگر اینکه حفره خشک باشد؛ که در این صورت باید به آن آب افزود تا قطعه‌ها به حالت گل یا لجن درآمده و با سطل خارج شوند. حفاری کابلی آهسته انجام می‌شود و با افزایش عمق آهسته‌تر می‌گردد و این به سبب سطل اندازی و خارج کردن مواد از چاه است. با این وجود، آب و نمونه‌های نسبتاً تمیزی از سازندها به دست می‌آیند، و سطوح فشاری آب را می‌توان با پیشرفت لوله‌گذاری اندازه‌گیری کرد. ماسه روان و خمیدگی لوله ورودی مسائلی را برای حفار به وجود می‌آورند. حد عمق حفاری با این روش، حدود ۶۰۰ متر است (به ASTM D5875 مراجعه شود).

۸-۱-۲ روش دورانی متداول با گل حفاری

در این روش حفاری، از لوله مته‌ای سنگین و یقه‌های متصل به سرمته‌ای استفاده می‌شود که دارای چرخشی برای خرد کردن تکه‌های کف حفره است. گل حفاری در داخل لوله مته برای نرمی و خنک کردن سرمته، حمل خرده‌های سازندها از فضای بین لوله مته و سوراخ حفره به سطح، و درزگیری دیواره‌ها (برای جلوگیری از ریزش) به کار می‌رود. قطر حفره‌ها برای چاههای آب معمولاً حدود ۱۰۰ تا ۶۰۰ میلی‌متر و عمق آن تا ۱۲۰۰ متر است. نمونه‌های گرفته شده از سازندها اغلب به مواد لایه‌های

بالتر آلوده شده‌اند و جداسازی آنها به علت آمیختگی آنها هنگام بالا آمدن دشوار است. نمونه برداری از آب پایین حفره، مشکل و پرهزینه است. مسائل عمده در این روش، از بین رفتن گل حفاری و قطعه سنگهای زیرسطحی است.

۱-۳ روش دورانی معکوس همراه با جریان آب

در این روش، سیال حفاری که عمدتاً آب است از فضای بین لوله مته و سوراخ حفره به کف حفره جریان یافته و تکه‌های سازندها را همراه با خود و از میان لوله مته به سطح می‌آورد. قطر چاهها، معمولاً دارای دامنه‌ای از ۳۰۰ تا ۹۰۰ میلی‌متر و عمق چاهها حدود ۶۰۰ متر است. از آنجا که به جای گل حفاری از آب استفاده می‌شود، سرعت آب باید زیاد باشد تا بتواند تکه‌های کنده شده را بالا بیاورد. لوله مته گاهی به اندازه‌ای بزرگ است که می‌تواند شنهای بزرگ و تکه سنگها را حمل نماید. نمونه‌های گرفته شده از سازندها، نماینده فاصله حفاری هستند. در صورت نبودن لایه‌ای از گل حفاری می‌توان برداشت نمونه‌های آب از پایین چاه را (اگرچه پرهزینه است) از روی دیواره چاه انجام داد. حفاری چاهها با روش گل حفاری و دورانی معکوس، دارای مسائل مشترک بسیاری است.

۱-۴ روش دورانی با هوا

در حفاری دورانی با هوا، از هوای بسیار زیادی به عنوان سیال حفاری استفاده می‌شود. تکه‌های کنده شده به ذرات ریزی تبدیل می‌شوند و هوا با جریانی بیش از ۱۰۰۰ متر در دقیقه، ذرات را به سطح می‌آورد. معمولاً برای خنک کردن هوا، کنترل گرد و خاک، و کمک به بالا آوردن تکه‌ها، آب یا کف نیز اضافه خواهد شد. از آنجا که این روش در سازندهای سست و به هم نچسبیده کارایی خوبی ندارد، دستگاه حفاری معمولاً دارای پمپی لجن کش است که از سازندهای سطحی عبور کرده و پس از قرار دادن لوله جدار در حفره، بیرون کشیده می‌شود. حدود قطر چاهها در این روش از ۱۰۰ تا ۴۰۰ میلی‌متر و حداکثر عمق تا حدود ۶۰۰ متر می‌باشد. از آنجا که تکه‌های تولیدی با مته معمولاً خیلی کوچک است، تشخیص سازندها در این روش مشکل‌تر از روشهای دورانی دیگر است. از سوی دیگر، وجود آب به راحتی معلوم می‌شود. سازندهای حفره‌دار و محدودیت‌های حجم و فشار هوا برای حفارها مسائل خاصی را تولید می‌کند. (برای شرح بیشتر به ASTM D5782 مراجعه شود).

۲-۸ ترتیب ساختمانی

در این قسمت، روش کلی احداث چاه آبی نمونه با پوشش شنی به روش حفاری دورانی بررسی می‌شود.

۱-۲-۱ تجهیز کارگاه

در این زمان، حفار چاه به محل می‌رود و وسایل خود را مستقر می‌سازد. کارکنان حفاری، گودالهای گل حفاری و وسایل جداسازی ماسه را نصب کرده، لوله‌های موقت زهکشی را کار می‌گذارند، و ظروف و وسایل ذخیره برای گل حفاری و تکه‌های از چاه در آمده را آماده می‌نمایند. در طی این زمان، پیمانکار برنامه کارکرد و گواهیهای مواد ساختمانی خود را برای تصویب ارائه می‌دهد. روشهای نمونه برداری از سازندها، نمونه برداری کیفی آب، نوع دوغاب و آزمایش حفاری نیز برای بررسی و قبول، تسلیم مالک چاه می‌شود.

۲-۲-۱ لوله‌گذاریهای سطحی

هدف از لوله‌های سطحی (لوله‌های پیمانکار)، مقاوم کردن قسمت بالای حفره، بستن آبخوانهای کم‌عمق با کیفیت پایین که ممکن است در محل باشند، و جلوگیری از آلودگی آبخوان با آب سطحی است. برای انجام این اهداف، ممکن است به بیشتر از یک شاخه لوله نیاز باشد. عمق دقیق برای پایان لوله‌گذاری سطحی و بستن جدار، هنگامی که لوله به‌صورت برجا قرار می‌گیرد، اساسی‌ترین بخش این کار است.

۳-۲-۱ حفاری چاهک نمونه

چاهک نمونه، گمانه‌ای است با قطر کم که تا عمق پیش‌بینی‌شده برای چاه حفر می‌شود. تکه‌های کنده‌شده از چاهک، جمع‌آوری شده و عمق‌های مربوط یادداشت می‌شوند تا چینه‌شناسی سازندهای زیرین ترسیم شود. سرعت نفوذ مته با یک سرعت دورانی ثابت (دور در دقیقه) در سازندهای مختلف برداشت شده و به همراه اطلاعات حفار و خصوصیات حفاری یادداشت می‌شوند. این اطلاعات، با لوگ‌های ژئوفیزیکی (که پس از تکمیل چاهک نمونه به‌دست می‌آیند) مطابقت داده می‌شود تا سنگ‌شناسی و دیگر ویژگی‌های فیزیکی ناحیه غیر اشباع و آبخوان مشخص شود.

۴-۲-۱ لوگ‌برداری

هنگامی که چاهک نمونه کامل می‌شود، لوگ‌های ژئوفیزیکی برداشت خواهد شد. این کار، ممکن است شامل لوگ‌های متفاوتی باشد (بخشهای ۲-۴-۱ و ۳-۸) (Fowler, 1996; ASCE, 1987). این کار، همراه با نمونه‌برداری کیفی از آب به‌منظور تشخیص عمق چاه، طول و محل صافی و انتخاب پوشش شنی است (Driscoll, 1986).

۵-۲-۱ نمونه‌برداری کیفی از آب

هنگامی نمونه‌برداری کیفی آب از نواحی مجزا توصیه می‌شود که کیفیت ناشناخته بوده یا مسائلی در چاه‌های نزدیک به آن یافت شده است. یکی از روش‌های موفق که برای آبخوانهای آبرفتی به‌کار رفته، گذاشتن بخشی از لوله صافی در چاهک، پر کردن چاهک نمونه با شن (از کف تا پایین‌ترین ناحیه)، مسدود کردن بخش بالای ناحیه توسط بتونیت، و در نهایت پمپاژ آن تا به‌دست آمدن نمونه آب شفاف است. همکاری نزدیک حفار در این کار لازم است تا از ناحیه مورد آزمایش نمونه آبی برداشت شود که نمونه حقیقی آب آن ناحیه باشد. بحث بیشتر درباره نمونه‌برداری کیفی آب و تحلیل آن، در بخش ۱۰-۸ آمده است.

۶-۲-۱ وسیع کردن چاهک

وسیع‌تر کردن قطر چاهک نمونه باید به اندازه‌ای باشد که اجازه نصب لوله جدار و صافیها، و در صورت نیاز، پوشش شنی را در چاه با عمق نهایی بدهد. لوله جدار و مواد مورد نیاز برای صافی، باید از قبل تهیه و در محل موجود باشد تا در پایان حفاری چاه، آماده نصب باشند. تأخیر در نصب لوله جدار و صافی پس از تکمیل چاه، کاری اشتباه است زیرا ممکن است که چاه ریزش کند.

۱-۲-۸ نصب لوله جدار و صافی

نکات اصلی که باید مورد توجه قرار گیرد، روش جوشکاری، محل درست قراردادی قسمتهای صافی در داخل تجهیزات و تعداد صافیهای نصب شده است. جوشکاریها بحرانی هستند زیرا لوله جدار و صافیها در هنگام نصب به صورت معلق و تحت کشش بوده و زمان آن ۲۴ ساعت یا بیشتر است. همچنین جوشکاری مناسب، باعث کاهش فرسایش می شود و پس از پایان ساختمان، در برابر حرکات زمین مقاوم است. نصب صافی باید به دقت صورت گیرد تا اجرای آن طبق طراحی باشد، بویژه اگر چاه به طور متناوب با چندین قسمت صافی و لوله غیر مشبک طراحی شده است. بالاخره، میزان و وضعیت هر قسمت از لوله جدار و صافی باید از نظر طول، اندازه شبکه های صافی، قطر و ضخامت دیواره درست و مورد تأیید باشد. همچنین جوشکاری مناسب داشته و تمام اجزا قبل از نصب و در هنگام نصب، بدون عیب و نقص باشند.

چاههای تغذیه، ASR و برداشت، به صورت دوره ای به توسعه دوباره نیاز دارند. در این روش، مقاومت ساختمانی برای ایستادگی در برابر موجها، آبکشی، اسیدی شدن و افزودن مواد شیمیایی لازم است. استفاده از صافیهای فولادی ضد زنگ، کارایی صافی را بیشتر می کند.

۱-۲-۸ پوشش شنی

پوشش شنی باید در اندازه های مناسب، طراحی و نصب شود، زیرا به عنوان فیلتر عمل می کند تا از ورود ماسه به داخل چاه در هنگام پمپاژ، و ورود ماسه به درون سازندهای دیواره چاه در هنگام تغذیه جلوگیری کند. پوششهای شنی با اندازه و نصب نادرست، باعث تولید ماسه می شود، که این امر می تواند عمر مفید پمپهای برداشت را به شدت کم نماید. در این صورت باید از تسهیلات جداسازی ماسه استفاده کرد تا از ورود ماسه به درون سامانه انتقال یا توزیع جلوگیری کند. به دلیل اهمیت پوشش شنی، نصب آن باید از نزدیک واریسی شود تا با روشهای توصیه شده مطابق باشد و مقدار شن افزوده شده به چاه تعیین شود. برای چاههای برداشت و ASR، باید لوله ای از شن فراهم شود تا در صورت نشست کردن پوشش شنی در اثر عملیات مختلف شستشو، بتوان به آن شن اضافه کرد. قبل از افزودن شن، باید میزان شن لازم از جنبه تئوری، قبل و بعد از ساختمان چاه محاسبه شود تا مشخص شود که آیا کاهش میزان شن به علت تفاوت در اندازه های چاه و لوله و صافی است یا به دلیل باز شدن حفره هایی در پوشش. برای آبخوانهای با مواد ریزدانه، ممکن است اقدامهای دیگری لازم باشد.

۱-۲-۹ بستن بخش بالای چاه

پس از پایان پوشش شنی، فاصله حلقه مانند بین لوله جدار و دیواره چاه، باید توسط دوغاب ماسه سیمان یا بنتونیت از بالای پوشش شنی تا سطح زمین پر شود. این عمل باید به دقت انجام گیرد تا از وارد آمدن بار زیادی روی لوله جدار و صدمه به آن جلوگیری شود.

۸-۲-۱۰ توسعه و توسعه دوباره

منظور از توسعه چاه، بازسازی خسارتهای وارده به آبخوان هنگام حفر چاه و جدا کردن مواد ریزدانه از سازندها است. این اقدام، سبب جدا شدن مواد ریزدانه از خلل و فرج آبخوان شده، آبدهی ویژه چاه افزایش یافته، و میزان تغذیه و آبدهی بیشتر می شود. توسعه چاه، از وظایف حفار است و تا هنگامی که آبدهی ویژه به حالت پایدار درنیاید و تولید ماسه به حد مورد قبول نرسد، کار حفار تکمیل نمی شود. برای چاههای ASR، تعداد توسعه های دوباره بیشتر است، اما معمولاً فقط پمپاژ چاه کافی است (ASTM D5521).

تهیه یک لوله جهت افزایش شن، در صورت نشست پوشش شنی در اثر بهره برداری از ASR مناسب است. اگرچه لوله افزایش شن می تواند برای بازسازی نشست پوشش شنی مفید باشد، ولی برای آبخوانهای ریزدانه، به اقدامهای بیشتری نیاز دارند.

۸-۲-۱۱ آزمایش پمپاژ

برای تعیین میزان تولید و افت مورد انتظار در چاه، معمولاً دو نوع آزمایش پمپاژ اجرا می شود (Driscoll, 1986; Todd, 1980). آزمایش اول، آزمایش افت پله ای است. داده های این آزمایش، آبدهی و بازده چاه را نشان می دهد. آزمایش دوم، آزمایشی با جریان ثابت است که داده هایی برای محاسبه قابلیت انتقال آبخوان، نشست و ضریب ذخیره را فراهم می سازد. می توان از این پارامترهای آبخوان، برای برآورد افت در اثر پمپاژ درازمدت چاه و حجم تداخل در چاههای نزدیک، استفاده کرد. در چاههای تغذیه، این پارامترها برای برآورد میزان تغذیه و شکل بالآمدگی آب به کار می روند. همچنین در تعیین تعداد طبقات و ظرفیت پمپها نیز از این پارامترها استفاده می شود. برای چاههای تغذیه و ASR، پس از تکمیل آزمایش جریان ثابت، انجام آزمایش تغذیه پله ای، برای فراهم کردن پایه ای برای مقایسه با آزمایشهای مشابه در آینده، به منظور برآورد اثر گرفتگی درازمدت استفاده زیادی دارد. این کار می تواند داده هایی نیز ارائه دهد تا پایه ای برای طراحی درست تسهیلات تغذیه باشد. چاههای تغذیه باید دارای وسایل اندازه گیری سطح آب یا ارتفاع فشاری در داخل چاه و خارج از لوله جدار چاه، یا چاه مشاهده ای در نزدیکی آن باشند تا برای تشخیص نشانه های اولیه گرفتگی کمک کنند.

۸-۲-۱۲ کارهای دیگر

شامل ضد عفونی چاه، آزمایش عمودی بودن محور چاه، بررسی بصری پایین، تحلیل داده ها و تهیه گزارش تکمیلی چاه برای کارهای مالک در آینده می باشند. دوباره تاکید می شود که این گزارش، در بهره برداری و نگهداری درست چاه آب تکمیل شده، دارای اهمیت است.

تسهیلات سرچاهی مانند پمپ، موتور، لوله کشی و نصب دستگاه نیرو، اغلب جداگانه بنا می شوند. اگر این موارد قسمتی از وظایف حفاران باشد، آنها را قبل از جمع آوری کارگاه نصب می کنند، و داده های مربوط به نصب، قسمتی از گزارش پایان کار است (بخش ۸-۳).

۱-۲-۱۳ جمع کردن (برچیدن) کارگاه

این کار، شامل برداشت ابزار و وسایل از محل و پاک‌سازی کلی آن است. گل حفاری و ابزار مربوط به آن مانند گودالها و دیگر نخاله‌های ساختمانی، باید جمع‌آوری شده و به مکان مناسب انتقال یابند.

۳-۸ اطلاعات احداث

گزارش مشروح و دقیق وقایع رخ داده در هنگام احداث چاه آب، ارزش بسیار زیادی دارد. در دوره احداث چاه آب، فقط یک فرصت وجود دارد که می‌توان در آن اطلاعات اساسی در مورد زمین‌شناسی و چینه‌شناسی سازندهای زیرسطحی، مواد وارد شده به درون چاه و وضعیت آنها، آبدهی اولیه چاه، پارامترهای آبخوان و کیفیت آب تولیدی را گردآوری نمود. همه این داده‌ها باید جمع‌آوری شده و به‌صورتی که از بین نروند، همراه با دیگر اطلاعات نگهداری شوند. رونوشت یا رونوشتهایی از این گزارش، باید تسلیم مالک چاه شود، با تاکید بر اینکه، گزارش در محلی امن نگهداری شود زیرا شامل اطلاعاتی اساسی است که می‌تواند به‌عنوان مرجعی در ارزیابی روش بهره‌برداری چاه در آینده مورد استفاده قرار گیرد. بسیاری از اطلاعات موجود در چنین گزارشی، برای آگاهی مسئولان محلی و ایالتی که به ثبت و تکمیل این نوع داده‌ها نیاز دارند قابل استفاده است.

داده‌های ویژه‌ای که باید در گزارش پایانی چاه باشد عبارتند از:

- محل چاه،
- مبنای ارتفاع در محل چاه،
- ژئوهیدرولوژی محلی و ناحیه‌ای،
- معرفی شرکت حفاری،
- نوع دستگاه حفاری،
- برنامه زمانی احداث،
- لوگهای حفاری،
- لوگ سازندها،
- لوگ مقاومت الکتریکی (E-log)،
- لوگ نفوذ مته،
- لوگ گاما،
- لوگ تراکم،
- لوگ پتانسیل خودزا (SP log)،
- لوگ اندازه‌گیری (کالیپر)،
- لوگ دما،
- لوگ صوتی،
- مشاهده درون چاهی،

- طراحی پوشش شنی،
- توصیف و رسم چاه،
- داده‌های عمودی بودن محور چاه،
- آزمایشهای پمپاژ،
- نمونه‌برداری و تحلیل کیفیت آب،
- اطلاعات ضدعفونی،
- اطلاعات هزینه احداث،
- پرونده جوازها.

۱-۹ روشهای آغاز به کار

هنگامی که ایستگاه تغذیه جدیدی به کار انداخته می‌شود، وسایل جایگزین نصب شده‌اند، یا از وسایل برای مدت زمانی طولانی استفاده نشده است، باید از روشهای آغاز به کار پیروی گردد. آموزش دادن کارکنان جدید، تهیه برگه‌های تازه آماری و روشهای نوین، و بازآموزی برای کارکنان موجود، گامهایی اساسی در روند آغاز به کار هستند. آموزش و آماربرداری در بخش ۱۰ بحث خواهد شد.

برای چاهها، بهره‌بردار باید برگه‌ای از داده‌های کامل، برگه‌ای از داده‌های مربوط به دستگاه و برگه روزانه آمار چاه برای هر واحد فراهم کند تا در ارزیابی کار دستگاه و آبخوان در زمان شروع به کار، به او کمک کند. این برگه‌ها (فرمها) در بخش ۱۰-۳ توصیف خواهند شد. از برگه داده‌های آزمایش و آغاز به کار، مانند شکل ۹-۱، باید استفاده شود. این داده‌ها برای تأیید منحنی پمپ، منحنی سامانه سرچاهی، ارائه شرایط اولیه چاه برای مقایسه در آینده، و فراهم کردن داده‌هایی با ارزش برای رفع اشکال، مورد استفاده قرار می‌گیرند.

روشهای شروع به کار برای تسهیلات تغذیه آب سطحی شامل بررسی جریان ورودی به حوضچه‌های پخش آب از نظر گل‌آلودی است تا از کمتر بودن غلظتها از حدودی معین برای تغذیه مؤثر (اقتصادی) اطمینان حاصل شود (بخش ۱۰-۸). آب را باید به آرامی وارد تسهیلات تغذیه سطحی کرد تا از فرسایش و در نتیجه زیاد شدن گل‌آلودی جلوگیری شود. مسئول مربوط باید دارای برگه‌هایی برای یادداشت داده‌ها مشابه برگه چاهها بوده و برگه‌های آماری کارکرد روزانه مشابه آنچه در بخش ۱۰-۳ آمده، به همراه داشته باشد.

افزون بر تسهیلات اساسی تغذیه (حوضچه‌های سطحی و چاهها) معمولاً بخشهایی فرعی نیز هستند که به‌طور مستقیم همراه با واحد بهره‌برداری یا تغذیه بوده و باید پیش از آغاز به کار بررسی شوند. این بخشهای فرعی، مخصوص هر دستگاه بوده و برای چاههای تغذیه و حوضچه‌های پخش تفاوت بسیار زیادی در کاربردشان وجود دارد. بخشهای فرعی عبارتند از:

- شیر فلکه‌ها مانند شیرهای تأمین آب، شیرهای فشارشکن، شیرهای روی لوله‌های آبرسان ورودی و شیرهای انحراف جریان بین حوضچه‌های پخش آب،
- جریان‌سنجها، مانند جریان‌سنجهای روی خطوط تأمین آب، بین واحدهای تغذیه، روی لوله‌ها یا کانالهای انحراف آب و روی تجهیزات سرریز یا خروجی آب،
- سامانه‌های تزریق مواد شیمیایی، مانند آنچه برای تصفیه گل‌آلودی لازم است، ضدعفونی آب تغذیه یا کنترل فرسایش،
- سامانه‌های الکتریکی مانند آنچه برای کنترل شیرها، پمپها، وسایل اندازه‌گیری، رایانه‌ها، و روشنایی به کار می‌رود.

نام و نشان چاه: پمپ:
 داده‌های آزمایش: موتور:
 سطح آب ساکن: (اندازه‌گیری قبل از شروع به کار)
 طول لوله رهاشده: فاکتور C استفاده شده:
 ولتاژ سطحی: (a/b) (a/c)
 آمپر سطحی: (a/b) (a/c)

نتایج مورد توجه از کیفیت آب:

زمان پس از شروع آزمایش و میزان پمپاژ هنگام

برداشت نمونه آب:

آزمایش ۴	آزمایش ۳	آزمایش ۲	آزمایش ۱	
				مقادیر آزمایش تاریخ
				میزان پمپاژ، بر ثانیه
				ساعت‌های آزمایش
				نوع آزمایش
				افت آب تراز
				آمپر سطحی
				ولتاژ سطحی
				سطح، kg/cm^2
				ماسه (PPM)
				W.Q. انتخابی پارامتر
				مقادیر تخمینی: افت‌های فرعی (متر)
				لوله رهاشده H.L.
				مقادیر محاسبه شده: ظرفیت ویژه
				مجموع مواد جامد حل شده
				کارایی سامانه

شکل ۹-۱- داده‌های شروع به کار و آزمایش پمپ

معمولاً پیشنهاد می‌شود که اگر از چاه برای مدت زمانی استفاده نشده باشد، قبل از ورود آب به داخل چاه تغذیه آن را پمپاژ (توسعه دوباره) کرد. این آب پمپاژ باید به فاضلاب پمپ شود تا کیفیت آب به مقدار پایدار و قابل قبول برسد. آب منبع تغذیه نیز باید به فاضلاب برود تا کیفیت آب برای جدا ساختن مواد جامدی که از خطوط تأمین، قبل از تغذیه به بیرون رانده می‌شوند، به مقدار پایداری برسد.

هنگام شروع به کار ایستگاههای پمپاژ، باید در مورد روغنکاری میله پمپ دقتی مضاعف به خرج داد. اگر عمق آب موجود در چاه ۱۵ متر یا بیشتر است، میله‌های باز باید در هر شروع به کار، از قبل با آب آغشته و لیز شوند. میله‌های بسته که روغنکاری آنها با روغن است، در هنگام سرویس ابتدایی پمپ باید ۵ تا ۶ قطره روغن در دقیقه برای هر ۳۰ متر عمق پمپ دریافت کنند (به نشریات کارخانه پمپ‌سازی مراجعه شود). از به‌کارگیری پمپهایی که کاهش اصطکاک آنها با روغن است باید برای چاههای تغذیه و ASR اجتناب شود، تا در صورت امکان، اثرات ناجور آب و پتانسیل گرفتگی آبخوان از نظر فیزیکی و باکتریایی به کمترین حد برسد.

۲-۹ روشهای بهره‌برداری

بهره‌بردار باید هنگام بهره‌برداری از دستگاه تغذیه، آمار روزانه را در برگه‌های مربوط ثبت نماید. این مقادیر باید با پارامترهای بهره‌برداری آبخوان، دستگاه و لوازم مربوط مانند داده‌های اساسی و داده‌های شروع به کار و آزمایشی مقایسه شوند. روشهای به‌کار گرفته شده را باید یادداشت کرد و اگر تفاوت‌هایی مهم وجود دارند، اقدام‌هایی مناسب انجام شود. ارتباط کاهش تغذیه با زمانهای خشکسالی باید به‌عنوان راهنمایی در برنامه‌ریزی بهره‌بردارها تعیین شود (Detay, 1996).

پایش تمام پارامترهای هیدرولوژیکی و تجهیزات به‌طور روزانه در شروع کار و تا مدتی بعد مهم است. اگر عملکرد تمام سامانه‌ها خوب است، و بهره‌بردار از کارکرد تسهیلات تغذیه راضی است، فاصله زمانی بین اندازه‌گیریها را می‌توان افزایش داد. تغییر در کیفیت یا میزان جریان آب منبع، ممکن است دلیلی برای شروع اندازه‌گیریهای بیشتر باشد.

۳-۹ روشهای بستن چاه

بستن چاه معمولاً روشی نسبتاً ساده است. باید دقت کرد که این اقدام از سمت بالادست به پایین دست انجام گیرد. تمام پارامترها باید به‌دقت بررسی شوند و هر گونه بالا و پایین رفتن آب (تلاطم) یادداشت شود. اگر حفاظت از تلاطم در طرح ابتدایی تسهیلات تغذیه موجود نباشد، در صورت رخداد تلاطم‌های مهم، افزودن این ترکیب (سیما) احتمالاً لازم است.

هنگام عدم عملکرد دستگاه به‌مدتی طولانی یا در زمستانی سخت، حفاظت از تسهیلات تغذیه و بخشهای فرعی آن باید انجام شود، بویژه اگر امکان وقوع یخبندان وجود داشته باشد.

در دوره بسته بودن چاه، بهره‌برداران باید از فرصت استفاده کنند و قسمتهای دیگر تسهیلات را بررسی نمایند. جدول ۹-۱ بعضی موارد قابل بررسی و دوره تکرار آنها را نشان می‌دهد. بستن متناوب چاههایی که در آبخوانهای رسوبی قرار دارند، مجوز برگشت آب به داخل آبخوان را می‌دهد، که ممکن است سبب راندن رسوبهای ریزدانه جمع‌شده در اطراف قسمت ورودی لوله چاه و حمل آنها به‌درون آبخوان شود. در این حالت، در هنگام شروع به کار دوباره چاه، باید آب چاه را متلاطم کرد (مانند توسعه

چاه) و پمپاژ ابتدایی آن را وارد فاضلاب کرد. در هنگام برگشت سطح آب، سطوح ساکن آب باید اندازه‌گیری و یادداشت شوند. آزمایش پمپاژ سالانه با سه میزان جریان متفاوت باید برای اندازه‌گیری بازده پمپ انجام گیرد. اندازه‌گیری میزان سوخت مصرفی، فشار آبدهی و افت سطح آب در چاه نیز باید برای محاسبه نیروی مصرفی برای آب ورودی و خروجی انجام شود. ظرفیت ویژه چاه (جریان تقسیم بر افت) را نیز می‌توان با این اندازه‌گیریها محاسبه کرد و باید آن را با مقادیر قبلی، به‌عنوان نشانه‌ای از مسائل و مشکلات، مقایسه کرد. بازده «سیم به آب» پمپ باید محاسبه شده و با منحنی پمپ، برای تعیین مشکلات پمپ مقایسه شود.

بستن چاه، امری موقتی است و نباید با برچیدن چاه (بخش ۱۰-۱۰)، که دائمی است اشتباه شود.

جدول ۹-۱ - نگهداری پیش‌گیرنده (موارد بررسی، ثبت اطلاعات یا اجراء در دوره بسته بودن چاه)

دوره زمانی ^۱	چاه	پمپ
هفتگی	خاموشی پمپ و تلاطم چاه بررسی تولید ماسه در شروع به‌کار	روغنکاری نقاطی که در طول بهره‌برداری در دسترس نیستند، توجه به تغییر صدای پمپ و موتور در شروع به کار و بسته‌شدن
ماهانه	سطح آب ساکن (استاتیک) محاسبه ظرفیت ویژه چاه	بررسی همه شیرهای کنترل برای بهره‌برداری مناسب
شش ماهه		بررسی جعبه جلوگیری از نشت، تعویض روغن میله و یاتاقان، پاک کردن مخزنها، بررسی وضعیت میله، بررسی سیم‌کشی و اتصالات الکتریکی
سالانه	عمق پوشش شنی عمق کلی چاه ^۲ آزمایش بازدهی سیم به آب و مقایسه با منحنی پمپ	جدایی و پاک کردن یاتاقانها و محفظه‌ها، تمیز کردن یا تعویض اتصالات الکتریکی، بررسی ارتفاع فشاری هنگام خاموشی پمپ

۱- دوره‌های زمانی ممکن است در نقاط مختلف با توجه به زمین‌شناسی و دیگر خصوصیات متغیر باشد.

۲- برای بسیاری از چاهها نباید از یک روش گران‌قیمتی استفاده کرد مگر آنکه پرکردن بخش پایینی چاه مدنظر باشد.

۱۰- بهره‌برداری، نگهداری، و برچیدن

۱-۱۰ مقدمه

روشهای بهره‌برداری و نگهداری تسهیلات تغذیه سطحی که از مناطق داخلی یا مجاور جریانهای طبیعی استفاده می‌کنند، در مدتی طولانی توسعه یافته است. اگرچه سابقه تغذیه سطحی در نواحی توسعه یافته (شهری) کم می‌باشد ولی آگاهی و فهم بسیار خوبی نسبت به آن وجود دارد. استفاده از چاههای تزریق برای تغذیه، دارای کوتاه‌ترین سابقه است و احتمالاً بیشترین عدم اطمینان را به همراه دارد. بهره‌برداری تسهیلات با استفاده‌های چندگانه، از موارد با اهمیت روز افزون است، که در میان آنها می‌توان از تغذیه، تفریح و ماهیگیری نام برد.

عوامل متعددی باید در بهره‌برداری و نگهداری تسهیلات تغذیه مصنوعی مورد توجه قرار گیرند. برخی از آنها در جدول ۱-۱۰ فهرست شده‌اند.

جدول ۱-۱۰ - ملاحظات بهره‌برداری و نگهداری در تغذیه مصنوعی آب زیرزمینی

دسته	توجه زیاد	توجه متوسط
بهره‌برداری و نگهداری	ایمنی فنون و برنامه‌های بهینه‌سازی مقدار دوره‌های تر و خشک دوره تکرار و نوع تمیز کردن حوضچه فیلترهای روی کف حوضچه	مصونیت ترازهای بالای آب زیرزمینی
استفاده چند منظوره	اثرات روی مقادیر و دوره‌های تغذیه برنامه‌های بهره‌برداری	مشارکت با مجامع عمومی و خصوصی مسائل فرعی: مسئولیت، برقراری نظم و آرامش، زباله، زیبایی، چشم انداز
کیفیت آب	کیفیت شیمیایی مواد معلق گرفتگی باکتریایی در چاهها رشد آبی واکنش خاک به آب	دما حشرات خط سیر بیماریها حلزونها
تغییرات در طرح	شکل، عمق، شیب دیواره، استفاده از چاهها در حوضچه‌ها و آب‌روها مواد فیلتری کف حوضچه	شهری شدن محیط (خصوصی یا عمومی) هزینه در مقابل حجم تغذیه اصلاح شده زیبا سازی محیط

۱۰-۲ آموزش بهره‌بردار

بهره‌برداران باید دارای مهارت‌های مکانیکی و تخصص لازم بوده تا نسبت به حفظ آمار ساختمان، نگهداری و بهره‌برداری اقدام نموده و هدف و چگونگی استفاده از آمار را درک کنند. تهیه آمار خوب از بهره‌برداری و نگهداری تسهیلات تغذیه آب زیرزمینی برای هر پروژه اقتصادی و مؤثر تغذیه، امری اساسی است. بهره‌برداری و نگهداری مناسب نیاز به کارکنانی آموزش دیده دارد. برنامه‌های آموزشی باید برای کارکنان با تجربه و تازه‌کار توسعه یابد. آموزش برای کارکنان تازه‌کار، باید شامل چگونگی و دلیل بهره‌برداری از پروژه، بررسی برنامه‌ریزی و طراحی تسهیلات (توسط برنامه‌ریزان و طراحان پروژه، در صورت امکان)، شناسایی مسائل پتانسیل و دیدی کلی از سازمان عهده‌دار بهره‌برداری پروژه باشد. آموزش کارکنان با تجربه، باید شامل بازنگری برنامه آموزشی کارکنان جدید، بررسی تفصیلی روشهای موجود و نحوه اجرای پروژه، و موارد فنی جدید مربوط به بهره‌برداری و نگهداری نوع خاص پروژه در حال بهره‌برداری باشد.

آموزش بهره‌بردار پروژه، باید شامل موارد زیر باشد:

- بررسی تسهیلات تغذیه و برداشت آب زیرزمینی در محل،
 - بیان و توضیح آمار طراحی، ساختمان و نگهداری،
 - شناخت محل قراردعی تمام یادداشتهای و آمارها،
 - دستورالعمل مناسب برای نگهداری لوازم مکانیکی بر حسب سطح تجربه بهره‌بردار جدید،
 - زیانهای بهداشتی مواد شیمیایی مصرفی در پروژه تغذیه، و
 - زیانهای بهداشتی باقیمانده‌های مراحل بهره‌برداری، از قبیل برداشتن لایه‌های مسدودکننده.
- در نبود کارکنان آموزش دیده، در محل یا در سازمانهای نزدیک، باید از مهندسان مشاور و پیمانکاران نگهداری یا خدماتی برای امور آموزشی یا فوریتی کمک گرفت.

۱۰-۳ ثبت آمار رویدادها

آمارهای خوب بهره‌برداری دستگاه تغذیه، کلیدی برای تعیین چگونگی کارکرد تسهیلات است. آمارهای خوب که به آسانی بازیافتنی هستند، اساس و پایه پاسخ‌گویی به سؤالاتی مانند موارد زیر هستند:

- آیا عملکرد تسهیلات مطابق با برنامه‌ریزی و طراحی آنها است؟
- در عمل، چه چیز به‌وقوع می‌پیوندد؟
- آیا روشی برای افزایش سودمندی و کاربرد دستگاهها وجود دارد؟

فرمهای مورد استفاده برای یادداشت داده‌های گردآوری شده صحرايي، ویژه هر محل بوده و باید برای هدفهای مورد نظری طراحی گردند که به آسانی توسط مسئول مربوط قابل استفاده باشد و به استفاده نهایی از داده‌ها توجه نماید. این آمارها ممکن است برای امور قانونی نیز مورد نیاز باشند برای مثال هنگامی که بهره‌برداری از تسهیلات با حقایقها در تناقض باشد. افزون بر این، رها کردن غیرعادی آب از تسهیلات یا آلودگی آب زیرزمینی توسط آبهای تغذیه با تصفیه ناکافی، ممکن است به ادعای

خسارت و زیان منجر گردد. از این رو، فرمها باید کامل بوده و تمام اطلاعات مورد نیاز برای بهره‌برداری خوب از تسهیلات را دارا باشند؛ علاوه بر آنکه نباید با درخواست عناوین و ارقام متعدد و تفصیلی، مسئولیت و حجم کار سنگین بر عهده بهره‌برداران بگذارند.

سازمانهای آب از انواع متفاوتی از فرمها استفاده می‌کنند. نمونه‌هایی از بعضی فرمها که توسط سازمان آب منطقه آلامدا - کالیفرنیا، سازمان کنترل سیلاب منطقه لوس‌آنجلس - کالیفرنیا و پروژه سالت ریور در فینیکس و آریزونا مورد استفاده است، در شکل‌های ۱۰-۱ تا ۱۰-۸ (در انتهای این بخش) آمده است. برنامه آمارها باید نشان دهد که تسهیلات تغذیه آب زیرزمینی با یکدیگر متفاوت بوده و به آمارها و الزامات مختلف نیاز دارند.

فرمهای بهره‌برداری را می‌توان به‌گونه‌ای طراحی کرد که بتوان آنها را به‌صورت رایانه‌ای درآورد. داده‌های صحرائی، مانند تراز آب، خواندن کنتورها، مقادیر جریان، دما و هر گونه داده‌های مناسب فیزیکی و کیفی آب توسط بهره‌بردار روی فرم رایانه‌ای وارد می‌شود. این نوع فرمها را می‌توان برای ذخیره دائمی، به‌صورت میکروفیلم درآورد. آمارهای روی میکروفیلم پشتیبان، برای اهداف حقوقی لازم است و به‌عنوان مرجع نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند، بویژه اگر در آینده، پرسشهایی در مورد دقت آمارهای رایانه‌ای مطرح شود. حتی اگر آمارهای اصلی رایانه‌ای نشوند، حتماً باید برای ایمنی آنها به‌صورت میکروفیلم در آید. اگر رایانه موجود باشد، داده‌ها باید درون پایگاه داده‌ها منتقل شده تا بتوان پارامترهای بهره‌برداری را در برابر زمان و در برابر یکدیگر رسم کرد و روندها به‌صورتی نموداری مشخص گردد. در بهره‌برداری‌های بزرگ‌تر، می‌توان داده‌ها را به‌روش الکترونیکی، مستقیماً وارد دستگاه کرد. کارکنان پردازش داده‌های الکترونیکی که دارای دانش رایانه‌ای و نرم‌افزارهای مرتبط با پردازش و ذخیره آمار هستند، می‌توانند در طراحی فرمها کمک کنند. همکاری بین مهندسان، بهره‌برداران و برنامه‌نویسان رایانه‌ای از آغاز کار، در طراحی فرمهای مطلوب امری اساسی است. طرح ابتدایی فرم باید برای ارزیابی و امکان تعدیل پیش از پذیرش نهایی، مورد آزمایش صحرائی کوتاهی قرار گیرد. کارکنان بهره‌برداری و مدیریت، باید هر چند وقت یک‌بار، کفایت فرمها را در برآورد نیازهای خود بررسی نموده و در صورت لزوم، در آنها تغییراتی مناسب بدهند.

۱۰-۴ داده‌های مورد نیاز برای بهره‌برداری

جریان آب ورودی و خروجی از ناحیه تغذیه، باید اندازه‌گیری شود تا اطلاعات برای بهره‌برداری تسهیلات و همچنین محاسبه حجم آب تغذیه شده فراهم گردد. اگر برای تغذیه، جریانهای طبیعی یا ترکیبی از جریان طبیعی و آب ورودی به کار می‌رود، به ایستگاههای اندازه‌گیری جریان آب در کانال نیاز است. اگر آب برای تغذیه، تنها آب ورودی است، فقط یک اندازه‌گیری در نقطه ورود به دستگاه کافی است؛ با این فرض که جریان خروجی وجود ندارد.

در محاسبه یک سامانه کلی که دارای تسهیلات ذخیره سطحی یا تغذیه سطحی می‌باشد، باید بارندگی به جریان ورودی و تبخیر به جریان خروجی اضافه شود. اندازه‌گیریهایی اولیه باید به اندازه‌ای تکرار شود که برای تعیین چگونگی تغییر داده‌ها با زمان، کافی باشند. پس از تعیین تغییرات، می‌توان برنامه زمانی که از نظر دقت و اقتصاد مناسب باشد تهیه نمود. این برنامه زمانی باید داده‌های مختلفی که برای برآورد هزینه‌های آماربرداری اقتصادی لازم است را کامل نماید. داده‌هایی که باید برای

یک سامانه تغذیه اندازه‌گیری شوند (سطحی یا زیرسطحی، مگر اینکه توصیه شده باشد) شامل موارد زیر است ولی تنها به آنها محدود نمی‌شوند:

- میزان، مدت و کیفیت جریان آب منبع،
- میزان جریانهای ورودی، مدت و کیفیت جریان ورودی به هر واحد از سامانه تغذیه،
- میزان جریانها، مدت و کیفیت جریان خروجی از سامانه تغذیه سطحی،
- مقادیر تغذیه در مقابل زمان برای هر واحد و کل آنها،
- عمق و کیفیت آب زیرزمینی ناحیه مورد تغذیه و نواحی مجاور،
- میزان مصرف نیرو توسط هر واحد و کل سامانه،
- سطح آب در حوضچه‌های تغذیه در برابر زمان،
- هنگامی که حوضچه‌ها خشک می‌شوند، ضخامت و ترکیب لایه یا سطح مسدودکننده،
- در صورت وجود جریان تحت فشار در چاههای تغذیه، فشار در برابر زمان برای هر کدام از تسهیلات (زیر سطحی)،
- در صورت جریان غیر تحت فشار (آزاد) در چاه تغذیه، عمق آب در چاه،
- بارندگی و تبخیر در حوضچه‌های سطحی،
- دمای آب در نواحی ورودی و خروجی، و
- زمان، میزان و حجم پمپاژ در هر واحد و کل سامانه.

تمامی داده‌های بالا برای بهره‌برداری دستگاه و حل مشکلات، به کارشناس کمک اساسی می‌کنند. اگر برداشت از آب تغذیه شده، بخشی از پروژه است، باید آماری از مدت زمان و حجم پمپاژ نگهداشت شود. آزمایشهای دوره‌ای کارایی پمپ، نمونه‌برداری کیفی آب، و اندازه‌گیریهای تراز آب زیرزمینی، باید براساس برنامه‌ای مشخص انجام و یادداشت گردد.

بهره‌بردار، به اطلاعات جریان ورودی نیاز دارد تا بهترین روش توزیع آب و قراردادن دریچه‌های کنترل مناسب روی لوله‌ها را تعیین کند. اگر بیش از یک منبع آب وجود دارد، برای تصمیم‌گیری در مورد کنترلها به اطلاعاتی در مورد تمام منابع و مقادیر تغذیه نیاز است. برای اغلب چاههای ASR، جریانهای تغذیه باید بین تمام چاهها به نسبت میزان برداشت از آنها توزیع گردد تا برداشت از مقدار آب ذخیره‌شده در هر چاه به حداقل برسد. این موضوع، بویژه در نواحی دارای آب ذخیره با کیفیت پایین که در آنها مقدار آب مصرفی برای کنترل کیفیت آب به‌حداقل می‌رسد، مهم است.

اندازه‌گیری جریانهایی که از انتهای تسهیلات تغذیه می‌گذرند، برای به‌دست آوردن میزان کل تغذیه در بهره‌برداری دارای اهمیت است. اگر حجم آب عبوری از ایستگاه اندازه‌گیری در پایین‌دست، که برای بارندگی و تبخیر تعبیه شده است، از جریان ورودی کسر شود، حجم آب تغذیه شده تعیین خواهد شد.

اندازه‌گیری دقیق میزان جریان عبوری از هر یک از دستگاههای تغذیه، (با فرض وجود دستگاههای متوالی در یک سامانه) برای تعیین میزان تغذیه در هر کدام از آنها مطلوب است. با این وجود، محاسبه دقیق میزان تغذیه در هر دستگاه به سبب محدودیتهای موجود در اندازه‌گیریهای دقیق میزان جریان و ذخیره، امری دشوار است. بیشترین دقت مورد انتظار از لوازم اندازه‌گیری در این شرایط، در حدود ۱۰ درصد کمتر یا بیشتر است.

۱۰-۴-۱ اندازه‌گیری تراز سطح آب

مهم‌ترین اندازه‌گیری تراز سطح آب برای تسهیلات تغذیه آب زیرزمینی، اندازه‌گیری تراز سطح آب ساکن (استاتیک) است یعنی: «تراز سطح آب زیرزمینی یا ارتفاع فشاری آب در آبخوان». این اندازه‌گیری باید پس از گذشت مدت زمانی کافی از پایان پمپاژ یا تغذیه، انجام شود تا سطح آب پایدار گردد و اثرات افت یا بالآمدگی کمینه باشد. دومین تراز سطح آبی که اندازه‌گیری آن مهم است، تراز سطوح آب در مجاور دستگاه سطحی یا زیرسطحی است که برای تعیین شکل و میزان بالآمدگی تغذیه به کار می‌رود.

۱۰-۴-۲ اندازه‌گیری کیفیت آب

نمونه‌برداری کامل برای تعیین کیفیت آب و آزمایش تسهیلات جدید برای تغذیه شامل منبع، آبخوان و آبهای باز یافتی، باید در ابتدای کار انجام شود تا مناسب بودن آن برای مصرف مورد نظر تعیین شود. این آزمایش پایه و اساسی برای طراحی تسهیلات اضافی مورد نیاز برای تصفیه کیفی آب فراهم می‌سازد. پس از آغاز به کار، تحلیلی کامل از کیفیت آب باید به صورت دوره‌ای انجام شود. آیین‌نامه‌ها و راهنماهای دولتی، شامل استفاده از روشهای نمونه‌برداری و تحلیل «آب پاکیزه» (USEPA, 1995)، را در جمع‌آوری و تحلیل نمونه‌های آب باید در نظر گرفت و از آن پیروی کرد.

برای پرهیز از آلودگی نمونه‌های آب در دوره برداشت و انتقال آنها، باید آموزش کامل کارکنان نمونه‌برداری توسط کارشناسهایی شایسته در امر کیفیت آب، مشاوران، یا آزمایشگاههای آب انجام گیرد (USEPA, 1995). آزمایش در محل برای ماسه، گل‌آلودی و کلر، به کارکنانی ماهر و کاردان نیاز دارد. هنگام استفاده از لوازم آزمایش، پیروی از راهنماهای کارخانه سازنده بسیار با اهمیت است.

۱۰-۵ پیگیری بهره‌برداری از تسهیلات

بهره‌برداری واقعی یک چاه ASR باید به صورت دوره‌ای با بهره‌برداری پیش‌بینی شده، مقایسه گردد. این کار را می‌توان با ترسیم پارامترهای بهره‌برداری در برابر زمان انجام داد تا روندهای یک پارامتر خاص آشکار شود. ممکن است این روند حاکی از نیاز به نوعی چاره‌سازی باشد.

برای سامانه‌های سطحی و زیرسطحی، اندازه‌گیری میزان تغذیه پس از هر بازسازی لازم است. اگر بهره‌برداری واقعی با بهره‌برداری پیش‌بینی شده در طراحی به مقدار زیادی تفاوت دارد، ممکن است تغییرات کوچکی در بهره‌برداریها کافی بوده یا تغییراتی در مقدار و سرعت تغذیه پیش‌بینی شده، مناسب‌تر باشد. با این وجود، ممکن است به تغییراتی در مقدار، نوع و تکرار جمع‌آوری داده‌ها نیاز باشد تا مجوز بهنگام نمودن پایگاه داده‌ها و مدلها را بدهد.

۱۰-۶ نگهداری پیش‌گیرانه

تعمیر و نگهداری پیش‌گیرانه، اشاره بر فعالیتی دوره‌ای برای اجتناب از تعمیر اساسی یا سرمایه‌گذاری مجدد عمده دارد. این کار، ممکن است خشک‌شدن و ترک خوردن و شکافتگی حوضچه‌های تغذیه، پمپاژ دوره‌ای چاههای تغذیه و ASR، استفاده

مرتب از مواد روغنکاری یا محافظ (مانند روغن، گریس و رنگ آمیزی قسمتهای مکانیکی)، یا جایگزینی قسمتهای فرعی در معرض خرابی یا واماندگی مکرر باشد. نگهداری پیش‌گیرانه، همچنین، شامل مشاهده مرتب و یادداشت رفتار عوامل ساکن و پویا (استاتیک و دینامیک) در سرمایه‌گذاری، برای پیداکردن تغییرات شرایط ذاتی آنها است که نیاز به تعمیر و نگهداری برنامه‌ریزی نشده را نشان می‌دهد. این تغییرات می‌تواند تغییر عملکردها مانند کاهش میزان تغذیه، دمای اجزای مکانیکی، مقدار یا تعداد نشتهای مایعات، شدت لرزش یا میزان نشست باشد. تعمیر و نگهداری پیش‌گیرانه باید دارای برنامه‌ای منظم باشد و در هنگام بهره‌برداری تسهیلات تغذیه یا بسته بودن آن، در زمان لازم انجام گیرد. فاصله‌های پیشنهادی برای تعمیر و نگهداری پیش‌گیرانه برای چاهها در جدول ۹-۱ و برای تسهیلات تغذیه سطحی در جدول ۱۰-۲ آمده است.

جدول ۱۰-۲- تعمیر و نگهداری پیش‌گیرانه (موارد بررسی، برداشت یا اجرا در دوره بهره‌برداری تغذیه سطحی)

دوره زمانی ^۱	خارج آبرو	درون آبرو
روزانه	ارتفاع سطح آب یا عمق آب رنگ، گل‌آلودی جریان ورودی کیفیت نمونه آب جریان ورودی	جریان ورودی منهای جریان خروجی پیش‌بینی جریان آبرو رنگ و گل‌آلودی جریان
هفتگی	تغییر در حجم ذخیره تصحیح شده برای تبخیر تغییر در میزان تغذیه کیفیت نمونه آب حوضچه شرایط دیواره‌ها، خاکریزها، انحراف، و غیره	جریان ورودی منهای جریان خروجی تصحیح شده برای تبخیر تغییر میزان تغذیه کیفیت نمونه آب (تجمعی) جریان
ماهانه	تعمیر پمپها، دریچه‌ها، شیرها و غیره ترازهای آب در مجاورت پروژه	تعمیر پمپها، دریچه‌ها، شیرها، سدهای لاستیکی و غیره ترازهای آب در مجاورت پروژه

۱- دوره‌های زمانی را پس از مدتی تجربه باید تنظیم کرد.

۱۰-۶-۱ تعمیر و نگهداری تسهیلات تغذیه سطحی

بهره‌برداری از تسهیلات تغذیه در خارج از آبرو، دو نوع کلی می‌باشد: یک نوع آن «دوره تر و خشک» و نوع دیگر «بهره‌برداری با بار ثابت» است. نوع اول، شامل پر کردن حوضچه و سپس بستن جریان ورودی است. آب حوضچه به‌درون خاک نفوذ می‌کند و پس از چند روز، حوضچه خالی می‌شود. سپس گذاشته می‌شود تا کف حوضچه خشک‌شده و هوا دیده و به حالت تهویه برسد. این حالت، به‌طور مرتب تکرار می‌شود تا زمانی که نفوذ از حوضچه غیر قابل قبول گردد. در این هنگام،

حوضچه باید تخلیه و خشک گردد، و مواد ته‌نشست شده روی کف آن جدا شوند. مواد تراشیده شده از کف حوضچه‌های تغذیه، ممکن است دارای ارگانسمهای بیماری‌زا باشند. بنابراین در برداشت و انتقال آنها باید نهایت دقت را به کار برد.

در روش بهره‌برداری با بار ثابت، حوضچه همواره پر از آب نگهداشته می‌شود. به این معنی که حوضچه از آب پر می‌شود و میزان جریان آب ورودی به مقداری تقریباً برابر با میزان تغذیه در حوضچه نگهداری می‌شود. بهره‌برداری ادامه می‌یابد تا آنکه میزان تغذیه به مقداری غیر قابل قبول کاهش یابد. سپس، حوضچه باید خالی و خشک شود، تا رسوبات ته‌نشین شده جدا گردند. در بعضی موارد، خالی کردن حوضچه امکان‌پذیر است، پس باید اجازه داد تا حوضچه خشک شود، کف آن را شکاف داده و برداشت یا بهره‌برداری از تغذیه، بدون جداسازی رسوبات ته‌نشین شده دوباره آغاز شود. بنابراین میزان تغذیه اندکی کمتر از میزان اولیه خواهد بود.

هنگامی که حوضچه برای مدت زمانی طولانی پر از آب بماند، ممکن است سبب رشد جلبکها و گیاهان آبی دیگر شود. میزان رشد جلبکها بسته به نفوذ نور خورشید با توجه به تأثیر گل‌آلودی و دمای آب متفاوت می‌باشد و در کل توسط مواد غذایی و عوامل دیگر محدود می‌شود. هنگامی که جلبک از بین می‌رود، در کف حوضچه ته‌نشین شده و میزان تغذیه را کاهش می‌دهد. جلبک را می‌توان با استفاده از مواد شیمیایی مانند سولفات مس یا ترکیبهای مشابه آن کنترل کرد ولی انجام آن به شیمی آب بستگی دارد. در بعضی مواقع، یون مس روی کف حوضچه رسوب می‌کند و سبب بروز مشکلاتی می‌شود. مقدار کم مس باعث کشتن ماهیها خواهد شد که این، به شکل و میزان مس اضافه شده و خصوصیات شیمیایی آب بستگی دارد. مواد شیمیایی دیگری نیز برای کنترل جلبکها وجود دارد ولی اثر هر کدام از آنها بر کیفیت آب زیر زمینی، میزان تغذیه، ماهیها و بهداشت عمومی، به بررسی نیاز دارند.

میزان رشد جلبکها ممکن است در حوضچه‌های عمیقتر کمتر باشد؛ اگر چه مقدار رشد جلبک به مقدار مواد غذایی موجود بستگی دارد. حوضچه‌های با عمق حدود ۴ تا ۴/۵ متر، آبی خنک‌تر از حوضچه‌های کم عمق‌تر دارند و اجازه نفوذ نور کمتری را به کف می‌دهند. با این وجود، هنگامی که لایه‌ای از مواد، که مسدودکننده کف حوضچه می‌باشد، شکل می‌گیرد، احتمالاً آن لایه در حوضچه‌های عمیق‌تر فشرده خواهد شد.

صرفنظر از نوع بهره‌برداری تغذیه، میزان تغذیه نهایتاً به سبب افزایش مواد مسدودکننده کف حوضچه، به مقداری غیرقابل قبول کاهش می‌یابد؛ این مواد شامل گل‌آلودگی فیلتر شده از آب تغذیه و در برخی موارد، بقایای مواد آلی گیاهان و جلبکها می‌باشد. موادی را که موجب گرفتگی می‌شوند، باید جدا کرد تا تغذیه دستگاه به میزان ابتدایی خود بازگردد. پیش از پاک‌سازی، باید گذاشت تا حوضچه کاملاً خشک شود. هنگامی که تصمیم به پاک کردن حوضچه گرفته می‌شود، باید آن را هرچه زودتر زهکشی کرد. لوله‌های زهکش در کف حوضچه یا در نزدیکی آن، زمان زهکشی را تسریع می‌کنند. برای حوضچه‌های عمیق‌تر، در صورتی که سطح آب به سرعت پایین آورده می‌شود، باید به پتانسیل تخریب دیواره‌ها توجه کافی بشود. حوضچه‌هایی که فیلترهای از نوع گیاهی - خاکی یا فابریکی مصرف می‌کنند، به استفاده از فنون پاک‌سازی مخصوص، مانند لوازم مکانیکی ویژه یا پاک کردن با دست نیاز دارد.

در پاک‌سازی بهینه، فقط مواد جمع شده سطحی که ظرفیت تغذیه دستگاه را کاهش داده است جدا می‌شوند. معمولاً اغلب مواد ریزدانه موجود در آب تغذیه و گیاهان و جلبکهای در حال پوسیدن، روی کف حوضچه جدا می‌شوند، ولی برخی از این مواد

تا چند سانتی متر به درون کف حوضچه نفوذ می کنند. بنابراین، برای رسیدن به میزان تغذیه اولیه، بعضی از مواد محلی کف حوضچه نیز باید جدا شوند. عموماً کمتر از ۱۵۰ میلی متر از مواد باید جدا گردند. پاک سازی می تواند هزینه مهمی از بهره برداری را در بر بگیرد، با توجه به اینکه جداسازی ۱۵۰ میلی متر از مواد، برابر حدود ۱۵۰۰ متر مکعب از مواد در هر هکتار از کف حوضچه است، اسکرaperهای بارکش را می توان در چنین مواردی به کار برد. این اسکرaperها می توانند چندین سانتی متر از مواد را بدون کمک به لوازم یا قطعاتی اضافی جدا نمایند. افزون بر این، اسکرaper بارکش وسیله ای نسبتاً سبک وزن است و روی تیرهای لاستیکی بزرگ سوار است، که سبب کاهش فشردگی کف حوضچه در زمان پاک سازی می شود. گزینه دیگر به جای اسکرaper، کندن حفره ای در مواد کف حوضچه با استفاده از گریدری موتوردار یا تیغه بولدوزری کوچک است. مواد حفره را می توان برای یک یا دو دوره پاک سازی، بدون اثر زیانبار مهمی روی کف حوضچه به جای گذاشت.

صرف نظر از چگونگی پاک کردن کف حوضچه، وسیله باید به روشی کار کند که به کمترین تعداد رفت و برگشت روی همان ناحیه منجر گردد و در نتیجه سبب کاهش امکان فشردگی مواد کف حوضچه شود. نسبتهای مختلف در اندازه دستگاه (بار یا فشار در متر مربع) و تعداد گذرهای مورد نیاز باید برای به دست آوردن کمترین فشار روی کف حوضچه در نظر باشد. هنگامی که عملیات پاک سازی کامل شود، گاهی دیسک زدن یا شیار دادن کف حوضچه از ۵۰ میلی متر تا حدود عمق ۳۰۰ میلی متر (برای از بین بردن فشردگی حاصل از کارهای پاک سازی) انجام می گیرد. شکاف دادن کف حوضچه باید با این حقیقت مقایسه شود که مواد ریزدانه آب تغذیه در ترکهای عمیق حاصل از شکافها نفوذ کرده و سبب بیشتر شدن ضخامت گرفتگی کف و نیاز به هزینه بالاتری در جداسازی بعدی این مواد از کف حوضچه (برای برقراری میزان تغذیه اولیه) می گردند. گاهی نمونه خاک باید از عمق ۰/۶ یا ۱ متر برداشت شود تا عمق فشردگی رخ داده، بررسی شود. اگر در این عمقها فشردگی مشاهده شود، توصیه می گردد که از یک تراکتور و دستگاه شکاف دهنده که می توانند به این عمقها برسند استفاده شود. پس از چنین شکاف عمیقی، کف حوضچه باید مسطح گردد تا مشکل امکان نفوذ عمقی گفته شده در بالا را کاهش دهد.

هنگامی که حوضچه ها تمیز می شوند، به دلیل لزوم جداسازی مقداری از مواد محلی در هر بار پاک کردن، عمق حوضچه ها بیشتر می شود. در رابطه با قرار دادن ماسه یا شن (به اندازه نخود) روی کف حوضچه چند کار آزمایشی انجام شده است. به جای جدا ساختن مواد محلی از کف حوضچه، این مواد برداشته و تمیز می شدند و دوباره جایگزین می گشتند. این روش، در برخی موارد کاربرد داشته ولی مورد پسند عموم قرار نگرفته است.

در جدول ۱۰-۲ بعضی از مواردی که به نگهداری پیش گیرانه در دستگاه تغذیه سطحی نیاز دارند، فهرست وار آمده است.

۱۰-۶-۲ نگهداری چاههای تغذیه و ASR

همان گونه انتظار می رود، موارد بسیار زیادی هستند که به نگهداری پیش گیرانه (در رابطه با پمپها و عوامل متحرک چاهها، در مقایسه با خود چاه) نیاز بیشتری دارند. جدول ۱۰-۳ شامل فهرستی از بعضی از این موارد با تعداد تکرارهای پیشنهادی برای نگهداری در دوره بهره برداری چاه است. جدول ۹-۱۱ نگهداری پیش گیرانه را در دوره بسته بودن (کار نکردن) چاه نشان می دهد. این فهرستها، به سبب فراوانی و اختلاف پمپها و موتورها، تمام موارد را در بر نمی گیرند. راهنمایهای کارخانه سازنده باید مورد ملاحظه قرار گیرد، و در صورت مناسب بودن، در برنامه نگهداری پیش گیرانه مربوط به آن دستگاه گنجانده شود.

جدول ۱۰-۳- تعمیر و نگهداری پیش‌گیرانه (موارد بررسی، برداشت یا اجرا در دوره بهره‌برداری چاه)

دوره زمانی	چاه	پمپ
روزانه		تغییرات دمای موتور دمای زیاد یا تاقانها میزان جریان پمپاژ لرزش زیادی تغییرات صدای پمپ و موتور فشار آبدهی پمپ نشست از میله بسته پمپ لوازم به ترتیب کارکرد رنگ یا گل آلودگی در آب میزان روغن افزوده در روغنکاری میزان مواد شیمیایی افزوده شده روغنکاری به میزان لازم
هفتگی	تراز آب مورد پمپاژ	تراز روغن - دنده عمودی تراز سیال در مخزن روغنکاری میله (آب یا روغن) اندازه وات - ساعت و زمان عملکرد میزان کل جریان مصرف سوخت موتور روغن و گریس موتور
ماهانه	اندازه‌گیری تولید ماسه بررسی نشست زمین در نزدیک چاه	آمپر مصرفی هر فاز موتور الکتریکی روغن در آب چاه

در دوره بهره‌برداری طبیعی و معمول چاه و پمپ، بیشتر موارد نگهداری پیش‌گیرانه، ماهیتی غیرفعال دارند. بدین معنی که شامل مشاهده مرتب و یادداشت پارامترهای بهره‌برداری فعلی مانند لرزش، جریانها، دماها، تراز سیالها و غیره می‌باشد. مواردی که ممکن است نشانه لزوم تعمیرات خارج از برنامه باشد را می‌توان با بررسی صورت ریز عناوین مشاهده شده، ثبت شده و بایگانی شده پیدا کرد. اقدامهایی فعال برای تعمیر و نگهداری پیش‌گیرانه، مانند افزودن روغن، کاربرد گریس، سفت کردن مهره‌ها، رنگ‌آمیزی سطوح، تعویض نمودارهای دستگاههای ثبت‌کننده، جایگزینی مواد شیمیایی افزوده شده سرچاهی و تمیز کردن کلی در دوره‌های منظم نیز لازم است.

ضدعفونی ابتدایی سازند در اطراف چاه تزریق، از راه کلر زدن با میزان بالا ولی کوتاه مدت نیز، مناسب است. این ضدعفونی، از رشد باکتریهای بومی در آبخوان جلوگیری می‌کند، که در غیر این صورت، با ورود اکسیژن و مواد غذایی در آب

تزریقی به حالت فعال در می‌آیند. از کلرزنی به‌عنوان روشی عمدۀ و اصلی در ضدعفونی استفاده شده است. در آزمایشهای ابتدایی در ناحیه لوس‌آنجلس - کالیفرنیا، کلرزنی برابر ۸ تا ۱۲ میلی‌گرم بر لیتر به‌کار رفت. پس از دوره آزمایشی، میزان کلرزنی نهایتاً به ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر کاهش یافت. کلرزنی تکمیلی در اوایل دهه ۱۹۷۰ خاتمه یافت. از آن پس، بهره‌برداری با اعتماد بر تنها ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر باقیمانده کلر در آب تزریقی تحویلی ادامه یافت. در این هنگام، به‌نظر می‌رسد که پس از ضدعفونی سازندهای مجاور چاههای تزریق، رشد باکتریها را می‌توان با میزان کلرزنی کمتری کنترل کرد. استفاده از کلر برای ضدعفونی، در رابطه با ازدیاد تری‌هالومتانها و اسیدهای هالواکرتیک در آب زیرزمینی ارزیابی می‌شود؛ اگرچه چنین غلظتهایی در دوره ذخیره آبخوان در نتیجه فعالیت باکتریایی یا احتمالاً ساز و کارهای دیگر کاهش یافته یا از بین می‌رود. هنگامی که آب تزریقی به‌جای کلر با کلرامین تصفیه شود، گرفتگی باکتریایی چاههای تغذیه معمولاً افزایش می‌یابد. این حالت، احتمالاً در نتیجه دو عامل است: (۱) کلرامینها به اندازه کلر آزاد مؤثر نیستند، و (۲) نیتروژن زیاد در آب، احتمالاً باعث نیتراته شدن می‌شود. در دوره‌هایی که عمل تغذیه یا برداشت انجام نمی‌شود، ادامه جریانی بسیار کم از آب کلر زده به‌داخل چاه، به میزانی کمتر از ۱۵ لیتر بر دقیقه توصیه می‌شود تا ضدعفونی چاه ادامه یابد. این جریان کم باید حداقل برای جایگزینی حجم چاه در یک روز کافی باشد، که زمانی در حدود زمان از بین بردن بقایای کلر است.

۱۰-۶-۳ حفاظت در برابر خوردگی

اغلب چاههای تغذیه دهانه گشاد با لوله جدار و صافی فولادی، یا آلیاژی شامل فولاد ساخته می‌شوند. هنگامی که چاه تکمیل می‌گردد، قسمت خارجی لوله جدار و صافی، برای بازرسی قابل دسترس نیست. در حالی که قسمتهای داخلی را می‌توان توسط دوربینهای ته‌چاهی بررسی کرد، این روش، پرهزینه است و به جداسازی پمپ برای بازدید کامل درون چاه نیاز دارد. بنابراین پتانسیل خوردگی چاه، باید در هنگام طراحی چاه به‌دقت مورد توجه قرار گیرد.

عوامل معرف آبهای خورنده عبارتند از:

- مقدار pH پایین که حاکی از اسیدی بودن آب است،
- اکسیژن حل‌شده در آب،
- سولفید هیدروژن در آب،
- بالا بودن مجموع مواد جامد حل‌شده در آب (بیش از ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر)،
- دی‌اکسید کربن بیشتر از ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر،
- یون کلر بیشتر از ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر،
- دمای بالای آب در چاه.

اگر هر کدام از عوامل گفته شده، در ناحیه احداث چاه متداول است، اقدامهای کاهش‌دهنده مانند فولادهای مقاوم در برابر خوردگی و لوله جدار و صافیهای غیر فلزی باید در نظر گرفته شوند. ضخامت بیشتر لوله جدار فلزی و صافیها، پوشش سطوح فلزی و سامانه‌های حفاظتی کاتودیک نیز می‌تواند موردنظر باشد.

یک گزینه دیگر، احداث چاه در صورت امکان با لوله جدار PVC است. هزینه این روش، اغلب کمتر است و مشکل گرفتگی چاه ناشی از محصولات خوردگی پوشش فولادی را نیز رفع می‌کند. مهم‌تر از آن، حل یا کاهش مشکل اولین آب‌ریزش‌زن‌گذار و رنگی هنگام تغذیه یا پمپاژ چاه پس از توسعه دوباره و همچنین هنگامی است که یک چاه ASR از حالت تغذیه به بازیافت تغییر می‌کند.

در طول بهره‌برداری چاه، تغییر تراز آب، لوله جدار را در معرض تر و خشک شدن متناوب قرار می‌دهد. آب در تماس با فلز، مقدار زیادی اکسیژن حل شده خواهد داشت و به خوردگی شتاب خواهد داد. این کار می‌تواند با پایین افتادن آب در چاه نیز رخ دهد، که اغلب با پایین افتادن سطوح پمپاژ در زیر ارتفاع صافی اتفاق می‌افتد.

شرکت Roscoe Moss (1882, 1985, 1990) اظهار می‌دارد که اگر طراحی چاهی شهری برای بهره‌برداری ۵۰ ساله یا بیشتر است، استفاده از فولاد ضد زنگ، که میزان خوردگی آن در برابر آب آشامیدنی ناچیز است، در نواحی که آب قلیایی است امری بدون زیان و اختیاری است. افزون بر این، با دو برابر کردن ضخامت جدار لوله، عمر آن چهار مرتبه یا بیشتر می‌شود، بجز در آبهایی که به شدت خورنده هستند.

۷-۱۰ مسائل و مشکلات پتانسیل

۱-۷-۱۰ گرفتگی تسهیلات تغذیه سطحی

از مسائل عمده در سامانه‌های تغذیه آب زیرزمینی، گرفتگی خاک است. این مسئله، در سامانه‌های نفوذ سطحی و تزریق درون‌چاهی (هردو) رخ می‌دهد. گرفتگی خلل و فرج خاک، مستقیماً در ارتباط با کیفیت آب مورد تغذیه بوده و به‌عنوان تابعی از بار رسوبی معلق، سازگاری شیمیایی آب سطحی با مجموعه خاک و فعالیت زیست‌شناختی است. گرفتگی سامانه‌های نفوذ سطحی، به سبب وجود جامدهای معلق در آب منبع و جمع شدن آنها روی کف و دیواره‌های حوضچه یا دیگر وسایل نفوذی اتفاق می‌افتد. گرفتگی چاه‌های تغذیه نیز، به علت همان دلایل و فرایندها است و می‌تواند در صافی چاه، پوشش شنی یا آبخوان اطراف روی دهد. مواد جامد مسدودکننده شامل سیلت، ماسه ریز، رس و ذرات ریز به هم چسبیده، سلولهای جلبک، مواد آلی در حال پوسیدگی و تجزیه، یا دیگر مواد جامد آلی (برای مثال، مواد موجود در پساب فاضلابها) است. همچنین میکروارگانیسمهایی که توانایی رشد بر روی خاک و محیط خیس شده دارند با ایجاد پرده‌ای نازک از خود و تولیدات سوخت و سازی (متابولیک) خود موجب گرفتگی در خاک می‌شوند (بیوپلیمرها، گازهای مسدودکننده خلل و فرج و غیره). ضخامت لایه‌های مسدودکننده، ممکن است از ۱ میلی‌متر تا چند سانتی‌متر و یا بیشتر باشد. از آنجا که این لایه‌ها هدایت هیدرولیکی کمی دارند، و در نتیجه، میزان نفوذ کمی دارند، باید تا حد امکان از تشکیل آنها جلوگیری کرد و هنگامی که میزان نفوذ به اندازه‌ای غیر قابل قبول کاهش می‌یابد باید به‌طور دوره‌ای برداشته شوند. پیش‌بینی و اصلاح گرفتگی حاصل از عوامل غیر زیست‌شناختی مانند سیلت و رس، آسان‌تر از گرفتگی زیست‌شناختی است. گرفتگی سطحی در اثر رسوب مواد معلق، با کمیت مواد معلق در آب تغذیه بستگی مستقیم دارد. رسوب‌گذاری، فیلتر کردن، به هم فشردگی و تراکم، به‌طور مداوم رخ داده و باعث بسته شدن سطح تغذیه می‌شود. جلوگیری، عمدتاً شامل جدا ساختن مواد جامد معلق (در صورت لزوم، با استفاده از مواد

منعقدکننده) در حوضچه‌های مخصوص رسوب‌گذاری یا استفاده از دیگر تسهیلات مانند سامانه‌های فیلتری، جریان روی زمینهای دارای پوشش گیاهی و مرداب ساخته شده، است.

رشد زیست‌شناختی در دستگاه تغذیه، به منبعی از انرژی و ماده غذایی نیاز دارد. به سبب قدرت تولیدی عوامل زیست‌شناختی، حتی حوضچه‌های وسیع با تمرکزهای کم مواد غذایی در ابتدا، با گذشت زمان و رشد مواد زیست‌شناختی، دچار گرفتگیهای عمده‌ای می‌شوند. میزان رشد زیست‌شناختی با دمای بیشتر، نور آفتاب و تمرکز بیشتر مواد غذایی به صورت محلول و جامدات معلق افزایش می‌یابد. پیش‌تصفیه آب برای جدا ساختن مواد غذایی (فسفر و نیتروژن) ممکن است باعث کاهش گرفتگی زیست‌شناختی شود. حوضچه‌های کم‌عمق با تعویض زیاد آب، باید در مقایسه با حوضچه‌های عمیق دارای رشد کمتری از جلبکها باشند چرا که در حوضچه‌های عمیق با میزان تعویض کمتر، آنها برای مدتی طولانی‌تر در معرض نور آفتاب هستند. همچنین، نگهداری اکسیژن حل‌شده کافی در آب تغذیه برای جلوگیری از شرایط غیرهوازی شدید، مهم است. در هنگام تجمع زیاد جلبکها، فتوسنتز آنها نیز می‌تواند موجب افزایش زیاد pH آب شود (در نتیجه بالا رفتن CO₂)، که این امر سبب رسوب کربنات کلسیم شده و در نتیجه میزان گرفتگی شدت می‌یابد.

هنگامی که گرفتگی، بیشتر در اثر جمع شدن مواد آلی باشد، تجدید میزان نفوذ را گاهی می‌توان به سادگی با خشک کردن حوضچه، خشک شدن لایه مسدودکننده، کوچک شدن آن، شکاف خوردن و برداشتن آن انجام داد. این کار، ممکن است باعث تجزیه نسبی مواد آلی در لایه مسدودکننده شود. با این وجود، نهایتاً لایه مسدودکننده، به اندازه‌ای ضخیم می‌شود که جدا کردن آن امری ضروری است. لایه‌های مسدودکننده را باید با روشهای ویژه‌ای مانند تراشیدن، زدودن یا با چنگک جدا کرد. برای سهولت در جداسازی، کف حوضچه باید صاف و نرم باشد. باید از خاکهای سطحی با سنگهای نمایان و فراوان برای سامانه‌های تغذیه دوری شود، بویژه اگر سنگها خیلی بزرگ هستند؛ زیرا مواد مسدودکننده، روی مواد دانه‌ای در بین سنگها جمع می‌شوند و جدا کردن آنها کاری مشکل خواهد بود. به کارگیری دیسک یا به عبارتی دیگر خرد کردن مواد ایجاد کننده گرفتگی، ممکن است به طور موقت نتایج خوبی به دست دهد، ولی در نهایت خاک سطحی با ذرات ریز گرفته خواهد شد و لایه‌ای از خاک تا عمق نفوذ دیسک یا عمق شکستن با چنگک باید جدا شود.

ته‌نشینی مواد شیمیایی مانند کربنات کلسیم، آهن و اکسید منگنز، به شرایط شیمیایی و شیمی - فیزیک سطح زمین یا نزدیک به آن بستگی دارد. آب با سختی زیاد می‌تواند سبب ته‌نشینی کربنات کلسیم در خاکهای قلیایی شود. اکسیژن حل‌شده در آب به مقدار زیاد، می‌تواند سبب تشکیل اکسیدهای آهن و منگنز در خاکهای رنگی آهن‌دار شود.

بهترین برنامه برای غرقاب کردن، خشک نمودن و تمیز کردن حوضچه‌های تغذیه به منظور به حداکثر رساندن بار هیدرولیکی، باید از طریق تجربه محلی، به کارگیری سامانه‌های تجربی یا نمونه (پیلوت) قبل از طراحی یا استفاده از سامانه‌ای کامل و آماده تعیین شود. انعطاف‌پذیری سامانه، اهمیتی ویژه دارد. بهره‌برداران اغلب متوجه می‌شوند که هر حوضچه دارای ویژگیهای مخصوص به خود است و به غرقاب شدن، خشک کردن و پاک‌سازی (مطابق با بهترین برنامه مخصوص به خود) نیاز دارد. به این دلیل است که حوضچه‌ها در سامانه‌ای چند حوضچه‌ای باید از نظر هیدرولیکی مستقل، هر کدام با تأمین آب مستقل و در صورت لزوم، وسایل زهکشی مخصوص به خود باشند. گاهی برنامه‌های غرقاب نمودن و خشک کردن توسط عوامل دیگری تعیین می‌شوند مانند تولید حشرات که می‌تواند مزاحمتی برای مردم در محل باشد، یا موجب پخش بیماریهایی مانند ورم مغزی

و مالاریا شوند. بوی ناشی از تجزیه جلبکها و دیگر مواد آلی نیز گاهی می‌تواند مسئله‌ساز باشد. اگر حوضچه‌ها برای تفریح نیز به کار می‌روند، باید از جمع‌شدن زیاد تفاله و کف و جلبکها جلوگیری شود. حوضچه‌های تغذیه آب زیرزمینی، اجباری به داشتن شکل منظم هندسی ندارند. به جای آن، می‌توان آنها را به صورت حوضچه‌ها یا مردابهایی به شکلی دلخواه با چشم‌اندازی جذاب، بنا کرد که تا حد امکان به صورت پناهگاهی برای حیات وحش بوده و با پیروی از طبیعت، امکان دسترسی کنترل شده برای تماشای پرندگان و دیگر بهره‌مندیهای همگانی را فراهم نماید.

سامانه‌های تغذیه درون آبروها، کار پاک‌سازی را به خودی خود انجام می‌دهند زیرا که دانه‌های ریز توسط آب در حال جریان، به حالت معلق نگه‌داشته شده و برای توسعه مهم لایه‌های انسدادکننده، (به سبب جابه‌جایی الگوهای فرسایش و رسوبگذاری) فرصتی وجود ندارد. برای برخی سامانه‌های درون آبرو، جریانهای سیلابی بزرگ یا دیگر حالت‌های عمده در رواناب، به طور دوره‌ای روی می‌دهند و اینها می‌توانند تمام رسوبهای ریز جمع‌شده در بستر را بردارند.

۱۰-۷-۲ گرفتگی چاههای تغذیه

چاههای تغذیه در آبخوانهای آبرفتی، ممکن است به سادگی دچار گرفتگی کامل شوند زیرا سطح برخورد آب و خاک در خارج از چاه، اساساً استوانه‌ای از فیلتر ماسه‌ای است. سرعت جریان و حجم آب عبوری از میان «فیلتر»، با محدوده پایینی سرعت جریان در فیلترهای ماسه‌ای سریع متداول قابل مقایسه می‌باشد. اعتقاد بر این است که گرفتگی، در اثر رشد زیست‌شناختی، ته‌نشینی مواد جامد معلق، واکنش شیمیایی، محبوس شدن گاز و شاید دلایلی دیگر رخ می‌دهد. چاههای موجود در سنگ آهک و سازندهای آتشفشانی، به اندازه چاههای موجود در آبخوانهای آبرفتی دچار گرفتگی نمی‌شوند و این، به خاطر کاهش در عملکرد فیلتر است.

جانسون (۱۹۸۱) معتقد است که دلایل عمده گرفتگی در یک چاه تزریقی عبارتند از:

- محبوس شدن گاز یا نگهداری هوا در آبخوان،
- ذرات معلق در آب تزریقی،
- آلودگی باکتریایی آبخوان توسط آب تزریقی و گرفتگی بعدی توسط رشد باکتریایی،
- واکنشهای شیمیایی بین آب زیرزمینی و آب تزریقی، که موجب ته‌نشست مواد نامحلول در آب می‌شود،
- واکنشهای تبادل یونی که می‌تواند سبب پخشیدگی و تورم ذرات رس شود،
- ته‌نشست آهن در آب تزریقی در نتیجه هوادهی،
- تغییرات زیست‌شناختی در آب تزریقی و آب زیرزمینی،
- تورم کلوئیدهای رسی در بخش خالی از آب آبخوان،
- فشردگی مکانیکی مواد آبخوان، از طریق آرایش دوباره دانه‌ها در هنگامی که جهت حرکت آب در چاه و آبخوان وارونه می‌شود.

کانیها می‌توانند روی صافی چاه، در پوشش شنی (فیلتر) و در آبخوان مجاور چاه تغذیه رسوب نمایند، که این، در نتیجه واکنش آب تغذیه با آب زیرزمینی محلی یا مواد آبخوان است. اشکال عمده در چاههای تغذیه، گرفتگی آبخوان در اطراف چاه

است، بویژه در پیرامون گمانه (سطح برخورد بین پوشش شنی و آبخوان) که در آنجا مواد جامد معلق جمع شده و رشد باکتریها بیشتر در آنجا رخ می‌دهد. چاههای تغذیه به دلیل گرفتگی، بسیار آسیب‌پذیرتر از سامانه‌های نفوذ سطحی است زیرا میزان نفوذ به داخل آبخوان در اطراف چاهک بسیار زیادتر از نفوذ در حوضچه‌ها است. افزون بر این، اصلاح گرفتگی در چاههای تغذیه، بسیار مشکل‌تر از سامانه‌های نفوذ سطحی است که می‌توان آنها را خشک کرد و به روش مکانیکی خراش داد. استفاده از چاههای دو منظوره، ASR، که تغذیه را با فشاری نسبتاً کم انجام داده و به‌طور مرتب شستشو (پمپاژ) می‌شوند، معمولاً این مسائل را از بین می‌برد.

اگر چاه در مواد منفصل و متخلخل (ماسه، ماسه سنگ) حفر شده باشد تا حدی به دلیل گرفتگی، ظرفیت ویژه چاه برای تغذیه (تزریق ویژه) معمولاً ۲۵ تا ۷۵ درصد ظرفیت ویژه آبدهی می‌باشد. گرفتگی برای آبخوانهای با مواد ریزدانه، شدیدتر از مواد درشت دانه است. برای سنگهای شکسته و سنگ آهک با داشتن مجراها یا تخلخل ثانوی دیگر، گرفتگی اغلب بسیار کمتر است و میزان تغذیه در بلندمدت، حدود میزان پمپاژ است.

اگر آب تغذیه، دارای کلر و نیز مواد غذایی و کربن آلی قابل تجزیه باشد، فعالیت زیست‌شناختی و گرفتگی، ممکن است با قدری فاصله از چاه (که در آنجا کلر از بین رفته است) در آبخوان توسعه یابد. کنترل این گرفتگی «دور از چاه» مشکل است اما اگر بر میزان تغذیه چاه اثری نگذارد، اهمیت ندارد. پارامترهای گرفتگی مانند پالایش پوسته‌ای، میزان کربن آلی آب تزریقی را تحلیل می‌برند، و گرفتگی لوله‌های آزمایشی با سرعت‌هایی بسیار زیادتر از سامانه چاه تغذیه حقیقی، برای تشخیص پتانسیلهای نسبی در گرفتگی آبهای مختلف استفاده دارند. کاهش میزان تغذیه برای چاههای حقیقی، اغلب نامنظم، فصلی و حساس به تغییراتی کوچک در خصوصیات آب است.

مواد آلی و معدنی محلول در آب تغذیه، ممکن است رشد زیست‌شناختی آب را افزایش دهد. این رشد، ممکن است در داخل یا خارج لوله جدار، در دیواره آبخوان، و در خلل و فرج آبخوان با فاصله‌ای از چاه رخ دهد. بیشترین مزاحمت رشد زیست‌شناختی باکتریها توسط باکتریهای موجود در گل و لجن است. این رشد، در اثر موجودات اضافه‌شده توسط آب تزریقی و تغذیه آنها با میکروارگانیسمهای نهفته قبلی در سازندهای آبخوان است. معمولاً گرفتگی به دلیل رشد لجن یا تولیدات شیمیایی حاصل از فعالیت‌های باکتریایی است. این تولیدات شیمیایی معمولاً شامل احیای سولفات‌ها یا ته‌نشست املاح آهن و منگنز است.

فاضلاب اصلاح‌شده برای تغذیه، به توجه خاصی نیاز دارد. آزمایش‌های تغذیه با استفاده از فاضلابهای شهری اصلاح شده در ریورهد، نیویورک؛ ناسو، نیویورک؛ لوس‌آنجلس، کالیفرنیا؛ و هالو آلتو، کالیفرنیا نشان داده‌اند که جداسازی تمام مواد آلی، حداکثر حفاظت برای چاههای تغذیه از نظر گرفتگی در آبخوانهای ماسه‌ای را فراهم می‌کند. سومین تصفیه نیز مورد نیاز است که شامل کاربرد آخرین فناوریها برای تصفیه پیشرفته آب، مانند بسترهای کربن فعال، اسمز معکوس و غیره است.

۱۰-۷-۲-۱ مواد معلق

به دلیل ماهیت فیلتره کردن آبخوانهای آبرفتی، بسیار مطلوب است که آب مصرفی برای تزریق کاملاً بدون رسوب باشد. از آنجا که آب مورد تغذیه تقریباً هیچ‌گاه بدون رسوب نیست، توسعه دوباره دوره‌ای چاههای تغذیه و پمپاژ دوره‌ای چاههای ASR برای جداسازی رسوبهای ته‌نشین شده از چاه لازم است. گل‌آلودی موجود در آب تزریقی، ممکن است سبب گرفتگی در سطح بین

پوشش فیلتری و لوله جدار چاه، در لایه فیلتری اطراف چاه، در سطح بین پوشش فیلتری و سازندهای آبخوان، و در داخل خود آبخوان شود. بسته به اندازه دانه، دانه‌بندی مواد سازندها و سرعت‌های جریان، ممکن است رسوبات بلافاصله در مجاورت دیواره چاه تشکیل شده یا به داخل سازندها راه یابند. مواد ریزدانه اگر در هنگام توسعه چاه پس از حفاری جدا نشوند، ممکن است مواد ریزدانه موجود در لایه‌های باقی‌مانده از گل حفاری در دیواره چاه و یا دانه‌های ریز محلی حاصل از فرسایش وارد آبخوان شوند. این دانه‌ها، مواد مؤثری برای گرفتگی هستند. همچنین اگر سرعت تغذیه آب بسیار زیاد باشد، ممکن است تغییر آرایش در دانه‌بندی سازندها سبب ایجاد الگویی متراکم‌تر و با تراوایی کمتر شود.

۱۰-۷-۲-۲ واکنش‌های شیمیایی

گرفتگی چاه‌های تغذیه در اثر واکنش شیمیایی، ممکن است در صافی یا سوراخ‌های لوله جدار، جدار سازندها، یا در خود آبخوان روی دهد. گرفتگی شیمیایی می‌تواند توسط این عوامل ایجاد شود:

(۱) تولیدات متابولیکی ته‌نشین شده باکتریها شامل هیدروکسید آهن، بی‌کربنات آهن، سولفات فلزها، یا کربنات کلسیم؛
(۲) فعل و انفعال شیمیایی مواد شیمیایی محلول در آب تزریقی با مواد متشکله آبخوان که تولید رسوبهایی می‌نمایند، یا حل شدن و رسوب دوباره ترکیب‌های قابل حل مانند گچ؛ و (۳) واکنش آب دارای سدیم بالا با دانه‌های خاک که سبب تخریب انباشتگی و تورم دانه‌های خاک (رس) می‌شود.

طبق مطالعات انجام‌شده، آب آماده‌شده برای سرویس خانگی (که محتوی کربنات کلسیم پایدار شده‌ای باشد) ممکن است به‌حالت ناپایدار درآمده و هنگام حرکت از میان پوشش شنی و آبخوان بلافاصله در مجاورت لوله جدار چاه سبب مقداری ته‌نشست شود. به‌نظر می‌رسد که ته‌نشینی کربنات کلسیم به‌دلیل سطح بزرگ ایجاد شده توسط پوشش شنی و مواد آبخوان باشد. بنابراین، برای تشکیل کربنات کلسیم فرصتی زیاد به‌وجود می‌آید. با ادامه ته‌نشست، سوراخها و شکاف‌های سازندها، کوچک‌تر می‌شوند و بار تزریقی لازم برای نگهداری میزان تغذیه ابتدایی بیشتر و بیشتر می‌شود. در ناحیه لوس‌آنجلس، کالیفرنیا، پروژه جلوگیری از ورود آب دریا به آبخوان ساحلی، با پایین آوردن pH توسط تزریق اسید موفقیت‌هایی در حل این مشکل داشته است. با این وجود روش اقتصادی و بهترین راه استفاده از این روش کاملاً یافت نشده است. تنظیم pH در برخی از چاه‌های ASR برای کاهش پتانسیل در رسوب آهن و منگنز انجام‌شده است.

در بعضی آبخوان‌های آبرفتی، ممکن است در اثر تماس آب دارای خصوصیات شیمیایی متفاوت با آب محلی انبساط مواد رسی صورت گیرد. این عمل، معمولاً هنگامی که مواد سازندها حاوی رس‌های قابل تبادل هستند و در معرض سیلاب با مقدار زیاد سدیم قرار می‌گیرند، اتفاق می‌افتد. انباشتگی مواد رسی از بین می‌رود، اندازه سوراخها و شکافها کاهش می‌یابد و به‌طور مؤثری، موجب گرفتگی در سازندها می‌شود.

۱۰-۷-۳-۳ گرفتاری (محبوس شدن) هوا

وجود هوای آزاد مانند حبابها در آب تزریقی، حبابها را به‌درون سوراخها و شکاف‌های سازندهای آبرفتی می‌راند، هدایت هیدرولیکی آن را کاهش می‌دهد و به‌طور مؤثری سبب گرفتگی سازندها می‌گردد. چنین گرفتگی ممکن است از گاز خروجی از

آب مورد تغذیه نیز نتیجه شود بویژه در هنگامی که دمای آب مورد تغذیه کمتر از دمای آب محلی در آبخوان است و همچنین هنگامی که آب تزریقی، به حالت اشباع بیش از حد با گازهای حل شده است. جابجایی حاصل، خلل و فرج آبخوان را می بندند، هدایت هیدرولیکی را کاهش می دهند، و بنابراین، میزان تغذیه کم می شود. به این دلیل است که میزان هوای حل شده و همراه با آب تغذیه، باید همیشه کم باشد. از ریزش آزاد آب در چاه تغذیه باید اجتناب شود تا از نگهداری هوا در آب جلوگیری شود. اگر تغذیه در شرایط خلأ در سر چاه انجام می شود، همان گونه که گاهی در چاههای از نوع ASR متداول است، دقتی فراوان در دوره طراحی، ساختمان و بهره برداری لازم است تا اطمینان به دست آید که هیچ گونه نشتی که باعث ورود هوا می شود، وجود ندارد. اگر نگهداشت هوا رخ دهد، ممکن است افزون بر فراهم کردن زمان برای ورود هوا به داخل محلول، پمپاژ مداوم چاه برای برقراری آبدهی نیز لازم باشد (بخش ۴-۱-۲).

۱۰-۷-۳ گرفتگی چاه در ناحیه تهویه (خشک)

مسئله اصلی در استفاده از چاههای دارای ناحیه خشک یا تهویه برای تغذیه آب زیرزمینی، گرفتگی دیواره چاه است. در صورت گرفتگی، جدا کردن موادی که سبب گرفتگی می شود از سطح داخلی چاه، عملاً غیر ممکن است و احداث چاهی جایگزین لازم است. از آنجا که چاه در ناحیه غیر اشباع است، جریان آب زیرزمینی به داخل آن وجود ندارد، که سبب جدایی مواد از سطح داخلی آن شود. گرفتگی را می توان با جلوگیری از جریان آب گل آلود به داخل چاه حذف یا به کمترین حد رساند. مشکل دیگر، گرفتگی ناشی از فرونشستن و پوسته انداختن لایه های رسی در هنگام حفر چاه می باشد. این فرایند بر گل آلودی آب در چاه می افزاید که سبب گرفتگی دیواره چاه در نواحی با تراوا هنگام نفوذ آب به داخل آبخوان می شود. این مشکل را می توان با جلوگیری یا حفاظت از نفوذ آب دارای رس کاهش داد (بخش ۱۰-۹-۳).

۱۰-۷-۴ عمق آب

بهترین عمق آب از دیدگاه به حداکثر رساندن میزان نفوذ و به حداقل رساندن اثرات زیانبار در حوضچه، توسط شرایط محلی تعیین شده و با استفاده از تجربیات در محل به نحو احسن ارزیابی می شود. بارهای هیدرولیکی بالا در یک سامانه تغذیه سطحی می تواند نفوذ بالاتری را ایجاد نماید ولی موجب فشردگی لایه های ایجادکننده گرفتگی در هنگام تشکیل نیز می گردد. عمق آب بیشتر، سطح دیواره بیشتری را برای نفوذ فراهم می سازد و می تواند میزان تعویض آب را کاهش دهد که در این صورت، بر دمای آب و میزان رشد جلبکها نیز تأثیر می گذارد. حوضچه های کم عمق، نیاز به تعویض بیشتر آب دارند، که این امر رشد جلبکهای معلق را کاهش می دهد ولی آب دارای دمای بیشتری در آب و هوای گرم خواهد بود؛ در نتیجه، رشد جلبکها و گیاهان دیگر افزایش می یابد؛ اگر چه این رشد می تواند با میزان مواد مغذی محدود شود.

۱۰-۷-۵ عمق تا آب زیرزمینی

برای اجتناب از کاهش سرعت نفوذ، به دلیل سطح بالای آب زیرزمینی، حوضچه های نفوذی باید کاملاً بالای سطح ایستابی باشند. اگر کف سامانه نفوذی تمیز باشد (بدون گرفتگی) و هیچ گونه لایه رسی در زیر نباشند، در آنجا ارتباط هیدرولیکی

مستقیم بین آب در حوضچه و آب زیرزمینی وجود دارد. در این حالت، عمق سطح آب زیرزمینی در مسافتی دورتر از حوضچه، که در آنجا شیب سطح پشته آب زیرزمینی اصولاً مسطح شده است، باید در فاصله‌ای عمودی در زیر سطح آب حوضچه با حداقل ۱/۵ برابر عرض حوضچه‌ای مستطیلی یا مساحت حوضچه باشد. با این وجود، اغلب حوضچه‌های نفوذی تمایل به داشتن لایه‌های مسدودکننده در محیط خیس شده خود که فرایند نفوذ را کنترل می‌نماید، دارند. بنابراین، ناحیه موجود در زیر لایه انسدادکننده غیر اشباع است که ارتباط هیدرولیکی مستقیم بین آب در حوضچه و آب زیرزمینی را قطع می‌کند. در این هنگام، سطح آب زیرزمینی می‌تواند تا حدود ۱ متر در زیر کف حوضچه بالا بیاید، بدون اینکه سبب کاهش مهمی در میزان نفوذ شود. هنگامی که آب زیرزمینی شروع به قرارگیری در کمتر از ۱ متری زیر کف حوضچه می‌نماید، خیزش مویینه شروع به رسیدن به کف حوضچه کرده و میزان نفوذ با بالا رفتن سطح ایستابی، به مقداری مهم کاهش خواهد یافت. آب زیرزمینی بالا آمده زیر حوضچه‌های نفوذی را می‌توان با روشی تحلیلی پیش‌بینی کرد. برای اطلاع بیشتر می‌توان به (Glover, 1960; Hantush, 1967; Bouwer, 1978) مراجعه کرد. این کار را می‌توان با مدل رایانه‌ای نیز انجام داد (بخش ۱۰-۷-۱۰).

۱۰-۷-۶ شرایط نامطلوب خاک

لایه‌های خاک سطحی یا نزدیک به آن، ممکن است هدایت هیدرولیکی کمی داشته باشند. اگر عمق زیاد نیست، این خاکها را می‌توان تا رسیدن به عمقی بیشتر و با تراوایی زیادتر برداشت که باعث افزایش میزان ذخیره می‌شود. برخی از خاکها، با آب تغذیه به‌صورتی ناسازگار عمل می‌کنند که معمولاً به‌علت پخشیدگی رس است؛ بنابراین باید آب یا خاک با گچ یا کلرید کلسیم اصلاح شود.

۱۰-۷-۷ رایجه‌ها و حشرات

دوره‌های غرقابی طولانی یا عملیات نگهداری پایین و ضعیف (مانند پاک‌سازی ناکافی یا گیاهان بسیار زیاد) ممکن است سبب تولید بوها یا توسعه محل زندگی حشرات نامطلوب شود.

۱۰-۷-۸ اثرات بهداشتی

بیماری می‌تواند توسط حشرات، از نواحی غرقابی با نگهداری ضعیف و ناکافی شیوع یابد. تأثیر نفوذ سطحی و بهبود خاک-آبخوان برای جدا کردن ویروسها و عوامل بیماری‌زای دیگر، به داشتن آگاهی و انجام برنامه‌ای مناسب برای نمونه‌برداری کیفی از آب و تحلیل آن به‌منظور کاهش مسائل بهداشت همگانی نیاز دارد.

اثرات بهداشتی آبیاری و دیگر استفاده‌های غیرآشامیدنی از فاضلابهای خانگی پس از SAT، روی عوامل بیماری‌زا تمرکز دارند. در جاهایی که حضور انسان بیشتر است، تمرکز مجاز عوامل بیماری‌زا باید کمتر باشد. هنگامی که در معرض بودن انسان مهم است، مقدار موجودات شامل کلیفرمها، ویروسها و پارازیتها، باید اساساً صفر باشند (USEPA, 1992). در آبیاری، باید به مواد شیمیایی آلی نامطلوب که می‌توانند جذب گیاهان گردند و توسط مصرف‌کنندگان استفاده شوند، نیز توجه شود. میزان

TOC مقاوم در آب، پس از SAT معمولاً در حدود چند میلی‌گرم بر لیتر، و تمرکز (غلظت) ترکیبهای منحصر به فرد ممکن است در حد گرم بر لیتر باشد (Bouwer, 1984). این تمرکزها خیلی پایین هستند، ولی بعضی از ترکیبهای آلی ممکن است در نتیجه جذب، در خاک تجمع کنند. پس پرسش این است که: آیا این مواد شیمیایی توسط آب زیرزمینی منتقل و توسط گیاهان جذب می‌شوند و چگونه روی انسانها یا حیوانهایی که این گیاهان را مصرف می‌کنند تأثیر می‌گذارد؟ مخاطراتی همراه با ارگانوسمهای بیماری‌زا در آبهای سطحی در هنگام کاربرد برای بوته‌زارها و همچنین در پروژه‌های تغذیه آب زیرزمینی وجود دارد (Lee, 1996; Nellor, 1984).

برای مصرف شرب، توجه بیشتری به باقیمانده TOC می‌شود زیرا عوامل بیماری‌زا را می‌توان با ضدعفونی درست از بین برد. سه گروه مواد شیمیایی هستند که به توجه نیاز دارند:

۱) ترکیبهای آلی مقاوم که توسط منازل، بیمارستانها، صنایع و دیگر منابع به فاضلاب اضافه شده و توسط SAT جدا نمی‌شوند، ۲) DBP (تولیدات اضافی در اثر ضدعفونی) تشکیل شده توسط کلرزنی آب قبل و بعد از SAT، و ۳) اسیدهای فولویک، هیومیک و دیگر اسیدها (TOC)، و دیگر THM مواد متشکله جدید موجود در پساب فاضلابها یا تشکیل شده در خاک و آبخوان در اثر تجزیه ترکیبهای آلی. پژوهشهای بیشتری برای چگونگی به حداقل رساندن TOC نامطلوب در فاضلاب، پس از SAT و ضدعفونی لازم است. پژوهشهای حاضر توسط AWWARF (1996) پیشنهاد می‌کند که تولیدات در اثر ضدعفونی در دوره ذخیره آبخوان با اسیدهای هالواستیک کاهش می‌یابد و عموماً بعد از چند روز از بین رفته و مقادیر THM نیز، پس از چند هفته کاهش می‌یابد یا از بین می‌رود. کاهش، در مواد جدید DBP نیز روی می‌دهد. باور بر این است که فعالیت باکتریایی تهویه و غیر تهویه، سبب اصلی احیاشدگی است. نیتروژن ممکن است به‌عنوان پیش‌تصفیه مؤثر باشد؛ به سبب اینکه می‌تواند مقداری از TOC را به ترکیبهای پایین‌تری تبدیل کند. کربن آلی قابل تجزیه بیشتر، جداسازی TOC مقاوم‌تر را در سامانه SAT به سبب استفاده ثانوی و کومتابولیسم افزایش می‌دهد (McCarty, 1984). مقدار DBP حاصل از نیتروژن نیز باید ارزیابی شود. تهدیدهای پتانسیل کیفیت آب زیرزمینی ناشی از مواد شیمیایی مانند مواد آلی غیرقابل تجزیه، قابل توجه می‌باشند (NRC, 1994).

بررسیهای همه‌گیرشناسی (اپیدمی‌شناسی) در نواحی که مردم، آب آبخوانهای تغذیه شده با فاضلابهای تصفیه‌شده را برای آشامیدن مصرف می‌کردند، مدرکی برای اثبات اثرات ناسازگار در سلامتی ارائه نکرده است (Sloss, 1996). بنابراین، مصرف غیر مستقیم آب آشامیدنی از فاضلابهای خانگی، توسط شورای بررسیهای آب آمریکا در سال ۱۹۹۴ و انجمن کارهای آبی آمریکا در سال ۱۹۹۶ مورد تأیید قرار گرفت. مسئله کلیدی در اینجا، مصرف دوباره غیر مستقیم است. گردش دوباره مستقیم با اتصال لوله به لوله بین دستگاه تصفیه فاضلاب و سامانه تأمین آب در حال حاضر مجاز نیست. بلکه، آب پس از تصفیه باید از میان آب سطحی (رودها، دریاچه‌ها و مخزنها) و یا آب زیرزمینی (آبخوانها) بگذرد قبل از اینکه بتوان آن را برای مصارف آشامیدنی توزیع کرد. عبور از میان آب سطحی، زیانهای دارد مانند: تلفات در اثر تبخیر، آسیب‌پذیری در برابر آلودگی ثانوی توسط فعالیت‌های انسانی و حیوانی و رشد جلبکها که طعم و مزه بدی به آب داده و تولید ضایعات متابولیکی می‌نمایند (ماده جدید THM)؛ که البته در مقابل کلرزنی می‌تواند تشکیل THM ها را بدهد. این زیانها در تغذیه آب زیرزمینی رخ نمی‌دهند و افزون بر آن، استفاده‌های اضافی از SAT، ذخیره، افزودن زیبایی و پذیرش همگانی از مصرف دوباره آب آشامیدنی را نیز در بر

دارد. استفاده دوباره برنامه‌ریزی شده از آب، اساساً دوره هیدرولوژیکی را از یک مقیاس جهانی کنترل نشده به یک مقیاس محلی کنترل شده خلاصه می‌کند.

ملاحظات بهداشتی دیگر به‌طور عمده، نکات میکروزیست‌شناختی هستند که در ارتباط با بیماریهای عفونی ایجاد شده توسط عوامل بیماری‌زا روی سبزیها بوده که به‌صورت خام مصرف می‌شوند و با آب فاضلاب پس از SAT آبیاری شده‌اند، تنفس گرد و بخارها در مکانهای با کاربرد آبیاری بارانی از این آب، و خوردن تصادفی آب فاضلاب هنگامی که آب پس از SAT برای شناکردن مورد استفاده قرار می‌گیرد (Asano, 1992). همچنین، توجه درباره تماس انسان با آب که می‌تواند در مکانهایی مانند پارکها، زمینهای بازی و ورزشی (مانند زمینهای گلف و دیگر محللهایی که با آب فاضلاب پس از SAT آبیاری می‌شوند، یا کشاورزانی که این آب را برای آبیاری به‌کار می‌برند) رخ دهد را نباید از نظر دور داشت (Lee, 1996). بهتر است در این موارد، حداقل مخاطرات بیماریهای عفونی و مسری به‌روشی خوب و مناسب تعریف گردد. این مورد، شامل SAT در سامانه‌های مصرف دوباره آب نیز بوده و می‌تواند مانعی اضافی در برابر عوامل بیماری‌زا فراهم نماید، بویژه برای مواردی که جدا کردن آنها در تصفیه‌های متداول آب و فاضلاب مشکل می‌باشد مانند: کریپتوس پوریدیم.

۱۰-۷-۹ محیط زیست

در حالی که حوضچه‌های پخش آب، مناطقی را برای پرندگان آبی و دیگر گونه‌های آبی فراهم می‌سازند، استفاده از نواحی وسیع برای پخش سطحی، ممکن است وضعیت اراضی مورد نیاز برای حمایت از ماهیها، گونه‌های آبی یا خاکی در خطر نابودی را تغییر داده یا اثراتی مخالف با منابع فرهنگی داشته باشد. از سوی دیگر، حوضچه‌های چند منظوره، فضای باز و نواحی گردشی مورد نیاز را فراهم می‌سازند. اثرات زیست‌محیطی روی منبع آب تغذیه نیز باید ارزیابی شود. عدم توجه کامل به اثرات زیست‌محیطی در پروژه، در بهترین حالت، می‌تواند سبب تأخیرهایی درازمدت و هزینه‌های بیشتری شود (بخش ۶، موارد زیست‌محیطی). همچنین، درک آیین‌نامه‌های محلی و افکار عمومی در موارد زیست‌محیطی بسیار مهم است.

۱۰-۷-۱۰ پشته شدن (بالآمدگی) آب زیرزمینی

غرقابی شدن زمین برای تغذیه سطحی و نفوذ حاصله از آن، پشته‌ای روی سطح ایستایی واقع در زیر حوضچه غرقابی تولید می‌کند. هنگامی که لایه‌ای محدودکننده در زیر حوضچه تغذیه وجود دارد و حرکت رو به پایین آب تغذیه را محدود می‌سازد، ممکن است پشته سطح ایستایی، به‌صورت محلی ایجاد شود. مواد محدودکننده می‌تواند عدسپهای رسی یا گازهای اتمسفری نگهداری شده (محبوس) در محل باشد. همچنین، مواد محدودکننده می‌تواند کف آبخوان باشند و به تشکیل پشته‌هایی با وسعت بیشتر منجر شود. وسعت پشته به هدایت هیدرولیکی جانبی آبخوان، عمق، وسعت و هدایت عمودی لایه محدودکننده، و ارتفاع و شیب سطح پشته بستگی دارد. اوج پشته باید چند متر پایین‌تر از کف حوضچه تغذیه باشد (بخش ۱۰-۷-۵). در شرایط اشباع بودن خاک، میزان تغذیه ممکن است توسط جریان عمودی از کف پشته و جریان جانبی از لبه (کناره)های پشته محدود شود. با افزایش فاصله تا لبه پشته، میزان تغذیه کاهش می‌یابد. در حالت عدم وجود مواد محدودکننده در ناحیه غیر اشباع، کف پشته روی سطح ایستایی قرار می‌گیرد.

تغذیه آب در زیر ناحیه اشباع آبخوان، سطح آزاد آب زیرزمینی را در مجاورت چاه بالا می‌آورد و تولید «پشته تغذیه» می‌کند. هنگامی که آب به درون آبخوانی تحت فشار تغذیه می‌شود، فشار در برابر لایه نیمه تراوای محدودکننده در مجاورت چاه تغذیه افزایش می‌یابد. در اینجا، پشته تغذیه از طریق وضعیت منتج از سطح پیزومتری (فشاری) توصیف می‌شود. برای تنها یک چاه تغذیه، پشته را می‌توان به صورت تصویر آینه‌ای مخروط افت در یک چاه پمپاژ در نظر گرفت که به آن، مخروط یا شمای تغذیه گفته می‌شود. بنابراین، معادله چاههای پمپاژ را می‌توان برای تخمین شکل و حرکت مخروط تغذیه برای یک چاه یا بیشتر استفاده کرد. داده‌های لازم شامل شعاع تأثیر، قابلیت انتقال، ضریب ذخیره، میزان نشت، و افت در فاصله‌های مختلف از نقطه تغذیه است. داده‌ها را می‌توان از آمارهای پمپاژ و چاههای مشاهده‌ای در آبخوان به دست آورد ولی نتیجه محاسبات با استفاده از این داده‌ها را باید با اندازه‌گیری صحرائی چاههای مشاهده‌ای در شرایط تغذیه مقایسه کرد تا انحرافها با محاسبات تئوری ارزیابی شوند. بویژه، بارهای تغذیه، معمولاً بیشتر از میزان پیش‌بینی شده توسط افت در اثر پمپاژ با همان مقادیر جریان هستند.

۱۰-۷-۱۱ نشت از شالوده‌ها (پی‌ها) و آب‌بندهای خاکی

هنگامی که آب برای اولین بار در پشت آب‌بند یا شالوده‌های نگهداری‌کننده سدهای لاستیکی یا تخته‌ای نگهداری می‌شود، تکیه‌گاهها و ناحیه پایین دست آبرو، نیاز به بررسی برای نشت دارند. نشت به مقداری مجاز است که آب هیچ‌گونه مواد خاکی را با خود حمل نکند. از دست رفتن مواد خاکی می‌تواند موجب عدم کارایی خاکریز یا شالوده شود. معمولاً مقداری نشت روی می‌دهد، که به هدایت هیدرولیکی خاکریز و مواد کف آبرو بستگی دارد. اگر نشت در اطراف تکیه‌گاه یا از میان و زیر دیواره خاکی باشد و دانه‌های خاک را با خود حمل نماید، باید سریعاً درمان گردد. اولین واکنش، پایین آوردن سطح آب حوضچه، به آهستگی، در بالادست آب‌بند می‌باشد تا نشت تقریباً متوقف شود؛ سپس باید به دقت محل ورودی نشت در سمت بالادست آب‌بند را جستجو کرد. پایین آوردن سریع سطح آب می‌تواند سبب شکست در قسمت اشباع بالادست آب‌بند شود. نشت باید همیشه از قسمت بالادست آب‌بند مسدود شود. کوششها برای توقف نشت در قسمت پایین دست معمولاً موفقیت‌آمیز نیست زیرا آب در اطراف محل مرمت، مسیر جدیدی پیدا می‌کند یا سبب افزایش فشار در داخل آب‌بند خواهد شد و شکست را مطمئن‌تر می‌سازد.

آب‌بندها را می‌توان در آبروهای با شیبهای جانبی سنگریزی شده بنا کرد. از آنجا که سطح سنگریزی شده مانند پشتیبان عمل می‌کند، این سطح باید مسدود شود تا از نشت و آب‌شستگی زیر پی جلوگیری شود. بهترین روش، قرار دادن لایه‌ای از رس در میان سنگریزیها، در هنگام ساختن دیواره‌های شیبدار جانبی است. اگر این کار امکان ندارد، قسمتی از تکیه‌گاهها را می‌توان یک‌سال قبل از استفاده ابتدایی از آب‌بند ساخت. در حدود ۱/۵ متر از تکیه‌گاه آب‌بند را باید قبل از شروع فصل بارندگی روی دیواره کانال قرار داد. در این هنگام، باران مقداری از مواد آب‌بند را به داخل سنگریزیها حمل می‌کند؛ که کمکی برای بستن انتهای آب‌بندها می‌باشد. این کار همیشه به‌طور کامل موفق نیست، ولی هرچه آب‌بند در زمان طولانی‌تری در همان محل باقی بماند، حالت بسته بودن مؤثرتر خواهد شد. اگر قرار است آب‌بند از محل خود برداشته شود، تکیه‌گاهها باید همیشه در جای خود باقی بمانند. شستن مواد به داخل سنگریزی در هنگام احداث آب‌بند، نتایج بهتری نداشته است.

۱۰-۷-۱۲ سدهای لاستیکی و تخته ای

بزرگترین خطر برای سدهای لاستیکی، خراب شدن است. تعمیر سوراخهای گلوله‌مانند با درپوشهای گرد کوچک آسان است. با این وجود، بریدگی با چاقو به خاطر پارگی که در تمام طول سد پیشرفت می‌کند. می‌تواند سبب شکست پوشش گردد. تمرکز فشار در دو انتهای بریدگی با طول بریدگی افزایش می‌یابد. از آنجا که بیشترین فشار در انتهای بریدگی روی می‌دهد، اولین رشته تقویت‌کننده صدمه‌نندیده، بیشترین فشار را متحمل می‌شود. هنگامی که فشار از مقاومت رشته بیشتر می‌شود، رشته گسسته خواهد شد که در نتیجه فشار زیادتری روی رشته بعدی وارد می‌آید. این ترتیب برای رشته‌های مقاوم دیگر در طول سد رخ می‌دهد، و پوشش تخریب می‌شود، به گونه‌ای که باید سد را تعویض کرد. توسعه پوششی مقاوم‌تر (که بریدن آن با چاقو تقریباً غیرممکن باشد) در دست بررسی است.

بسته به حجم و سرعت جریان از روی سد، ممکن است به کنترل فرسایش در پایین دست نیاز باشد (بخش ۲-۵-۱-۲). ملزومات بهره‌برداری از سد تخته‌ای، مشابه همان است که برای سدهای لاستیکی توصیف شد. این سدها، کمتر از سدهای لاستیکی در معرض خراب شدن هستند. ناحیه‌ای برای ذخیره تخته‌ها مورد نیاز است. تخته‌ها باید برای نصب دوباره، درست در همان محل سد نشانه‌گذاری شوند و باید به روشی انبار شوند که از پیچیدگی آنها جلوگیری گردد. مکان ذخیره به حفاظت و جلوگیری از خرابکاری و استفاده غیر مجاز از تخته‌ها نیاز دارد (بخش ۲-۵-۱-۳). سدهای تخته‌ای، به کار کارگری فشرده (شدید) نیاز دارد، ممکن است برای بهره‌برداران در شرایط سیلابی زیانبار بوده و برای کنترل اتوماتیکی بهره‌برداری نیز مناسب نیستند.

۱۰-۷-۱۳ ماسه‌دهی (تولید ماسه)

ماسه‌دهی عبارت است از وجود ماسه به مقداری زیان‌آور در آب تولیدی از چاه. هر گونه ماسه‌دهی چاه آب، نامطلوب است و میزان ماسه‌ای که زیان‌آور نباشد، به نوع استفاده از آب بستگی دارد. مسلماً میزان ماسه‌ای که سبب فرسودگی سریع پمپ شود غیر قابل قبول است. تولید ماسه باعث ایجاد حفره‌هایی زیرزمینی در آبخوان می‌گردد. اگر این حفره‌ها به اندازه کافی بزرگ شوند، فروریزش رخ می‌دهد، به لوله جدار چاه و قسمت ورودی آسیب می‌رساند و سبب فرونشست سطح زمین در اطراف چاه می‌شود. طراحی، ساختمان و توسعه مناسب چاه باید به آبی بدون ماسه در آن منجر شود.

اگر مقدار قابل توجهی ماسه در آب پمپاژ شده از چاهی آبدی یا ASR وجود داشته باشد، علل احتمالی که باید بررسی شوند عبارتند از:

- خرابی لوله جدار چاه،
 - پمپاژ بیش از حد از آبخوان و بالا بودن سرعت جریان آبخوان،
 - پوشش شنی ناکافی، توسعه ناکافی یا نیاز به افزایش شن.
- یک چاه بدون ماسه، به وجود فیلتری کارآمد در فضای احاطه‌کننده ورودی چاه نیاز دارد. فیلتر ممکن است پوشش شنی مصنوعی یا فیلتری از شن و ماسه طبیعی باشد. در هر دو مورد رابطه اندازه شبکه ورودی چاه، مواد فیلتری و مواد آبخوان برای حذف ماسه از آب ورودی به چاه در آبخوانهای آبرفتی امری اساسی است. مقدار کمی ماسه‌دهی در چاههای جدید معمول است،

بویژه هنگامی که پمپ شروع به کار می‌کند. با این وجود، ماسه‌دهی باید با گذشت زمان و استفاده از چاه کاهش یابد. اگر ورودی چاه در معرض فرسایش و خوردگی فلز باشد، رابطه بین اندازه سوراخهای ورودی و پوشش شنی تغییر خواهد کرد. این امر ممکن است به ورود مواد فیلتری به داخل چاه منجر شده و به دنبال آن باعث ورود مواد آبخوان به چاه نیز بشود. پمپاژ بیش از حد چاه، موجب سرعت ورودی زیادی می‌شود، که ماسه بیشتری را از آبخوان به داخل چاه حرکت می‌دهد. این، ممکن است باعث فرسایش فلز، و با گذشت زمان، ورود مواد فیلتری به داخل چاه شود.

چاههای موجود در سازندهای محکم و به هم چسبیده، مانند سنگ آهک و ماسه سنگ، اغلب به صورت حفره‌ای باز بدون هیچ‌گونه لوله جدار یا صافی، حفاری می‌شوند. هنگامی که این چاهها تولید مقدار زیادی ماسه می‌کنند، اغلب رها شده، لوله جدار و صافی‌گذاری می‌گردند، یا دوباره در مکانی دیگر حفر می‌شوند. اندازه‌گیری عمق تا قسمت بالای پوشش شنی به صورت دوره‌ای، نشانی برای توجه به نیاز پوشش شنی به افزایش شن است تا از کوتاه شدن و راحتی بیشتر ورود ماسه به درون چاه جلوگیری گردد.

اندازه‌گیری و یادداشت ماسه‌دهی در آغاز کار و پس از هر زمانی که یک چاه آبدی یا ASR پمپاژ می‌شود، هشدار برای امکان فرسایش پمپ و افزایش ماسه‌دهی است.

۱۰-۷-۱۴ پایداری تصفیه خاک-آبخوان

هنگامی که روش SAT با استفاده از پساب حاصل از تصفیه فاضلاب، طراحی ضعیف داشته یا مدیریت درستی ندارد (در هنگام نیاز، خشک و تمیز نمی‌گردد)، میزان نفوذ کاهش می‌یابد و در نهایت بهره‌برداران بدون اینکه زمانی برای خشک شدن بگذارند مجبور به پر کردن تمام حوضچه‌ها می‌شوند. این امر، موجب کاهش بیشتر نفوذ می‌گردد در حالی که پساب مربوط، همچنان وارد می‌شود و عمق آب حوضچه‌ها افزایش می‌یابد. این کار سبب تحت فشار قرار دادن لایه مسدودکننده و رشد جلبکها در حوضچه‌ها می‌شود، که هر دو عامل، میزان نفوذ را بیشتر کاهش می‌دهند تا در نهایت، کل سامانه به‌عنوان سامانه تغذیه کارآمدی نخواهد داشت و کاملاً از کار می‌افتد. برای جلوگیری از این کار افتادگی، خشک‌شدن و تمیز کردن مرتب، باید بخشی از برنامه بهره‌برداری باشد تا میزان نفوذ حفظ شود.

۱۰-۷-۱۵ شکستگی در اثر نیروی آب

مواد سازندهای اطراف چاه تغذیه، ممکن است توسط سیالات موجود در آنها چنانچه فشار سیالات خیلی زیاد باشد دچار شکستگی شوند. این روش شکستگی را اصطلاحاً «شکستگی با نیروی آب» می‌گویند. به‌طور کلی، در بهره‌برداری چاههای تغذیه آب زیرزمینی، شکستگی با نیروی آب مسئله‌ای نیست، زیرا که فشارها نسبتاً کم هستند، به این معنی که، معمولاً فقط افزایش کمی در سطح پیرومتری (فشاری) مخروط تغذیه روی می‌دهد. شکستگی با نیروی آب می‌تواند در صورتی که آب تزریقی از میان شکستگیها و فضای حلقوی در جدار چاه به سطح زمین جریان یابد یا ارتباط هیدرولیکی با آبخوانی شامل آب با کیفیت غیرقابل قبول برقرار شود، بهره‌برداری از چاه را متوقف سازد. شکستگی با نیروی آب در مواد سازندهای عمیق‌تر ممکن است در بعضی حالتها مطلوب باشد اگر منجر به افزایش میزان تغذیه، بدون باقی گذاشتن اثرات ناسازگار شود.

فشار یا بار تزریقی باید کمتر از مقدار حداکثر مجاز باشد تا از شکستگی توسط نیروی آب جلوگیری شود. محدوده‌های بار تزریقی بسیار متفاوت بوده و بستگی به وجود یا عدم وجود لایه‌های محدودکننده، مقاومت لایه محدودکننده (در صورت وجود)، بدون عیب بودن دوغاب مسدودکننده اطراف لوله جدار چاه، میزان زیان وارده به تأسیسات سطحی در اثر آب گرفتگی پتانسیل، عمق سطح پیژومتری (فشاری) آب زیرزمینی در زیر سطح زمین، و دیگر ملاحظات خاص هر محل دارد. نگهداری بار فشاری تا زیر سطح زمین کاری بحرانی نیست زیرا که بسیاری از چاههای تغذیه یا ASR با ارتفاعی بیشتر کار می‌کنند. با این وجود، طراحی چاه و سرچاهی در چنین حالتی نیاز به فراهم کردن سامانه انسداد کافی و رهایی از هوا و خلأ دارد.

مقدار حداکثر بار تزریقی بستگی به فرضیات مورد استفاده در محاسباتها دارد. حداکثر مقدار مجاز برای بار تزریقی برابر $0.2h$ است که "h" بار لازم برای بالا بردن سطح فشاری تا سطح زمین برای چاههای تغذیه است و توسط Olsthoorn (1982) پیشنهاد شده است. برای جلوگیری از شکستگی در اثر نیروی آب در پروژه جلوگیری از نفوذ آب دریا در شهر لوس آنجلس، کالیفرنیا، مقدار حداکثر فشار مجاز $0.6h$ به کار رفته است. از این رو، دامنه تغییر می‌تواند بسته به شرایط موردنظر در حدود $h (0.6 - 0.2)$ باشد.

۱۰-۷-۱۶ مشکلات دیگر

فراهم کردن امنیت برای کارگران و بازدیدکنندگان و کاستن از فرصت خرابکاری، مورد نیاز می‌باشد.

۱۰-۸ کیفیت آب

سه مانع مهم برای تغذیه مصنوعی کارآمد عبارت از بار بستر، رسوبهای معلق (گل‌آلودی) و مواد شیمیایی در آب ورودی است. ته‌نشینی مواد درشت‌تر که به‌عنوان بار بستر طبقه‌بندی می‌شوند، باعث کاهش حجم ذخیره حوضچه‌ها و زمان بین پاک‌سازیها می‌شود. حوضچه‌های ته‌نشینی که قبل از حوضچه‌های ذخیره قرار دارند، بار بستر را می‌گیرند و کار جداسازی و انتقال را آسان‌تر می‌سازند. رسوبهای معلق (عمدتاً رسها و سیلته‌ها که گل‌آلودی را ایجاد می‌کنند) با جمع شدن روی سطح و نزدیک به زیرسطح منطقه تغذیه، موجب کاهش سریع در میزان تغذیه می‌شوند. اگر گل‌آلودی شدید باشد، باید انتخابی بین خشک‌شدن و پاک‌کردن مکرر حوضچه برای بهبود مقدار تغذیه و کاهش گل‌آلودی قبل از ورود آب به منطقه تغذیه به‌عمل آورد. انجام انتخاب دوم به رعایت معیارهای بهره‌برداری منجر خواهد شد که محدودیتی را برای آب مورد تغذیه فراهم می‌کند. در انتخاب معیارها باید موجود بودن آب، گل‌آلودی آن، و اقتصاد اصلاح میزان تغذیه از طریق پاک‌کردن و انتقال رسها و سیلته‌ها در نظر گرفته شود.

در جدول زیر دامنه پیشنهادی برای حداکثر اندازه دانه بر حسب میکرون و حداکثر تمرکز دانه‌ها بر حسب واحد سنجش تیرگی (NTU) و مجموع جامدات معلق (TSS) برای بهره‌برداری کارآمد تغذیه آمده است.

گل‌آلودی را می‌توان به سادگی اندازه‌گیری کرد ولی نشانه‌ای به خوبی TSS نمی‌باشد. در بهترین حالت، همبستگی بین این دو ناچیز است. اندازه‌گیری TSS باید در هنگام استفاده از غشاء (پرده) یا فیلترهای انحراف انجام شود.

عده‌ای از بهره‌برداران فقط آبهای ۵-۱۰ NTU یا کمتر را برای ورود به حوضچه‌های تغذیه مجاز می‌دانند و از آبهای دارای گل‌آلودی بیشتر استفاده نمی‌کنند. با این وجود، آب مورد تغذیه را می‌توان تصفیه کرد تا از گل‌آلودی آن کاسته شود. روشهای

پیش تصفیه که بیشتر از آنها استفاده می‌شود، شامل منعقدکننده‌ها، مانند پلی‌الکترولیت برای هر حوضچه ته‌نشینی جداگانه و استفاده از فیلترهای خاکی - گیاهی می‌باشند.

حد اکثر تمرکز دانه		اندازه دانه (میکرون)	روش تغذیه	نوع آبخوان
TSS (میلی گرم بر لیتر)	NTU			
	۵-۱۰	۱۰۰-۵۰۰	حوضچه / آبرو	آبرفتی
۰-۳		۱۰-۱۰۰	چاه تغذیه	
۰-۵		۱۰-۱۰۰	چاه ASR	
		۱۰۰-۵۰۰	تغذیه چاه	کارست
۰-۱۰		۱۰۰-۵۰۰	ASR	
۰-۵		۱۰۰-۳۰۰	تغذیه چاه	سنگ بستر دارای شکستگی
۰-۵		۱۰۰-۳۰۰	ASR	

تصفیه برای جدا ساختن مواد جامد معلق، و در نتیجه کاهش گل‌آلودی، مواد شیمیایی موجود در محلول را جدا نمی‌سازد و نباید برای تغذیه به کار برده شوند. در نواحی که حوضچه آبریز بالادست به حالت شهری در می‌آید، احتمال می‌رود که رواناب، محتوی فلزهای سنگین و آلودگی‌های شسته‌شده از سطوح آسفالت و مشابه آن باشد. تمرکز این مواد نامطلوب در روانابهای ایجاد شده از بارندگی‌های اولیه پس از یک دوره خشک بیشتر است. چنین آبی را می‌توان برای تغذیه آب زیرزمینی، غیر قابل قبول دانست و از کاربرد آن خودداری کرد. هنگامی که حوضچه‌های تغذیه برای هدفهای دیگر، مانند پرورش ماهی به کار می‌روند، تأثیر کیفیت آب و تصفیه آن روی دیگر هدفها باید آزمایش شود. هنگامی که آب تغذیه، آبی وارد شده و دارای کیفیتی متفاوت با آب سطحی محلی است، امکان اثرات ناسازگار روی میزان تغذیه در نتیجه واکنش شیمیایی بین آب وارد شده و خاکهای موجود در محل باید ارزیابی شود. نتایج چنین واکنشهایی شامل گرفتگی منطقه تغذیه و از دست رفتن پتانسیل تغذیه است.

احتمالاً پیش تصفیه آب تغذیه برای چاهها، لازم است و این به دلیل وجود مواد جامد آلی در آب منبع یا آب‌شستگی حاصل از آب تغذیه است. چنین پیش تصفیه‌ای ممکن است شامل فیلتره کردن دیواره، فیلتره کردن با ماسه، حوضچه‌های ته‌نشینی یا دیگر روشها باشد.

روشهای غلبه بر مشکلات پتانسیل مانند کاهش میزان تغذیه با گذشت زمان، بوها (رایحه‌ها)، اجتماع حشرات، و فراتر از آن، شامل پیش تصفیه آبهای منبع، مدیریت تسهیلات و پس تصفیه است. مسائل پایدار و مداوم ممکن است به بازنگری هیدروژئولوژی ناحیه و آمار بهره‌برداری و نگهداری نیاز داشته باشد.

اگر دمای آب منبع، از دمای متوسط ۵۰ متر بالای آب زیرزمینی دریافت کننده ۲۰ درجه سانتی گراد بیشتر باشد، تمهیداتی باید صورت گیرد تا باعث خنک شدن آب سطحی قبل از پیشرفت کارهای تغذیه شود. این احتیاط، در تغذیه با چاه مهم‌تر است، ولی در تغذیه سطحی نیز مهم می‌باشد زیرا تحت تأثیر قرار گرفتن جانداران موجود در خاک می‌تواند سبب کاهش یا از بین رفتن عمل سودمند آنها در پاک‌سازی شود.

اگر کیفیت شیمیایی آب بازیافتی رو به بدتر شدن می‌رود، برخی از موارد باید بررسی شوند که عبارتند از:

- نشت از مخزنهای ذخیره نزدیک،
- نشت از خاکریزها یا دیگر تسهیلات برای اداره ضایعات،
- ورود آب شور یا دیگر آبهای با کیفیت پایین به سبب افت بیش از حد،
- برداشت حجمی از آب در چاههای ASR، به مقداری بیشتر از آنچه که سامانه برای آن طراحی و بهره‌برداری شده است،
- تغذیه آبخوانی که تحت تأثیر فعالیتهای سطحی قرار دارد،
- تغذیه با آبهای تصفیه‌شده به مقداری ناکافی.

۱-۱-۱۰ پیش تصفیه

روشهای پیش تصفیه برای تغذیه سطحی که معمولاً بیشترین گزارشها را در نشریه‌ها دارند، عبارتند از: تصفیه شیمیایی، حوضچه‌های ته‌نشینی، فیلترهای خاکی - گیاهی و مرداب ساخته شده.

برای آب غیرآلوده، تنها تصفیه مورد نیاز قبل از نفوذ سطحی، جداسازی رسوبها است که معمولاً با استفاده از حوضچه‌های ته‌نشینی با حجم بزرگ انجام می‌گیرد. در این حالت زمان نگهداری کافی مورد نیاز است. گاهی برای کمک به ته‌نشست مواد منعقدکننده، اضافه می‌شود. افزودن مواد شیمیایی منعقدکننده سرعت ته‌نشینی را افزایش داده و از اندازه حوضچه می‌کاهد. ته‌نشینی رسوبها به‌طور جداگانه و بدون انعقاد، به خصوصیات دانه و گرانروی آب بستگی دارد. زمان نگهداری، به قطر دانه، رژیم جریان، و نوع ماده منعقدکننده در صورت استفاده، بستگی دارد.

انعقاد معمولاً با افزودن سولفات آهن یا آلومینیم یا پلی‌الکترولیت‌ها انجام می‌شود. از آنجا که استفاده از مواد منعقدکننده، مکانیسم ته‌نشینی را عوض می‌کند، تجربه‌های آزمایشگاهی (آزمایش در شیشه‌های دهانه گشاد) برای تعیین میزان مواد منعقدکننده، به بهینه‌سازی روشی برای ته‌نشینی (وضوح) کمک می‌کند.

برای هر پروژه یا مکان مورد نظر، ممکن است تفاوت‌هایی بین کیفیت آب منبع و آب زیرزمینی وجود داشته باشد، یا ممکن است مسائلی احتمالی در آب منبع باشد که استفاده از آن برای تغذیه مناسب نباشد. در هر صورت باید پیش تصفیه ویژه‌ای از آب منبع صورت گیرد. پیش تصفیه شامل مدیریت گزینه‌ها به‌منظور کمک در نگهداری میزان نفوذ از طریق کاهش مواد جامد معدنی و آلی معلق در آب است. گزینه‌ای دیگر به جای پیش تصفیه عبارت است از رد کردن آب کیفیت پایین یا در برخی موارد، استفاده از آب با کیفیت پایین برای تغذیه آبخوانی با آب با کیفیت پایین‌تر، و سپس تصفیه آب بازیافتی مطابق با استفاده مورد نظر.

آبهای مورد استفاده برای تغذیه با چاه، معمولاً برای رسیدن کامل یا دست کم نزدیکی به استانداردهای آب آشامیدنی به پیش تصفیه نیاز دارند. پیش تصفیه معمولاً قادر به بهبود اقتصادی بهره‌برداری تغذیه است، زیرا ممکن است استفاده از آبهای کنار گذاشته شده برای برخی امور به سبب داشتن مواد نامناسب را مجاز نماید. در بعضی نواحی، وجود مواد تولیدی نامناسب حاصل از واکنشهای شیمیایی فعالیتهای بالادست، ممکن است استفاده از آب را برای تغذیه، بدون پیش تصفیه مجاز ندانند. افزون بر این، پیش تصفیه، ممکن است اجازه کنترل مواد جامد معلق موجود در آب ورودی که به تصفیه‌هایی پیشرفته‌تر نیاز دارند بویژه برخی مواد نامطلوب را بدهد. برای یک چاه ذخیره و برداشت از آبخوان (ASR)، پیش تصفیه هیچ هزینه‌ای نداشته و یا هزینه‌ای کم برای مصرف‌کنندگان دارد زیرا پیش تصفیه، معمولاً تصفیه بعدی را کاهش می‌دهد و تغذیه را کارآمدتر می‌سازد.

۱۰-۱-۲ تصفیه شیمیایی

سه نوع از متداول‌ترین تصفیه‌های شیمیایی عبارت است از انعقاد، ضدعفونی با افزودن مواد شیمیایی، و تنظیم pH. مواد منعقدکننده، حاوی دامنه وسیعی از مواد شیمیایی شامل: املاح فلزی یا هیدروکسیدها مانند کلریدهای آهن و آلومینیم (همراه با پتاس یا ...)، آهک و پلیمرهای آلی هستند. از آنجایی که هنگام اجرای برنامه انعقاد، باید متقبل هزینه‌های مهمی شد، تحلیلی دقیق از پیشرفت در کیفیت، لازم به نظر می‌رسد. در این حالت، آزمایش روی پروژه نمونه (پیلوت) توصیه می‌شود. اگر آبهای محلی هنگام مصرف دوباره، زیان‌آور باشند، باید آن را ضدعفونی کرد، به این منظور معمولاً ماده‌ای ضدعفونی کننده در بالادست حوضچه ته‌نشینی به آب اضافه می‌شود تا گونه‌های گیاهی جدا شدنی در حوضچه ته‌نشینی را از بین ببرد. کلر موجود در ترکیبهای هیپوکلریت، متداول‌ترین ماده ضدعفونی است. گاز کلر نیز به‌عنوان ضدعفونی کننده‌ای مؤثر مورد استفاده است. گزارش بررسی سال ۱۹۶۸ در ناحیه پئوریا در ایالت ایلینوی نشان داد که ۸-۹ میلی‌گرم بر لیتر کلر افزوده شده به آب رودخانه ایلینوی، باقیمانده‌ای در آب زیرزمینی به‌جا گذاشت، در حالی که ۳-۵ میلی‌گرم بر لیتر، آبی با کیفیت کافی، برای هدفهای تغذیه تولید کرد و باقی‌مانده‌ای از کلر را به‌جا نگذاشت.

برخی ترکیبها یا مواد، در صورت وجود به مقدار کافی، می‌توانند به از بین رفتن اثر کلر منجر شوند. اسید هیومیک (TOC)، سولفور هیدروژن و ترکیبهای آهن، منگنزهای به‌صورت آلی و نیترا‌تها با کلر واکنش نشان داده و تأثیر آن را کاهش می‌دهند. گزینه‌های ممکن دیگر در مقابل کلر، عبارتند از نیتروژن، برومین، و ید (Sheroeder, 1977). تنظیم pH گاهی در چاههای تغذیه و ASR برای کنترل واکنشهای ژئوشیمیایی در زیرزمین لازم می‌باشد زیرا ممکن است موجب گرفتگی یا تولید محصولات نامناسب شوند.

۱۰-۱-۳ رسوبگذاری

مواد درشت‌تر موجود در آب جاری در صورت کاهش سرعت جریان (به‌طور مثال انحراف به داخل حوضچه بزرگ ته‌نشینی) ته‌نشین می‌شوند.

جداسازی مواد جامد معلق، بیشتر از طریق حوضچه‌های ته‌نشینی با حجم زیاد صورت می‌گیرد، و اغلب با افزایش مواد منعقدکننده همراه است. حوضچه‌های ته‌نشینی با حجم زیاد، در صورتی که زمان نگهداری کافی باشد، البته نه به اندازه‌ای که به

جلبکها فرصت رشد بدهد، مؤثر هستند. افزایش مواد منعقدکننده، که حاوی گستره وسیعی از مواد شیمیایی مانند کلرید آهن و آلومینیم (زاج سفید)، آهک، و پلیمرهای آلی هستند، باعث افزایش میزان ته‌نشینی و کاهش حجم لازم برای حوضچه جهت نگهداری کافی می‌شوند. گزارشی از سازمان ملل (UN, 1975) نشان داد که آب نگهداری شده برای ۳-۲ روز، با عمق ثابت ۵ متر، بار مواد جامد معلق را به مقدار ۱۰۰۰-۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر کاهش داد، در حالی که با میزان دقیق مواد منعقدکننده شیمیایی همان نتایج در چند ساعت به دست آمد. دانشمندی دیگر، Miller (1980)، مشخص کرد که سولفات آلومینیم (زاج سفید) یا آهن، به میزان ۲-۴۰ میلی‌گرم بر لیتر برای آبهای سطحی «گل‌آلود» مؤثرند، و اینکه مقدار ۳۰۰-۴۰ میلی‌گرم بر لیتر برای پساب حاصل از تصفیه فاضلاب، با روشهای ته‌نشینی و لجن فعال، لازم است. برای ته‌نشست دانه‌های معلق، بدون کمک مواد منعقدکننده، دوره‌های زمانی بیشتری مورد نیاز است.

مواد منعقدکننده، مکانیسم ته‌نشست را پیچیده می‌سازند، و پیش‌بینی کارکرد صحرائی با روشهای تحلیلی را از اعتماد کمتری برخوردار می‌کنند. هزینه‌های اضافی تجربه‌های آزمایشگاهی و بررسیهای پروژه نمونه (پیلوت)، در مقایسه با هزینه‌های کمتر یا زیادتر، در افزایش مواد منعقدکننده و هزینه‌های سرمایه‌ای همراه با آن، این بررسیها را توجیه می‌کند. حوضچه‌های با سطح وسیع که در اثر باد در معرض موج قرار دارند، ته‌نشینی مواد معلق را به تأخیر می‌اندازند. در نواحی بادخیز چند حوضچه کوچک‌تر ممکن است کارآمدتر از حوضچه‌های وسیع ته‌نشینی باشند.

۱۰-۱-۴ فیلتر خاکی - گیاهی

بهره‌برداری از فیلترهای خاکی - گیاهی در پایین‌دست حوضچه‌های رسوبگذاری توسط Popkin (1970) به‌عنوان روشی «جلادهنده» برای جداسازی کلویدهای ریز و مواد آلی از سیلاب گزارش شده است. آنها همچنین می‌توانند بدون حوضچه ته‌نشینی برای پیش‌تصفیه مؤثر باشند. پایدار ساختن خاک و پوشش گیاهی کافی قبل از ورود آب برای تصفیه، لازم است و اگر با روشی درست به کار رود، فیلتر خاکی - گیاهی دارای پتانسیل کاهش رسوب قابل مقایسه با روش افزایش مواد شیمیایی منعقدکننده است (Popkin, 1970; UN, 1975). این فیلترها دارای تأثیر کمتری نسبت به مواد منعقدکننده، رسوبگذاری، و روشهای ضد عفونی و کنترل اجتماع باکتریها و مواد جامد محلول هستند. نتایج کنترل باکتریها و مواد جامد محلول، به اندازه‌ای متغیر هستند که احتمالاً آزمایش قابل ملاحظه‌ای با نمونه (پیلوت) در مورد بلندیهای متفاوت گیاهان لازم است. از مرداب، به مقدار زیادی برای جداسازی مواد مغذی از آبهای سطحی آلوده‌شده با فاضلاب، به‌منظور کاهش گرفتگی حوضچه‌های نفوذی استفاده می‌شود. با این وجود، سامانه‌های گیاهی، ممکن است مقادیر مهمی از مواد THM متشکله جدید (TOC) را به آب فیلترشده اضافه کنند. فیلترهایی از جنس الیاف نیز برای استفاده در پروژه‌های تغذیه سطحی توسعه یافته‌اند، که از آنها به تنهایی یا در زیر لایه‌ای از ماسه استفاده می‌شود.

۱۰-۱-۵ تصفیه خاک - آبخوان

سامانه‌های SAT، سامانه‌های نفوذ سطحی هستند که برای استفاده از خاکهای لایه بالایی به عنوان پوششی برای تصفیه، طراحی می‌شوند. به‌طور کلی، عمق آب در سامانه SAT در حوضچه‌ها بهتر است کمتر از ۳۰ سانتی‌متر باشد. با این وجود، این

عمق موجب نیاز به سطحی وسیع خواهد شد که ممکن است غیرعملی باشد، بنابراین بین سطح و عمق باید موازنه‌ای انجام گیرد (بخش ۲-۷-۲).

برای سامانه‌های نفوذی، بهبود قابل توجهی در کیفیت آب انجام می‌گیرد زیرا آب مورد تغذیه، از میان ناحیه غیر اشباع به سمت پایین، و سپس از میان ناحیه اشباع به‌طور جانبی حرکت می‌کند. معمولاً این بهبود کیفیت مشتمل بر جداسازی مواد جامد معلق، میکروارگانیسمها، BOD، فسفات‌ها و فلزهای سنگین است. می‌توان با انتخاب دوره‌های سیلابی و خشک کاهشی چشمگیر در غلظت نیتروژن انجام داد که سبب افزایش نیتروژن‌زدایی به روش حیاتی در خاک می‌شود. غلظت ترکیبهای آلی مصنوعی غیر هالوژن، به میزان زیادی کاهش می‌یابد. ترکیبهای آلی هالوژن نیز جدا می‌شوند، ولی نه به اندازه‌ای که برای ترکیبهای غیر هالوژن انجام می‌گیرد. در آبخوانهای عمدتاً متشکل از مواد درشت (ماسه و شن)، تصفیه مورد انتظار در آبخوان شامل جداسازی مقدار بیشتری TOC، جداسازی میکروارگانیسمها، بهبود مزه و بو (رایحه) و اثرات مشابه در جلادهنگی است.

۱۰-۱-۶ مردابهای ساخته شده

با احداث مرداب می‌توان منافع گوناگونی را فراهم کرد. اگر پروژه اثری منفی بر حیات وحش داشته باشد، مردابها می‌توانند این اثرها را سبک‌تر کنند. مردابها ممکن است موجب تغذیه ضمنی نیز بشوند. اگر تغذیه با فاضلاب است، مردابها می‌توانند فرصتهایی برای تصفیه و مصرف فراهم نمایند، اگر چه پروژه مجاز به پایین آوردن کیفیت آب آشامیدنی نیست. از میان مهم‌ترین مزیت‌های استفاده از مردابها، می‌توان خنثی‌سازی نیتراته شدن، جداسازی مواد جامد معلق و فلزهای سنگین را از آب سطحی بیان کرد. قانونها و آیین‌نامه‌ها، ممکن است سبب شوند که مردابهای ساخته شده پس از چند سال استفاده یا به علت ساخته‌شدن برای کاهش اثرات ناسازگار پروژه تغذیه، به مردابهای حفاظت شده تبدیل شوند.

۱۰-۱-۷ تصفیه پس از تغذیه

نوع تصفیه موردنیاز برای آب برداشتی از ذخیره آب زیرزمینی، با کیفیت آب و نیازهای مصرف‌کننده متفاوت است. به‌عنوان نمونه، آب آشامیدنی از قبل تغذیه‌شده و بازیافتی از چاههای ASR، به تصفیه‌ای بیشتر از ضدعفونی نیاز ندارند. اگر تصفیه پس از تغذیه لازم باشد، برخی از روشهای توصیف‌شده در بخش پیش تصفیه را می‌توان مورد استفاده قرار داد.

۱۰-۱-۹ مدیریت در محل

۱۰-۱-۹-۱ برداشتن لایه مسدودکننده

هنگامی که مواد جامد جمع‌شده روی دیواره‌ها و کف ایستگاه پخش آب، شروع به تأثیر در میزان تغذیه می‌کنند، خشک کردن مواد ته‌نشست شده و ترک خوردن و شکسته شدن آنها ممکن است مجوز ادامه تغذیه را بدهد. در غیر این صورت، خشک‌شدن به اضافه دیسک زدن یا شکافتن سطح، ممکن است کافی باشد. نهایتاً، مواد ته‌نشین شده و لایه نازکی از خاک حوضچه (اگر گرفتگی دارد) نیاز به برداشتن دارند.

۱۰-۹-۲ توسعه مجدد چاه تغذیه

برای چاههای تغذیه، اثرات گرفتگی با پمپاژ دوره‌ای چاهها و برعکس کردن جهت جریان و بیرون راندن مواد مسدودکننده برطرف می‌گردد. هنگامی که چاههای تغذیه پمپاژ می‌شوند، آبهای خروجی در مرحله اول، اغلب به رنگ قهوه‌ای در آمده و دارای بوی بد می‌باشند، پس باید تخلیه و مانند فاضلاب تصفیه شوند. این مورد، بویژه برای چاههای با لوله جدار فولادی می‌باشد. برنامه پمپاژ، ممکن است از چند دقیقه در روز تا چند بار در سال انجام شود؛ بسته به اینکه کاهش تغذیه با چه سرعتی انجام می‌گیرد (شکل ۲-۹ و جدول ۲-۱). اگر پمپاژ نتواند میزان تغذیه را به حالت اول برگرداند، توسعه شدیدتر چاه لازم است.

برای چاههای تغذیه یک منظوره، روشهای توسعه مجدد عبارتند از:

- آبکشی و تلاطم با تجهیزات حفاری ضربه‌ای،
- پمپاژ و تلاطم با پمپ حبابی،
- پمپاژ و تلاطم با پمپ توربینی چاههای عمیق،
- استفاده از مسدودکننده‌های دوگانه برای جدا کردن قسمت‌های مشبک همراه با پمپاژ با پمپ حبابی و تلاطم‌دهی،
- ریختن اسید، سپس تلاطم و جدا کردن اسید،
- تزریق آب با سرعت زیاد.

توسعه مجدد چاه تغذیه توسط پمپاژ با پمپ توربینی چاههای عمیق که در داخل چاه موجود نیست، هزینه و مشکلاتی دارد که عمدتاً به دلیل مسائل انتقال آب و میزان تجهیزات لازم می‌باشد. برای چاههای ASR پمپ از قبل وجود دارد.

روش توسعه مجدد مورد استفاده برای هر چاه به روش به کار رفته در احداث چاه و تجربه بهره‌برداری آن، مانند گرایش به سیلت و ماسه‌دهی و مشاهده قبلی فروریزی در اطراف لوله جدار چاه بستگی دارد. در مورد چاههای با پوشش شنی، باید با پیشرفت توسعه دوباره، مقداری شن با لوله به پوشش شنی اضافه کرد تا حفره‌های زیرزمینی به حداقل برسند. توسعه مجدد چاه تغذیه، شبیه توسعه چاه آب جدیدی است و همان هدف را دارد (Fowler, 1996).

تکرار توسعه مجدد، به تجربه با هر دستگاه بستگی دارد. این کار، با عوامل گرفتگی موجود و نیاز به نگهداری میزان تغذیه تغییر می‌کند.

اگر روشهای توسعه چاه، مشکل را حل نکنند، پمپ را باید از چاه خارج کرد و برای تعیین منشأ مسئله از دوربین دید درون چاهی و پیمایش ژئوفیزیکی استفاده کرد.

بستن موقت چاه برای چند روز، ممکن است به بازگشت تا نزدیکی میزان تزریق اولیه منجر شود؛ اگرچه پس از آغاز دوباره، میزان تزریق احتمالاً سریع‌تر از دوره‌های قبلی کاهش می‌یابد. بستن چاه (عدم بهره‌برداری) می‌تواند سودمند باشد به سبب اینکه ممکن است به گازهایی که موجب گرفتگی سازندهای آبرفتی می‌شوند، اجازه خروج یا رفتن به داخل محلول را بدهد. فایده‌های چنین بهره‌برداری را باید از نظر اقتصادی بررسی کرد.

چاههای تزریقی حفرشده به روش دورانی معکوس، با لوله جدار سیمانی و پنبه‌نسوز، و پوشش فیلتری شنی برای پروژه‌های در ناحیه لوس‌آنجلس - کالیفرنیا، به‌طور متوسط بهره‌برداری ۲۰ ساله داشته‌اند. تکرار توسعه مجدد این چاهها از سالانه تا

۱۵ سال متفاوت است و بیشترین تعداد چاهها دارای دوره‌ای برابر ۵-۲ سال هستند. ولی سامانه با این فاصله تکرار طولانی کاهش مهمی را در ظرفیت داشته است.

در اسرائیل، تجربه تغذیه فصلی و استفاده از چاههای بهره‌برداری نشان داده است که تکرار توسعه مجدد به چگونگی بهره‌برداری از چاه در فصل تغذیه بستگی دارد. روش توسعه به صورت دو مرحله‌ای، متشکل از دوره‌ای کوتاه با پمپاژ شدید و پس از آن تخلیه مداوم برای تأمین آب بوده است. این روش، به برقراری تقریباً کامل و درازمدت ظرفیت ذخیره چاهها در سازندهای ماسه سنگی منجر شده است.

سازمان آب منطقه گولتا در سانتا باربارا - کالیفرنیا، برای چندین سال از چاههای بهره‌برداری برای تغذیه آب زیرزمینی استفاده کرده است. در این مدت، هیچ‌گونه توسعه مجدد خاصی لازم نبوده است زیرا تولید آب از چاهها، میزان تغذیه تزریقی را تقریباً به میزان اولیه پس از هر فصل تزریق برگردانده‌اند. با این وجود، به نظر می‌رسد که کاهش مختصری رخ داده باشد، که نشانه نیاز به توسعه مجدد در آینده است. در بیشتر از ۲۵ محل دیگر ASR در ایالات متحده، کاهش تغذیه در درازمدت مشاهده نشده است. تکرار پمپاژهای معکوس در محلهای ASR معمولاً از هر چند روز یکبار تا هر چند ماه یکبار است (شکل ۲-۹).

با افزایش فشار آب در داخل چاه می‌توان به‌طور موقت، بر اثرات گرفتگی نیز غلبه کرد. با این وجود، افزایش فشارهای تزریقی به مقداری بسیار زیاد ممکن است لایه ایجادکننده گرفتگی را فشرده ساخته یا موجب جریان رو به بالای آب در اطراف لوله جدار چاه و آب‌شستگی در سطح شود. افزون بر این، این کار، مشکل توسعه مجدد بعدی را افزایش می‌دهد. بنابراین، افزایش فشارهای تزریقی برای نگهداری میزان تغذیه توصیه نمی‌شود.

۱۰-۹-۳ بهره‌برداری چاه در ناحیه تهویه (خشک)

می‌توان با پوشاندن چاه با پرده‌ای از جنس مواد زمینی و پر کردن چاه با ماسه یا شن ریزدانه، و قرار دادن لوله‌ای مشبک در مرکز برای ورود آب برای تغذیه، از فرونشینی اجتناب کرد. هنگامی که ناحیه‌ای کوچک یا حفره‌ای مجزا از لایه‌های ریز بافت در بالای ناحیه‌ای عمیق‌تر متشکل از ماسه یا شن وجود دارد، کناره‌های لایه‌های ریز بافت را می‌توان با صفحه پلاستیکی پوشاند. آب باید قبل از تغذیه، تصفیه شود تا تمامی عوامل موجب گرفتگی (شامل مواد جامد معلق، کربن آلی قابل جذب، مواد مغذی و میکروارگانیسمها) جدا شوند و نیز باید مورد ضدعفونی قرار گیرد تا حدی که سطحی از کلر باقی‌مانده موجود باشد. اگر باز هم گرفتگی وجود دارد (و همیشه امکان گرفتگی درازمدت وجود دارد)، اغلب به دلیل سلولهای باکتریایی و تولیدهای متابولیکی آلی مانند پلیمرها روی دیواره چاه است. بنابراین با اینکه این نوع گرفتگی را نمی‌توان با پمپاژ یا پاک کردن یا توسعه مجدد برطرف کرد، ممکن است دوره‌ای طولانی از خشک کردن بتواند سبب تجزیه زیستی قابل توجه مواد ایجادکننده گرفتگی شود تا چاه را برای تغذیه احیا سازد.

حل مشکل اساسی در ماسه‌دهی چاه‌های آب، از کاهش میزان پمپاژ تا رهاکردن آن و جایگزینی چاهی دیگر می‌باشد. عوارض را اغلب می‌توان با نصب وسایل جداسازی ماسه روی قسمت آبدۀ یا در ته چاه روی قسمت مکش کاهش داد و در نتیجه رسیدگی اساسی به مسئله را به تأخیر انداخت. هنگامی که در تولید ماسه، شک و تردید بر از کار افتادگی قسمت ورودی است، چاه را باید با دوربینهای مخصوص از نزدیک مشاهده کرد. اگر مشکلات، محلی باشند، می‌توان نواحی مشکل‌دار را با پوششی مانند دوغاب‌ریزی مسدود کرد. در موارد بدتر، قسمتی از صافی ورودی با قطری کوچک‌تر را در داخل صافی قبلی نصب می‌کنند و مواد فیلتری با درجه‌بندی مناسب را در فاصله حلقوی میان آنها جا می‌دهند. قبل از قرار دادن ورودی جدید، ورودی قبلی باید به اندازه زیادی مشبک شود تا سطح باز آن، بیشتر شود. ورودیهای قبلی و جدید باید از یک نوع ماده ساخته شوند تا خوردگی در اثر احداث ورودی دوم به کمترین حد کاهش یابد. مشکلات موجود در لوله جدار و انسدادهای ناقص در اطراف صافیهای داخل هم (تلسکوپی) نیز می‌توانند باعث ورود ماسه به چاه شوند. اصلاح، معمولاً شامل تعمیرات زیرین، مانند روکش، انسداد و دوغاب‌ریزی است.

در چاه‌های با پوشش سنی، اگر به علت پل‌زنی حفره‌هایی در پوشش سنی ایجاد شود، امکان تولید ماسه وجود دارد. این مسئله، در صورت تأیید، می‌تواند از طریق توسعه مجدد چاه برطرف شود. اگر چاه دارای لوله‌ای برای ریزش شن است، سطح شن در آن باید قبل از توسعه مجدد، به روشی منطقی تعیین شود تا بتوان ریزش حفره‌ها و در نتیجه از بین رفتن آنها را از روی پایین افتادن سطح شن مشخص کرد.

حدود پیشنهاد شده برای تولید ماسه از چاه‌ها که به نوع استفاده از آب آنها بستگی دارد در جدول زیر نشان داده شده است.

حدود پیشنهادی برای وجود ماسه در آب چاه

قسمت در میلیون بر حسب وزن			
(۳)	(۲)	(۱)	
۲۰	۱۵	۱۵۰	۱- آبیاری به‌روش غرقابی
	۱۰	۵۰	۲- آبیاری بارانی
۱			۳- آبیاری قطره‌ای
۲-۴	۵	۲۰	۴- شهری و صنعتی
	۱		۵- استفاده مستقیم در صنایع غذایی و نوشیدنی

(1) Ground Water Manual (USBR, 1981).

(2) Manual of Water Well Construction Practices (NWWA, 1981).

(3) Ground Water and Wells (Driscoll, 1986).

دو روش متداول برای اندازه‌گیری میزان ماسه در آب چاهها، عبارت است از مخروط ایمهاف^۱ و نمونه‌گیر سانتریفوژ. مخروط ایمهاف ۱۰۰۰ میلی‌لیتر را در خود نگه می‌دارد. یک میلی‌لیتر ماسه تقریباً برابر با ۱۰۰۰ قسمت در میلیون ماسه بر حسب وزن است. یک دستگاه نمونه‌گیر سانتریفوژ ماسه هنگامی که آب از درون دستگاه جریان می‌یابد ماسه را جدا می‌کند. این دستگاه می‌تواند حجمهای زیادتری از آب را بسیار آسان‌تر از مخروط ایمهاف جدا کند؛ پس ماسه جمع شده برای اندازه‌گیری دقیق‌تر است. روشهای دیگر جدا کردن ماسه از آب پمپاژ شده، مانند جداکننده‌های بزرگ سانتریفوژ یا چاههای آرامش نیز، می‌توانند برای اندازه‌گیری مقدار ماسه به کار روند.

برای چاههای تغذیه و ASR، مواد جامد معلق در آب تغذیه را باید تا میزان حداکثر ممکن جدا کرد. TSS را می‌توان به روشی کارآمد با غشا یا فیلترهای عبوری (انحرافی یا کارتریج) اندازه‌گیری کرد که در غلظتهای پایین دقیق‌تر هستند. از آنجا که TSS به‌صورتی غلیظ و تکه تکه، و نه جریان مداوم، رخ می‌دهد فیلترهای عبوری ترجیح دارند. فیلترهای دارای چندین غشاء، هنگام استفاده درازمدت از آنها نیز مناسب هستند.

۱۰-۹-۵ پشته شدن (بالا آمدن)

کنترل پشته شدن ممکن در اثر تغذیه سطحی، به چاههای مشاهده‌ای در اطراف و داخل محل نیاز دارد، که تراز سطح ایستابی را نشان دهند (بخشهای ۵-۷-۱۰ و ۱۰-۷-۱۰). برای تسهیلات تغذیه سطحی بهترین روش مدیریت بالا آمدگی، کنترل میزان تغذیه و توزیع سطحی تسهیلات تغذیه است.

۱۰-۹-۶ مدت و ترتیب زمانی

مدتی که در آن نفوذ سطحی یا تغذیه زیر سطحی باید ادامه یابد، در ابتدا بر پایه آزمایش محلی و نتایج گزارش شده مکانهای دیگری می‌باشد که به دلیل تفاوت در ژئوهیدرولوژی محلها تنظیم شده‌اند. ترتیب بهره‌برداری حوضچه‌ها یا چاهها نیز با همین روش انجام می‌شود. استفاده از پروژه‌های نمونه، داده‌های بهتری فراهم می‌کند. هنگامی که قسمتی از پروژه یا تمامی آن انجام شده است، مدت و ترتیب بهره‌برداری واحدهای پروژه توسط آزمون و خطا تنظیم می‌شود تا مؤثرترین و اقتصادی‌ترین پروژه تغذیه آب زیرزمینی مطابق با عرضه و تقاضای موجود به‌دست آید.

۱۰-۱۰ جمع کردن یا برچیدن ایستگاه

هنگامی که قرار است ایستگاهی برای تغذیه مصنوعی به‌طور دائم بسته یا رها شود، باید از نقض قانونها و آیین‌نامه‌های محلی، ایالتی یا دولتی اجتناب شود. افزون بر این، باید دقت شود تا مسیری برای آلودگی آب زیرزمینی در آینده باقی نماند. برای مثال، چاهها باید با روشی مناسب، با تخریب لوله جدار و پر کردن چاه و فضای اطراف آن با موادی غیر قابل نفوذ مانند سیمان یا رس از کف چاه تا سطح زمین پر شوند (CDWR, 1991).

همچنین، آزمایش کیفی آب باید در اطراف محل تغذیه سطحی و زیر سطحی انجام شود تا از نبود آلودگیهای باقیمانده در آبخوان در زمان بهره‌برداری ایستگاه تغذیه در آبخوان مطمئن شد. اگر آلودگیهایی یافت شود، باید آزمایشی دقیق انجام شود تا از تهدید آنها برای کیفیت آب آگاه شد و در صورت نیاز، آب زیرزمینی جدا و تصفیه گردد و برای مصرفی سودمند به کار رود. تمام مواد باقی مانده در کف و اطراف ایستگاههای تغذیه سطحی، در صورت تهدید برای آب زیرزمینی، باید جدا شوند. استفاده‌های دیگر از نواحی تغذیه مصنوعی، عبارت از دریاچه‌های تفریحی، حفظ حیات وحش و پارک است. در هر صورت، حوضچه‌های تغذیه رها شده نباید به مکانهای دفع زباله تبدیل شوند.

نام چاه:

شماره شناسایی یا مجوزنامه:

مختصات سرچاهی:

ارتفاع سرچاهی از سطح زمین:

ارتفاع سرچاهی از مبنا برای اندازه‌گیریها:

تاریخ پایان حفاری:

اطلاعات درباره پوشش شنی:

رشته اطلاعات کامل:

قطر	عمق زیر سطح	لوله ساده، صافی یا مشبک
.....	.....متر تا.....متر	.....
.....	.....متر تا.....متر	.....
.....	.....متر تا.....متر	.....
.....	.....متر تا.....متر	.....
.....	.....متر تا.....متر	.....
.....	.....متر تا.....متر	.....

مواد پوشش سطحی:

مواد لوله جدار چاه:

اطلاعات درباره صافی یا لوله مشبک:

حالت و ترتیب سرچاهی:

قسمت آبدهی در سطح:

قطر پایه: قطر ستون:

مواد:

قطر لوله آبده:

تبدیل کننده بدون چال (PITLESS ADAPTER):

قطر: قطر لوله آبده: مواد:

(برپایه جدول سازمان آب آلامدا)

شکل ۱۰-۱ - برگه اطلاعاتی چاه

شناسایی چاه:

تاریخ نصب:

اطلاعات درباره پمپ:

شماره سری:

مدل:

تعداد طبقه‌ها:

کارخانه سازنده:

عمق استقرار آبگیر پمپ:

تعداد دور در دقیقه پمپ:

نیاز به شناور بودن:

اگر توربین عمودی است
روغنکاری با روغن یا آب

قطر: طول:

وزن:

اطلاعات در باره موتور:

موتور شناور یا سطحی

شماره سری: مدل:

اسب بخار: آمپر روی پلاک:

کارخانه سازنده: تعداد گامها:

فرکانس: دور در دقیقه: عامل توان:

قطر: طول: وزن:

لوله گذاشته شده:

مواد: طول پیوسته: اندازه: حدیده:

کابل (موتورهای شناور)

اندازه: ولتاژ:

سنجنده تراز آب:

مواد خط هوایی / قطر: عمق قراردعی:

نوع ترانسدوسر ته چاهی: عمق قراردعی:

شیرهای تنظیم و یا زهکش ته چاهی:

(بر پایه جداول سازمان آب ناحیه آلامدا)

شکل ۱۰-۲ - برگه اطلاعاتی ابزار و لوازم

ماه: سال: توجه‌ها: محل چاه (۱) یادداشتهای روزانه را باید در حال

بهره‌برداری پمپ برداشت کرد. (۲) تمام اندازه‌گیریهای چاه و عمق آب، از این جا انجام می‌شوند

تاریخ	زمان	روشن، خاموش، در حال ادامه	لیتر بر ثانیه	مجموع، بر حسب ۱۰۰۰ لیتر	بار بین مرحله	بار سامانه	کیلو وات	کیلو وات ساعت	آمپر	ماسه، قسمت در میلیون	مواد شیمیایی افزوده شده	تراز آب	حجم فاضلاب کل قرائت شده	مجموع، بر حسب ۱۰۰ لیتر	یادداشتهای

شکل ۱۰-۳- ثبت آمار روزانه چاه

دمای هوای محیط (درجه سانتی‌گراد) حداقل حداکثر بارندگی (۲۴ ساعت) پایان (۸/۰۰ ساعت)
 (تجدید نظر)

سدهای لاستیکی و آب‌بندها	زمان، ۲۴ ساعت	کد محل	ارتفاع تراز سطح آب، متر	اندازه کل، هکتار	باز شدگی دریچه، متر	آبدهی تخمینی به درون گودال، متر مکعب بر ثانیه	تراز تاج سد، متر	بلندی اشل، متر	جریان اندازه‌گیری شده یا برآورد شده، متر مکعب بر ثانیه	درجه حرارت آب، درجه سانتی‌گراد	باز = ۱، بسته = ۲

برداشت توسط: تاریخ بر داشت داده‌ها روز هفته (علامت بزیند) ش، اش، ۲ش، ۳ش، ۴ش، ۵ش، ج
 از (تجدید نظر)

شکل ۱۰-۴- گزارش بهره‌برداری صحرائی روزانه، سدهای لاستیکی و آب‌بندها

پیوستها

پیوست ۱ - فرهنگ اصطلاحهای آب زیرزمینی

آب آشامیدنی: آبی که سالم است و برای مصرف انسان گوارا می‌باشد. آب شیرین که در آن هر تمرکزی از جانداران بیماری‌زا و اجزای سمناک حل‌شده، تا سطوح قابل قبول کاهش یافته و به اندازه کافی تصفیه‌شده یا می‌شود که مزه، بو، رنگ و تیرگی قابل ایرادی نداشته و در حد قابل تحمل باشد و دمایی مناسب برای هدف مورد نظر داشته باشد.

آبخوان: سازندی محتوی آب که مخزنی از آب زیرزمینی را ایجاد می‌کند؛ سازند، گروهی از سازندها، یا بخشی از سازندها که حاوی مواد با تراوایی مناسب که قادر به تحویل مقادیر قابل توجهی آب به چاهها و چشمه‌ها است.

آبخوان تحت فشار: آبخوانی که در بالا و پایین توسط لایه‌هایی با تراوایی بسیار کمتر از خود آبخوان محدود می‌شود؛ این آبخوان دارای آب زیرزمینی تحت فشار است.

آبدهی پایدار: حجم آب زیرزمینی که سالانه قابل برداشت از حوضچه‌ای از آب زیرزمینی است، بدون اینکه اثرات نامطلوبی داشته باشد.

آبدهی همیشگی: حداکثر آبی که می‌توان سالانه از یک منبع آب زیرزمینی، در شرایطی خاص و بدون منتج شدن به نتیجه‌ای نامطلوب، برداشت کرد.

آبدهی ویژه: نسبت حجم آبی که سنگ یا خاک، پس از اشباع شدن، توسط نیروی گرانش تحویل می‌دهد به حجم کل سنگ یا خاک.

آبرفت: واژه‌ای زمین‌شناسی برای توصیف لایه‌های ماسه، شن، سیلت و رس که توسط آب جاری ته‌نشین می‌شوند.
آب زیرزمینی: (۱) آن قسمت از آب زیرسطحی که در ناحیه اشباع قرار دارد و (یا ۲) تمامی آب زیرسطحی که از آب سطحی مجزا هستند.

آب زیرزمینی آزاد (نامحصور): آب زیرزمینی نامحصور، در ناحیه اشباع و در جایی که سطح بالایی ناحیه، تشکیل سطح ایستابی با فشار اتمسفری را بدهد، وجود دارد. با تغییرات حجم آب ذخیره شده، می‌تواند به‌طور آزادانه بالا یا پایین برود.
آب زیرزمینی معلق: آب زیرزمینی آزاد که از توده آب زیرزمینی واقع در زیر آن توسط ناحیه‌ای غیراشباع جدا افتاده است. به سطح ایستابی آن نیز معلق (جدا افتاده) می‌گویند.

آب شور (دارای نمک): آبی که دارای بیش از ۱۰۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر مواد جامد حل‌شده است.

آب فریاتیکی: اصطلاحی است که در ابتدا تنها برای آب موجود در بالای ناحیه اشباع، در شرایط وجود سطح ایستابی (مترادف با آب زیرزمینی نامحصور یا آب چاه) به کار می‌رفت اما اکنون برای همه آبهای ناحیه اشباع به کار می‌رود.

ارتفاع آب آزاد: سطح آب زیرزمینی، ارتفاع آب زیرزمینی، سطح آزاد آب، سطح فریاتیکی و سطح ایستابی نیز گفته می‌شود. ارتفاعی است که در آنجا، فشار آب در مقایسه با فشار اتمسفری، صفر است.

استخراج از معدن (شبییه): برداشت آب زیرزمینی از منبع به میزانی که سطح آب زیرزمینی به طور مداوم کاهش یابد، و تهدیدی واقعی برای تمام شدن منبع آب باشد.

اسیدیته (pH): فعالیت یون هیدروژن است. عددی که برای بیان خاصیت اسیدی محلول، و همچنین آب به کار می‌رود. میزان pH کمتر از ۷ نشان‌دهنده اسیدی بودن محلول، مقدار ۷ خنثی، و میزان بیشتر از ۷ نشانه قلیایی بودن محلول است. **اشباع:** (۱) حالتی که ماده اعم از جامد، گاز، یا مایع در آن حالت ماده دیگری را در خود به مقداری معین نگه می‌دارد به شکلی که آن ماده دیگر، نمی‌تواند بیشتر از آن، در آن حل شود در این حالت، به ماده اشباع شده یا در شرایط اشباع گفته می‌شود؛ (۲) حالت مایع هنگامی که حداکثر مقدار ممکن از ماده‌ای مشخص را در دما و فشاری مشخص به صورت محلول در خود نگه می‌دارد.

اشباع شده: حالتی که در آن، شکافها و فضاهای خالی یک ماده، از مایعی (معمولاً آب) پر شده باشد. با بودن مایع در فشار کمتر یا بیشتر از فشار اتمسفری تفاوتی وجود ندارد؛ تا هنگامی که فضاهای خالی مرتبط از مایع پر است. **افت:** فاصله عمودی که ارتفاع آب آزاد پایین آورده می‌شود، یا کاهش بار فشاری که در اثر خارج کردن آب آزاد صورت می‌گیرد.

بار: (۱) فشار مایع روی سطح خاص در نقطه‌ای مشخص که توسط ارتفاع مایع در بالای همان نقطه نشان داده می‌شود، (۲) ارتفاع تراز آب در چاه، یا ارتفاع بالآمدن آب در لوله‌ای واقع در یک چاه تا حدی که جریان موقوف شود. به این اصطلاح، بار هیدرولیکی نیز گفته می‌شود.

بار ساکن (استاتیک): ارتفاع ستونی از آب یا مایع دیگر در بالای سطح مبنای استاندارد که می‌تواند توسط فشار ساکن در نقطه‌ای مشخص تحمل شود. این مقدار، عبارت است از مجموع بار ارتفاعی و بار فشاری، چرا که در شرایطی که قانون داری کاربرد دارد، بار سرعت نادیده گرفته می‌شود.

بار فشاری: فشار هیدرواستاتیکی است که به صورت ارتفاع ستونی از آب که بتواند آن فشار را نگه دارد؛ بیان می‌شود و در مقایسه با یک تراز مشخص مانند سطح زمین بیان می‌شود.

بازده (راندمان) پمپ: نسبت انرژی تبدیل شده به کار مفید به انرژی داده شده به محور (شافت) پمپ؛ یا تفاوت انرژی در آب در دهانه‌های مکش و آبدۀ تقسیم بر نیروی وارده روی محور پمپ.

برداشت بیش از حد: شرایط سامانه‌ای از جریان آب زیرزمینی که در آن میزان آب برداشتی از میزان آب ورودی به سامانه، در یک دوره زمانی، فراتر نرود.

بیان آب زیرزمینی: محاسبه‌ای عددی است از تغذیه، تخلیه (برداشت) و ذخیره آبخوان، قسمتی از آبخوان، یا مجموعه‌ای از آبخوانها؛ معادله آب زیرزمینی.

بیان هیدرولوژیک: محاسبه عددی جریان ورودی و خروجی در یک واحد هیدرولوژیک است مانند یک حوضچه زهکشی، آبخوان، منطقه خاکی، دریاچه یا مخزن. رابطه بین تبخیر، بارندگی، رواناب و تغییر در ذخیره آب، که توسط معادله هیدرولوژیکی بیان می‌شود.

پشته (بالآمدگی) آب زیرزمینی: پشته‌ای با سطحی دایره‌مانند که روی سطح ایستابی یا پیزومتري در اثر نفوذ رو به پایین آب تشکیل می‌شود.

پمپاژ: مقدار آب (یا دیگر مایعها) است که در یک دوره زمانی پمپ می‌شوند.

پیزومتر: ابزاری (یک لوله) که برای اندازه‌گیری تراز (بار فشاری) آب زیرزمینی به کار می‌رود.

تراوش (SEEP): (۱) فرایند حرکت آهسته آب یا سیالات دیگر از میان مواد متخلخل مانند خاک، (۲) میزان سیالی که در تراوش قرار دارد.

تبخیر: فرایند فیزیکی که طی آن مایعی، مانند آب، در رودخانه، دریاچه یا خاک مرطوب به گاز تبدیل می‌شود. آن را می‌توان به‌عنوان میزان مجموع یا متوسط در واحد جرم یا حجم در واحد سطح، یا به‌عنوان عمق معادل آب برای دوره مورد نظر بیان کرد.

تخلخل: (۱) شاخصی برای خصوصیات قسمت‌های خالی مواد سنگی یا خاکی، مانند درجه خالی بودن، (۲) نسبتی که معمولاً به‌عنوان درصدی از حجم فضای خالی، اعم از مجزا یا به‌هم پیوسته، در مقدار مشخصی از مواد به حجم کل مواد می‌باشد.

تراوا: مواد زمین‌شناسی که توانایی انتقال مقدار قابل توجهی آب را بدون تخریب ساختمان خود دارند.

تخلخل خاک: درصدی از حجم خاک (یا سنگ) که توسط دانه‌های جامد اشغال نمی‌شوند و شامل تمام فضای پر شده با آب و هوا است.

تراوایی: ظرفیت مواد زمین‌شناسی برای انتقال یک سیال است. درجه تراوایی به اندازه و شکل بازشدگیها و میزان ارتباط بین آنها بستگی دارد.

تراوایی ذاتی: مقیاسی از سهولت نسبی است که با آن، یک محیط متخلخل قادر به انتقال مایعی با شیبی پتانسیل است. این عامل، تنها خاصیتی از محیط بوده و مستقل از ماهیت مایع و نیروی محرکه است. این عامل، خاصیتی از محیط است که به شکل و اندازه خلل و فرج بستگی دارد.

تراوایی ویژه: عاملی که بیان‌کننده تراوایی مواد است، و برابر است با حاصل ضرب مقداری ثابت در توان دوم قطر خلل و فرج معرف.

تزریق ویژه: میزان آب مورد تغذیه به‌داخل چاه تقسیم بر بالا آمدگی آب در چاه است.

تغذیه: پرکردن دوباره آب زیرزمینی از طریق نفوذ به‌سمت پایین آب حاصل از بارندگی، جریانهای سطحی، زهکشهای انتقال سیلاب و دیگر منابع. تغذیه طبیعی، تغذیه‌ای است که بدون کمک یا افزایش توسط انسان، روی می‌دهد. تغذیه مصنوعی زمانی رخ می‌دهد که مردم به‌طور عمدی الگوی تغذیه طبیعی را برای افزایش تغذیه تغییر می‌دهند.

تغذیه تصادفی: تغذیه از طریق دستگاههایی که برای تغذیه آب زیرزمینی طراحی نشده‌اند (مانند آبیاری و مخزنهای سپتیک) و از طریق تغییرات در پوشش گیاهی که برای مقاصدی غیر از افزایش تغذیه است.

تغذیه مصنوعی: دوباره پرکردن عمدی آب زیرزمینی است با روشهای حوضچه‌های پخش، چاههای تغذیه، آبیاری، یا روشهای دیگر برای نفوذ دادن آب سطحی به زیرسطح. این کار ممکن است با تحویل آب سطحی به مصرف‌کنندگان آب زیرزمینی جایگزین شود، و در نتیجه، آب زیرزمینی در محل خود باقی بماند (روش در عوض).

توسعه دوباره (مجدد): کوششهایی است برای دوباره برقرار کردن آبدهی اولیه چاه با روشهای مختلف.

چاه آرتزین: چاهی است که آب خود را از توده آبی تحت فشار یا آرتزین دریافت می‌کند. سطح آب در چاه آرتزین، در بالای لایه بالایی محدودکننده آبخوان قرار می‌گیرد. اگر سطح آب در چاه آرتزین بالاتر از سطح زمین قرار گیرد، به آن چاه آرتزین جاری گفته می‌شود.

چاه با پوشش سنی: چاهی که در آن، مواد فیلتری (ماسه، شن و غیره) در فاصله حلقوی بین لوله جدار و حفره چاه قرار می‌گیرد تا موجب افزایش قطر مؤثر چاه شود، و از ورود مواد ریزدانه به‌داخل چاه در هنگام پمپاژ جلوگیری نماید.

چاه خشک: به چاه در ناحیه تهویه مراجعه شود.

چاه تزریقی: چاهی که از آن برای وارد کردن آب به‌داخل آبخوان استفاده می‌شود. روشی که برای جلوگیری و توقف نفوذ آب دریا، پر کردن آبخوان یا دفع فاضلابها است.

چاه تغذیه: چاهی است یک منظوره برای تزریق آب به‌داخل آبخوان برای برداشت در محلی دیگر.

چاه در ناحیه تهویه (خشک): چاهی که به‌وسیله ماشین یا با دست حفاری شده و تا بالاتر از ناحیه اشباع ادامه یافته و بدون لوله جدار می‌باشد.

حق برداشت اختصاصی: مفهومی کلی در قانون آب، که افرادی که استفاده‌ای زودتر از منبع آب خاصی را آغاز کرده‌اند، دارای حقوقی بیشتر از تمامی استفاده‌کنندگان بعدی از همان منبع هستند.

حوضه آب زیرزمینی: حوضه آب زیرزمینی، شامل ناحیه‌ای است که در زیر آن موادی تراوا قرار گرفته که توانایی ذخیره یا تأمین میزان عمده‌ای از آب را دارا می‌باشد. حوضه شامل سطح و مواد تراوا در زیر آن است.

حوضچه تغذیه: حوضچه‌ای که روی سطح زمین ساخته می‌شود تا آب رودها، زهکشهای انتقال بارندگیها، یا دیگر منابع را به منظور تأمین آب زیرزمینی دریافت نماید.

خط تقسیم آب زیرزمینی: برآمدگی در سطح ایستابی یا سطح پیژومتری که از آن، آب زیرزمینی به دو طرف حرکت می‌کند. خط هم پتانسیل: رسم خطی که نقاط هم پتانسیل را روی یک سطح پتانسیومتری یا مقطعی دو بعدی به هم وصل می‌نماید.

ذخیره و برداشت آبخوان (ASR): ذخیره آب در آبخوانی مناسب از طریق چاه در زمانهایی که آب وجود دارد، و برداشت آب از همان چاه در هنگامی که مورد نیاز است. چاه به پمپی مجهز است تا بتوان از آب ذخیره‌شده، برداشت کرد و در هنگام جداسازی مواد جامد جمع‌شده و کنترل گرفتگی به‌صورت عکس عمل نماید.

خیزش مویینه: بخش زیرین منطقه غیراشباع، بلافاصله در بالای سطح ایستابی که در آن شکافها از آب پر هستند ولی فشار آن کمتر از فشار اتمسفر است؛ در امتداد با آب موجود در زیر سطح ایستابی هستند ولی در اثر کشش سطحی، در بالای آن قرار دارد، مرز بالایی آن با بخش میانی ناحیه غیراشباع نامعلوم است.

ذخیره آب زیرزمینی: (۱) مقدار آب در ناحیه اشباع، (۲) آب موجود تنها از طریق ذخیره و متضاد به‌دست آوردن بعدی است.

ذخیره در کناره: ذخیره آبخوانی است در مجاورت و متصل به جریان آب سطحی، به‌گونه‌ای که تغییر در ارتفاع توده آب سطحی مجاور، سبب تغییر در ذخیره آب آبخوان می‌شود.

ذخیره ویژه: حجم آبی که در اثر انبساط آب و تراکم فضاهای خالی و دانه‌ها و به ازای یک واحد کاهش بار متوسط از واحد حجم آبخوان رها می‌شود.

رس: (۱) ماده زمین‌شناسی دانه‌ریز (اندازه دانه با قطری کمتر از $0/004$ میلی‌متر)، که دارای تراوایی پایین است و (۲) نهشته‌های رسوبی که عمدتاً از این دانه‌ها تشکیل شده‌اند.

رطوبت خاک: آب یا رطوبت موجود در خاک است.

ریز دانه: (۱) سنگ آذرینی که در آن، قطر کانیه‌ها به‌طور متوسط کمتر از 1 میلی‌متر است، (۲) خاکی که قسمت عمده آن سیلت یا رس است.

ژئوهیدرولوژی: اصطلاحی است که اغلب مترادف با هیدروژئولوژی به‌کار می‌برند؛ درباره هیدرولوژی یا خصوصیات جریان آبهای زیرسطحی است (رجوع به هیدروژئولوژی).

سازند: اصطلاحی زمین‌شناسی برای گروهی خاص از لایه‌ها که در دوران زمین‌شناسی مشخصی روی هم نهشته شده‌اند.

سد آب زیرزمینی: توده‌ای از مواد که ناتراوا بوده، یا تراوایی نسبتاً کمی دارند، و در زیر سطح زمین در موقعیتی قرار گرفته‌اند که مانع حرکت افقی آب زیرزمینی می‌شوند؛ در نتیجه، باعث تفاوت قابل ملاحظه‌ای در سطح ایستابی دو طرف خود می‌شوند. **سطح ایستابی:** (۱) سطح بالایی ناحیه‌ای اشباع بجز در مکانی که آن سطح توسط لایه‌ای ناتراوا تشکیل شده است، (۲) مکان هندسی نقاطی در آب موجود در خاک که در آنها فشار برابر فشار اتمسفر است، یا (۳) سطحی که آب در چاهی واقع در آبخوانی آزاد قرار می‌گیرد. سطح ایستابی حالت ویژه‌ای از سطح پتانسیومتری است.

سطح پتانسیومتری: سطحی تصویری است که نشان‌دهنده بار ارتفاعی و بار فشاری بوده و سطحی است که آب در چاه یا پیژومتر تا آنجا بالا می‌آید. سطح ایستابی سطح پیژومتری ویژه‌ای است.

سیلت: (۱) مواد زمین‌شناسی با اندازه دانه‌هایی از $0/004$ تا $0/0625$ میلی‌متر، یا (۲) رسوبی که بیشترین ترکیب آن از این دانه‌ها باشد.

شکاف (سوراخ) ریز: روزنه یا فضایی باز در سنگ یا مواد دانه‌ای، که با ماده‌ای جامد اشغال نشده و ممکن است با هوا، آب یا دیگر مواد گازی و مایع پر شود. به آن، فضای خالی یا تهی نیز گفته می‌شود.

شیب هیدرولیکی: شیب سطح ایستابی یا پیژومتری بوده و عبارت است از تغییر بار استاتیک در واحد فاصله و جهتی مشخص؛ در حالت کلی، شیب هیدرولیکی معمولاً در جهت حداکثر میزان کاهش بار می‌باشد.

ضریب تراوایی: سرعت جریان آب از میان یک سطح مقطع واحد، تحت شیب هیدرولیکی واحد، در درجه حرارت شایع (ضریب تراوایی منطقه) یا تعدیل آن به درجه حرارت 15 درجه سانتی‌گراد.

ضریب ذخیره: حجم آبی است که آبخوان در واحد سطح خود و به ازای یک واحد تغییر در بار هیدرولیکی آزاد نموده و یا در خود ذخیره می‌نماید.

ظرفیت ذخیره: حجم فضای واقع در زیر سطح زمین که می‌تواند برای ذخیره آب زیرزمینی مورد استفاده قرار گیرد. ظرفیت ذخیره کل عبارت از حجم کل فضایی است که می‌تواند برای ذخیره آب زیرزمینی به‌کار رود. ظرفیت ذخیره موجود، آن حجم

از ظرفیت ذخیره کل است که در حال حاضر محتوی آب زیرزمینی نیست و بنابراین برای ذخیره آب تغذیه قابل استفاده می‌باشد.

ظرفیت ذخیره قابل استفاده: میزان آب زیرزمینی با کیفیتی قابل قبول که می‌توان به‌روشی اقتصادی آن را از ذخیره برداشت کرد.

ظرفیت نفوذ: عبارت است از حداکثر یا میزان حد نفوذ.

ظرفیت ویژه: میزان آبدهی چاه تقسیم بر افت تراز آب در داخل چاه.

فرونشست: حرکت آب تحت فشار هیدرواستاتیک، از میان درز و شکافهای سنگ یا خاک، به‌استثنای حرکت از میان سوراخهای بزرگ مانند غارها است.

فرونشست عمقی: زهکشی آب موجود در خاک به‌سمت پایین توسط نیروی گرانش به زیر حداکثر عمق مؤثر ریشه برای ذخیره در لایه‌های زیر سطحی.

فریاتوفیت: گیاهی که از روی عادت، آب مورد نیاز خود را از ناحیه اشباع به‌دست می‌آورد. این امر می‌تواند به‌صورت مستقیم از ناحیه اشباع یا از خیزش مویینه باشد.

قابلیت انتقال: میزان انتقال آبی با گرانیروی غالب سینماتیک از واحد عرض آبخوان و تحت شیب هیدرولیکی واحد که برابر با حاصل‌ضرب هدایت هیدرولیکی در ضخامت آبخوان است.

قانون دارسی: قانونی تجربی بر پایه مشاهدات آزمایشگاهی برای جریان سیالات با این فرض که جریان آرام باشد و از نیروی اینرسی صرف‌نظر شود. به‌طور کلی، بیان می‌کند که سرعت جریان از میان سازندهای متخلخل، مستقیماً با شیب هیدرولیکی متناسب است.

قانون گابین – هرزبرگ: اصلی درباره وجود توده‌ای آب شیرین روی آب دریا در داخل آبخوان است که به سبب تفاوت در جرم مخصوص آنها است. به‌طور کلی، آب شیرین تا عمقی ۴۰ برابر ارتفاع سطح ایستابی در بالای سطح دریا ادامه می‌یابد. برعکس، پایین آوردن سطح آب شیرین به اندازه ۳۰/۵ سانتی‌متر، سبب خواهد شد که آب دریا در داخل آبخوان ۱۳ متر بالا بیاید.

کم‌تراوا: سازندی که اگرچه دارای تخلخل و قدرت جذب آب است اما قادر به انتقال آن در مقادیری کافی برای تأمین آب چاه یا چشمه نیست.

کیفیت آب: (۱) مناسب بودن آب برای مصرف، و (۲) ویژگیهای فیزیکی، شیمیایی و زیست‌شناختی آب در ارتباط با مصرف موردنظر.

گسل: شکستگی در پوسته زمین است، با جابه‌جایی مواد در یک سمت شکستگی نسبت به دیگری. در بسیاری اوقات به‌عنوان مانعی برای حرکت آب زیرزمینی و در بعضی موارد به‌صورت مجرای برای حرکت عمل می‌کند.

گودی (آبشخور) آب زیرزمینی: فرورفتگی در سطح ایستابی یا سطح پیرومتری است که توسط جریان آب زیرزمینی به‌داخل رودخانه، نهر، زهکش یا ردیفی از چاههای پمپاژ ایجاد می‌شود.

لایه محدودکننده: توده‌ای از مواد ناتراوا یا با قابلیت تراوایی بسیار کمتر از آبخوان، که در اطراف (بالا و پایین) یک یا چند آبخوان قرار دارند.

ماسه: (۱) مواد زمین‌شناسی است با اندازه $0/0625$ تا 2 میلی‌متر یا 2 رسوبی که بیشترین ترکیب آن از این دانه‌ها باشد. **مجموع مواد جامد حل‌شده (TDS):** مقدار مواد معدنی (املاح) حل‌شده در آب، که معمولاً به‌صورت میلی‌گرم بر لیتر بیان می‌شود.

مخروط افت: افت سطح ایستابی یا سطح پیزومتري توده‌ای از آب زیرزمینی که به‌شکل مخروطی واژگون است و در اطراف یک چاه در حال پمپاژ توسعه می‌یابد. این مخروط، مشخص‌کننده تأثیر چاه پمپاژ است.

مدل ریاضی: معادله‌های ریاضی بر اساس بقای جرم و فیزیک جریان آب زیرزمینی است که می‌توان آنها را برای شبیه‌سازی واکنش سامانه‌های جریان آب زیرزمینی به فشارهای هیدرولیکی طبیعی یا مصنوعی (ساخت انسان) مورد استفاده قرار داد. **مصرف پیوسته:** اصطلاحی که برای توصیف بهره‌برداری یک حوضه آب زیرزمینی همراه با یک سامانه مخزن آب سطحی به‌کار می‌رود.

مصرف تحلیل رفته: مجموع آب از دست رفته از سامانه تأمین آب توسط تبخیر و تعرق از سطح با پوشش گیاهی یا بدون آن. مصرف تجاری و صنعتی، و تمام مصارف شهری و خانگی در این گروه قرار می‌گیرند. این بخش شامل تفاوت بین مقدار آب برداشتی از منبع و مقدار برگشتی به منبع یا منبعی دیگر از آب قابل استفاده است.

معادله آب زیرزمینی: معادله‌ای که توازن بیلان آب زیرزمینی را برقرار می‌سازد. **موینگی:** بالا رفتن یا حرکت آب در سوراخها و شکافهای ریز در خاک یا سنگ در نتیجه نیروهای مویینه‌ای مرتبط با خاصیت کشش سطحی سیال.

میزان فرونشست: میزان سرعت یا حجم در واحد زمانی است که در آن، آب به محیطی متخلخل نفوذ می‌کند. **میزان نفوذ:** میزانی که خاک، در شرایطی خاص، باران، ذوب برف یا آب سطحی را جذب کرده و برحسب عمق آب در واحد زمان بیان می‌شود (مانند سانتی‌متر بر ثانیه).

ناتراوا: حالتی در برخی از مواد زمین‌شناسی که در انتقال مقدار مهمی از آب تحت اختلاف فشارهای متداول در آب زیرسطحی، ناتوان می‌باشند.

ناحیه اشباع: آن قسمت از مواد آبدار که در آن، تمام فضاهای خالی کوچک و بزرگ، کاملاً با آب با فشاری بیشتر از اتمسفر پر شده باشند.

ناحیه غیر اشباع: ناحیه بین سطح زمین و سطح ایستابی شامل خیزش موئینه است و ممکن است محتوی آبی تحت فشاری کمتر از اتمسفر باشد.

ناحیه نفوذ چاه: ناحیه‌ای که سطح اطراف چاهی را احاطه کرده و در آن، سطح فشار (پیزومتري) پایین می‌افتد، و بسته به حجم و مدت پمپاژ، ممکن است پایدار یا ناپایدار باشد.

ناحیه تهویه: به ناحیه غیراشباع مراجعه شود.

نشت: برابر K'/b' که در اینجا K' و b' هدایت هیدرولیکی عمود بر سطح و ضخامت لایه‌های محدودکننده می‌باشند.

نفوذ: جریان یا حرکت آب از سطح خاک به داخل زمین است.

نفوذ آب شور: جایگزینی آب شیرین یا آب زیرزمینی توسط آب شور به خاطر جرم مخصوص بیشتر آن. این پدیده معمولاً در نواحی ساحلی و ورودی رودخانه به دریا انجام می‌گیرد؛ و توسط حرکت آبهای شور در سطح زمین به سمت چاههای آبد به آب شیرین نیز روی می‌دهد. نفوذ، هنگامی رخ می‌دهد که بار کل آب شور از آب شیرین مجاور آن بیشتر می‌شود.

نگهداری ویژه: نسبت آبی که سنگ یا خاک، پس از اشباع شدن، در برابر نیروی گرانش در خود نگه می‌دارد به حجم سنگ یا خاک.

نیمه تراوا: لایه‌ای محدودکننده که جریان آب را کند می‌سازد ولی از جریان آب به آبخوانهای مجاور و برعکس، جلوگیری نمی‌کند؛ به عبارتی، لایه‌ای محدودکننده دارای نشت است. این سازندها، آب را به سرعت وارد چاهها یا چشمه‌ها نمی‌کنند، ولی ممکن است به‌عنوان واحدی برای ذخیره آب زیرزمینی به کار روند.

هدایت ویژه: در رابطه با حرکت آب در خاک، بیان کننده حجم آب انتقالی در واحد زمان در سطحی مشخص می‌باشد.

هدایت هیدرولیکی: برای توده‌ای متخلخل همسو (ایزوتروپ) و مایعی همگن (هموژن)؛ عبارت از حجم آب عبوری با گرانی سیماتیک موجود است که در واحد زمان و تحت شیب هیدرولیکی واحد از میان سطحی واحد و عمود بر جهت جریان می‌گذرد. گاهی به آن «ضریب تراوایی» نیز می‌گویند.

هدایت هیدرولیکی مؤثر: میزان جریان آب از میان یک محیط متخلخل که شامل بیش از یک سیال، مانند آب و هوا در ناحیه غیراشباع است. این اصطلاح، باید برای نوع و مقدار سیال و فشار موجود بیان شود.

هیدروژئولوژی: علمی که درباره آبهای زیرسطحی و جنبه‌های زمین‌شناسی وابسته به آبهای سطحی بحث می‌کند. همچنین، به‌طور اخص، بیشتر درباره مفهوم محدود زمین‌شناسی آب زیرزمینی می‌باشد (رجوع به ژئوهیدرولوژی).

هیدروگراف: نموداری است که نشان‌دهنده اندازه، جریان، سرعت یا دیگر خصوصیات آب در برابر زمان می‌باشد. هیدروگراف رودخانه، معمولاً میزان جریان و هیدروگراف آب زیرزمینی سطح یا ارتفاع آب را نشان می‌دهد.

هیدرولوژی: علمی است مرتبط با توزیع و گردش طبیعی آب در رو و زیر سطح زمین.

پیوست ۲- نمادها و نشانهها

AMPS = آمپرها

ASR = ذخیره و برداشت آبخوان

ASTM = انجمن آزمایش و مواد آمریکا

AWT = تصفیه آب پیشرفته

AWWT = تصفیه فاضلاب پیشرفته

BADCT = بهترین کنترل نمایشگر موجود

BOD = نیاز به اکسیژن زیست شیمیایی

CEQ = دفتر کیفیت محیط زیست

cm = سانتی‌متر

C = درجه سلسیوس (سانتی‌گراد)

DBP = تولیدهای جانبی در اثر ضدعفونی

DO = اکسیژن حل شده

Eh = پتانسیل اکسایش - کاهش

EIS = گزارش اثر زیست‌محیطی

FONSI = پیدا نشدن تأثیری مهم

g = گرم

h = بار (فشاری یا هیدرولیکی)

H = مجموع بار هیدرولیکی (فشاری به‌اضافه ارتفاعی)

ha = هکتار

HAA = اسید هالو استیک

KW = کیلووات

kg = کیلوگرم

L = لیتر

L/s = لیتر بر ثانیه

m = متر

m/s = متر بر ثانیه

mg/L = میلی‌گرم بر لیتر

ML/d = مگالیتتر بر روز

mm = میلی‌متر

متر بر ثانیه = mps
NEPA = آیین نامه سیاست ملی زیست محیطی
NPDES = سامانه ملی حذف تخلیه آلودگی
NTU = واحد سنجش تیرگی (گل آلودی)
PE = کارایی پمپ
pH = فعالیت یون هیدروژن
ppm = قسمت در میلیون
Q = آبدهی (تولید)
RO = اسمز معکوس
ROD = یادداشت تصمیم گیری
SAT = تصفیه خاک - آبنخوان
S.C. = ظرفیت ویژه
SL = طول صافی چاه
TDS = مجموع مواد جامد محلول
THM = تری هالومتان
TOC = مجموع کربن آلی
TSS = مجموع مواد جامد معلق
 $\mu\text{g/L}$ = میکروگرم بر لیتر

APPENDIX C: REFERENCES

PART 1. REFERENCES IN TEXT

American Society of Civil Engineers (ASCE). (1987). *Ground Water Management*, ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 40, ASCE, New York, NY.

- American Society for Testing and Materials (ASTM). West Conshohocken, Pa.
- D420 *Guide to Site Characteristics for Engineering Design and Construction Purposes.*
 - D653 *Standard Terminology Relating to Soil, Rock, and Contained Fluids.*
 - D4043 *Guide for Selection of Aquifer-Test Field and Analytical Procedures in Determination of Hydraulic Properties of Aquifers.*
 - D4044 *Test Method (Field Procedure) for Instantaneous Change in Head (Slug Tests) for Determining Hydraulic Properties of Aquifers.*
 - D4050 *Test Method (Field Procedure) for Withdrawal and Injection Well Tests for Determining Hydraulic Properties of Aquifer Systems.*
 - D4104 *Test Method (Field Procedure) for Withdrawal and Injection Well Tests for Determining Hydraulic Properties of Aquifers.*
 - D4105 *Test Method (Analytical Procedure) Determining Transmissivity and Storativity of Nonleaky Confined Aquifers by the Modified Theis Nonequilibrium Method.*
 - D4106 *Test Method (Analytical Procedure) for Determining Transmissivity and Storativity of Confined Nonleaky Aquifers by the Theis Nonequilibrium Method.*
 - D4696 *Guide for Pore-Liquid Sampling from the Vadose Zone.*
 - D4700 *Guide for Soil Sampling from the Vadose Zone.*
 - D4750 *Test Method for Determining Subsurface Liquid Levels in a Borehole or Monitoring Well (Observation Well).*
 - D5092 *Practice for Design and Installation of Ground Water Monitoring Wells in Aquifers.*
 - D5126 *Guide for Comparison of Field Methods for Determining Hydraulic Conductivity in the Vadose Zone.*
 - D5254 *Practice for Minimum Set of Data Elements to Identify a Ground-Water Site.*
 - D5269 *Test Method (Analytical Procedure) for Determining Transmissivity of Nonleaky Confined Aquifers by the Theis Recovery Method.*
 - D5270 *Test Method (Analytical Procedure) for Determining Transmissivity and Storage*

- Coefficient of Bounded, Nonleaky, Confined Aquifers.*
- D5408 *Guide for the Set of Data Elements to Describe a Ground-Water Site; Part 1—Additional Descriptors.*
- D5409 *Guide for the Set of Data Elements to Describe a Ground-Water Site; Part 2—Physical Descriptors.*
- D5410 *Guide for the Set of Data Elements to Describe a Ground-Water Site; Part 3—Usage Descriptors.*
- D5447 *Guide for Application of a Ground-Water Flow Model to a Site-Specific Problem.*
- D5472 *Test Method for Determining Specific Capacity and Estimating Transmissivity at the Control Well.*
- D5473 *Test Method (Analytical Procedure) for Analyzing the Effects of Partial Penetration of Control Well and Determining the Horizontal and Vertical Hydraulic Conductivity in a Nonleaky Confined Aquifer.*
- D5474 *Guide for Selection of Data Elements for Ground-Water Investigations.*
- D5490 *Guide for Comparing Ground-Water Flow Model Simulations to Site-Specific Information.*
- D5521 *Guide for Development of Ground-Water Monitoring Wells in Granular Aquifer.*
- D5549 *Guide for Reporting Geostatistical Site Investigation.*
- D5609 *Guide for Defining Boundary Conditions in Ground-Water Flow Modeling.*
- D5610 *Guide for Defining Initial Conditions in Ground-Water Flow Modeling.*
- D5611 *Guide for Conducting Sensitivity Analysis for a Ground-Water Flow Model Application.*
- D5718 *Guide for Documenting a Ground-Water Flow Model Application.*
- D5730 *Guide for Site Characteristics for Environmental Purposes, with Emphasis on Soil, Rock, the Vadose Zone, and Groundwater.*
- D5737 *Guide to Methods for Measuring Well Discharge.*
- D5738 *Guide for Displaying Results of Chemical Analyses of Groundwater for Major Ions and Trace Elements—Diagrams for Single Analyses.*
- D5753 *Guide for Planning and Conducting Borehole Geophysical Investigations.*
- D5754 *Guide for Displaying Results of Chemical Analyses of Groundwater for Major Ions and Trace Elements—Trilinear and Other Multiple Coordinate Diagrams.*
- D5777 *Guide for Using Seismic Refraction Method for Subsurface Investigation.*
- D5781 *Guide for Use of Dual Well—Reverse Circulation—Drilling for Environmental Exploration and Installation of Subsurface Water Quality Monitoring Devices.*
- D5782 *Guide for Use of Direct Air Rotary Drilling for Environmental Exploration and Installation of Subsurface Water Quality Monitoring Devices.*
- D5875 *Guide for Use of Cable Tool Drilling and Sampling Methods for Environmental Exploration and Installation of Subsurface Water Quality Monitoring Devices.*
- D5877 *Guide for Displaying the Results of Chemical Analyses of Groundwater for Major Ions and Trace Elements—Diagrams Based on Data Analytical Calculations.*
- D5786 *Practice (Field Procedure) for Constant Drawdown Tests in Flowing Wells for Determining Hydraulic Properties of Aquifer Systems.*
- D5903 *Guide for Planning and Preparing for a Ground-Water Sampling Event.*
- American Water Works Association (AWWA). (1988). *Design and Construction of Water Wells*, AWWA, Denver, Colo.
- American Water Works Association (AWWA). (1989). "Ground Water," *Manual of Water Supply Practices*, AWWA M21, Denver, Colo.
- American Water Works Association (AWWA). (1993). *Evaluation and Restoration of Water Supply Wells*, Denver, Colo.
- Anderson, M. P., and Woessner, W. W. (1992). *Applied Groundwater Modeling, Simulation of Flow and Advective Transport*, Academic Press, San Diego, Calif., 380 p.
- Asano, T. (Editor). (1985). *Artificial Recharge of Groundwater*, Butterworth Publishers, Stoneham, Mass.
- Asano, T., Leong, L. Y. C., Rigby, M., and Sakaji, R. H. (1992). *Evaluation of the California Wastewater Reclamation Criteria Using Enteric Virus Monitoring Data*, *Water Science and Tech.*, 26:1513-1524.

ARTIFICIAL RECHARGE OF GROUND WATER

- Bouwer, H. (1978). *Groundwater Hydrology*, McGraw-Hill Book Company, New York, N.Y., 479 p.
- Bouwer, E. J., McCarty, P. L., Bouwer, H., and Rice, R. C. (1984). *Organic Contaminant Behavior during Rapid Infiltration of Secondary Wastewater at the Phoenix 23rd Avenue Project*, Water Research, 18:463-472.
- Bouwer, H., and Rice, R. C. (1984). *Hydraulic Properties of Stony Vadose Zones*, Ground Water, 22(6):696-705.
- Bouwer, H., and Rice, R. C. (1989). *Effect of Water Depth in Groundwater Recharge Basins on Infiltration Rate*, J. Irrig. and Drain. Engrg., ASCE, 115(4):556-568.
- Bouwer, H. (1990a). *Agricultural Chemicals and Ground Water Quality-Issues and Challenges*, Ground Water Monitoring Rev., 10:71-79.
- Bouwer, H. (1997). *Role of Ground Water Recharge and Water Reuse in Integrated Water Management*, Arabian Journal for Science and Engineering, 22(1C):123-131.
- California Department of Water Resources (CDWR). (1991). *California Well Standards, Water Wells, Monitoring Wells, Cathodic Protection Wells*, Bulletin 74-90, Sacramento, Calif.
- Canter, L. W. (1996). *Environmental Impact Assessment*, McGraw-Hill, Inc., New York, N.Y., 660 p.
- Detay, M. (1996). *Rational Ground Water Reservoir Management*, in Artificial Recharge of Ground Water II, American Society of Civil Engineers, New York, N.Y.
- Dobrin, M. B. (1974). *Introduction to Physical Prospecting*, McGraw Hill, New York, N.Y.
- Driscoll, F. G. (1986). *Groundwater and Wells*, 6th Edition, Published by Johnson Division, St. Paul, Minn.
- Fowler, L. C. (Editor). (1996). *Operation and Maintenance of Ground Water Facilities*, ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 86, American Society of Civil Engineers, New York, N.Y., 172 p.
- Glover, R. E. (1960). *Mathematical Derivations as Pertain to Groundwater Recharge*, Agricultural Research Service, USDA, Ft. Collins, Colo.
- Haitjema, H. M. (1995). *Analytic Element Modeling of Ground Water Flow*, Academic Press, Inc., San Diego, Calif., 394 p.
- Hantush, M. D. (1967). *Growth and Decay of Groundwater Mounds in Response to Uniform Percolation*, Water Resources Research, 3:227-234.
- Heath, R. C. (1984a). *Basic Ground Water Hydrology*, U.S. Geological Survey Water Supply Paper 2220.
- Heath, R. C. (1984b). *Ground Water Regions of the United States*, U.S. Geological Survey Water Supply Paper 2242.
- Huisman, L., and Olsthoorn, T. N. (1983). *Artificial Groundwater Recharge*, Pitman Publishing, Mansfield, Mass., 320 p.
- Jain, R. K., Urban, L. V., Stacey, G. S., and Balbach, H. E. (1993). *Environmental Assessment*, McGraw-Hill, Inc., New York, N.Y., 526 p.
- Jensen, M. E., Burman, R. D., and Allen, R. G. (Editors). (1990). *Evapotranspiration and Irrigation Well Requirements*, ASCE Manuals and Reports in Engineering Practice No. 70, ASCE, New York, N.Y., 332 p.
- Johnson, A. I. (1981). *Some Factors Contributing to Decreased Well Efficiency during Fluid Injection of Water for Subsurface Injection*, in ASTM STP 735, 89-101.
- Konikow, L. F., and Bredehoeft, J. P. (1978, 1992). *Computer Model of Two Dimensional Solute Transport and Dispersion in Ground Water*, UGGS.
- Lee, G. F., and Jones-Lee, A. (1993). *Water Quality Aspects of Incidental and Enhanced Groundwater Recharge of Domestic and Industrial Wastewaters—An Overview*, Proc. Symposium on Effluent Management, TPS-93-3, AWWA, Bethesda, Md., 111-120.
- Lee, G. F., and Jones-Lee, A. (1995a). *Monitoring Reclaimed Domestic Wastewater in Public Parkland Vegetation to Reduce Risks*, Water Engineering and Management, 142:28-29, 37.
- Lee, G. F., and Jones-Lee, A. (1995b). *Public Health and Environmental Safety of Reclaimed Wastewater Reuse*, in Proc. Seventh Symposium on Artificial Recharge of Groundwater, University of Arizona, Water Research Center, Tucson, Ariz., 113-128.
- Lee, G. F., and Jones-Lee, A. (1996). *Appropriate Degree of Domestic Wastewater Treatment Before Groundwater Recharge and for Shrubbery Irrigation*, AWWA, WEF 1996 Water Reuse Conference Proceedings, AWWA, Denver, Colo., 929-939.
- McCarty, P. L., Rittman, B. E., and Bouwer, E. J. (1984). *Microbiological Processes Affecting Chemical Transformations in Groundwater*, in Groundwater Pollution Microbiology, G. Bitton and C. P. Gerba (eds.), John Wiley & Sons, New York, 89-116.
- McEwen, B., and Richardson, T. (1996). *Indirect Potable Reuse: Committee Report*, Proc. 1996 Water

Reuse Conference, AWWA and Water Environment Fed., San Diego, Calif., 486–503.

Miller, D. W. (1980). *Waste Disposal Effects on Groundwater*, Premier Press, Berkeley, Calif.

National Research Council (NRC). (1994). *Groundwater Recharge Using Waters of Impaired Quality*, National Academy Press, Washington, D.C., 382 p.

National Water Well Association (NWWA). (1988). *Design and Construction of Water Wells*, Van Nostrand Reinhold, New York, N.Y., 228 p.

National Water Well Association, Committee on Water Well Standards. (1981). *Water Well Specifications*, Premier Press, Berkeley, Calif.

Nellor, M. H., Baird, R. B., and Smith, L. R. (1984). *Summary of Health Effects Study: Final Report*, County Sanitation Districts of Los Angeles County, Whittier, Calif.

O'Hare, M. P., Fairchild, D. M., and Canter, L. W. (1986). *Artificial Recharge of Groundwater*, Lewis Publishers, Inc., Chelsea, Mich., 419 p.

Olsthoorn, T. N. (1982). *The Clogging of Recharge Wells*, Netherlands Water Works Testing and Research Institute, Communications No. 72, Rijswijk, Netherlands, 131 p.

Popkin, B. P. (1970). *Effects of Mixed-Grass and Native-Soil Filter on Urban Runoff Quality*, NTIS PB-237, 683.

Post, Buckley, Schuh, and Jernigan. (1991). *Water Supply Cost Estimates, Vol. I*, Final Report, Phase I, Sec. 6, Contract No. C89-0153, So. Florida Water Management District, 50 p.

Pyne, R. D. G. (1995a). *Ground Water Recharge and Wells: A Guide to Aquifer Storage Recovery*, Lewis Publishers, Boca Raton, Fla., 375 p.

Pyne, R. D. G. (1995b). *Seasonal Storage of Reclaimed Water and Surface Waters in Brackish Aquifers Using Aquifer Storage Recovery (ASR) Wells*, in *Artificial Recharge of Ground Water II*, ASCE, New York, N.Y., 282–298.

Roscoe Moss Co. (1982). *A Guideline to Water Well Casing and Screen Selection*, Los Angeles, Calif.

Roscoe Moss Co. (1985). *The Engineers' Manual for Water Well Design*, Los Angeles, Calif.

Roscoe Moss Co. (1990). *Handbook of Ground Water Development*, John Wiley and Sons, Inc., New York, N.Y.

Sloss, E. M., Geschwind, S. A., McCaffrey, D. F., and Ritz, B. R. (1996). *Groundwater Recharge with Reclaimed Water: An Epidemiological Assessment in Los Angeles County, 1987–1991*, Rand, Santa Monica, Calif.

Todd, D. K. (1980). *Ground Water Hydrology*, John Wiley and Sons, Inc., New York, N.Y.

United Nations (UN). (1975). *Department of Social and Economic Affairs, Water Series No. 2, Groundwater Storage and Artificial Recharge*, United Nations.

U.S. Bureau of Reclamation (USBR). (1981). *Ground Water Manual*, U.S. Govt. Printing Office, Washington, D.C., 480 p.

U.S. Environmental Protection Agency (USEPA). (1992). *Guidelines for Water Reuse, Manual EPA/625/R-92/004*, 247 p.

U.S. Environmental Protection Agency (USEPA). (1995). *Guidance on Documentation and Evaluation of Trace Metals Data Collected for Clean Water Act Monitoring*, EPA821-B-002, USEPA, Washington, D.C.

Van der Heijde, P., and Elnawawy, O. A. (1992). *Compilation of Groundwater Models*, USEPA Robert S. Kerr Environmental Research Lab.

Van der Heijde, P. (1994). *Identification and Compilation of Unsaturated/Vadose Zone Models—Project Summary*, USEPA Robert S. Kerr Environmental Research Lab.

Van der Heijde, P. (1996). *Compilation of Saturated and Unsaturated Zone Modeling Software*, National Risk Management Research Lab., Office of Research and Development, Cincinnati, Ohio.

Van der Leeden, F., Troise, F., and Todd, D. L. (1990). *The Water Encyclopedia*, 2nd Edition, Lewis Publishers, Inc., Chelsea, Mich.

Zangar, C. N. (1953). *Theory and Problems of Water Percolation*, U.S. Bureau of Reclamation, Engineering Monographs No. 8.

PART 2. ADDITIONAL REFERENCES

Aller, L., Bennett, T., Lehr, J. H., and Petty, R. J. (1985). *DRASTIC: A Standardized System for Evaluating Ground Water Pollution Potential Using Hydrogeologic Settings*, U.S. Environmental Protection Agency Publication 600/2-85/018, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C.

American Public Health Association, American Water Works Association, and Water Pollution Control Federation. (1995). *Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water*, 18th Edition, American Public Health Association, Washington, D.C.

ARTIFICIAL RECHARGE OF GROUND WATER

- American Society for Testing and Materials
 D5299 *Guide for Decommissioning of Ground Water Wells, Vadose Zone Monitoring Devices, Boreholes, and Other Devices for Environmental Activities.*
- D5716 *Test Methods to Measure the Rate of Well Discharge by Circular Orifice Weir.*
- D5717 *Guide for the Design of Ground-Water Monitoring Systems in Karst and Fractured-Rock Aquifers.*
- D5787 *Practice of Monitoring Well Protection.* American Water Works Association (AWWA). (1981). *Proceedings AWWA Seminar on Organic Chemical Contaminants in Groundwater: Transport and Removal*, AWWA, Denver, Colo.
- American Water Works Association (AWWA). (1996). *Improved Well Pump Efficiency*, AWWA Research Foundation.
- Ames, B. N., and Gold, L. S. (1990). *Too Many Rodent Carcinogens: Mitogenesis Increases Mutagenesis*, *Science*, 249:970-971.
- Anderson, K. E. (1993). *Ground Water Handbook*, National Ground Water Association, Dublin, Ohio.
- Anderson, K. E. (Editor). (1984). *Water Well Handbook*, Missouri Water Well & Pump Contractors Assn., Inc.
- Arizona Hydrological Society. (1997). *8th Biennial Symposium of the Artificial Recharge of Groundwater*, University of Arizona Water Resources Research Center, Tucson, Ariz.
- Bachmat, Y., Bredehoeft, J., Andrews, B., Holtz, D., and Sebastian, S. (1980). *Groundwater Management: The Use of Numerical Models*, Water Resources Management No. 5, American Geophysical Union, Washington, D.C., 127 p.
- Barcelona, M. J., Gibb, J. P., and Miller, R. A. (1983). *A Guide to the Selection of Materials for Monitoring Well Construction and Ground-Water Sampling*, Illinois State Water Survey, ISWS Contract Report 327, Urbana, Ill., 78 p.
- Baski, H. (1987). *Hydrofracturing of Water Wells*, *Water Well Journal*, 34-35.
- Bear, J. (1979). *Hydraulics of Ground Water*, McGraw-Hill Book Company, New York, N.Y., 569 p.
- Beck, A. E. (1981). *Physical Principles of Exploration Methods*, John Wiley and Sons, Inc., New York, N.Y.
- Borch, Smith, and Noble. (1990). *AWWA Standards for Water Wells, A100-90*, American Water Works Association, Denver, Colo., 75 p.
- Bouwer, H. (1982). *Design Considerations for Earth Linings for Seepage Control*. *Ground Water*, 20(5).
- Bouwer, H. (1990b). *Effects of Water Depth and Groundwater Table on Infiltration from Recharge Basins*, in S. C. Harris (ed.), *Proc. 1990 Nat. Conf. Irrigation & Drain. Div., ASCE*, Durango, Colo., 377-384.
- Bouwer, H. (1993). *From Sewage Farm to Zero Discharge*, *J. European Water Pollution Control*, 3(1): 9-16.
- Bouwer, H. (1995). *Estimating the Ability of the Vadose Zone to Transmit Liquids*, in *Handbook of Vadose Zone Characteristics and Monitoring*. L. G. Williams, L. G. Everett, and S. J. Cullen (eds.), Lewis Publishing, Boca Raton, Fla., 177-188.
- Brook, G. A., Sun, C. H., and Lloyd, T. S. (1984). *Geological Factors Influencing Well Productivity on the Georgia Piedmont*, Technical Completion Report USDA Project G-836 (04), University of Georgia and Georgia Institute of Technology, Ga.
- Campbell, M. D., and Lehr, J. H. (1977). *Water Well Technology*, McGraw-Hill, New York, N.Y.
- Canter, L. W. (1996). *Environmental Impact Assessment*, 2nd Edition, McGraw-Hill, Inc., New York, N.Y., 660 p.
- Carpenter, C. H. (1983). *Engineering Water Wells*, *Journal AWWA*, August.
- Cedergren, H. R. (1977). *Seepage, Drainage, and Flow Nets*, 2nd Edition, John Wiley & Sons, Inc., New York, N.Y., 510 p.
- Clarke, F. E. (1980). *Corrosion and Encrustation in Water Wells*, FAO Irrigation and Drainage Paper No. 34, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Davis, J. C. (1986). *Statistics and Data Analysis in Geology*, Wiley, New York, N.Y.
- de Marsily, G. (1986). *Quantitative Hydrology—Groundwater Hydrology for Engineers*, Academic Press, San Diego, Calif.
- Dicmas, J. L. *Vertical Turbine, Mixed Flow and Propeller Pumps*.
- Driscoll, F. G., Hanson, D. T., and Page, L. J. (1980). *Well-Efficiency Project Yields, Energy Saving Data, Parts 1-3*, *Johnson Driller's Journal*, Mar./Apr., May/June, Sept./Oct.
- Dunn, T., and Leopold, L. B. (1978). *Water in Environmental Planning*, W. H. Freeman & Co., San Francisco, Calif., 818 p.
- Eggington, H. F. (Editor). (1985). *Australian Drillers Guide*, 2nd Edition, NSW, Australia: Australian Drilling Industry Training Committee Limited.
- Fetter, C. W., Jr. (1980). *Applied Hydrogeology*, Charles E. Merrill Publishing Co., Columbus, Ohio.

- Feulner, A. J. (1964). *Galleries and Their Use for Development of Shallow Ground Water Supplies, with Special Reference to Alaska*, U.S. Geological Survey Water-Supply Paper 1809-E.
- Finlayson, D. J. (Editor). (1984). *Economics and Groundwater*, American Society of Civil Engineers, New York, N.Y.
- Freeze, R. A., and Cherry, J. A. (1979). *Groundwater*, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., 604 p.
- Gass, T. E., Bennett, G. D., Miller, V. C., and Miller, C. F. (1980). *Manual of Water Well Maintenance and Rehabilitation Technology*, NWWA, Dublin, Ohio.
- Gibb, J. P., Schuller, R. M., and Griffin, R. A. (1981). *Procedures for the Collection of Representative Water Quality Data from Monitoring Wells*, Cooperative Groundwater Report 7, Illinois State Water Survey and Illinois State Geological Survey, Champaign, Ill.
- Giffen, A. V. (1968). *Control of Flowing Artesian Wells*, Division of Research Paper No. 2021, Ontario Water Resources Commission, December.
- Goldfarb, W. (1988). *Water Law*, Lewis Publishers, Chelsea, Mich.
- Goodrich, D. L. (1985). *Step-Drawdown and Constant-Rate Pumping*, *Water Well Journal*, 39, 39-42.
- Helweg, O. J., Scott, V. H., and Scalmanini, J. C. (1983). *Improving Well and Pump Efficiency*, American Water Works Association, Denver, Colo.
- Helweg, O. J. (1991). *Microcomputer Applications in Water Resources*, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J.
- Hern, S. C., and Melancon, S. M. (1986). *Vadose Zone Modeling for Organic Pollutants*, Lewis Publishers, Chelsea, Mich.
- Hicks, T. G. (1957). *Pump Selection and Application*, McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, N.Y.
- Hultquist, R. H., Sakaji, R. H., and Asano, T. (1991). *Proposed California Regulations for Groundwater Recharge with Reclaimed Municipal Wastewater*, in Proc. 1991 Specialty Conference, Environmental Engineering, ASCE, Reno, Nev., July 1991, 759-764.
- Javandel, I., Doughty, C., and Tsang, C. (1984). *Groundwater Transport: Handbook of Mathematical Models*, Water Resources Monograph Series 10, American Geophysical Union, Washington, D.C.
- Johnson, A. I., and Finlayson, D. J. (Editors). (1988). *Proceedings of the International Symposium on Artificial Recharge of Ground Water*, American Society of Civil Engineers, New York, N.Y.
- Johnson, A. I., and Pyne, R. D. G. (Editors). (1994). *Proceedings of the Second International Symposium on Artificial Recharge of Ground Water*, American Society of Civil Engineers, New York, N.Y.
- Kruseman, G. P., and de Ridder, N. A. (1990). *Analysis and Evaluation of Pumping Test Data*, Publication 47, 2nd Edition, International Institute for Land Reclamation and Improvement.
- Larson, E. E., and Birkeland, P. W. (1982). *Putman's Geology*, 4th Edition, Oxford University Press, New York, N.Y.
- McDonald, M. G., and Harbaugh, A. W. (1984). *A Modular Three-Dimensional Finite-Difference Ground-Water Flow Model (MODFLOW)*, U.S. Geological Survey, Washington, D.C.
- McWorter, D. B., and Suanada, D. K. (1977). *Ground-Water Hydrology and Hydraulics*, Water Resources Publications, Fort Collins, Colo., 290 p.
- Meiser and Earl Hydrogeologists. (1982). *Use of Fracture Traces in Water Well Location: A Handbook*, U.S. Office of Water Research and Technology, Washington, D.C.
- Mercer, J. W., and Faust, C. R. (1981). *Ground-Water Modeling*, National Water Well Association, Worthington, Ohio, 60 p.
- Mogg, J. W. L. (1992). *Design, Development and Cost of Wells*, Paper No. 3, Seminar Proceedings on Getting the Most from Your Well Supply, American Water Works Association, Denver, Colo., June.
- Moridis, G. J., and Reddell, D. L. (1991a). *Secondary Water Recovery by Air Injection, 1. The Concept and the Mathematical and Numerical Model*, *Water Resources Research*, 27(9):2337-2352.
- Moridis, G. J., and Reddell, D. L. (1991b). *Secondary Water Recovery by Air Injection, 2. The Implicit Simultaneous Solution Method*, *Water Resources Research*, 27(9):2353-2368.
- Moridis, G. J., and Reddell, D. L. (1991c). *Secondary Water Recovery by Air Injection, 3. Evaluation of Feasibility*, *Water Resources Research*, Washington, D.C., 382 p.
- National Research Council (NRC), Geophysics Study Committee. (1984). *Groundwater Contamination*, National Academy Press, Washington, D.C.
- National Water Well Association. (1979). *Water Well Drillers Beginning Training Manual*, Worthington, Ohio.
- National Water Well Association, Safety Com-

ARTIFICIAL RECHARGE OF GROUND WATER

- mittee. (1980). *Manual of Recommended Safe Operating Procedures and Guidelines for Water Well Contractors and Pump Installers*. NWWA, Dublin, Ohio.
- Nielsen, D. M. (Editor). (1983). *Aquifer Resonance and Ground Water Monitoring*, Proc. of the Third National Symposium. National Water Well Association.
- Nyer, E. K. (1985). *Groundwater Treatment Technology*, Van Nostrand Reinhold Company, New York, N.Y.
- Otto, D. L., Strack, (1989). *Ground Water Mechanics*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J., 732 p.
- Pettygrove, G. S., and Asano, T. (1985). *Irrigation with Reclaimed Municipal Wastewater—A Guidance Manual*, Lewis Publisher, Chelsea, Mich.
- Pettyjohn, W. A. (1981). *Introduction to Artificial Groundwater Recharge*, USEPA, NWWW/EPA Series, 44 p.
- Pinder, G. F., and Gray, W. G. (1977). *Finite Element Stimulation in Surface and Subsurface Hydrology*, Academic Press, New York, N.Y., 295 p.
- Rice, R. C., and Bouwer, H. (1984). *Soil-Aquifer Treatment Using Primary Effluent*, J. Water Pollution Control Fed., 56(1):84–88.
- Scalmanini, J. C., and Scott, V. H. (1979). *Design and Operation Criteria for Artificial Groundwater Recharge Facilities*, University of California, Davis. Water Science and Engineering Paper No. 2009.
- Schroeder, E. D. (1977). *Water and Water Treatment*, McGraw-Hill, New York, N.Y.
- Smith, S. (1984). *Detecting Iron and Sulfur Bacteria in Wells*, NWWA Water Well Journal, March.
- Smith, S., and Tuovinen, O. (1985). *Environmental Analysis of Iron-Precipitating Bacteria in Ground Water and Wells*, NWWA Ground Water Monitoring, Fall.
- Strahler, A. N. (1975). *Physical Geography*, 4th Edition, John Wiley & Sons, New York, N.Y.
- Tank, R. W. (1983). *Legal Aspects of Geology*, Plenum Press, New York, N.Y., 583 p.
- Thinly, L. R., and Wilson, J. L. (1980). *Description of and User's Manual for a Finite Element Aquifer Flow Model Aquifer-1*, Parsons Laboratory for Water Resources and Hydrodynamics. Report No. 252, 299 p.
- Thomann, R. V., and Mueller, J. A. (1987). *Principles of Surface Water Quality Modeling and Control*, Harper and Row Publishers, Inc., N.Y.
- Thurman, E. M. (1979). *Isolation, Characterization, and Geochemical Significance of Humic Substances from Groundwater*, PhD thesis, Dept. Geol. Sci., Univ. of Colorado, Boulder, Colo.
- United Nations, Food and Agricultural Organization, Drainage Paper Number 34, United Nations, Rome, Italy.
- U.S. Bureau of Reclamation. (1981a). *Water Measurement Manual*, U.S. Government Printing Office, Denver, Colo., 327 p.
- U.S. Environmental Protection Agency. (1976). *Manual of Water Well Construction Practices*. EPA-570/9-75-001, Office of Water Supply, Washington, D.C.
- U.S. Environmental Protection Agency. (1983). *Methods for Chemical Analysis of Water and Wastes*, U.S. Printing Office, EPA 600/4-79-020, Washington, D.C.
- U.S. Environmental Protection Agency. (1987). *Wellhead Protection, A Decision Maker's Guide*. Office of Ground Water Protection, Washington, D.C.
- U.S. Geological Survey. (1967). Water Supply Paper 1662D.
- UNICEF. (1985). *Guidelines for Drillers, Engineers, Geologists, and Drilling Trainees*, United Nations, New York, N.Y.
- Verschueren, K. (1983). *Handbook of Environmental Data on Organic Chemicals*, 2nd Edition, Van Nostrand Reinhold Co., New York, N.Y.
- Walker, R. (1980). *Pump Selection: A Consulting Engineer's Manual*, Ann Arbor Science, Ann Arbor, Mich., 118 p.
- Walton, W. C. (1985). *Practical Aspects of Groundwater Modeling Flow, Mass and Heat Transport and Subsidence Analytical and Computer Models*, 2nd Edition, NWWA, Worthington, Ohio.
- Wang, H. F., and Anderson, M. P. (1982). *Introduction to Groundwater Modeling—Finite Difference and Finite Element Methods*, W. H. Freeman, San Francisco, Calif., 237 p.
- Warner, D. L., and Lehr, J. H. (1981). *Subsurface Wastewater Injection*, Premier Press, Berkeley, Calif., 344 p.
- Williams, D. E. (1985). *Modern Techniques in Well Design*, AWWA Journal, 77(9).
- Willis, R., and Yeh, W. W.-G. (1983). *Groundwater Systems Planning and Management Practice*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J.
- World Health Organization. (1996). *Guidelines for Drinking Water Quality, Health Criteria*, 2:1211, Geneva 27, Switzerland.

پیوست ۴- فهرستی نمونه برای بررسیهای زیست محیطی

(توسط سازمان راهنما پر شود. بر پایه روش ایالت کالیفرنیا)

الف- زمینه پیشین

- ۱- نام توضیح دهنده
 - ۲- نشانی و شماره تلفن توضیح دهنده
 - ۳- تاریخ تحویل فهرست
 - ۴- آژانس نیازمند به فهرست
 - ۵- نام پیشنهاد (در صورت کاربردی بودن)
- ب- به پرسشهای زیر، باید در جای مناسب پاسخ «بلی»، «ممکن است» و «نه» داده شود. پرسشهایی که به این پاسخها نیاز ندارند نیز اضافه شده‌اند تا شاید در فرایند محیط زیست کمک باشند.

۱- موارد مرتبط با آب

۱-۱ اثر بر کیفیت منابع موجود

- آیا محتوای شیمیایی آب تغذیه با آب زیرزمینی موجود سازگار است؟
- آیا آب زیرزمینی آینده، سالم و مناسب آشامیدن است؟
- آیا کیفیت آبهای تأمین موجود، خراب خواهند شد؟
- آب زیرزمینی موجود پس از تغذیه، در آینده، چه «تفاوتی» خواهد داشت؟
- آیا می‌توان آب منبع برای تغذیه را تصفیه کرد تا اثرات نامطلوب را به حداقل برساند؟
- آیا گزینه‌ای با کیفیت بهتر در مقابل منبع آب پیشنهادی وجود دارد؟
- آیا تخلیه‌ای به آبهای سطحی یا تغییری در کیفیت آب سطحی، علاوه بر دما، اکسیژن محلول یا گل‌آلودی وجود خواهد داشت؟

۲-۱ اثر بر کیفیت آب تغذیه

- آیا آب منبع تغذیه، قبل از انجام تغذیه تصفیه می‌شود، اگر بلی است، چرا؟
- آیا تصفیه برای حفاظت کیفیت آب زیرزمینی و آبخوان کافی است؟
- چگونه تصفیه پایش می‌شود؟
- اعتبار دستگاه مورد استفاده چگونه است؟
- چه نوع پشتوانه حفاظتی وجود دارد؟

۳-۱ اثر بر کیفیت آب زیرزمینی

- آیا آیین‌نامه‌های موجود، برای حفظ سلامت همگانی، منابع آب زیرزمینی، و زیست‌محیطی از مواد شیمیایی و عوامل بیماری‌زای تنظیمی و غیر تنظیمی کافی است؟
- آیا شبکه پایش آب زیرزمینی برای کشف مشکلات کافی است؟

۴-۱ اثر بر کمیت منبع آب سطحی

- اثر انحراف آب منبع روی آبهای تأمین‌ی موجود چه خواهد بود؟
- آیا مسئله حبابه در میان است؟
- آیا در جریان یا مسیر حرکت آبها، چه شور و چه شیرین، تغییراتی وجود خواهد داشت؟
- آیا در مسیر یا جریان سیلاب تغییری رخ خواهد داد؟
- آیا در مقدار آب هیچ‌یک از منابع آب سطحی، تغییری روی می‌دهد؟
- آیا در میزان جذب، الگوهای زهکشی یا میزان و مقدار رواناب سطحی تغییراتی وجود خواهد داشت؟

۵-۱ اثر بر کمیت منبع آب زیرزمینی

- اثر پروژه بر آبدهی سالانه و برداشت زیادتر چه خواهد بود؟
- بهره اصلی از افزایش آب، نصیب چه کسانی خواهد شد؟
- با در نظر گرفتن هزینه‌ها و زیانهای پتانسیل، اثر پروژه در رابطه با بالا آمدن سطح آب زیرزمینی و افزایش ذخیره آن چه خواهد بود؟
- مقایسه این پروژه با منافع گزینه‌های دیگر چگونه است؟
- آیا در نوع و میزان سودمندی آب زیرزمینی تغییری وجود خواهد داشت؟
- آیا در کمیت آب زیرزمینی، از طریق افزایش یا برداشت مستقیم، یا با رهگیری آبخوان توسط بریدگی (جوی و کانال) یا حفاری تغییری روی خواهد داد؟

۶-۱ تأثیر تغییر در عمق آب زیرزمینی

- چگونه سطح ایستابی بالا آمده روی ساختمانهای مجاور، مانند زیرزمینها، حفره‌های باز، چاههای آب، بازدهی پمپها و غیره تأثیر می‌گذارد؟
- چگونه تغییرات تراز آب زیرزمینی پایش می‌شود؟
- آیا تغییرات در سطح آب زیرزمینی بر زیستگاه زیستنیهای کنار رود اثر می‌گذارد؟
- آیا تغییرات در سطح آب زیرزمینی، بر حالت یا آلودگی آبخوان تأثیر دارد؟

۷-۱ اثر رعایت نکردن معیارهای کیفی آب در پروژه

- آبهای سطحی و زیرزمینی موجود، چگونه حفاظت خواهند شد؟
- مشکل چگونه حل می‌شود؟
- مصرف‌کنندگان از مشکل و روشهای اصلاح آن چگونه آگاه خواهند شد؟
- اقدامهای اصلاحی یا سبک‌سازی (کاهش)، چگونه اجرا و سرمایه‌گذاری خواهند شد؟

۲-۲ موارد مربوط به بوم‌شناسی

۱-۲ گیاهان و جانوران آبی و خاکزی

- آیا ساخت ایستگاههای تغذیه مصنوعی، به پرکردن مرداب نیاز دارد و اگر چنین است، تا چه مقدار؟
- آیا استفاده از منبع آب به منظوره‌های دیگر، به از بین رفتن زیستگاهها و رشد گونه‌ها منجر خواهد شد؟
- آیا در گوناگونی گونه‌ها، یا تعداد گونه‌های گیاهی (شامل درختها، بوته‌ها، علفها، محصولات و گیاهان آبی) یا جانوران (پرنده‌ها، جانوران زمینی شامل خزندگان، حلزونها، جانداران زیر آب یا حشرات) تغییری روی خواهد داد؟
- چه واکنشهایی به منظور توازن اثرات منفی لازم است؟
- آیا تعداد گونه‌های منحصر به فرد، کمیاب و در معرض خطر، کاهش خواهد یافت، و در این صورت، چه اقدامی برای کاهش اثرات آن لازم خواهد بود؟
- به چه میزان زیستگاه گیاهان و جانوران از بین خواهد رفت؟
- چه گونه‌هایی تحت فشار قرار می‌گیرند، و در این صورت، چگونه و تا چه اندازه‌ای؟
- چه واکنشهایی به منظور توازن اثرات منفی لازم است؟

۲-۲ مهاجرت پرندگان آبی

- کدام یک از پرندگان آبی مهاجر، تحت تأثیر قرار می‌گیرند؟
- شدت اثر بر پرندگان آبی مهاجر چه مقدار است؟
- چه واکنشهایی به منظور توازن اثرات منفی لازم است؟

۳-۲ گونه‌های در خطر

- آیا گونه‌های گیاهی یا جانوری منحصر به فرد، کمیاب، و در معرض خطر، تحت تأثیر قرار می‌گیرند؟

۴-۲ گونه‌های نامطلوب

- آیا پروژه، سبب جذب پشه‌ها، موشها، علفهای هرز یا دیگر جانوران و گیاهان «نامطلوب» نخواهد شد؟
- گونه‌های نامطلوب چگونه کنترل خواهند شد؟

۳- موارد مرتبط با زمین

۱-۳ خاک

- آیا شرایط ناپایداری زمین یا تغییرات، در ساختمان زمین‌شناسی روی خواهد داد؟
- آیا درهم گسیختگی، جابه‌جایی، تراکم یا غلبه بر حالت خاک وجود خواهد داشت؟
- آیا تخریب، پوشش یا تعدیلی برای خصوصیات فیزیکی و زمین‌شناسی خواهد بود؟
- آیا در فرسایش خاک توسط باد یا آب، در محل یا خارج از آن افزایشی اتفاق خواهد افتاد؟
- آیا در رسوبگذاری یا فرسایش ماسه‌های ساحلی، یا در سیلت‌گذاری، ته‌نشینی، یا فرسایش، با احتمال تعدیل مسیر رودخانه، آبرو، بستر دریا، خلیج یا دریاچه تغییراتی وجود دارد؟
- آیا پروژه، مردم یا اراضی و مالکیت آنها را در معرض زیان پتانسیل یا خرابی و ویرانی در اثر حوادث طبیعی (سیل، زلزله، رانش زمین، فرونشینی، پس زدن و غیره) قرار خواهد داد؟
- چه بررسی‌هایی برای اطمینان دادن به مالکان مجاور درباره امن بودن پروژه انجام شده است؟
- چه اقدام‌های حفاظتی برای ادامه این اطمینان در آینده انجام خواهد شد؟
- چه مقدار زمین برای ایستگاه مورد نظر استفاده خواهد شد؟
- چگونه از آن استفاده خواهد شد؟
- آیا تغییر مهم و قابل توجهی در روش استفاده حال و برنامه آینده ناحیه روی خواهد داد؟

۲-۳ هوا

- آیا مقدار مهمی انتشار هوا (از ایستگاه) یا خرابی کیفیت هوای محیط وجود خواهد داشت؟
- آیا بوی (رایحه) نامطبوع به وجود می‌آید؟
- آیا تغییری در حرکت هوا، رطوبت، دما یا تغییرات در آب و هوا (اقلیم) در محل یا در ناحیه رخ خواهد داد؟

۳-۳ ظرفیت کاربری اراضی

- چگونه پروژه روی کاربری زمینهای مجاور اثر می‌گذارد؟
- چگونه پروژه روی ارزش مالکیتها اثر می‌گذارد؟
- آیا زمینهای حایل کافی بین محل پروژه و زمینهای دیگران وجود دارد تا اثرات ناچور در زمینهای مجاور را پراکنده نماید؟
- آیا استفاده‌های تفریحی مجاز است و این استفاده‌ها با نواحی مجاور مطابق و جور هستند؟
- آیا پروژه دارای زمینهای زیبا و دارای چشم‌انداز کافی خواهد بود؟

۴- موارد اجتماعی و اقتصادی

۱-۴ موارد انسانی

- آیا پروژه پیشنهادی، تأثیری روی اشتغال، درآمد، سطح زندگی، توسعه اجتماعی یا فرصتهای تفریحی خواهد داشت؟
- آیا این کار، تأثیری بر فعالیتهای اجتماعی، سازمانها یا روش زندگانی افراد خواهد داشت؟
- آیا پروژه تأثیری بر نیازهای روانی (پایداری احساسی و امنیتی) افراد یا گروهی از افراد خواهد داشت؟
- آیا نیازهای اجتماعی (شالوده، زیربنا) تحت تأثیر قرار خواهند گرفت، و در صورت بلی، چگونه و تا چه میزان؟
- آیا اجتماع در پشتیبانی از پروژه دارای چند دستگی (نظریهای موافق و مخالف) است؟

۲-۴ موارد اقتصادی

- آیا پروژه اثری در پایداری اقتصاد ناحیه خواهد داشت؟
- آیا درآمدها و هزینههای بخش عمومی تغییر خواهد کرد؟
- چگونه و تا چه میزان مصرف سرانه آب تغییر خواهد کرد؟
- آیا با توجه به نشانهها و بررسیها، اثر مثبت یا منفی خواهد بود؟
- چه کسانی سود خواهند برد؟
- چه کسانی هزینهها را پرداخت خواهند نمود؟
- آیا سرمایه‌ای برای پاسخگویی به موارد بدهی و خسارت در درازمدت، برای دعاوی حقوقی و مشکلات اجرای پروژه موجود است؟

۵- نواحی حساس زیست‌محیطی

- آیا پروژه، مخاطره بهداشت انسانی یا حادثه را افزایش خواهد داد؟
- آیا عواملی سبب زیانهای بهداشتی مانند حشرات و پشه‌هایی که جذب محل می‌شوند، خطر شیوع بیماریها را افزایش خواهند داد؟
- آیا دستگاهها و وسایل تغذیه (حوضچه‌ها، پمپها و غیره)، برای کودکان، حیوانات دست‌آموز خانگی یا کسانی دیگر وضعیتی زیانبار خواهند داشت؟
- آیا همگان از جنبه‌های زیانبار پروژه، در صورت وجود، محافظت خواهند شد؟
- آیا نواحی مانع به میزان کافی برای جلوگیری از دسترسی افراد در معرض خطر، وجود خواهد داشت؟
- چه نوعی از مواد شیمیایی و کنترل‌های شیمیایی استفاده خواهند شد؟
- آیا همگان (عموم) در معرض مواد شیمیایی زیانبار، گازها، پرتوها یا دیگر خطرها قرار خواهند داشت؟

- آیا فعالیتهای ترابری به روشی امن انجام خواهد شد؟
- آیا هیچ‌یک از گونه‌های گیاهی و حیوانی در خطر که فهرست شده‌اند، تحت تأثیر این پروژه قرار خواهند گرفت؟ در این صورت چگونه؟
- انجام چه اقدامهایی برای سبک‌سازی (کاهش) پروژه نیاز است؟
- آیا پروژه در زمان ساخت یا بهره‌برداری، سروصدا، اثرات دیداری، یا بوهایی (رایحه‌ها) نامطلوب تولید می‌نماید؟
- آیا پروژه بر مکانهای باستانی، مصنوعات هنری (مجسمه و غیره)، یا مالکیتها تأثیر خواهد داشت؟
- آیا منابع مربوط به معماری، مورد تأثیر خواهند بود؟
- آیا رسوم و سنتهای متداول، یا اعتقادات و اعمال مذهبی تحت تأثیر قرار خواهند گرفت؟

۶- یافته‌های اجباری پر اهمیت

- آیا پروژه، دارای پتانسیل پایین آوردن کیفیت محیط زیست، کاهش قابل توجه محل زندگی ماهیها یا گونه‌های مختلف حیات وحش، پایین آمدن جمعیت ماهیها یا حیات وحش به زیر سطوح خود نگهداری، تهدید برای حذف دسته‌ای از گیاهان یا جانوران، کاهش تعداد یا محدود کردن دامنه‌ای از گیاهان یا جانوران در خطر، یا حذف یادگارهای پیشین است؟
- آیا پروژه، دارای پتانسیل به دست آوری هدفهای زیست‌محیطی کوتاه مدت، در مقابل زیانهای درازمدت است؟ (تأثیر کوتاه‌مدت در محیط زیست آن است که برای دوره زمانی نسبتاً کوتاه است، در حالی که اثرات درازمدت تا آینده‌ای بسیار دورتر پایدار می‌ماند).
- آیا پروژه، دارای اثراتی است که در آن، عوامل موجود به تنهایی محدود می‌باشند، ولی در مجموع قابل توجه هستند؟ (پروژه‌ای ممکن است روی دو منبع جداگانه یا بیشتر، تأثیر گذارد که اثر روی هر منبع، نسبتاً کم باشد، ولی در مجموع، اثرات بر محیط زیست بسیار مهم خواهد بود).
- آیا پروژه، دارای اثرهای زیست‌محیطی است که به‌طور مستقیم یا غیر مستقیم، اثر منفی قابل ملاحظه‌ای روی انسان گذارد؟

پ- گفتگو در مورد ارزیابی محیط زیست (شرح تأثیرات زیست‌محیطی)

ت- تصمیم‌گیری

(توسط سازمان راهنما پر شود)

- بر پایه این ارزیابی اولیه: (یکی از این سه پیشنهاد باید نشانه‌گذاری شود).
- مشخص شد که پروژه مورد نظر نمی‌تواند اثر مهمی بر محیط زیست داشته باشد، و آگهی منفی بودن تنظیم خواهد شد.

- مشخص شد که اگرچه پروژه مورد نظر می‌تواند اثر قابل توجهی بر محیط زیست داشته باشد، اما در این مورد به دلیل اقدامهای کاهش اثرات، با شرح در برگه پیوست، اثر مهمی نخواهد داشت. آگهی منفی بودن آماده خواهد شد.
- مشخص شد که پروژه مورد نظر ممکن است اثر مهمی بر محیط زیست داشته باشد، و گزارش اثر بر محیط زیست لازم است.

پیوست ۵- ضرایب تبدیل سامانه‌های متریک به انگلیسی

ضرب واحد متریک	در	دریافت واحد انگلیسی
طول		
کیلومتر	۰/۶۲۱۴	مایل
متر	۱/۰۹۳۶	یارد
سانتی‌متر	۰/۰۳۲۸	فوت
میلی‌متر	۰/۰۳۹۳۷	اینچ
مساحت		
کیلومتر مربع	۰/۳۸۶۱	مایل مربع
هکتار	۲/۴۷۱	اکر
متر مربع	۱۰/۷۶۴	فوت مربع
متر مربع	۱۵۵۰	اینچ مربع
سانتی‌متر مربع	۰/۱۵۵۰	اینچ مربع
حجم		
سانتی‌متر مکعب	۰/۰۶۱	اینچ مکعب
متر مکعب	۱/۳۰۸	یارد مکعب
لیتر	۶۱/۰۲	اینچ مکعب
لیتر	۰/۰۰۱۳۰۸	یارد مکعب
لیتر	۰/۲۶۴۲	گالن آمریکائی
لیتر	۰/۲۲	گالن امپریال
وزن		
تن متریک	۰/۹۸۴	تن بلند (لانگ)
تن متریک	۱/۱۰۲	تن کوتاه (۲۰۰۰ پوند)
کیلوگرم	۲/۲۰۵	پوند
گرم	۰/۰۳۵۳	اونس
دیگر فاکتورها		
سانتی‌متر مکعب	۰/۰۳۳۸	اونس مایع
کیلوگرم در سانتی‌متر مربع	۱۴/۲۲۵	پوند بر اینچ مربع
اسب بخار متریک	۰/۹۸۶۳	اسب بخار
کیلو وات	۱/۳۴۱	اسب بخار

دریافت واحد انگلیسی	در	ضریب واحد متریک
پوند بر اینچ مربع	۱۴/۵	بار
		میزان جریان
اکر فوت بر سال	۲۹۶	مگالیتتر در روز
گالن بر روز	۰/۷۲	تن متریک در سال
		دما
		$^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9} (^{\circ}\text{F} - 32)$

این نشریه ترجمه‌ای است از :

Standard Guidelines for Artificial Recharge of Ground Water

Published by American Society of Civil Engineers (EWRI/ASCE 34-01), 2001

1801 Alexander Bell Drive

Reston, Virginia 20191 - 4400