جمهوری اسلامی ایران

سازمان برنامه و بودجه کشور

ضوابط و معیارهای فنی طراحی و اجرای بندهای زیرزمینی

ضابطه شماره

پیش نویس غیر قابل استناد

سازمان برنامه و بودجه کشور

معاونت فنی، امور زیربنایی و تولیدی

امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران

Nezamfanni.ir

سازمان جنگلها، مراتع و آبخیزداری کشور

معاونت آبخیزداری، امور مراتع و امور بیابان

دفتر کنترل سیلاب و آبخوانـداری

www.frw.org.ir

سال ۱۳۹۸

پیش نویس-غیر قابل استناد

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی:

امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران معاونت فنی، امور زیربنایی و تولیدی سازمان برنامه و بودجه کشور، با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه این نشریه کرده و آن را برای استفاده به جامعه ی مهندسی کشور عرضه نموده است .با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلط های مفهومی، فنی، ابهام، ایهام و اشکالات موضوعی نیست.

از این‌رو، از شما خواننده گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هرگونه ایراد و اشکال فنی مراتب را به صورت زیر گزارش فرمایید:

۱- در سامانه مدیریت دانش اسناد فنی و اجرایی (سما) ثبت نام فرمایید: sama.nezamfanni.ir

۲- پس از ورود به سامانه سما و برای تماس احتمالی، نشانی خود را در بخش پروفایل کاربری تکمیل فرمایید.

۳- به بخش نظرخواهی این نشریه مراجعه فرمایید.

۴- شماره بند و صفحه موضوع مورد نظر را مشخص کنید.

۵- ایراد مورد نظر را بصورت خلاصه بیان دارید.

۶- در صورت امکان متن اصلاح شده را برای جایگزینی ارسال کنید.

کارشناسان این امور نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت.
پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

نشانی برای مکاتبه: تهران، میدان بهارستان، خیابان صفی علی شاه – مرکز تلفن ۳۳۲۷۱
سازمان برنامه و بودجه کشور، امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران.
Email : nezamfanni@mporg.ir Web : nezamfanni.ir

پیش نویس غیر قابل استناد

فهرست مطالب

عنوان صفحه

۱- فصل اول ـ بررسی سابقه و وضع موجود بندهای زیرزمینی در کشور ۱

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- پیشینه بند زیرزمینی در ایران ۲

۱-۳- معرفی وضع موجود ۳

۲- فصل دوم ـ تهیه و تدوین معیارها و شرایط لازم در مکانیابی بندهای زیرزمینی ۵

۲-۱- شرایط و ضوابط انتخاب محل های مناسب احداث بندهای زیرزمینی به شرح ذیل می باشد: ۶

۲-۲- روند بررسی اولیه جهت انتخاب مکانهای مناسب ۷

۲-۳- بررسی مکانی ۹

۲-۳-۱- موارد مطالعاتی ۹

۲-۴- روند بررسی ۱۰

۲-۴-۱- بررسی های توپوگرافیکی و زمین شناسی ۱۰

۲-۴-۲- مطالعات هواشناسی و هیدرولوژیکی ۱۱

۲-۵- بررسی کاربری آب زیرزمینی ۱۲

۲-۵-۱- آنالیز هیدرولیکی ۱۲

۲-۵-۲- امکان سنجی احداث بند زیرزمینی ۱۴

۳- فصل سوم ـ تهیه و تدوین شاخص های مطالعاتی برای احداث بندهای زیرزمینی ۱۹

۳-۱- مطالعات اقتصادی، اجتماعی ۲۰

۳-۲- مطالعات فیزیوگرافی ۲۰

۳-۳- مطالعات هیدرولوژی – هواشناسی ۲۰

۳-۴- مطالعات زمین شناسی عمومی منطقه ۲۱

۳-۵- مطالعات زمین شناسی مهندسی و ژئوتکنیک ۲۱

۳-۶- مطالعات آب زیرزمینی ۲۲

۳-۷- مطالعات تلفیق ۲۳

۴- فصل چهارم ـ تهیه و تدوین ضوابط و معیارهای فنی در طراحی بندهای زیرزمینی ۲۵

۴-۱- اصول اصلی طراحی ۲۶

پیش نویس ـ غیر قابل استناد

۴-۲- ملاحظات طراحی ۲۶
۴-۳- ملاحظات طراحی بندهای زیرزمینی پیشگیری از نفوذ آب شور ۲۸
۴-۴- دیوار آب بند ۳۰
۴-۵- مطالعه نفوذ ۳۱
۴-۶- ارتفاع بند ۳۴
۴-۷- پایداری دیوار آب بند ۳۴
۴-۸- تعیین روش احداث دیوار آب بند ۳۵
۴-۹- تأسیسات استحصال آب ۴۷
۴-۱۰- آنالیز استحصال ۴۹
۴-۱۱- ساختار تأسیسات استحصال آب ۵۵
۴-۱۲- تأسیسات زهکشی ۶۵
۴-۱۳- تأسیسات مدیریتی ۷۶
۵- فصل پنجم ـ تهیه و تدوین ضوابط و معیارهای فنی در اجرای بندهای زیرزمینی ۸۱
۵-۱- برنامه اجرا ۸۲
۵-۲- اجرای بند و کنترل ساخت ۸۳
۶- فصل ششم ـ تهیه و تدوین ضوابط و معیارهای فنی در نگهداری بندهای زیرزمینی ۸۷
۶-۱- نگهداری و مدیریت ۸۸
۶-۱-۱- مدیریت بند زیرزمینی ۸۸
۶-۲- سیستم نگهداری و مدیریت ۸۹
۶-۳- مدیریت تأسیسات زهکشی ۹۱
۷- فصل هفتم- مدیریت و نگهداری کیفیت آب ۹۳
۷-۱- نحوه جمع آوری نمونه های آب از یک گمانه ۹۴
۷-۲- کنترل و بررسی کیفیت آب مخزن ۹۵
۷-۳- مدیریت آبهای شور ۹۹
۷-۴- اقدامات حفظ کیفیت آب در فضای مخزن بند زیرزمینی ۹۹

پیش نویس - غیر قابل استناد

فهرست جدولها

عنوان صفحه

جدول ۱. نمونه هایی از بندهای زیرزمینی در ایران ۳
جدول ۲. ویژگیهای توپوگرافیکی مناسب برای احداث بندهای زیرزمینی ۷
جدول۳. روند بررسی های صورت گرفته جهت انتخاب مکانهای مناسب ۸
جدول ۴. طرح کلی مدل سری مخزن ۱۳
جدول ۵. فرآیند بررسی مکانی ۱۷
جدول ۶–انواع و اهداف آنالیز هیدرولیکی لازم بمنظور طراحی بند زیرزمینی ۲۷
جدول ۷. آیتم های مطالعاتی جهت انتخاب روش احداث دیوار آب بند ۳۵
جدول ۸. مقایسه روشهای اصلی احداث دیوار آب بند ۳۶
جدول ۹. طرح کلی انواع اصلی روش تزریق دوغاب ۴۰
جدول ۱۰. طرح کلی روش تزریق فورانی سیمان بکار رفته در ساختمان بندهای زیرزمینی در چین ۴۲
جدول ۱۱. مخلوط دوغاب در روش اختلاط عمیق (در هر ۱ متر گمانه) ۴۵
جدول ۱۲. ترکیب دوغاب سیمان در بند زیرزمینی NAKAJIMA (در هر ۱ مترمکعب از خاک) ۴۵
جدول ۱۳. طراحی چاه لوله‌ای در بند زیرزمینی SUNAGAWA ۵۶
جدول ۱۴. جدول محاسبه سرعت جریان و میزان جریان در لوله زهکش زیرزمینی ۷۱
جدول ۱۵. ابعاد زهکشهای زیرزمینی در بند زیرزمینی KIKAI ۷۲
جدول ۱۶. روشهای تغذیه آب زیرزمینی ۷۹
جدول ۱۷ – طراحی تأسیسات تغذیه مصنوعی سفره آب زیرزمینی در بند زیرزمینی SAN JIAM BU ۸۰
جدول ۱۸. مدیریت بند زیرزمینی ۸۹
جدول ۱۹. مقادیر مجاز پارامترهای کیفیت آب برای مصارف کشاورزی (F.A.O 1985) ۹۶
جدول ۲۰. استاندارد سازمان بهداشت جهانی برای آب‌های شرب (WHO, 1966) ۹۶
جدول ۲۱- استاندارد سازمان جهانی بهداشت (WHO) ۹۷

فهرست عکسها

عنوان صفحه

شکل ۱. نمونه ای از آنالیز نفوذ از طریق مدل المانهای نامحدود (دیاگرام برداری سرعت جریان) ۳۳
شکل ۲. نمای عرضی روش ترانشه ۳۸
شکل ۳- احداث با روش تزریق دوغاب ۳۹
شکل ۴. آرایش حفرات تزریق دوغاب در بند زیرزمینی SUNAGAWA ۴۰
شکل ۵- سیستم اصلی روش پکر مضاعف دو لوله ای ۴۱
شکل ۶- روش پکر مضاعف دو لوله ای ۴۱
شکل۷. مراحل روش تزریق دوغاب ۴۲
شکل۸. دستگاه ساخت و مجاری حفاری در روش اختلاط عمیق درجا ریخته شده ۴۴
شکل ۹. روش شمع کوبی با قطر زیاد ۴۶
شکل۱۰. روش حفاری افقی چند محوری ۴۶
شکل ۱۱. روش شمع استیل H-TYPE ۴۷
شکل ۱۲. نمونه ای از مراحل طراحی چاه لوله‌ای ۵۰
شکل۱۳. محاسبه حداکثر دبی در هر چاه لوله‌ای ۵۱
شکل ۱۴. آرایش چاههای لوله‌ای در بند زیر زمینی SUNAGAWA ۵۳
شکل ۱۵. مقدار جمع آوری توسط گالری افقی ۵۴
شکل ۱۶- استحصال آب از گالری جمع کننده ۵۵
شکل ۱۷. اندازه دانه‌ای فیلتر (CLARK, 1988) ۵۶
شکل ۱۸. ساختمان چاه لوله‌ای در بند زیرزمینی SUNAGAWA ۵۷
شکل ۱۹. ساختار چاه جمع کننده ۵۹
شکل ۲۰. ساختار یک چاه با قطر زیاد (... و CLARK, 1988) ۶۱
شکل ۲۱. نمای عرضی ترانشه آبگیر در بند زیرزمینی SENBARU ۶۲
شکل ۲۲. ساختار تأسیسات استحصال آب در ناحیه PRINCIPAL ۶۴
شکل ۲۳. ساختمان تأسیسات استحصال آب در بند MINAFUKA ۶۵
شکل ۲۴. آرایش زهکشهای زیرزمینی ۶۷
شکل ۲۵. ساختمان زهکش زیر جانبی ۶۸

شکل ۲۶. تعیین قطر لوله آبگیر ۶۹
شکل ۲۷. محاسبه تخلیه زهکشی از طریق زهکش زیر جانبی (۱) ۷۰
شکل ۲۸. محاسبه تخلیه زهکشی از طریق زهکش زیر جانبی (۲) ۷۰
شکل ۲۹. ساختمان زهکش زیرزمینی در بند زیر زمینی KIKAI ۷۳
شکل ۳۰. نمونه ای از زهکشهای زیرزمینی ۷۴
شکل ۳۱. ساختمان کانال روباز همراه با زهکش زیرزمینی ۷۵
شکل ۳۲- محدوده مشاهده سطح آب زیرزمینی ۷۶
شکل ۳۳. مقطع عرضی شماتیک طولی بند زیرزمینی SAN JIAN BU ۸۰
شکل ۳۴. استاندارد کیفیت آب آبیاری USDA (USDA, 1954). ۹۸

پیش نویس – غیر قابل استناد

پیش نویس-غیر قابل استناد

فصل ۱

بررسی سابقه و وضع موجود بندهای زیرزمینی در کشور

پیش نویس-غیر قابل استناد

۱- فصل اول ـ بررسی سابقه و وضع موجود بندهای زیرزمینی در کشور

۱-۱- مقدمه

یکی از راه‌حل‌های تأمین آب در مناطق خشک استفاده از جریانات زیرسطحی در بستر خشکه رودها می باشد. این روش معمولاً در مقیاس کوچک و برای مناطقی که منابع رایج نظیر چاه و رودخانه دائمی ندارند، پیشنهاد می شود. جریان آب بوسیلهٔ یک دیوار آب‌بند (بند زیرزمینی) مهار شده و مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد. بندهای زیرزمینی سازه‌هایی هستند که جریان طبیعی آب‌های زیرزمینی را مسدود نموده و سبب ایجاد ذخایر آبی در زیرزمین می‌شوند. این سازه‌ها در مناطق مختلف جهان و به‌طور مشخص در هندوستان، افریقا، چین، ژاپن و برزیل مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Nilsson، ۱۹۸۸). این سازه‌ها در مناطقی مورد استفاده قرار می‌گیرند که جریان آب‌های زیرزمینی به‌طور قابل ملاحظه‌ای در طول سال تغییر می‌کند. بند زیرزمینی به سازه‌ای گفته می‌شود که برای مسدود کردن جریان زیر سطحی یک سفره طبیعی و ایجاد مخزن در زیرزمین احداث می شود. برای احداث یک بند زیرزمینی وجود یک سنگ بستر نفوذ ناپذیر مثل سنگ‌های سخت و یا یک لایه رسی و همچنین یک مخزن مناسب با حجم زیاد نیاز می‌باشد (Silva و Neto، 1992).

آب ذخیره شده در این نوع بندها جهت تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی و همچنین افزایش تراز سطح آب زیرزمینی و در دسترس قرار دادن جریانات زیرسطحی برای کشاورزان مورد استفاده قرار می‌گیرد (Nilsson، 1988).

۱-۲- پیشینه بند زیرزمینی در ایران

تکنولوژی احداث و بهره برداری از بندهای زیرزمینی در کشور ما از نظر قدمت نظیر حفر قنوات است. استفاده از بندهای زیرزمینی در ایران دارای سابقه تاریخی است. نمونه هایی از آنها در کاشان و اصفهان بمنظور ذخیره آب و افزایش آب قنات به انجام رسیده است. استفاده از این نوع بندها به عصر صفویه بر می گردد که برای افزایش آب مادر چاه قنوات وزوان در میمه اصفهان، آب سایر قنات‌ها توسط این بندها به مادر چاه منحرف می شد (صفی نژاد و دادرس، ۱۳۷۹). بدین صورت که دریچه‌های این بند در فصل زمستان که آب هدر می‌رود بسته می‌شود و در فصل خشک (تابستان) که آب زیرزمینی کاهش پیدا می‌کند دریچه‌ها از بالا به پایین باز می‌شود تا به گالری قنات بریزند.

استفاده از بندهای زیرزمینی در قنوات می‌تواند باعث ذخیرهٔ آب قنوات در بالادست و افزایش آبدهی آن‌ها در فصول خشک باشد. این ایده در کاشان و اصفهان به طور موفقت آمیزی استفاده شده است. بندهای زیرزمینی قبلاً در سایر نقاط ساخته شده که به گفته دست‌اندرکاران نتایج مثبتی داشته، ولی هیچ‌گونه گزارشی از مشخصات و نحوهٔ اجرا و بهره‌برداری از آنها ارائه نشده است. بندهای زیرزمینی احداث شده نظیر قنات وزوان در منطقه میمه اصفهان (۳ بند زیرزمینی) و بند زیرزمینی کهنوج کرمان از آن جمله می باشند.

همزمان با پیشرفت‌های سایر کشورهای جهان فعالیت‌های جدیدی در احداث بندهای زیرزمینی در ایران آغاز شد، اما به صورت گسترده پیگیری نشد. در سال ۱۳۷۰ گروهی از کارشناسان شرکت مشاوره مهندسی سن یو ژاپن برای بررسی زمینه‌های همکاری در صنعت آب به ایران آمدند. از جمله موارد پیشنهاد شده، توجه به بندهای زیرزمینی در برنامه‌ریزی منابع آب کشور، بویژه در مناطق خشک و کویرهای مرکزی ایران بود. علاوه بر این یک طرح مقدماتی برای تلفیق قنات و بندهای زیرزمینی توصیه شد (سلیمانی، ۱۳۸۶). موقعیت بخش‌هایی از ایران، نظیر استان‌های خراسان و سمنان برای احداث این نوع بندها مناسب است. اولین پروژه ساخت بند زیرزمینی خاکی در منطقه کندر کهنوج در سال ۱۳۷۰ به

منظور تامین آب یک شهرک مسکونی توسط وزارت جهاد سازندگی وقت طراحی شد. این بند با طول ۴۰ متر و ارتفاع ۱۲ متر در شیب ۴٪ با هسته رسی ساخته شد که حجم آن حدود ۱۰۰۰ متر مکعب بود (امینی زاده بزنجانی، ۱۳۷۹). هم اکنون چندین بند زیرزمینی در ایران ساخته شده از جمله می‌توان به کوهزر دامغان، سفید دشت شهر کرد، چلکرود رامسر، صوفی ماکو در آذربایجان غربی، خرانق یزد و چنداب گرمسار اشاره کرد.

یک نمونهٔ آزمایشی بند زیرزمینی در قالب طرح تحقیقاتی با حمایت امور پژوهشی وزارت نیرو و پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری در روستای بهورد سمنان واقع در حوزه آبخیز چنداب به اجرا در آمده است. گزارش نهایی ارائه شده آن اولین سند مکتوب درباره نحوهٔ مطالعه و اجرای این نوع طرح‌ها می‌باشد.

دومین طرح آزمایشی بندهای زیرزمینی در روستای کوهزر از توابع شهرستان دامغان به اجرا درآمده است. هدف از اجرای این طرح جبران بخشی از آب مورد نیاز روستای ۲۵۰ خانواری کوهزر برای شرب و در صورت امکان کشاورزی بود. مکانیابی محل اجرای این پروژه ها در سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۸۰ انجام گرفته و طی سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۲ طراحی و اجرای پروژه ها را به انجام رسیده است. این پروژه ها بمنظور ارزیابی و بررسی کارایی بندهای زیرزمینی در تامین آب مناطق خشک و نیمه خشک انجام شده و هر دو پروژه و بویژه پروژه منطقه کوهزر موفقیت آمیز بوده و کارایی بندهای زیرزمینی را در جهت تامین آب سالم و بهداشتی برای اینگونه مناطق به اثبات رسانیده اند. استفاده از بندهای زیرزمینی هم‌اکنون به طور موفقیت‌آمیزی در جهت حل مشکل تامین آب سالم و بهداشتی در کشور، مورد نظر قرار گرفته و به اجرا درآمده‌است.

۱-۳- معرفی وضع موجود

هم اکنون پروژه شناسایی، مکانیابی اولیه، مطالعه و طراحی (در حال انجام) ۲۲ محدوده پتانسیل در استان های فارس(۷ بند شامل اسلام آباد، پسبند لامرد و...)، کرمان (۴ بند شامل راین و...)، سمنان (۲ بند شامل کلوشیمی و آبخوری)، اصفهان (۲ بند شامل ماست بندی و مهرآباد)، کهکیلویه بویراحمد (بند تنگ نایاب)، قزوین (بند خاگینه)، آذربایجان شرقی (۱ بند)، خراسان جنوبی (۲ بند شامل بشیران و ریخوند) و خراسان رضوی (۲ بند شامل حسین آباد بجستان و سنگانه) توسط پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری در حال انجام می باشد.

جدول ۱. نمونه هایی از بندهای زیرزمینی در ایران

مکان	شروع	پایان	هدف	وضعیت
بندزیرزمینی پاکدشت ورامین	۱۳۸۰	۱۳۸۳	تأمین آب (ایجاد منابع آبی کوچک)	در حال بهره برداری
بندزیرزمینی کوهزر دامغان	۱۳۸۱	۱۳۸۳	تأمین آب (ایجاد منابع آبی کوچک)	در حال بهره برداری
بند زیرزمینی تویه درودار دامغان	۱۳۸۳	۱۳۸۳	تأمین آب (ایجاد منابع آبی کوچک)	در حال بهره برداری
بند زیرزمینی حرمک کرمان	۱۳۸۴	۱۳۸۵	تأمین آب (ایجاد منابع آبی کوچک)	در حال بهره برداری
بندزیرزمینی راور کرمان	۱۳۸۲	۱۳۸۶	تأمین آب (ایجاد منابع آبی کوچک)	احداث شده
بندزیرزمینی خرانق یزد	۱۳۸۲	۱۳۸۶	تقویت و مدیریت منابع آب (قنات)	در حال بهره برداری
بندزیرزمینی صوفی ماکو	۱۳۸۲	۱۳۸۶	تقویت و مدیریت منابع آب (قنات)	در حال بهره برداری
بندزیرزمینی گلستان (مشهد)	۱۳۸۳	۱۳۸۶	تقویت و مدیریت منابع آب (چشمه)	اتمام مطالعات
بند زیرزمینی سطوه-بیدستان	۱۳۸۸	--	تأمین آب (ایجاد منابع آبی کوچک)	اتمام طراحی
بند زیرزمینی توچاهی	۱۳۸۸	-	تأمین آب (ایجاد منابع آبی کوچک)	اتمام مطالعات

تامین آب در منطقه کوهزر دامغان که تا قبل از اجرای بند زیرزمینی بعلت کمبود آب اکثرمردم روستاها تحت پوشش کمیته امداد امام خمینی بوده اند، ترویج بندهای زیرزمینی در بین مردم و ارکان دولتی دخیل در تامین و محافظت از آب و اجرا و یا پیشنهاد چند مورد در نقاط مختلف، تحویل بندهای کوهزر و پلدشت به امور آب و فاضلاب به درخواست آنها به منظور تامین آب شرب و رفع مشکل تامین آب شرب در شهرک عشایری در طرح اسکان عشایر در کهنوج کرمان تنها نمونه های کوچکی از دلایل موفقیت احدا ث اینگونه بندها بشمار می‌روند.

پیش نویس –غیر قابل استناد

فصل ۲

تهیه و تدوین معیارها و شرایط لازم در مکانیابی بندهای زیرزمینی

پیش نویس - غیر قابل استناد

۲- فصل دوم ـ تهیه و تدوین معیارها و شرایط لازم در مکانیابی بندهای زیرزمینی

۲-۱- شرایط و ضوابط انتخاب محل های مناسب احداث بندهای زیرزمینی به شرح ذیل می باشد:

- بررسی اولیه

بررسی و انتخاب مکان های دارای شرایط مناسب برای احداث بندهای زیرزمینی، ضروری می باشد. این بررسی با استفاده از تصاویر ماهواره ای، عکسهای هوایی، نقشه های توپوگرافی، زمین شناسی و بررسی‌های اولیه در خصوص مشکلات کم آبی، شرایط اقتصادی و اجتماعی بهره برداران صورت می گیرد که در ادامه تشریح می گردد. در رابطه با بررسی و مکان یابی اولیه باید به موارد زیر توجه نمود:

- شرایط لازم در انتخاب مکانهای مناسب برای احداث بندهای زیرزمینی

معمولاً قسمت‌های باریک (تنگه) و کم شیب (حداکثر۵٪-۴٪) آبراهه‌های قدیمی و یا رودخانه‌های فصلی که دارای آبرفت درشت‌دانه با ضخامت مناسب حداقل ۵-۴ متر (نیلسون، ا. ۱۹۸۷) و سنگ بستر غیر قابل نفوذ هستند برای اجرای طرح احداث بندهای زیرزمینی مناسب می‌باشد.

- خصوصیات مکانی

شرایط لازمی که باید در مناطق احداث بندهای زیرزمینی مورد توجه قرار گیرند به شرح ذیل می باشد:

ضرورت:

- زمانی که نوسانات فصلی سطح آب زیرزمینی در منطقه زیاد است.
- زمانی که کیفیت آب زیرزمینی منطقه رو به کاهش می باشد (تیپ پیشگیری از نفوذ آب شور) و در مناطقی که آب شیرین به سوی کویر سرازیر می شود.

عملکرد: تشکیل مخزن با حجم ذخیره‌ای زیاد در بالادست (دره عریض یا آبرفت با ضخامت زیاد)

کارایی: به حداقل رساندن منطقه آب بند (انتخاب محور بهینه)

بطور کلی، آب بند باید در جایی احداث شود که دره با بستر آبرفتی و مصالح متخلخل و نفوذپذیر وجود دارد. قسمتهای بالای مخروط افکنه ها دارای چنین شرایطی می باشند.

اگر تأکید زیادی بر روی عملکرد وجود دارد، مکانهای با آبخوان های دارای ضخامت زیاد یا مکان های دارای آبخوان های باریک اما طولانی، ایده آل می باشند.

انواع خاک دارای تخلخل زیاد که قادر به نگهداری حجم زیادی از آب می باشند، شامل لایه گراولی آبرفتی، سنگهای آهکی و آتشفشانی، مناسبند.

دره با بستر آبرفتی (آبخوان های رودخانه ای) باید دارای خاکی یکدست باشد، ضخامت آبرفت مناسب بوده، جنس آبرفت متخلخل و نفوذپذیر و سنگ کف در آن بالا نباشد.

در مرحلهٔ انتخاب جایگاه مناسب برای احداث یک بند زیرزمینی بایستی به موارد زیر نیز توجه نمود:

- بررسی تشکیلات زمین‌شناسی بالادست بند، تکیه‌گاه‌ها و گسلها بطور دقیق و حصول اطمینان نسبت به نفوذپذیری و قابلیت ذخیره رسوبات بستر
- عدم وجود رواناب سطحی در اکثر فصول سال

- توجه به امکانات و برقراری تأسیسات بهره‌برداری از آب در مکان مورد نظر جهت احداث بند زیرزمینی (از طریق چاه، قنات و.... که بستگی به شرایط خاص منطقه دارد).
- بازدهی استحصال آب زیرزمینی در پایین دست، با احداث بند
- کیفیت شیمیایی آب زیرزمینی (میزان املاح موجود در رواناب و جریانات زیرسطحی در آبراهه‌ها مهم می-باشد).
- نزدیکی به مناطق مصرف آب
- در دسترس بودن منابع قرضه

* بطور کلی مهم‌ترین عامل در انتخاب مکان احداث بند زیرزمینی، جنس سنگ بستر غیر قابل نفوذ می‌باشد.

ویژگیهای توپوگرافی مکانهای دارای آبخوانهای فعال که می توانند ظرفیت کافی مخزن را مطابق با شرایط برآورده سازند، در جدول زیر آمده است:

جدول ۲. ویژگیهای توپوگرافیکی مناسب برای احداث بندهای زیرزمینی

ویژگیهای توپوگرافیکی		تیپ بند مخزنی	تیپ پیشگیری از نفوذ آب شور
منطقه کوهزایی	غرق دره		*
	بالادست مخروطه افکنه ها	*	*
	کارست	*	
قاره های پایدار	وادی	*	
	کارست	*	

۲-۲- روند بررسی اولیه جهت انتخاب مکانهای مناسب

- قبل از تهیه یک M/P (برنامه جامع)، بایستی در رابطه با این که آیا احداث بندهای زیرزمینی به منظور صرفه جویی در زمان و افزایش بازدهی، مناسب و مقتضی است یا خیر، تصمیم‌گیری شود.
- تهیه داده‌های جامع برای احداث بند زیرزمینی، حتی زمانی که یک پروژه نابهنگام مورد نظر می باشد موضوع قابل توجهی در سطح ملی بوده و با توجه به پیش بینی افزایش تقاضا در آینده، ضروری است.

روش‌های انتخاب مکانهای مناسب جهت احداث بندهای زیرزمینی

- بررسی هیدرولوژیکی و زمین شناسی
- انتخاب تعداد نسبتاً زیادی جایگاه پیشنهادی از مناطق وسیع برای احداث بندهای زیرزمینی
- معیارهای مطرح در اینجا باید سه شرط لازم (ضرورت، عملکرد و کارایی) را محقق نمایند که قبلاً شرح داده شد. جزئیات ارزیابی ها در زیر آمده است:

(۱) جمع آوری و آنالیز داده های زمین شناسی موجود

- بررسی ویژگیهای مکانی از نقطه نظر عملکرد و کارایی در هر یک از مکان های پیشنهادی
- جمع آوری داده ها شامل نقشه های زمین شناسی

(۲) جمع آوری و آنالیز داده های توپوگرافیکی موجود

پیش نویس - غیر قابل استناد

- بررسی ویژگیهای مکانی از نقطه نظر عملکرد و کارایی در هر یک از مکان های پیشنهادی
- جمع آوری داده ها شامل نقشه های توپوگرافی، بررسی عکس های هوایی و تفسیر عکس های هوایی و بررسی تصاویر ماهواره ای (استفاده از تکنیکهای RS & GIS)

(۳) گردآوری و آنالیز داده های هواشناسی و هیدرولوژیکی

- این مرحله به منظور تأیید ضرورت احداث بند زیرزمینی انجام می شود.
- داده هایی که باید گردآوری گردند شامل داده های بارش، آبدهی رودخانه، سطح آب زیرزمینی و کیفیت آب می باشند.
- جمع آوری تنها داده های موجود مورد نیاز است (ترجیحاً داده های حداقل ۱۰ سال گذشته).
- موارد مورد آنالیز شامل نوسانات سطح آب زیرزمینی (فصلی و سالیانه) و تخریب کیفیت آب می باشند.

• بررسی اولویت

اولویت بندی مناطق انتخاب شده بر اساس ضوابط اشاره شده در بالا باید بر مبنای پتانسیل توسعه منابع آبی منطقه انجام شود.

(۱) بررسی کشت و زرع

- امکان سنجی احیای تولیدات کشاورزی بر پایه شناخت کلی بدست آمده از الگوهای کشت محلی (با فرض اینکه منابع آبی در دسترس می باشند)
- این مرحله با هدف تأیید اهمیت احداث از نقطه نظر منافع عمومی صورت می گیرد.
- داده هایی که باید جمع آوری شود، شامل گزارشات پایه و آمار و مطالعات موجود، آمار و اطلاعات زراعی و نقشه های پوشش گیاهی می باشد.

(۲) شناسایی الگوهای کاربری آب و کاربری اراضی

در این رابطه باید موارد زیر مورد بررسی قرار گیرند:

- تعیین توزیع سطحی کاربری آب (شرب، کشاورزی و...)
- مقایسه و بررسی روشهای مختلف توسعه منابع آبی ضمن توجه به رابطه مکانی بین منطقه ذینفع و منابع آبی

* تبصره: همانگونه که در بخش بررسی اولویت توضیح داده شد داده هایی که باید جمع آوری گردند شامل آمار مرتبط با الگوی بهره برداری از آب، کاربری اراضی، نقشه ها و گزارشاتی پیرامون پروژه های توسعه منابع آبی می باشند (پروژه های قبلی و آتی).

- استفاده از داده های هواشناسی و هیدرولوژیکی از پیش جمع آوری شده بعنوان یک مرجع

(۳)شناسایی و بازدید اولیه از مکان

در صورتی که نیاز به تکمیل موارد (۱) و (۲) می باشد، بازدید اولیه مورد نیاز است.

جدول۳. روند بررسی های صورت گرفته جهت انتخاب مکانهای مناسب

موضوع بررسی	جزئیات	چگونگی اخذ داده ها
انتخاب مکانهای مناسب احداث انتخاب مکانهای دارای خصوصیات مکانی مناسب احداث بندهای زیرزمینی تأیید ضرورت احداث (تغییرات فصلی و سالانه	بررسی های هیدرولوژیکی و زمین شناسی (۱)داده های توپوگرافیکی و زمین شناسی نقشه های توپوگرافی، زمین شناسی و عکس های هوایی	خریداری داده های منتشر شده و تحت نظارت دفتر مدیریت اطلاعات جغرافیایی خریداری آمارهای منتشر شده و تحت نظارت

پیش نویس غیر قابل استناد

در محیط آبخوان) پتانسیل های احداث بررسی امکان احیای کشاورزی و اهمیت احداث بررسی مقایسه ای روشهای توسعه منابع آبی	(۲)داده های هواشناسی و هیدرولوژیکی بارش، تغذیه رودخانه، سطح آب زیرزمینی و کیفیت آب بررسی اولویت (۱)بررسی های زراعی آمار و اطلاعات زراعی، نقشه های پوشش گیاهی و نقشه های خاک (۲) بررسی کاربری آب و کاربری اراضی آمار کاربری آب و نقشه های کاربری اراضی (۳) شناسایی و بازدید اولیه مکان	دفتر مدیریت اطلاعات جغرافیایی اخذ گزارشات ارائه شده توسط دفتر مدیریت منابع آب اخذ داده های ایستگاه هواشناسی خریداری آمارها و گزارشات منتشر شده توسط یک نهاد اجرایی محلی خریداری نقشه های منتشر شده و تحت نظارت دفتر مدیریت اطلاعات جغرافیایی بازدید مکانی اخذ گزارشات و داده ها از سایر نهادهای محلی داده های تکمیلی

۲-۳- بررسی مکانی

در این قسمت، روشی جهت بررسی مناطق مستعد احداث بند زیرزمینی که از طریق ارزیابی اولیه انتخاب گردیده اند، پیشنهاد می گردد. بر اساس بررسی های صورت گرفته در مناطق انتخاب شده، "ارزیابی اثرات احداث بند زیرزمینی" و "برنامه اجرایی بند زیرزمینی" در این مرحله مورد بررسی قرار می گیرند.

۲-۳-۱- موارد مطالعاتی

- در اینجا مناطق انتخاب شده در بررسی های اولیه مورد هدف می باشند.
- بررسی مکانی، اطلاعات ضروری جهت طرح ریزی M/P (برنامه جامع) را فراهم می نماید.
- سازماندهی آیتم های مطالعاتی

• موقعیت منابع آبی

- محور بند زیرزمینی را باید با توجه به ظرفیت مخزن و کارایی آب بند، مشخص و تعیین نمود.
- در صورت نیاز، باید یک منبع آبی کمکی پیشنهاد نمود.

• بررسی تأسیسات

در این رابطه موارد زیر مورد بررسی قرار می گیرند:

- بررسی روش های عملی احداث دیوار آب بند و مشخص نمودن اعماق حد بطور واضح
- طراحی یک دیوار آب بند برای برآورد تقریبی ابعادی نظیر ارتفاع و طول بند
- بررسی و در نظر گرفتن تأسیسات ضروری مانند چاهها و کانال ها جهت استحصال و توزیع آب علاوه بر دیوار آب بند
- بررسی حجم و کیفیت مصالح و تدارکات در هر یک از تأسیسات

* ارزیابی باید بگونه ای صورت گیرد که مقدار خطا در هر یک از تأسیسات در محدوده ۲۰ تا ۲۵٪ قرار گیرد.

پیش نویس - غیر قابل استناد

* چنانچه از مصالح محلی در احداث دیوار آب بند استفاده می شود، آزمایشات مورد نیاز بر روی مصالح شامل نفوذپذیری، تراکم پذیری، تعیین درصد املاح شیمیایی، تعیین حدود آتربرگ و طبقه بندی مصالح باید صورت گیرد.

- مقدار آب قابل استحصال

در مورد مقدار آب قابل استحصال موارد زیر مورد توجه و بررسی قرار می گیرند:

- محاسبه مقدار آب قابل استحصال در هر روز با فرض مقدار آبگیری مداوم و ثابت آب
- خطا ترجیحاً باید در حدود ۲۰ تا ۲۵٪ باشد.

- روش آبرسانی و توزیع

- برآورد و پیش بینی امکان آبرسانی بطور تقریبی و از روی مقدار آب قابل استحصال
- برآورد و پیش بینی اثرات آبرسانی بویژه در رابطه با بازدهی و تولیدات کشاورزی

هزینه های پروژه: هزینه های پروژه باید برآورد گردند.

تغییرات زیست محیطی: تغییرات زیست محیطی آب ناشی از احداث دیوار آب بند و توزیع آن را به سمت مناطق مورد بهره داری باید پیش بینی نمود.

۲-۴- روند بررسی

موارد ذکر شده در زیر، موارد ضروری مورد بررسی می باشند که آیتم های مطالعاتی ارائه شده در بخش قبلی را مورد توجه و بررسی قرار می دهند.

۲-۴-۱- بررسی های توپوگرافیکی و زمین شناسی

این ارزیابی ها با هدف بررسی توپوگرافی بازه مورد نظر، توزیع و خصوصیات هیدرولیک سنگ کف و آبخوان برای تعیین "موقعیت منابع آبی" (در بخش قبل، شرح داده شد)، صورت می گیرند. همچنین این بررسی ها جهت بدست آوردن اطلاعات مورد نیاز برای "آنالیز هیدرولیکی" که بعداً شرح داده خواهد شد، مورد استفاده قرار می گیرند. اطلاعات ضروری شامل موارد ذیل می باشند:

- توپوگرافی عمومی بازه

خصوصیات آبخوان، شامل:

- چینه شناسی، تخلخل مؤثر و هدایت هیدرولیکی
- هیدرولیک سنگ کف، شامل:
- زمین شناسی، تصویر خطوط میزان منحنی (توپوگرافی) و هیدرولیک سنگ پی در منطقه آبخوان

موارد مورد بررسی عبارتند از:

(۱) بررسی توپوگرافیکی

- جمع آوری و سنجش داده های توپوگرافیکی منطقه توزیع آبخوان
- تهیه یک نقشه توپوگرافیکی (با مقیاس حدود ۱:۵۰۰۰)

(۲) کاوش فیزیکی برای برآورد ضخامت آبرفت، سطح آب زیرزمینی، جنس سنگ کف

- کاوش الکتریکی و ارتعاشی (ژئوالکتریک) برای تخمین ضخامت آبرفت، عمق سنگ کف و خطوط هم تراز یا توپوگرافی سنگ کف در منطقه توزیع آبخوان

پیش نویس - غیر قابل استناد

* از آنجایی که بطور کلی، صحت ارزیابی قابل پیش بینی نیست، بررسی و تعیین محدوده محل محور باید در اولویت قرار گیرد.

(۳) ارزیابی با استفاده از گمانه زنی

- گمانه زنی و انجام آزمایش های نفوذپذیری صحرایی، پمپاژ و خاک بر روی نمونه مواد حفاری شده. این ارزیابی با هدف بررسی عمق سنگ کف، نفوذپذیری آبخوان و هیدرولیک سنگ پی صورت می گیرد.
- به نتایج آزمایش پس از گمانه زنی نمونه های مواد حفاری شده نباید زیاد اکتفا نمود، اما بررسی آنها حائز اهمیت است.
- اخذ اطلاعات تکمیلی در مورد هدایت هیدرولیکی و تخلخل مؤثر از طریق بررسی و مشاهدات تجربی مواد حفاری شده

۲-۴-۲- مطالعات هواشناسی و هیدرولوژیکی

این مطالعات با هدف بررسی جریان آب در بازه مورد نظر برای کسب اطلاعات مورد نیاز جهت "آنالیز هیدرولیکی" که بعداً شرح داده خواهد شد، صورت می گیرند. موارد مورد مطالعه به شرح ذیل می باشند:

❖ مطالعات هواشناسی

- اخذ داده های هواشناسی از ایستگاهی در حوزه آبخیز مورد نظر یا نزدیکی آن
- جمع آوری داده های بارش روزانه، داده های تبخیر اندازه گیری شده جهت برآورد تبخیر و تعرق، داده های طول دوره آفتابی، دما و رطوبت هوا
- جمع آوری داده‌های ترجیحاً ۱۰ سال گذشته یا بیشتر

اگر هیچ ایستگاهی در حوزه آبخیز وجود ندارد، ابزاری برای اندازه گیری و سنجش بارش نصب می شود و مشاهده و بررسی به مدت حداقل یکسال ادامه می یابد.

❖ بررسی میزان جریان آب سطحی

- جمع آوری داده های مربوط به میزان جریان مشاهده شده در رودخانه و سایر آبهای سطحی
- در صورت نیاز، تجهیزات مشاهده ای نصب شده و پایش ادامه می یابد.

مشابه با مطالعات هواشناسی، داده ها از ایستگاه موجود در منطقه (به مدت ۱۰ سال گذشته یا بیشتر) و یا از طریق تجهیزات مشاهده ای جدید (طی سال گذشته یا بیشتر)، جمع آوری می شوند.

❖ مشاهده سطح آب زیرزمینی

- بررسی توزیع سطح تراز آب زیرزمینی و نوسانات آن
- اطلاع و آگاهی از نوسانات سالانه و دوره ای سطح آب زیرزمینی ضروری می باشد.
- از چاههای حفر شده جهت پایش و بررسی سطح آب زیرزمینی استفاده می شود و مشاهده ادامه می یابد.
- چنانچه نیروی کارگر و بودجه با محدودیت مواجهند، تعداد چاههای مشاهده ای کاهش یافته و نوسانات فصلی توزیع سطح تراز آب زیرزمینی از طریق مشاهده همزمان سطح آب، چندین مرتبه در یکسال مورد بررسی قرار می گیرد.

* در مطالعات هیدرولوژی بیلان آبی حوزه تعیین می گردد. در این قسمت مقدار نفوذ در نظر گرفته می شود که بخشی از آن به آب زیرسطحی تبدیل می گردد که در مطالعات هیدرولوژی-هواشناسی (فصل ۳) باید مدنظر قرار گیرد.

پیش نویس تعمیر قابل استناد

۲-۵- بررسی کاربری آب زیرزمینی

چنانچه آب زیرزمینی به داخل آبخوان مورد نظر پمپ می شود، اطلاعاتی در مورد مقدار پمپاژ جمع آوری می‌گردد. اطلاعاتی که طی ماهها جمع آوری گردیده است برای این منظور کافی است.

اگر داده های اندازه گیری مقدار پمپاژ موجود نیست، مقدار آن با توجه به اطلاعات موجود و شاخص (منطقه آبیاری و تعداد بهره برداران) از طریق کاربران، برآورد می گردد.

- مطالعات آب

– اگر هیچ مشکلی در رابطه با کیفیت آب مانند شوری وجود ندارد، بررسی توزیع کیفیت آب ضروری می باشد. کیفیت آب در بالادست و پایین دست محل اجرای بند زیرزمینی باید بررسی گردد.
– اندازه گیری هدایت الکتریکی آب زیرزمینی، یک روش آسان جهت بررسی کیفیت آب می باشد.
– چنانچه چاههای محفوره در دست بهره برداری می باشند، نه فقط به توزیع سطح تراز بلکه به نوسانات عمودی آب نیز می توان پی برد.
– در صورت نیاز، یک نمونه آب به عنوان مرجع، آنالیز می شود.

۲-۵-۱- آنالیز هیدرولیکی

این آنالیز با هدف بیان رقومی و کمی نمودن مقدار جریان آب در حوزه آبخیز و با استفاده از اطلاعات بدست آمده از طریق "بررسی های توپوگرافیکی و زمین شناسی" و "مطالعات هواشناسی و هیدرولوژیکی" صورت می گیرد. بر اساس این مدل آنالیزی، مسیر بعدی جریان آب را همانند اثرات بند زیرزمینی، پیش بینی می نمایند که این مسئله امکان ارائه "کمیت آب قابل استحصال" و "تغییرات زیست محیطی" شرح داده شده در بخش قبلی را می دهد.

- رویکرد اصلی آنالیز هیدرولیکی

این مطالعه با هدف تجزیه و تحلیل مقدار جریانی که به طور مستقیم قابل اندازه گیری نیست و روند نوسانات آن با گذر زمان، صورت می گیرد.

ساختار مدل آنالیزی به صورتی است که مقدار ذخیره آب در اراضی حوزه آبخیز و استحصال آب، ورودی آن و "میزان جریان" و "سطح آب زیرزمینی" خروجی آن محسوب می گردند.

مقادیر خروجی بدست آمده در اینجا نباید اختلاف زیادی با مقادیر مشاهده شده و بدست آمده از طریق "مطالعات هواشناسی و هیدرولوژیکی" داشته باشند.

یک مدل آنالیزی ساده تر برای تجزیه و تحلیل بلندمدت و گسترده، ترجیح داده می شود. علاوه بر این، می توان در زمان محاسبه و هزینه بررسی صرفه جویی نمود.

به منظور ساده نمودن مدل، نباید اولویت به نزدیک بودن مقادیر محاسبه و مشاهده شده داده شود بلکه باید تشابه نسبت تغییر آنها در بازبینی صورت گرفته، در اولویت قرار داده شود.

مطالعات تکمیلی، صحت، فراوانی و کمیت داده های ضروری برای "بررسی های توپوگرافیکی و زمین شناسی" و "بررسی مشاهدات هیدرولوژیکی و هواشناسی" می توانند مدنظر قرار گیرند.

در برخی از موارد، کمیت و صحت داده ها ممکن است به ندرت، صحت تجزیه و تحلیل را تحت تأثیر قرار دهد.

در سایر موارد (یا مکان ها)، کمیت داده ها یا تناسب آنها ممکن است قطعاً ناقص یا با کمبود مواجه باشند.

پیش نویس - غیر قابل استناد

مدل آنالیزی از طریق تجزیه و تحلیل در دو مرحله، ساده می شود. " آنالیز بیلان آبی" برای بررسی تقریبی جریان آب در حوزه آبخیز انجام می شود و "آنالیز جریان آب زیرزمینی" جریان آب در منطقه توزیع آبخوان را مورد تجزیه و تحلیل قرار می دهد.

(۲) آنالیز بیلان آبی

- ساخت یک مدل عددی (مدل سری مخزن) جهت شبیه سازی جریان آب
- محاسبه مقدار جریان ورودی آب به داخل مخزن بند زیرزمینی با استفاده از این مدل عددی و محاسبه مقدار رواناب با روش سری های زمانی

مراحل کار به صورت زیر می باشد:

حوزه آبخیز را به چندین زیرحوزه (بلوک) تقسیم می نمایند.

با استفاده از نتایج "بررسی های توپوگرافیکی و زمین شناسی" و پارامترهای آنالیز شده، یک ساختار پایه ای از معادلات طراحی می شود.

بر طبق معادلات، داده های بارش و جذب را وارد نموده و جریان ورودی و رواناب (همچنین سطح آب زیرزمینی در منطقه توزیع آبخوان) از طریق سری های زمانی، در هر بلوک، محاسبه می شود.

جدول ۴. طرح کلی مدل سری مخزن

	نفوذ عمودی	جریان افقی
توصیف مدل	نفوذ رو به پایین از سطح به داخل زمین	شکل گیری سطح آب زیرزمینی بواسطه نفوذ سطحی جریان افقی آب زیرزمینی (در محل اتصال به سایر بلوکها)
معادله اصلی جریان	V=c*S*H V= مقدار نفوذ C= ثابت نفوذ (مقدار رواناب) S= میزان ذخیره H= مقدار ذخیره مخزن	Q=K0 Q= مقدار جریان افقی آب زیرزمینی K0= هدایت هیدرولیکی اشباع آبخوان S= میانگین سطح مقطع عرضی نفوذ Hu-Hd= اختلاف سطح آب بین پایین دست و بالادست
پارامترهای مدل	رواناب سطحی، تبخیر و تعرق، هدایت هیدرولیکی، ضخامت خاک و منطقه غیراشباع	هدایت هیدرولیکی، شکل سنگ کف، و مقدار ذخیره (تخلخل مؤثر)
ورودی	بارش	مقدار آب زیرزمینی اضافه شده از طریق نفوذ عمودی از سطح
خروجی	مقدار آب زیرزمینی اضافه شده به سطح آب زیرزمینی	سطح آب زیرزمینی، مقدار جریان آب زیرزمینی و ذخیره آب زیرزمینی

مقادیر محاسبه شده در بالا با مقادیر جریان و سطوح آب زیرزمینی مشاهده شده، مقایسه می شود.

پارامترهای مربوط به تبخیر و تعرق و آبخوان (از صحت کم) وارد مدل شده و مقادیر دوباره محاسبه می شوند تا اینکه مقادیر محاسبه شده به مقادیر مشاهده شده نزدیک شود.

(۳) آنالیز جریان آب زیرزمینی

برای شبیه سازی سطح تراز آب زیرزمینی و نوسانات آن در منطقه توزیع آبخوان، یک مدل عددی (مدل دیفرانسیلی سه بعدی) ساخته می شود.

چنانچه منطقه با مشکل شوری مواجه می باشد، برای تشریح نوسان غلظت نمک، یک تابع به مدل اضافه می گردد.

طرح کلی به صورت زیر می باشد:

- پلان عرصه مورد نظر به دو شبکه مربعی با اندازه مناسب، تقسیم می شود. هر شبکه دارای چندین لایه با نفوذپذیری متفاوت می باشد.
- بر پایه نتایج بررسی های توپوگرافیکی و زمین شناسی، توپوگرافی و ارتفاع سطح مبنای آبخوان رقومی شده و یک ساختار پایه ای از معادلات، طرحریزی می گردد.
- برای پارامترهای آنالیزی، مقادیر عددی اتخاذ می شود بطوری که با پارامترهای بکار رفته در مدل سری مخزن، تضاد و تعارض نداشته باشند.
- سطح آب زیرزمینی هر شبکه از طریق میزان جریان ورودی محاسبه شده (به منطقه آبخوان) با استفاده از مدل سری مخزن، بدست می آید. در منطقه مواجه با مشکل شوری، غلظت نمک محاسبه می شود.
- مقادیر محاسبه و مشاهده شده با یکدیگر مقایسه می شوند.
- با استفاده از پارامترهای مرتبط با آبخوان، مقادیر دوباره محاسبه می شوند تا زمانی که مقادیر محاسبه شده به مقادیر مشاهده شده نزدیک گردند.

(۴) محاسبه برآوردی

با استفاده از مدل جریان آب زیرزمینی فوق الذکر (مدل دیفرانسیلی سه بعدی)، تغییرات زیست محیطی آب که ناشی از احداث بند زیرزمینی است، پیش بینی می شود.

هدایت هیدرولیکی را در جایی که دیوار آب بند احداث می شود، به طرف یک کمیت کوچک قرار داده و مقادیر دوباره محاسبه می شوند. در صورت نیاز، چندین مدل برای هدایت هیدرولیکی تنظیم شده و محاسبات دوباره مورد آزمون قرار می گیرند.

با فرض مقدار آبگیری ثابت در مخزن بند زیرزمینی، مقدار آبگیری ممکن را محاسبه نمائید.

(۵) مطالعه و بررسی برنامه عملیاتی احداث بند زیرزمینی

یک برنامه عملیاتی برای به حداکثر رساندن اثرات طراحی بند زیرزمینی مورد بررسی قرار می گیرد. در این رابطه موارد زیر مورد بررسی قرار می گیرد:

- تنظیم و اصلاح مقدار تغذیه مخزن بند زیرزمینی
- برنامه ریزی پمپاژ سالانه آب زیرزمینی
- مکان و مقدار استحصال آب (سانتی متر/روز/مکان)

۲-۵-۲- امکان سنجی احداث بند زیرزمینی

طرح ساخت تأسیسات با ملاحظه دقیق و همه جانبه دیوار آب بند، تأسیسات استحصال آب و تأسیسات توزیع از نقطه نظر "تکنولوژی احداث سازه" و "مقدار آب قابل استحصال" مورد بررسی قرار گرفته و برنامه بهره برداری از آب برای تعیین و بررسی "مطالعات تأسیسات" و "روش آبرسانی و توزیع" و "هزینه های پروژه" که در بخش قبلی توضیح داده شد، مورد مطالعه قرار می گیرند. فن ساخت دیوار آب بند باید در "بررسی اولیه" مورد مطالعه قرار گیرد چرا که حد و مرز عمق سازه نیز باید محرز و مشخص باشد.

بررسی تکنولوژی احداث

"تکنولوژی احداث تأسیسات" شامل دیوار آب بند، تأسیسات آبگیر، و تأسیسات توزیع را مورد مطالعه قرار داده و نکات زیر را بررسی نمایید:

- عمق حد سازه دیوار آب بند و تأسیسات آبگیر

پیش نویس - غیر قابل استناد

- محدوده توزیع (روابط مکانی مانند اختلاف از سطح دریا)
- امکان سنجی بهره برداری و مدیریت تأسیسات توسط بهره برداران

(۲) بررسی طرح توسعه مزارع روستایی

- محدوده مناسب توزیع با توجه به "مقدار آب قابل استحصال" مشخص می گردد.
- کاربری اراضی و کشت گیاهان در محدوده فرض شده مورد بررسی قرار می گیرد.
- برای طرح های عملی، مناسب و مداوم، موارد زیر انجام می شود:
- بررسی و تحقیقات مزرعه ای
- بررسی تعداد خانوارهای مزرعه
- بررسی ابعاد مزرعه
- بررسی سیستم کشت
- بررسی درآمد حاصل از مزرعه
- بررسی کاربری اراضی

نقشه مناطق در حال کشت، نوع تولیدات و کاربری اراضی بصورت فصلی بررسی می شوند.

- بررسی کاربری آب

مقدار آب مصرفی از هر یک از منابع آبی به همراه نوع کاربری های فصلی (شرب، کشاورزی و...)، مورد مطالعه قرار می گیرند.

- بررسی تقاضامندی

اهداف و نیت کشاورزان از طریق توزیع پرسشنامه مورد بررسی قرار می گیرد.

برنامه ریزی اساسی جهت توسعه مزارع روستایی

با در نظرگرفتن موارد زیر، یک برنامه ریزی اساسی صورت می گیرد:

- نگهداری و مدیریت تأسیسات آبیاری

برای بهره برداری کارآمد و عادلانه، حفاظت و مدیریت تأسیسات آبیاری، یک مؤسسه و واحد مدیریت آب، طرح ریزی می شود.

اگر واحد یا موسسه مشابهی پیش از این وجود داشته است، مطابق با برنامه توزیع، اصلاح و مورد بازنگری قرار می گیرد.

- حفظ توان تولیدی اراضی و استقرار پوشش گیاهی

برای برنامه ریزی عملی و مناسب برای حفظ چرخه عناصر غذایی و حاصلخیزی اراضی، روابط موجود بین کشاورزی، مزرعه دامپروری (با استفاده از نیرو و کود دامی)، جنگل- زراعی و شیلات مورد بررسی قرار می گیرد.

- بررسی و بازنگری سیستم پشتیبانی از زارع

- حتی المقدور معرفی محصولات و تولیدات متنوعی که به بازار فروش می رسند، بمنظور افزایش بازدهی بهره وری از اراضی
- تأسیس یک واحد تولیدات کشاورزی برای پشتیبانی از کشاورزان و ترویج وحدت منطقه ای

پیش نویس - غیر قابل استناد

- بازنگری در سیستم های توزیع و فروش
- جهت ارتقاء فرآیند تولیدات کشاورزی و توسعه یک مجموعه تولیدی و سیستم حمل کالا مطالعات و بررسی هایی صورت می گیرد.
- ترجیحاً مراکز تجاری و مراکز مصرف، نزدیک می باشند.

(۳) برنامه ریزی پروژه

- با در نظر گرفتن تمام موارد بالا، طرح آماده سازی تأسیسات ضروری مورد مطالعه و بررسی قرار می گیرد.
- برنامه کلی پروژه تهیه می شود.
- هزینه های احداث بطور تقریبی برآورد می گردد.

پیش نویس – غیر قابل استناد

جدول ۵. فرآیند بررسی مکانی

موضوع مطالعه	محتوای بررسی	اطلاعات مرجع
موقعیت منابع آبی	ارزیابی های توپوگرافیکی و زمین شناسی بررسی توپوگرافیکی مجموعه ای از نقشه های توپوگرافیکی موجود و نقشه برداری توپوگرافیکی (مقیاس ۱:۵۰۰۰) از منطقه توزیع آبخوان کاوش فیزیکی طراحی هیدرولیک سنگ پی ارزیابی با استفاده از گمانه زنی طراحی هیدرولیک سنگ پی و نفوذ پذیری آبخوان و مطالعات هواشناسی و هیدرولیک سنگ پی	خریداری نقشه های توپوگرافیکی منتشر شده و تحت نظارت دفتر مدیریت اطلاعات جغرافیایی دستورالعمل هایی از طریق سازمان ها یا نهادهای رسمی وضع می گردد. نقشه برداری توپوگرافیکی کاوش فیزیکی ارزیابی با استفاده از گمانه زنی خریداری آمارهای منتشر شده توسط دفتر مدیریت اطلاعات جغرافیایی
	بررسی های هواشناسی و هیدرولوژیکی مطالعات هواشناسی مجموعه ای از داده های بارش روزانه، تبخیر، دما، رطوبت هوا و بارش مشاهده شده ۲) بررسی مقدار جریان آب سطحی جمع آوری داده ها و مشاهده مقدار جریان رودخانه ۳) مشاهده سطح آب زیرزمینی مشاهده مستمر و اندازه گیری مقدار آب بررسی کاربری آب زیرزمینی بررسی آب اندازه گیری هدایت الکتریکی و...	اخذ گزارشات ارائه شده توسط دفتر مدیریت منابع آب اخذ داده های ایستگاه هواشناسی ارزیابی مطالب گزارش شده نصب تأسیسات و سنجش گرهای مشاهده ای جدید مشاهده بارش روزانه مشاهده سطح آب زیرزمینی و... دستورالعمل هایی از طریق سازمانها یا نهادهای رسمی وضع می گردد.
	آنالیز هیدرولیکی ۱) آنالیز بیلان آبی برآورد بیلان آبی با استفاده از مدل سری مخزن ۲) آنالیز جریان آب زیرزمینی بازسازی هیدرولیکی با مدل دیفرانسیلی سه بعدی ۳) محاسبه برآوردی	
تغییرات زیست محیطی	تغییرات زیست محیطی و مقدار آب قابل استحصال ۴) مطالعه برنامه عملیاتی بند زیرزمینی	
مقدار آب قابل استحصال	امکان سنجی احداث بند زیرزمینی	خریداری آمار و اطلاعات، گزارشات، نقشه ها، و اطلاعات و منابع مرجع منتشر شده و تحت نظارت سازمان های اجرایی دولتی و منطقه ای
روش تأمین و توزیع هزینه های پروژه	۱)بررسی تکنولوژی احداث ۲)مطالعه طرح توسعه مزارع روستایی ۳) برنامه ریزی پروژه: آماده سازی تأسیسات و طرح ریزی کلی پروژه	بررسی گزارشات

پیش نویس غیر قابل استناد

پیش نویس – غیر قابل استناد

فصل ۳

تهیه و تدوین شاخص های مطالعاتی برای احداث بندهای زیرزمینی

پیش نویس - عبرعامل استاد

۳- فصل سوم ـ تهیه و تدوین شاخص های مطالعاتی برای احداث بندهای زیرزمینی

۳-۱- مطالعات اقتصادی، اجتماعی

۱-۱- بررسی تعداد افراد ساکن، تشکل های مردمی، دام منطقه، تعداد و نوع صنایع، وسعت زمین های کشاورزی و نوع محصولات و پراکنش آنها در منطقه طرح

۱-۲- بررسی وضعیت نیاز آبی منطقه در شرایط فعلی و تخمین نوع مصارف (با دید اقتصادی و تاثیرات اجتماعی)

۱-۳- بررسی وضعیت تامین آب منطقه به تفکیک مصارف و مشکلات موجود (با دید اقتصادی و تاثیرات اجتماعی) و تعیین میزان کمبود آب مصرفی در پایین دست بند

۱-۴- بررسی و برآورد ارزش اقتصادی آب مورد نیاز مصارف مختلف در منطقه

۱-۵- بررسی میزان استقبال و آمادگی اهالی محلی و عشایر جهت مشارکت در اجرای پروژه

۱-۶- بررسی امکان توسعه اراضی کشاورزی در پایین دست محور بند

۳-۲- مطالعات فیزیوگرافی

- تعیین مرز و مساحت حوزه بالادست محل بند و تعیین پارامترهای فیزیوگرافی
- تعیین موقعیت بازه و آبراهه اصلی به همراه مرز حوزه بالادست بر روی نقشه توپوگرافی یا زمین شناسی یا تصاویر ماهواره ای و استخراج نقشه حوزه آبخیز با استفاده از نقشه های توپوگرافی رقومی ۱:۵۰۰۰۰
- استخراج و تعیین مساحت، محیط، طول و شکل حوزه
- تعیین شیب طولی آبراهه اصلی در محدوده مخزن بند
- میانگین ارتفاع حوزه
- استخراج نقشهٔ شبکهٔ آبراهه هاورتبه بندی به روش استرالر
- تعیین تراکم زهکشی
- استخراج نقشه هیپسومتری و تعیین ارتفاع متوسط وزنی
- تعیین وضعیت شیب حوزه مورد مطالعه و استخراج نقشه شیب حوزه
- استخراج نقشهٔ جهت شیب منطقهٔ طرح
- تعیین زمان تمرکز

۳-۳- مطالعات هیدرولوژی – هواشناسی

۳-۱- شناسایی ایستگاه های هواشناسی و هیدرومتری در حوزه آبریز و ایستگاههای مجاور حوزه و جمع آوری آمار و اطلاعات اقلیمی موجود و مرتبط

۳-۲- جمع آوری اطلاعات مربوط به ریزش های جوی سالانه با استفاده از اطلاعات آماری ایستگاههای هواشناسی منطقه

۳-۳- جمع آوری داده های ایستگاههای هیدرومتری و اندازه گیری جریان

۳-۴- بررسی کیفیت و همگنی آماری ایستگاههای هواشناسی و هیدرومتری و تصحیح آمارهای مشکوک و حذف آنها و انتخاب یک دوره پایه آماری

پیش نویس غیر قابل استناد

۳-۵- بررسی وضعیت پراکنش بارش از لحاظ مکانی و زمانی در سطح حوزه
۳-۶- محاسبه درجه حرارت متوسط، حداقل و حداکثر سالانه با استفاده از اطلاعات آماری ایستگاههای هواشناسی منطقه
۳-۷- بررسی وضعیت پتانسیل تبخیر و تعیین گرادیان تبخیر با استفاده از اطلاعات آماری ایستگاههای هواشناسی منطقه
۳-۸- تخمین رواناب و سیلاب و برآورد آبدهی و ضریب رواناب در سطح زیر حوزه های منتهی به محل بند
۳-۹- بررسی وضعیت برف و ذوب برف در حوزه
۳-۱۰- بررسی پتانسیل آبدهی و بیلان آبی حوزه منتهی به محل بند
۳-۱۱- محاسبه بیلان هیدرولوژیکی و تخمین جریان زیر سطحی در آبراهه مورد نظر براساس شواهد و اطلاعات موجود

۳-۴- مطالعات زمین شناسی عمومی منطقه

۳-۴-۱- ترسیم مرز و شبکه آبراهه حوزه و محل محور بند بر روی نقشه زمین شناسی موجود و یا بر روی تصاویر ماهواره ای یا عکس های هوایی
۳-۴-۱-۱- مطالعه سازنده های زمین شناسی و واحدهای لیتولوژیکی رخنمون یافته در سطح حوزه و در طول آبراهه اصلی و تعیین مساحت بیرون زدگی هر یک از آنها در سطح حوزه و در طول آبراهه اصلی
۳-۴-۲- بررسی جایگاه زمین شناسی حوزه مورد نظر در تقسیمات زمین شناسی و زمین ساختی ایران
۳-۴-۳- مطالعه سازنده های زمین شناسی و واحدهای لیتولوژیکی رخنمون یافته در ساختگاه بند از لحاظ جنس، ضخامت مساحت رخنمون یافته، شیب و جهت شیب لایه‌ها، خردشدگی، گسل خردگی، انحلال پذیری، نفوذپذیری
۳-۴-۴- مطالعه زمین شناسی ساختمانی و ساختارهای زمین شناسی در سطح حوزه و در ساختگاه بند
۳-۴-۵- بررسی انطباق ساختارهای خطی نظیر گسل ها و درزه ها با روند آبراهه در محل بازه
۳-۴-۶- برآورد جنس سنگ کف، عمق هوازدگی و خرد شدگی آن
۳-۴-۷- بررسی مورفولوژی آبراهه اصلی به ویژه در محل بازه مورد نظر
۳-۴-۸- تعین سازند های مخرب کیفیت آب و آبرفت در سطح حوزه و در طول آبراهه اصلی

۳-۵- مطالعات زمین شناسی مهندسی و ژئوتکنیک

۳-۵-۱- بررسی وضعیت کلی درزه ها در ساختگاه بند از نظر جهت شیب، بازشدگی دهانه درزه، میزان و نوع پرشدگی درزه، فاصله داری و وجود آب در درزه)
۳-۵-۲- تعیین محل محور یا محورهای پیشنهادی براساس بررسی های سطحی و اطلاعات زیرسطحی بدست آمده و موجود که بتوان عمق سنگ کف و دانه بندی آبرفت را تا حدود زیادی در آن بازه برآورد نمود (با استفاده از اطلاعات حاصل از چاه های موجود و حفاری شده در محدوده بازه مورد نظر که به سنگ کف رسیده اند)
۳-۵-۳- تعیین محل پروفیل (ها) و محل برداشت سوندژهای ژئوالکتریک و محل حفر چاه (ها)

۳-۵-۴- حفر حداقل یک چاه دستی در محل خط القعر رودخانه در محور پیشنهادی به همراه نمونه برداری، تشریح نمونه ها، ثبت سطح آب زیرسطحی و تهیه لوگ چاه (در صورت امکان حفر چاه (ها) حدود ۳ متر در سنگ کف انجام گردد)

۳-۵-۵- از هر ۲ متر حفاری و همچنین در محل تغییر خاک نمونه برداری جهت دانه بندی انجام شود. با رسم منحنی های دانه بندی و رده بندی خاک، پارامترهای مربوطه از این منحنی ها استخراج و تفسیر گردد

** قابل ذکر است که ادامه حفاری و انجام مطالعات ژئوالکتریک فقط در صورتی انجام می پذیرد که براساس تشریح صحرائی نمونه ها مشخص گردد که مقدار ریزدانه آبرفت کمتر از حدود ۱۰ درصد و عمق سنگ کف در محل محور پیشنهادی کمتر از ۵ و بیشتر ار ۲۰ متر نباشد

۳-۵-۶- در صورت عدم وجود اطلاعات کافی از وضعیت سنگ کف، انجام مطالعات ژئوالکتریک در مقطع عرضی محور پیشنهادی در یک یا دو پروفیل و هر پروفیل شامل حداقل ۳ سونداژ جهت مطلع شدن از عمق حدودی آبرفت، عمق سطح آب زیرسطحی و توپوگرافی سنگ کف لازم است.

۳-۵-۷- برآورد تخمینی از آب بندی تکیه گاه ها و پی بند (بررسی ارتباط هیدرولیکی پی و تکیه گاهها با آبرفت رودخانه) با توجه به خصوصیات سنگ های تشکیل دهنده آنها و وضعیت درزه ها

۳-۵-۸- تعیین و یا برآورد پارامترهای ژئوتکنیکی آبرفت در محل محور بند با استفاده از لایه های اطلاعاتی بالا از لحاظ دانه بندی و لایه بندی آبرفت، چسبندگی و زاویه اصطکاک داخلی آبرفت، سطح آب زیرزمینی، عمق سنگ کف و حجم حدودی مخزن و مرز آن (محدوده دریاچه با در نظر داشتن این مورد که بدنه بند تا سطح زمین ادامه دارد) و آب بندی پی و تکیه گاهها

۳-۵-۹- بررسی و مطالعه منطقه و مناطق اطراف به لحاظ پی جویی مصالح طبیعی (قرضه های خاکی شامل شن و ماسه و رس و مصالح مخلوط و خاک و مصالح سنگی و آب)

۳-۶- مطالعات آب زیرزمینی

۳-۶-۱- بررسی و مطالعه منابع آب سطحی و زیر زمینی در محدوده ساختگاه بند

۳-۶-۲- بررسی و مطالعه وضعیت آب زیرزمینی در بستر آبراهه اصلی و دامنه های آن براساس شواهد و اطلاعات موجود

۳-۶-۳- تخمین خصوصیات هیدرودینامیکی (ضریب نفوذپذیری K، ضریب ذخیره و تخلخل) آبرفت محل بند بر اساس دانه بندی خاک و در صورت امکان با استفاده از روابط تجربی معتبر

۳-۶-۴- نمونه برداری از آب زیرسطحی و انجام آزمایشات هیدروشیمی (اندازه گیری آنیونها و کاتیونهای اصلی، pH، , TH ،EC ،TDS)

۳-۶-۵- بررسی کیفیت شیمیایی آب زیرسطحی برای مصارف مختلف (شرب، کشاورزی، دام و صنعت) در مقایسه با استانداردهای علمی و جهانی و شرایط محلی

۳-۶-۶- بررسی تأثیر بند و بهره برداری از آن بر منابع آبی پایین دست و حق آبه های موجود

۳-۶-۷- بررسی پتانسیل احداث بندهای زیرزمینی در بازه های مختلف بر اساس مطالعات انجام شده در بخش های مختلف و شناسایی گزینه ها

۳-۷- مطالعات تلفیق

۳-۷-۱- بررسی پتانسیل ها، مزیت ها و محدودیت های گزینه پیشنهادی جهت احداث بند زیرزمینی

۳-۷-۲- بررسی اقتصادی گزینه پیشنهادی جهت احداث از لحاظ تأمین آب و ایجاد اشتغال

۳-۷-۳- بررسی های فنی (با توجه به حجم آب، آبگذری و ابعاد هندسی بند) و نحوه بهره برداری

پیش نویس – غیر قابل استناد

پیش نویس – غیر قابل استناد

فصل ۴

تهیه و تدوین ضوابط و معیارهای فنی در طراحی بندهای زیرزمینی

پیش نویس - غیر قابل استناد

۴- فصل چهارم ـ تهیه و تدوین ضوابط و معیارهای فنی در طراحی بندهای زیرزمینی

۴-۱- اصول اصلی طراحی

یک بند زیرزمینی شامل دیوار آب بند، تأسیسات آبگیر، تأسیسات زهکشی، تأسیسات بهره برداری و نگهداری، و تأسیسات تغذیه سفره آب زیرزمینی می باشد. این تأسیسات باید:

- با دارا بودن کارکردهای ضروری یک بند سطحی طراحی شوند.
- با در نظر گرفتن شرایط طبیعی و اجتماعی پیرامون، دوستدار محیط زیست باشند.
- به حداقل رساندن هزینه های ساخت، مدیریت و نگهداری بند زیرزمینی حائز اهمیت می باشد.
- رجوع به طراحی ها و موارد ساخته شده در گذشته و تجارب سازه های اجرا شده و نقاط ضعف و قوت آنها بمنظور طراحی موثر حائز اهمیت است.

۴-۲- ملاحظات طراحی

(۱) مقیاس مخزن و کارکرد تأسیسات

چنانچه ارتفاع بند افزایش یافته و تراز پر شدگی مخزن بالاست، ظرفیت ناخالص مخزن بند افزایش خواهد یافت.

افزایش ارتفاع بند ممکن است سطح مخزن را بی اندازه افزایش دهد و بهره برداری از اراضی را در عرصه مخزن دچار اختلال نماید. در نتیجه تأسیسات زهکشی ممکن است ضرورت یابند.

چنانچه ارتفاع بند کاهش یافته و تراز مخزن بالاست، اثرات مضر تراز بیش از حد بالای مخزن، کم خواهد شد اما ظرفیت ناخالص مخزن کاهش خواهد یافت.

هر چه سطح مخزن بالاتر باشد، استحصال آب بطور کلی آسانتر می شود.

کاهش ارتفاع بند و سطح تراز مخزن، هزینه های عملیاتی استحصال آب را افزایش خواهد داد. بنابراین، ابعاد مخزن بند زیرزمینی (سطح مخزن، ظرفیت ناخالص مخزن و...) و کارکردهای زهکشی و آبگیری، ارتباط تنگاتنگی با یکدیگر دارند.

هنگام تعیین ابعاد مخزن و طراحی یک دیوار آب بند و تأسیسات زهکشی و تأسیسات آبگیر، هماهنگ نمودن کارکرد تأسیسات و اطمینان از عملکرد مناسب طراحی و توجیه اقتصادی آن، حائز اهمیت است.

(۲) آنالیز هیدرولیکی

یک بند زیرزمینی شامل تأسیساتی جهت کنترل جریان آب زیرزمینی می باشد که مستقیماً قابل مشاهده نیستند. بمنظور آنالیز هیدرولیکی به روش زیر عمل می شود:

- ساخت یک مدل کامپیوتری شبیه‌سازی آب زیرزمینی بمنظور آنالیز هیدرولیکی بر مبنای نتایج ارزیابی های مختلف
- آنالیز هیدرولیکی، جریان فعلی آب زیرزمینی را بازسازی نموده و جریان آب زیرزمینی را پس از احداث بند زیرزمینی (بمنظور ارائه داده های مورد نیاز جهت طراحی تأسیسات) بصورت کیفی و کمی، توصیف می نماید.

جدول ۶– انواع و اهداف آنالیز هیدرولیکی لازم بمنظور طراحی بند زیرزمینی

نوع آنالیز	هدف
آنالیز تعادل آبی	تعادل آبی در بازه احداث بند زیرزمینی تشریح شده و مقدار آب زیرزمینی قابل استحصال و ظرفیت مخزن تعیین می گردد.
آنالیز جذب	افت سطح مخزن در نتیجه استحصال آب و مقدار حداکثر آبگیری پیش بینی شده و تعداد بهینه تأسیسات استحصال آب، موقعیت و ساختار آنها تعیین می شوند.
آنالیز سیل	بالا آمدگی سطح مخزن در پشت دیوار آب بند پیش بینی شده و ابعاد، موقعیت، و ساختار تأسیسات زهکشی تعیین می گردند.
آنالیز نفوذ آب شور	نفوذ آب شور به درون آبخوان پیش بینی شده و ابعاد دیوار آب بند و... تعیین می گردند.

(۳) عدم قطعیت مقادیر طراحی

در مرحله طراحی یک بند زیرزمینی، رفتار آب زیرزمینی پس از احداث بند زیرزمینی از طریق شبیه سازی آب زیرزمینی و ابعاد تأسیسات و... مشخص می شود. برخی پارامترهای بکار رفته برای این شبیه سازی بر پایه احتمال یا فرضیات می باشند و ممکن است خطاهای آنالیزی ایجاد نمایند. بنابراین برخی خطاهای تخمینی در خصوص ظرفیت مخزن بند زیرزمینی، مقدار آب قابل استحصال، و سایر مقادیر طراحی یا اثرات تأسیسات مختلف غیر قابل اجتناب هستند.

بمنظور بررسی اینکه آیا بند زیرزمینی کارکردهای مورد نظر را نشان می دهد یا خیر:

- سطح آب زیرزمینی و دیگر عوامل در طول بررسی و طرحریزی، احداث و عملیات، پایش می شوند.
- بر اساس نتایج، تأسیساتی افزوده شده و برنامه عملیات اجرایی بند زیرزمینی بگونه ای که مورد نیاز است، مورد بازنگری قرار می گیرد.

• بررسی اثرات زیست محیطی

یک بند زیرزمینی در مقایسه با یک بند سطحی تأثیر کمی بر روی محیط زیست دارد.

هنگام تعیین موقعیت و ابعاد یک دیوار آب بند، باید اثرات زیست محیطی بطور کامل مورد بررسی و توجه قرار گیرند.

تأثیرات زیست محیطی احداث بند زیرزمینی می تواند بر روی بالادست و پایین دست دیوار آب بند مورد بررسی قرار گیرد.

در پایین دست دیوار آب بند، مقدار جریان آب زیرزمینی ممکن است بسته به ساختار دیوار آب بند و بهره برداری از بند زیرزمینی دچار نوسان باشد یا کاهش یابد.

در نواحی ساحلی ممکن است پیشروی شوری پایین دست دیوار آب بند تسهیل شده و بهره وری از آب زیرزمینی فعلی را تحت تأثیر قرار دهد.

در هنگام احداث یک بند زیرزمینی، تصحیح و تنظیم بهره برداری از آب در عرصه پایین دست ضروری است.

چنانچه یک چشمه آب در عرصه پایین دست وجود دارد، احداث دیوار آب بند ممکن است مقدار آب چشمه را کاهش داده و بهره وری از آن و اکوسیستم اطراف آن را تحت تأثیر قرار دهد.

در بالادست دیوار آب بند، سطح آب زیرزمینی افزایش می یابد. چنانچه باران شدیدی، سطح مخزن را بیش از اندازه بالا ببرد، ممکن است سیلاب یا خیس شدن خاک در یک ناحیه کم ارتفاع، کاربری اراضی و اکوسیستم را تحت تأثیر قرار دهد.

جلوگیری از نفوذ آب سطحی به زمین ممکن است مقدار جریان آب سطحی را افزایش دهد.

بالا آمدگی سطح آب زیرزمینی ممکن است سبب تجمع نمک بر روی خاک یک منطقه خشک گردد.

تجمع آب در بالادست بند و مانداب ممکن است سبب تغییر کیفیت آب گردد.

برای حل مشکلات ذکر شده در بالا، مکانهای ممکن و درجات احتمالی خسارت از طریق شبیه سازی آب زیرزمینی پیش بینی شده و نتایج آن در طراحی، احداث و بهره برداری از بند زیرزمینی بکار می رود.

هنگامی که آب زیرزمینی از یک بند زیرزمینی که برای آبیاری اراضی بالادست مورد استفاده است پمپ گردید، ممکن است مقدار کمی از آب آبیاری مجدداً به درون مخزن زیرزمینی نفوذ نموده و چرخش مجدد یابد که سبب کاهش کیفیت آب خواهد شد.

در جایی که آب زیرزمینی از ابتدا درجه شوری بالایی دارد، تجمع نمک و تغییرات آب مخزن ناشی از آبیاری باید مورد مطالعه و بررسی قرار گیرند.

باید به این نکته توجه شود که کود دهی و سایر عملیات زراعی در منطقه توزیع آبخوان ممکن است آب زیرزمینی را آلوده نمایند.

احداث بند زیرزمینی نباید هیچگونه اثر منفی بر روی فون و فلور منطقه داشته باشد.

(۵) نگهداری و مدیریت

نگهداری و مدیریت یک دیوار آب بند ساخته شده از مصالح بادوام مشکل نیست اما نگهداری و مدیریت مناسب و مقتضی تأسیسات استحصال آب، ضروری می باشد.

- پمپ ها و سایر تجهیزات باید با برنامه ریزی زمانی مناسب، بروز رسانی شوند.
- تأسیسات استحصال آب معمولاً به هزینه های عملیاتی زیادی نیاز دارند زیرا بطور کلی برای پمپاژ آب مخزن، انرژی مصرف می شود. بنابراین در مرحله طراحی نه تنها در نظر گرفتن هزینه های احداث بند زیرزمینی ضروری است، بلکه توجه به هزینه های بهره برداری، نگهداری و مدیریت تأسیسات استحصال آب نیز حائز اهمیت می باشد.
- بر خلاف یک بند سطحی، یک بند زیرزمینی، آب زیرزمینی پیرامون تأسیسات استحصال آب را در نتیجه پمپاژ آب زیرزمینی، به هدر می دهد. بنابراین برای استحصال موثر آب زیرزمینی، ساماندهی این تأسیسات و مقدار آبگیری مناسب، حائز اهمیت می باشد، بطوری که سطح آب زیرزمینی در فضای مخزن در نتیجه استحصال آب، حتی المقدور تراز باقی بماند.

* مدیریت و نگهداری از طریق تشکل های محلی و مردمی

۴-۳- ملاحظات طراحی بندهای زیرزمینی پیشگیری از نفوذ آب شور

یک بند زیرزمینی پیشگیری از نفوذ آب شور، وضعیت جغرافیایی و شرایط عملیاتی متفاوتی نسبت به بندهای زیرزمینی مخزنی دارد. هنگام طراحی یک بند زیرزمینی پیشگیری از نفوذ آب شور باید به نکات زیر توجه شود:

نفوذناپذیری دیوار آب بند

یک بند زیرزمینی پیشگیری از نفوذ آب شور در مقایسه با یک بند زیرزمینی مخزنی:

نیاز به نفوذناپذیری و دقت بیشتر برای ساخت دیوار آب بند جهت جلوگیری از نفوذ آب شور به فضای مخزن و شور شدن آب مخزن

از آنجایی که کیفیت دیواره ممکن است تحت تأثیر آب شور رو به زوال بگذارد انواع و ترکیب مصالح دیوار آب بند باید به دقت انتخاب شوند.

نفوذ آب شور از دیوار آب بند و پی

یک دیواره احداث شده از طریق اختلاط عمیق یا تزریق دوغاب، به طور کامل غیر قابل نفوذ نیست بلکه نفوذپذیری کمی دارد. حتی یک پی با نفوذپذیری کم ممکن است مقاطع هوازده شده قابل نفوذ و گسل های توزیع یافته داشته باشد. به همین دلیل، در صورتی که استحصال آب، سطح مخزن را از سطح آب دریا پایینتر می برد نفوذ مقداری آب شور به درون فضای مخزن اجتناب ناپذیر می باشد. برای اجتناب از این مشکل:

نفوذپذیری و ضخامت دیواره، عمق قسمت نفوذی و سایر ابعاد دیوار آب بند و نیز برنامه عملیات اجرایی بند بر مبنای آنالیز نفوذ آب شور تعیین می گردد بطوری که شوری در مخزن در دامنه قابل تحمل برای بهره برداری حفظ شود.

باید توجه نمود که در مرحله طراحی امکان حل مشکل نشت آب شور از یک پی با نفوذناپذیری ناکافی و از طریق امتداد بخش زیرزمینی نفوذ یافته پی دیوار آب بند، وجود ندارد.

آب شور باقیمانده در فضای مخزن

چنانچه محور طولی بند در بالادست منطقه توزیع توده آب شور قرار گیرد، می توان از مخلوط شدن آب شور اجتناب نمود.

با این وجود برای تغذیه بند زیرزمینی، محور بند باید در پایین دست ترین موقعیت قرار گیرد. این مسئله ممکن است امکان ورود توده های آب شور (آب شور باقیمانده) را به فضای مخزن فراهم نماید. این آب شور باقیمانده ممکن است نسبت به آب شوری که پس از احداث دیوار آب بند از دیوار آب بند و پی نشت یافته، بیشتر باشد.

اقدامات پیشگیرانه شامل نصب تأسیسات شوری زدایی باید جداً مورد توجه قرار گیرند.

اقدامات ضد سیلابی در فضای مخزن

یک بند زیرزمینی پیشگیری از نفوذ آب شور اغلب بر روی اراضی پست ساحلی که عرصه مخزن آن از نظر توپوگرافیکی پست و صاف و سطح آب زیرزمینی بالاست طرح ریزی می شود.

از آنجایی که ارتفاع تاج دیوار آب بند بند نمی تواند پایین تر از سطح آب دریا قرار داده شود، ممکن است اختصاص یک ارتفاع آزاد مناسب برای سرریز دیوار آب بند غیرممکن بوده و سرریز تاج بند برای زهکشی آب مازاد کافی نباشد.

این نوع بند زیرزمینی به تأسیسات زهکشی در فضای مخزن نیاز دارد.

تأسیسات زهکشی باید با دقت زیادی طراحی شوند زیرا توپوگرافی پست و صاف ممکن است در کانال زهکشی یا زهکش زیرزمینی گرادیان لازم را ایجاد ننماید.

۳-۵- لایه رسوبی مخزن

- یک بند زیرزمینی پیشگیری از نفوذ آب شور اغلب در یک دشت ساحلی با آبرفت ته نشین شده در یک غرق دره بشکل آبخوان طراحی می شود.
- چنانچه یک لایه رسوبی نرم میان آبرفت قرار گرفته است نه تنها ذخیره بلکه استحصال آب نیز مختل خواهد شد.
- تحکیم لایه رسی نرم همراه با استحصال آب ممکن است سبب فرونشست زمین گردد.
- تعیین موقعیت دیوار آب بند، تنظیم تأسیسات آبگیر و عمق استحصال آب پس از مشخص نمودن موقعیت لایه رسوبی و شوری زایی ضروری می باشد.

- در رابطه با کنترل کیفیت دیوار آب بند به هنگام استفاده از روش تزریق دوغاب سیمان یا روش اختلاط عمیق که تا اندازه ای شن و گراول را در دیواره به دام می اندازند، باید دقت زیادی صرف شود.

۴-۴- دیوار آب بند

۴-۴-۱- ۴-۴-۱- کارکردها و ابعاد دیوار آب بند

- نشت آب مخزن و نفوذ آب شور به فضای مخزن که بهره وری مؤثر از آب مخزن را در دیوار آب بند مختل می نماید، در محل اتصال دیوار آب بند و پی و در سراسر پی اتفاق می افتد.
- هنگام طراحی دیوار آب بند یک بند زیرزمینی، هدایت هیدرولیکی طرح و ضخامت دیوار آب بند و طول قسمت نفوذی با فرض نشت مخزن و نفوذ آب شور در محدوده قابل تحمل در طرح، تعیین می گردد.
- توأم با عملیات زهکشی، ارتفاع بند با در نظر گرفتن اثرات بالا آمدگی سطح مخزن پس از احداث دیوار آب بند بر روی کاربری اراضی تعیین می شود.
- پایداری طرح دیواره از روی زمین محل احداث سازه مشخص می گردد.
- محور بند باید کوتاهترین آب بند طولی باشد، که در این صورت از نظر اقتصادی مقرون به صرفه است.
- چنانچه دیوار آب بند بصورت متوالی ساخته شود ممکن است خمش یابد.

نفوذناپذیری دیوار آب بند

در یک بند زیرزمینی مخزنی، نفوذناپذیری دیوار آب بند بصورتی تعیین می گردد که نشت از دیوار آب بند، بهره وری از آب را تحت تأثیر قرار ندهد.

نظر به تعادل موجود بین جریان درونی آب زیرزمینی (تغذیه آب زیرزمینی) به درون فضای مخزن و نشت از دیوار آب بند، جذب می تواند با وجود مقداری نشت از دیوار آب بند حفظ و تضمین شده و هدایت هیدرولیکی طرح دیواره ممکن است افزایش یابد یا ضخامت دیواره ممکن است کاهش یابد.

در یک بند زیرزمینی پیشگیری از نفوذ آب شور، چنانچه آب شور از طریق دیوار آب بند به درون فضای مخزن نفوذ نماید، اثرات مضر شوری زایی بر روی کیفیت آب اغلب به مدتی طولانی ادامه می یابد. بنابراین هدایت هیدرولیکی و سایر ابعاد یک دیوار آب بند باید پس از مطالعه و بررسی همه جانبه تعیین شوند.

بطور کلی در ساخت یک دیوار آب بند، ممان خمشی و سایر عوامل، دقت را به همان اندازه که عمق افزایش می یابد، کاهش می دهند. این مسئله اغلب سبب ایجاد شکاف روی دیوار آب بند می شود و اطمینان از ضخامت لازم دیواره را غیرممکن نموده، متعاقباً سبب کاهش نفوذپذیری می گردد.

هنگام تعیین موقعیت محور بند یا طراحی دیوار آب بند، بازدهی و دقت ساخت باید مدنظر قرار گیرند.

نفوذناپذیری یک دیوار آب بند از روی هدایت هیدرولیکی مصالح دیواره و ضخامت آن تعیین می شود.

یک دیواره با نفوذپذیری کم ممکن است حتی هنگامی که نازک است نفوذناپذیری کافی داشته باشد. برعکس، یک دیواره با نفوذپذیری معین باید برای اطمینان از عدم نفوذپذیری، ضخامت زیادی داشته باشد.

مصالح دیواره و ضخامت آن تقریباً براساس روش احداث دیوار آب بند، تخمین زده می شوند.

هنگام احداث یک دیوار آب بند با استفاده از چندین روش، ساختار دیواره در مرز و حاشیه هر یک از روش های بکار رفته باید بررسی شود به طوری که نفوذناپذیری دچار آسیب نگردد. هدایت هیدرولیکی دیواره میان پرده ساخته شده از طریق روش اختلاط عمیق و دیواره احداث شده از طریق تزریق دوغاب سیمان، با هم متفاوت می باشد.

۴-۵- مطالعه نفوذ

جایی که دیوار آب بند در اتصال با سنگ پی می باشد لازم است یک طولی از دیوار آب بند با اهداف زیر به داخل سنگ پی نفوذ داده شده و در آن ادامه یابد:

(۵-۱) کسب اطمینان از اینکه دیوار آب بند مطمئناً به سنگ پی می رسد.

(۵-۲) به حداقل رساندن آب زیرزمینی نفوذی در نقاط انتهایی چپ و راست دیوار آب بند

(۵-۳) جلوگیری از فشار مخزن بواسطه اشکال نشتی در جایی که دیوار آب بند در تماس با سنگ پی می باشد (جهت حفظ ذخیره آب مخزن)

طول نفوذ دیواره در سنگ پی در مورد (۵-۱) بسته به روش احداث دیوار آب بند و اجرا و دقت کنترل عمق سنگ پی، تعیین می شود.

معمولاً نقشه خطوط تراز (توپوگرافی) سنگ کف از طریق نتایج بررسی یک گمانه (بررسی های ژئوفیزیک و حفاری های صورت گرفته) تهیه می شود.

چنانچه میزان ارزیابی گمانه کم و دقت مطالعات زیرزمینی پایین است، عمق برآورد شده برخورد به سنگ پی ممکن است مشمول خطا گردد.

در احداث دیوار آب بند، چنانچه روش ساخت، امکان تثبیت انتهای قسمت حفر شده را در محل اتصال به پی بدهد، رسیدن و اتصال محکم به پی، ممکن می شود. چنانچه روش ساخت، امکان این تثبیت را نمی دهد، مثلاً در روش اختلاط عمیق، در این صورت عمق سازه با در نظر گرفتن خطای برآورد شده تعیین می گردد تا از اتصال دیوار به سنگ پی و طول نفوذ دیوار در آن اطمینان کافی حاصل شود.

طول نفوذ دیوار در سنگ پی -مربوط به مورد (۵-۲) در بالا- از طریق محاسبه تجربی مقدار نشت مجاز آب زیرزمینی تعیین می گردد. به ویژه اگر بین بالادست و پایین دست دیوار آب بند اختلاف سطح آب وجود دارد، ممکن است فشار آبی زیادی بر روی کف دیوار آب بند عمل نموده و نفوذ را افزایش دهد. برای جلوگیری از این مشکل، دیوار آب بند را در سنگ پی بیشتر نفوذ داده، از یک طول خزش کافی اطمینان حاصل نموده و نشت را کاهش می دهیم. رابطه بین طول نفوذ دیوار در سنگ پی و نشت از طریق آنالیز دو جریان نفوذی مشخص و طول نفوذ طرح از طریق فاکتورهای اقتصادی و نشت مجاز تعیین می شود.

چنانچه سنگ پی در برخورد با دیوار آب بند از رسوبات تحکیم نیافته تشکیل شده یا سنگ بستر دارای درز و شکاف یا خمیره زبری ریز در قسمتهای سست می باشد، فشار آب ممکن است سبب ایجاد اشکال در نفوذ گردد. این مسئله سبب ایجاد یک آبراهه می گردد که نتیجه آن نشت آب می باشد. اگر این مسئله مورد انتظار است، سرعت جریان نفوذی و گرادیان هیدرولیکی را در جایی که دیوار آب بند در تماس با پی می باشد، تخمین زده و آن را با سرعت جریان و شیب هیدرولیکی حد که ممکن است سبب ایجاد یک اشکال نشتی گردند، مقایسه می نمایند. با استفاده از نتایج، طول نفوذی را که می تواند طول خزش کافی را تضمین کند، تعیین می شود. از طریق بررسی سرعت جریان حد و شیب هیدرولیکی حد، پایداری در برابر یک اشکال نشتی به صورت زیر ارزیابی می گردد:

(الف) ارزیابی ثبات بخش نفوذی از طریق سرعت جریان حد

سرعت جریان آب زیرزمینی ناشی از یک اشکال نشتی در زمین مورد نظر را به عنوان سرعت جریان حد قرار داده و آن را بمنظور قضاوت در مورد پایداری در برابر مشکل نشتی با سرعت جریان واقعی آب زیرزمینی مقایسه می نمایند.

از طریق آنالیز نفوذ یا با استفاده از روش دیگری، حداکثر سرعت جریان آب زیرزمینی (سرعت جریان ظاهری) پس از احداث دیوار آب بند در قسمت نفوذی، برآورد می گردد. سپس سرعت واقعی جریان آب زیرزمینی از درون یک شکاف بصورت زیر محاسبه می گردد:

$$V_s = V/\beta \qquad \beta = 1(1n)^{2.3}$$

Vs: سرعت جریان واقعی V: سرعت جریان ظاهری β: تخلخل سطح n: تخلخل

با فرض دانه بندی نمونه در پی و دیوار آب بند در قسمت نشتی، سرعت جریان حد به صورتی که در پایین شرح داده شده است محاسبه می شود. دانه بندی معرف می تواند از طریق رابطه Creger که رابطه بین هدایت هیدرولیکی و اندازه دانه ای است برآورد گردد. معادله Justin:

$$1) \times d \times gV^2 = (W \times g)/(A \times \gamma w) = 2.3 \times (G$$

V: سرعت جریان حد (cm/s) γw: چگالی واحد آب (وزن واحد حجم آب) (g/cm^3)

g: شتاب ثقلی (cm/s^2) W: وزن ذره خاک در آب (g/cm^3)

d: اندازه ذره خاک (cm) A: سطح دانه در مقابل جریان آب (cm^2)

Gs: ثقل ویژه ذره خاک d: اندازه دانه ای خاک (cm)

معادله Koslova:

$$v = 0.26 \times d^2 \times (1 + 1000 \times d^2 / D^2)$$

V: سرعت جریان حد (cm/s)

d: اندازه دانه ای ای شاخص (mm)

D: قطر متوسط (mm)

ثبات قسمت مورد نظر از طریق مقایسه سرعت جریان واقعی با سرعت جریان حد ذکر شده در بالا مقایسه می شود.

ب) قضاوت و ارزیابی ثبات از روی شیب هیدرولیکی حد

ثبات قسمت نفوذی از طریق مقایسه شیب هیدرولیکی حد در جایی که ذرات خاک تحت فشار آب شروع به جابجایی می کنند و شیب هیدرولیکی واقعی عمل کننده بر روی قسمت نفوذی ارزیابی می شود.

شیب هیدرولیکی حد می تواند از طریق زیر محاسبه گردد:

فرمول Sichart:

$$ic = 1/(1.5 \times \sqrt{k})$$

معادله تجربی Chubu Power:

$$ic = (1.671 \times 102/k) \times 0.623$$

ic: گرادیان هیدرولیکی حد

k: هدایت هیدرولیکی (cm/s)

Gs: ثقل ویژه حقیقی ذره خاک

پیش نویس - غیر قابل استناد

حداکثر سرعت جریان از طریق آنالیز نفوذ بدست آمده و شیب هیدرولیکی به صورت زیر محاسبه می شود:

$i = V / k$

V: حداکثر سرعت جریان (cm/s)

k: هدایت هیدرولیکی (cm/s)

چنانچه پی دارای یک گسل در عرض محور بند می باشد، بررسی احتمال نشت از ناحیه شکاف ضروری است. طول نفوذ باید از طریق کنترل منطقه شکاف برداشته و نفوذی تا اندازه مورد نیاز امتداد یابد.

آنالیز نفوذ آب شور می تواند به صورت زیر انجام پذیرد:

الف) ارزیابی و برآورد نفوذ آب شور با استفاده از معادلات هیدرولیکی

نفوذ روزانه آب شور می تواند از طریق معادلات هیدرولیکی و بر اساس سطح مخزن در سال مبنای برنامه استحصال که از طریق آنالیز تعادل آبی مشخص می شود، تحت شرایط زیر محاسبه شود:

چنانچه سطح مخزن از سطح دریا بالاتر است، نشت آب از فضای مخزن به سمت پایین دست دیوار آب بند اتفاق می افتد. چنانچه سطح مخزن پایین تر بیاید، آب شور به درون فضای مخزن نفوذ می کند.

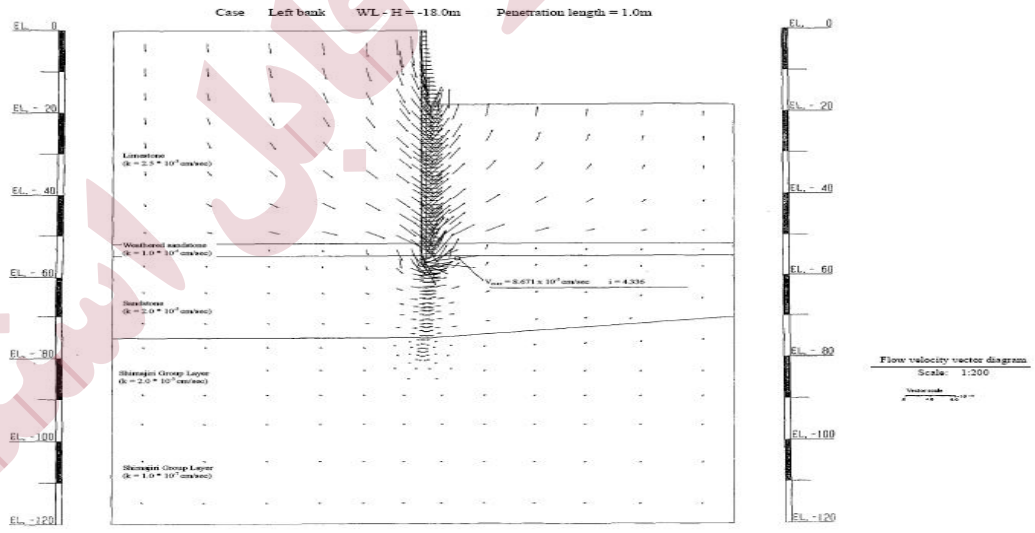
اگر سطح مخزن پایین تر از سطح دریا (۰ متر) است، نفوذ از دیوار آب بند به فضای مخزن بلافاصله صورت می گیرد.

حتی هنگامی که سطح مخزن بالاتر از سطح دریا (۰ متر) قرار دارد، سطح نفوذ آب شور در محدوده دیوار آب بند، پس رفت نمی کند.

نفوذ ناشی از اختلاف چگالی و سرعت آب شور در نظر گرفته نمی شود.

ب) برآورد نفوذ آب شور با استفاده از روش المانهای نامحدود

نفوذ آب شور از دیوار آب بند و پی بدرون محفظه مخزن از طریق آنالیز نفوذ با استفاده از روش المانهای نامحدود بررسی می گردد.



شکل ۱. نمونه ای از آنالیز نفوذ از طریق مدل المانهای نامحدود (دیاگرام برداری سرعت جریان)

۴-۶- ارتفاع بند

ارتفاع بند با توجه به مقدار ظرفیت مورد نیاز مخزن و ضرورت نصب تأسیسات زهکشی به صورتی که در زیر شرح داده شده است، تعیین می گردد:

- اطمینان از یک ظرفیت مخزن مناسب که برنامه منابع آبی را به نحو مطلوب پیاده نماید.
- افزایش ارتفاع بند، ظرفیت مخزن را افزایش می دهد. این مسئله همچنین استحصال آب را تسهیل می کند زیرا سطح مخزن بالا می آید.
- جلوگیری از خسارت ناشی از بالا آمدگی سطح آب زیرزمینی درون فضای مخزن

دیوار آب بند، جریان آب زیرزمینی را مسدود نموده و معمولاً سطح مخزن را افزایش می دهد. زهکشی آب زیرزمینی مازاد ضروری می باشد بطوری که افزایش بیش از حد سطح مخزن بر کاربری اراضی سطحی تأثیری نگذارد.

باید ارتفاع مناسبی برای بند در نظر گرفته شده و از یک ارتفاع آزاد سرریز اطمینان حاصل نمود.

چنانچه برای اطمینان از ظرفیت کافی مخزن نیاز به افزایش ارتفاع بند می باشد یا اینکه بدلیل نفوذپذیری کم جریان سطحی، امکان زهکشی آب زیرزمینی مازاد وجود ندارد، باید تأسیسات زهکشی در فضای مخزن کار گذاشته شوند.

برای مقرون به صرفه نمودن عمل احداث، هزینه های مازاد احداث دیوار آب بند و هزینه های نصب تأسیسات در برابر مزیتهای افزایش ارتفاع بند ارزیابی می شوند.

* شیب نسبتاً زیاد هیدرولیکی آب در داخل خاک و نیز شیب کم سطح زمین در مناطق مستعد احداث بند زیرزمینی یکی از عوامل مهم در انتخاب ارتفاع بند زیرزمینی می باشد. ارتفاع بند زیرزمینی نباید تا سطح زمین ادامه یابد و توصیه می شود تاج بند حدود تا اندازه ای در زیر سطح زمین قرار گیرد تا در صورت زیاد شدن تراز آب پشت بند از بند عبور نموده و به پایین دست منتقل شود. در صورتی که ارتفاع بند زیرزمینی زیاد در نظر گرفته شود امکان تلاقی سطح آب زیرزمینی با سطح زمین وجود داشته و در صورت بروز چنین حالتی املاح بجای مانده در سطح زمین در اثر تبخیر آب سطحی ناشی از این امر مشکلاتی نظیر تخریب پوشش گیاهی بومی و تعادل اکولوژیکی را به دنبال خواهد داشت.

۴-۷- پایداری دیوار آب بند

یک دیوار آب بند بند زیرزمینی در زیر زمین قرار می گیرد. بنابراین توانایی بیش از حد برای خود ایستایی لازم نیست و تنش اضافی ناشی از فشار خاک به آن وارد نمی شود.

- دیوار آب بند، فشار هیدرواستاتیک را به عنوان یک نیروی خارجی دریافت می کند که مربوط به اختلاف بین سطح آب بالادست و پایین دست دیوار آب بند می باشد. باید توجه نمود که این نیرو ممکن است یک فشار تنشی ایجاد نموده، مصالح دیوار آب بند را در مسیر جریان شسته و سبب تخریب، ترک خوردن و فروپاشی دیوار گردد.

مثلاً در مورد یک نمونه بند زیرزمینی چنانچه فرض شود فشار هیدرواستاتیک بیش از ۵۲ متر بر روی دیوار آب بند مؤثر واقع می شود، حداکثر فشار تراکمی بر روی دیوار آب بند، ۰.۵ نیوتون بر میلیمتر مربع خواهد بود. برای تحمل این بار، پایداری طرح دیوار آب بند تا حدود ۱ نیوتون بر میلیمتر مربع در نظر گرفته شده است.

دیواره در نزدیکی انتهای فوقانی که آب زیرزمینی به دلیل جریانات شدیدتر در آنجا طغیان و سرریز می نماید نیاز به استحکام و دوام زیادی دارد. در یک بند زیرزمینی بمنظور کنترل ارتفاع بند و دوام بیشتر در نزدیکی انتهای فوقانی می توان از بتون دارای پایداری کافی استفاده نمود.

از آنجایی که یک دیوار آب بند در طول یک زمین لرزه همراه با اراضی مجاور خود تکان می خورد، بنابراین امکان آسیب دیدگی و تخریب آن کم است. با این وجود چنانچه زمین لرزه ای اتفاق بیفتد، دیوار آب بند باید از نظر آسیب دیدگی و نشت آب از طریق بررسی و پایش سطح آب زیرزمینی مجاور دیوار آب بند، مورد ارزیابی قرار گیرد.

در مورد غارهای سنگ آهکی که دارای یک دیوار آب بند میانی می باشند، دیوار آب بند جهت خود ایستایی و مقاومت برشی به پایداری کافی نیاز دارد.

۸-۴- تعیین روش احداث دیوار آب بند

(۱) شرایط و معیارهای انتخاب روش احداث دیوار آب بند

روش ساخت دیوار آب بند با توجه به شرایط احداث، مسائل اقتصادی، خصوصیات رسوبات مخزن و سایر موارد لیست شده در جدول ۷ تعیین می گردد. جدول ۸ نیز روشهای اصلی احداث دیوار آب بند را مقایسه می کند.

جدول ۷. آیتم های مطالعاتی جهت انتخاب روش احداث دیوار آب بند

مورد مطالعاتی	توضیح
ابعاد دیوار آب بند	ضخامت دیواره و قابلیت نفوذپذیری از روی ابعاد و مصالح دیواره تعیین می گردند.
عمق احداث	احداث یک دیوار آب بند بصورت عمودی به منظور کاهش هزینه و آب بندی دقیق ترجیح داده می شود. یک بند زیرزمینی بسیار عمیق، دقت زیادی برای ساخت عمودی نیاز دارد زیرا انحراف از خط عمود با افزایش عمق، افزایش می یابد. همچنان که عمق افزایش می یابد، ماشین آلات ساخت فشار بیشتری را دریافت می نمایند و بازدهی خاکبرداری کاهش می یابد. بنابراین، ماشین آلات دارای ظرفیت مازاد باید بر مبنای عمق انتخاب شوند.
سطح فعلی آب زیرزمینی (قبل از احداث)	سطح آب زیرزمینی، شرایط خارج نمودن خاک حفر شده و عملیات را تحت تأثیر قرار می دهد. اگر سطح آب زیرزمینی پایین است و قابلیت نفوذ زمین زیاد است، استخراج خاک حفر شده مشکل می گردد.
قابلیت نفوذپذیری جریان سطحی	هنگامی که امکان سرریز آب مازاد از روی دیوار آب بند وجود دارد باید در احداث دیوار آب بند، نفوذپذیری خاک پیرامون سرریز حفظ شود.
ویژگیهای خاک	دیواره های پایدار گمانه ها لازمه احداث مطمئن و کارآمد بند زیرزمینی هستند. علاوه بر این، سختی زمین، بازدهی حفاری را تحت تأثیر قرار می دهد. اگر کیفیت دیوار آب بند به نوع زمین بستگی دارد، انتخاب ترکیب مصالح دیواره و روش احداث ممکن است به ملاحظه و دقت نیاز داشته باشد. این مسئله بویژه در اراضی غیریکنواخت ضروری می باشد.
محیط پیرامون	اثرات محیط پیرامون محل احداث باید مورد توجه قرار گیرند. برای احداث سازه مطابق با شرایط نقل و انتقال دستگاههای ساخت، سر و صدا، ارتعاشات و آلودگی آب یک روش ساخت مناسب انتخاب می شود.
دسترسی به ماشین آلات و مصالح	چگونگی خریداری و نقل و انتقال دستگاههای احداث و مصالح مورد نیاز باید بطور شفاف مشخص گردند. چنانچه دستگاهها یا مصالح لازم در کشور موجود نیست، نقل و انتقال آنها هزینه در بر خواهد داشت.
توجیه اقتصادی	روش های ساخت دیوار آب بند که شرایط بالا را دارا می باشند و از نظر تکنیکی عملی و سودمند هستند، انتخاب می شوند. سپس از طریق مقایسه هزینه ها یک روش مناسب انتخاب می شود.

هنگام بهره برداری از یک دیوار آب بند که هرگز تحت شرایط میدانی منطقه طرحریزی شده مورد بهره برداری قرار نگرفته است، عملیات آزمایشی قبل از احداث کامل سازه برای بررسی قابلیت کاربرد روش احداث دیوار آب بند و بررسی و مطالعه روش کار، ترجیح داده می شود.

جدول ۸. مقایسه روشهای اصلی احداث دیوار آب بند

	ترانشه (خاکبرداری از سطح)	تزریق دوغاب سیمان	نصب ورقه استیل	دیواره میان پرده
مصالح دیواره	رس، سیمان و غیره. مقدار اپتیمم آب باید بمنظور استحکام کامل، تعیین گردد.	تزریق دوغاب مایع از مصالح سخت کننده از نوع سیمان یا مایعات شیمیایی و غیره. مخلوط اپتیمم یک دوغاب مایع و فشار تزریق باید بر مبنای شرایط رسوب تعیین گردند.	ورقه های استیل یا بتون و غیره.	مصالح سخت کننده از نوع سیمان، یا مخلوطی از مواد سخت کننده از نوع سیمان و سیمان خاک. مخلوط اپتیمم یک دوغاب مایع باید بر طبق ویژگیهای رسوب تعیین گردد.
دوام دیواره	بادوام است. هرچند از رس استفاده می شود، با این حال دیواره باید ضخیم گردد تا از برداشتن شکاف در اثر خشک شدن جلوگیری بعمل آید.	با دوام است. چنانچه از دوغابی با کیفیت پایین استفاده می گردد، هوازدگی ممکن است دیواره را نفوذپذیرتر سازد.	چنانچه ورقه های استیل مورد استفاده می باشند، اقدامات کامل در مقابل ساییگی ضروری می باشد.	با دوام است. برای تحمل فشار آب، استحکام ویژه ای مورد نیاز می باشد.
زمین مورد هدف	زمین غیر مستحکم تا سنگ بستر بشدت هوازده	خاک غیر مستحکم تا سنگ بستر بشدت هوازده بمنظور غیر قابل نفوذتر ساختن خاک غیرمستحکم، ممکن است تزریق دوغاب با لوله های مضاعف ضروری باشد.	خاک غیر مستحکم اساساً رسی و شنی. اگر زمین سخت است، دستگاه فوران آب یا سایر روشهای ویژه، ضروری می باشند.	خاک غیر مستحکم تا سنگ بستر بشدت هوازده برخی از دستگاهها می توانند حتی سنگ بستر سخت را نیز حفاری نمایند.
وضعیت آب زیرزمینی	عملیات در زیر سطح آب زیرزمینی به زهکشی نیاز دارد. علاوه بر این، شیب حفاری ناپایدار شده و عملیات با مشکل مواجه می شود.	اگر سرعت جریان آب زیرزمینی زیاد است، دوغاب مایع ممکن است در مسیر جریان یافته و آب بندی را دچار مشکل نماید.	عدم ایجاد تأثیرات بخصوص در زیر آب زیرزمینی	اگر سرعت جریان آب زیرزمینی بالاست، گل حفاری و مصالح سخت کننده ممکن است در مسیر جریان یافته و عملیات را مشکل نمایند.
عمق	نه عمیقتر از چندین ۱۰ متر. افزایش عمق، دقت نفوذپذیری را کاهش داده و ایجاد خسارت می نماید.	معمولاً برای احداث بند در محدوده عمق ۴۰ متری، مناسب می باشد. چنانچه عمق بیشتر می باشد، ممکن است خمش اتفاق بیفتد که دقت نفوذناپذیری را کاهش می دهد.	بمنظور احداث بند در عمق کم مناسب می باشد اگرچه برای احداث در عمق حدوداً بیش از ۴۰ متری استفاده گردیده است.	قابلیت استفاده برای احداث در عمق بیش از ۱۰۰ متر. اگر عمق افزایش یابد، ممکن است خمش ایجاد شده و امکان توالی و پیوستگی دیواره وجود ندارد.
دقت نفوذناپذیری	استفاده از رس، بتون، یا سایر مصالح نفوذناپذیر بطوریکه مصالح دیواره، نفوذناپذیری را تضمین نمایند.	از نظر دقت نفوذناپذیری نسبت به سایر روشها در درجه دوم قرار دارد. برای نفوذناپذیری بیشتر، نه تنها ممانعت از خمش بلکه افزایش ردیفهای تزریق و ضخیم سازی دیواره ضروری می باشد.	ورقه ها نفوذناپذیرند اما اتصالات آنها نیاز به آب بندی دارد.	برای اطمینان از نفوذناپذیری زیاد، مواد سخت کننده از نوع سیمان می توانند به عنوان مصالح دیواره استفاده گردند. اگر در خاکبرداری خمش اتفاق بیفتد و پیوستگی دیواره قابل تضمین نباشد، عملیات اضافی ضروری است.
احداث مقطع سرریز شونده	پر کردن با مصالح نفوذناپذیر، دقت عملیات را تضمین می نماید.	کلاهک تزریق برای پیشگیری از نشت دوغاب به طرف سرریز، ضروری است.	اطمینان از یک مقطع سرریز شونده مشکل است. بنابراین یک منطقه عملیاتی باید پس	یک مقطع سرریز شونده می تواند از طریق انتخاب درست روش ساخت، تضمین گردد. چنانچه

			از خاکبرداری برای پر نمودن زمین با مصالح نفوذناپذیر یا تأسیسات زهکشی مجزا ساخته شود.	دیوار شیار مقطع سرریز شونده خودایستا نیست، در اینصورت باید بمنظور خاکریزی زمین با مواد نفوذناپذیر یک منطقه عملیاتی پس از حفاری آماده گردد یا تجهیزات زهکشی جداگانه ای ساخته شوند.
ماشین آلات گودبرداری	نیاز به هیچ دستگاه حفاری خاصی نیست. نیروی کارگری یا دستگاههای حفاری همه منظوره کافی می باشند.	ماشینهای گمانه کنی و دستگاههای تزریق ضروری می باشند اما ابعاد دستگاهها نسبتاً کوچک می باشد.	یک چکش ارتعاشی و سایر ماشین آلات ویژه، ضروری می باشند اما ابعاد دستگاه ها نسبت به آنهایی که در روش میان پرده مورد استفاده بودند، کوچکتر می باشد.	دستگاههای حفاری ویژه مورد نیازند. این دستگاهها اغلب بزرگ بوده و نقل و انتقال و مونتاژ پر هزینه و زمانبر می باشد.
تأسیسات موقتی	منطقه ای جهت انبار نمودن خاک اضافی پس از حفاری مورد نیاز می باشد.	تأسیسات موقتی بزرگ تنها در صورتی مورد نیازند که شیب زیاد باشد.	یک منطقه عملیاتی ثابت جهت اطمینان از پایداری دستگاه ضروری است.	از آنجایی که کنترل موقعیت و پایداری دستگاههای حفاری، دقت خاکبرداری را تحت تأثیر قرار می دهد، منطقه عملیاتی دیواره حفره باید پایدار باشد. تأسیسات موقتی ابعاد نسبتاً بزرگی دارند.
مقیاس کار	مناسب جهت عملیات اجرایی در مقیاس کوچک	اختیاری	اختیاری	مناسب جهت عملیات در مقیاس بزرگ

(۲) روش ترانشه (حفاری در فضای باز):

چنانچه سطح فوقانی پی دارای عمق کمی است، یک دیوار آب بند بند زیرزمینی می تواند از طریق خاکبرداری زمین از سطح و پر نمودن زمین با مصالح دارای نفوذپذیری کم، ساخته شود.

روش ترانشه به دستگاه یا مواد و مصالح خاصی نیاز ندارد و با امکانات محلی قابل احداث است.

اگر بودجه برای بکارگیری نیروی کارگری کم می باشد، بند زیرزمینی می تواند با استفاده از نیروی انسانی کم هزینه ساخته شود.

بسیاری از بندهای زیرزمینی احداث شده از طریق حفر ترانشه، بالغ بر حدود ۱۰ متر عمق دارند.

همچنان که عمق دیوار آب بند افزایش می یابد، حفاری بیشتری مورد نیاز بوده و هزینه های احداث را افزایش می دهد.

در خاکبرداری شیب خاکبرداری باید بر مبنای قوام خاک، دانه بندی و... دارای گرادیان پایداری باشد.

اگر خاک تحکیم نشده و عمق حفاری کم می باشد، گرادیان ترجیحی خاکبرداری ۱:۱.۰ تا ۱:۱.۲ است.

اگر عمق حفاری زیاد است یا از سطح آب زیرزمینی تجاوز می نماید، شیب خاکبرداری باید برای اطمینان از ایمنی کاهش بیشتری یابد. علاوه بر این، ترجیح داده می شود که یک چوب بست کوچک در هر ۵ متر گودبرداری کار گذاشته شود.

باید حتی المقدور از احداث بند در زیر سطح آب زیرزمینی اجتناب گردد زیرا در این صورت زهکشی ضرورت یافته و خاک خیس شده به آسانی فرو می پاشد.

در منطقه ای که فصول خشک و بارانی بوضوح از یکدیگر تفکیک شده اند، عملیات احداث باید در فصل خشک یعنی زمانی که سطح آب زیرزمینی پایین است، صورت گیرد.

بندهای زیرزمینی احداث شده از طریق روش ترانشه از خاک چسبنده تحکیم یافته، بتون، آجرهای اندود شده، سنگهای شمع کوبی شده، و... بعنوان مصالح نفوذناپذیر استفاده می نمایند.

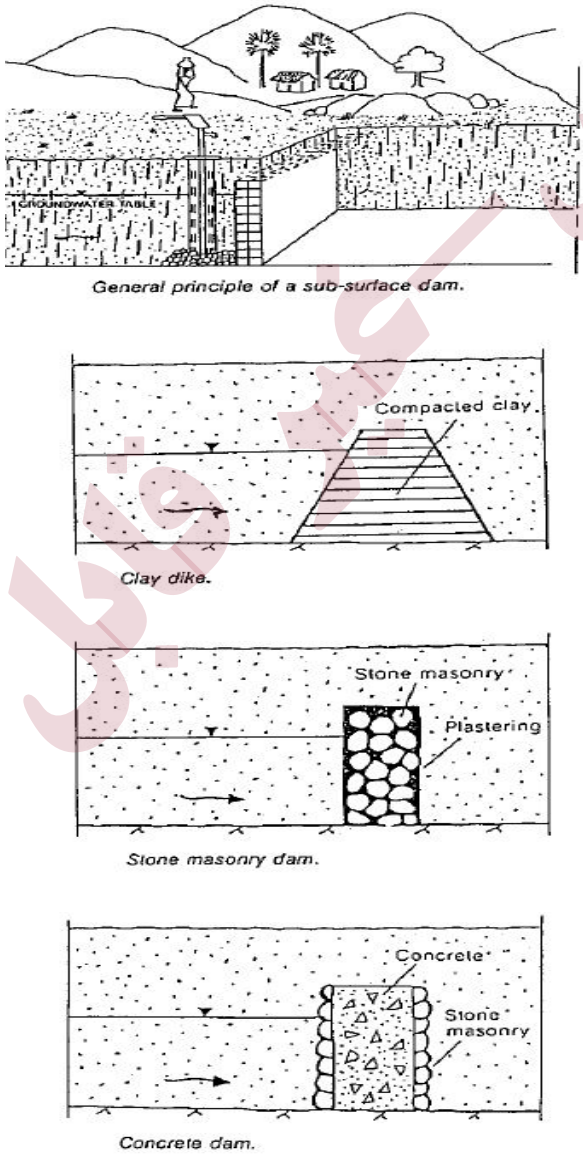
چنانچه در نزدیک دیوار آب بند مکان طرحریزی شده، خاک چسبنده موجود باشد می تواند هزینه ها را کاهش دهد.

رس می تواند از طریق تأمین مقدار اپتیمم آب کاملاً تحکیم یابد.

دیوار آب بند باید بقدر کافی ضخیم باشد تا رطوبت را جهت جلوگیری از ترک خوردگی در فصل خشک، حفظ نماید.

مکان خاکبرداری شده معمولاً با خاک همان منطقه شامل خاک قسمت آب بند پر می شود.

در خاکریزی باید در عین حال که نفوذپذیری خاک در بخش سرریز حفظ می گردد کاملاً تحکیم یافته باشد.

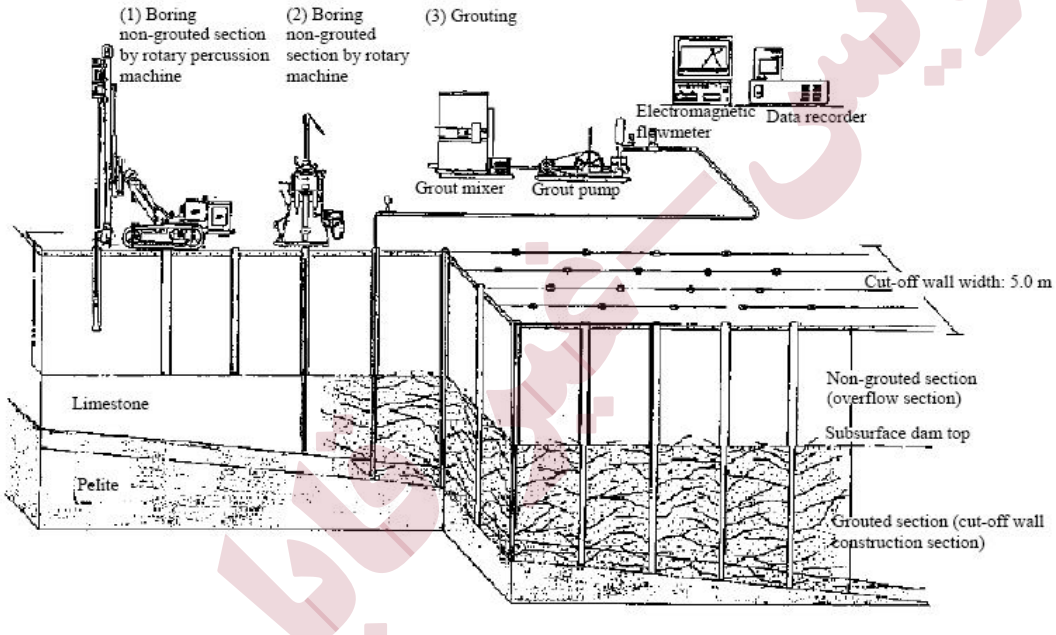


شکل ۲. نمای عرضی روش ترانشه

- کاربرد ترکیبی از روش ترانشه با سایر روشهای احداث دیوار آب بند ممکن است عملیات احداث را مقرون به صرفه تر نماید. برای مثال، روش ترانشه ممکن است در بالای سطح آب زیرزمینی و روش تزریق دوغاب سیمان یا دیواره دیافراگم در زیر سطح آب زیرزمینی بکار برده شوند. این کار، عمق احداث به روش تزریق دوغاب یا دیواره میان پرده را به منظور افزایش دقت ساخت و کاهش حفاری ماشینی گران، کاهش می دهد و در مجموع کل هزینه های ساخت را کاهش خواهد داد.

(۳) روش تزریق دوغاب سیمان

روش تزریق دوغاب سیمان بمنظور تزریق سیمان و سایر مواد سخت کننده همراه با فشار از درون گمانه ها به درون حفرات خاک می باشد تا نفوذپذیری زمین را بمنظور احداث دیوار آب بند کاهش دهد. شکل ۳ مفهوم احداث را با استفاده از روش تزریق دوغاب سیمان نشان می دهد.



شکل ۳- احداث با روش تزریق دوغاب

مزیت روش تزریق دوغاب سیمان اینست که نیاز به دستگاههای احداث بزرگ نداشته و هزینه های احداث نسبتاً کم می باشد.

بطور کلی این روش جهت کاهش هدایت هیدرولیکی خاک تا کمتر از 10-5cm/sec مرتبه مد نظر نیست و اغلب نمی تواند برای افزایش و بهبود نفوذپذیری مورد انتظار باشد.

چنانچه زمین مورد نظر برای احداث دارای ساخت پیچیده ای است، ممکن است یک دیوار آب بند غیر یکنواخت با نفوذپذیری پراکنده، احداث شود.

چنانچه عمق سازه افزایش می یابد، گمانه ها بیش از اندازه خمیدگی پیدا می کنند و نفوذناپذیری دچار مشکل می گردد.

در طراحی یک دیوار آب بند از طریق روش تزریق دوغاب سیمان، نه تنها شفاف سازی مسائل بالا ضروری است، بلکه کنترل و بررسی دامنه تغییرات هدایت هیدرولیکی قابل اصلاح و بهبود نیز از طریق احداث آزمایشی ضرورت دارد.

چنانچه نفوذپذیری زمین به سبب عمق زیاد نمی تواند به اندازه کافی افزایش یابد، تعداد حفرات تزریق دوغاب سیمان افزایش یافته و دیواره به اندازه کافی ضخیم می شود.

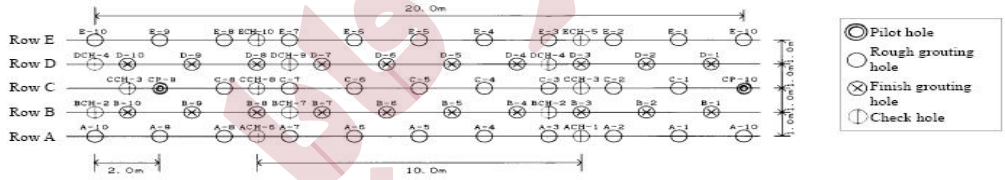
بدون کنترل مسیرهای تزریق دوغاب، امکان احداث یک دیوار آب بند بهمان صورت طراحی شده، وجود ندارد. برای جلوگیری از این مشکل، مخلوط دوغاب را از طریق آرایش حفره یا تنظیم میزان جذب دوغاب تغییر دهید تا اطمینان حاصل نمایید که دوغاب تنها بر روی محل برنامه ریزی شده جهت احداث دیوار آب بند پخش خواهد شد.

با توجه به روش کار، روش تزریق دوغاب می‌تواند بصورتی که در جدول ۶ ارائه شده است، تقسیم گردد.

جدول ۹. طرح کلی انواع اصلی روش تزریق دوغاب

نوع	طرح کلی
روش میله	پس از گمانه کنی تا عمق برنامه ریزی شده نهایی، میله ای بطرف پایین حفره فرو برده می شود. در حین تزریق دوغاب از بالا، همچنان که فشار تزریق دوغاب بطور مداوم افزایش می یابد، میله بالا می آید.
روش مرحله ای	گمانه کنی و تزریق دوغاب متناوباً از بالاترین سکو به پایین ترین سکو پیش می روند.
روش پکر	پس از گمانه کنی تا عمق برنامه ریزی شده نهایی، یک پکر در پایین ترین سکو قرار داده می شود و در ابتدا تزریق می گردد. سپس طبقات بالایی بطور مداوم تزریق می شوند.
روش پکر با لوله مضاعف	پس از گمانه کنی تا عمق برنامه ریزی شده نهایی، یک لوله خروجی همراه با تیوپ تزریق دوغاب در گمانه نصب شده و یک لوله درونی با پکر مضاعف بمنظور تزریق دوغاب به درون هر دریچه تزریق، درون لوله خروجی تعبیه می گردد.

دیوار آب بند بند زیرزمینی Sunagawa تا اندازه ای از طریق روش تزریق دوغاب ساخته شده است. سرانجام روش مرحله ای با استفاده از سیمان پرتلند معمولی انتخاب شد. شکل ۴ آرایش حفرات تزریق را نشان می دهد.



شکل ۴. آرایش حفرات تزریق دوغاب در بند زیرزمینی Sunagawa

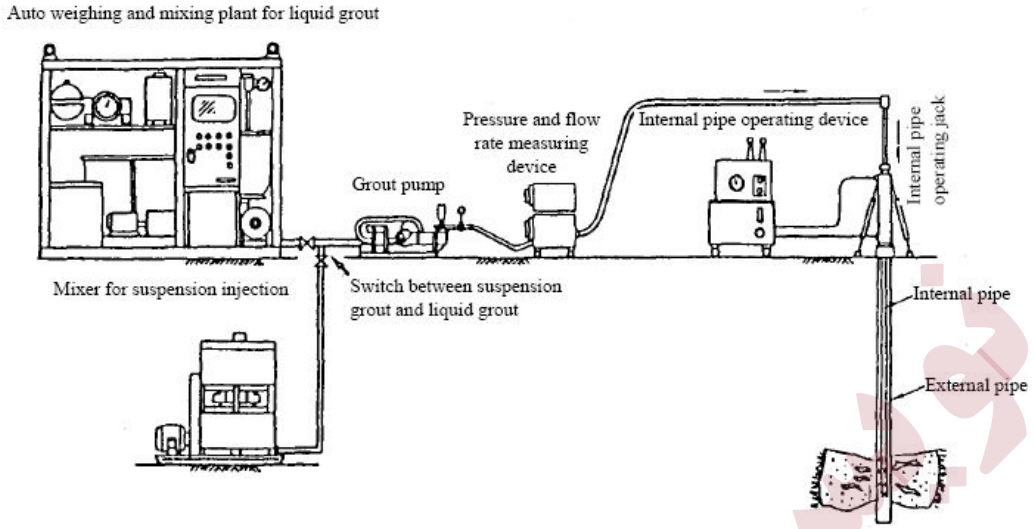
برای یک دیوار آب بند با نسبت دیواره (ارتفاع دیوار آب بند/ ارتفاع سازه (عمق از سطح تا پی دیوار آب بند) × ۱۰۰(٪)) ۱۰ تا ۳۰ ٪، روش تزریق دوغاب مقرون به صرفه تر از روش اختلاط عمیق می باشد.

روش مرحله‌ای بطور کلی برای زمینی قابل کاربرد است که دیواره های حفرات فرو نمی پاشد و فشار حد تزریق به اندازه کافی، زیاد است. اگر به نظر می رسد روش مرحله ای حتی از طریق تزریق طولانی مدت دوغاب قادر به اصلاح خاک نمی باشد، در این صورت باید روش پکر مضاعف دو لوله ای در خاکی که شرایط بدنبال آمده را داراست، مطرح گردد.

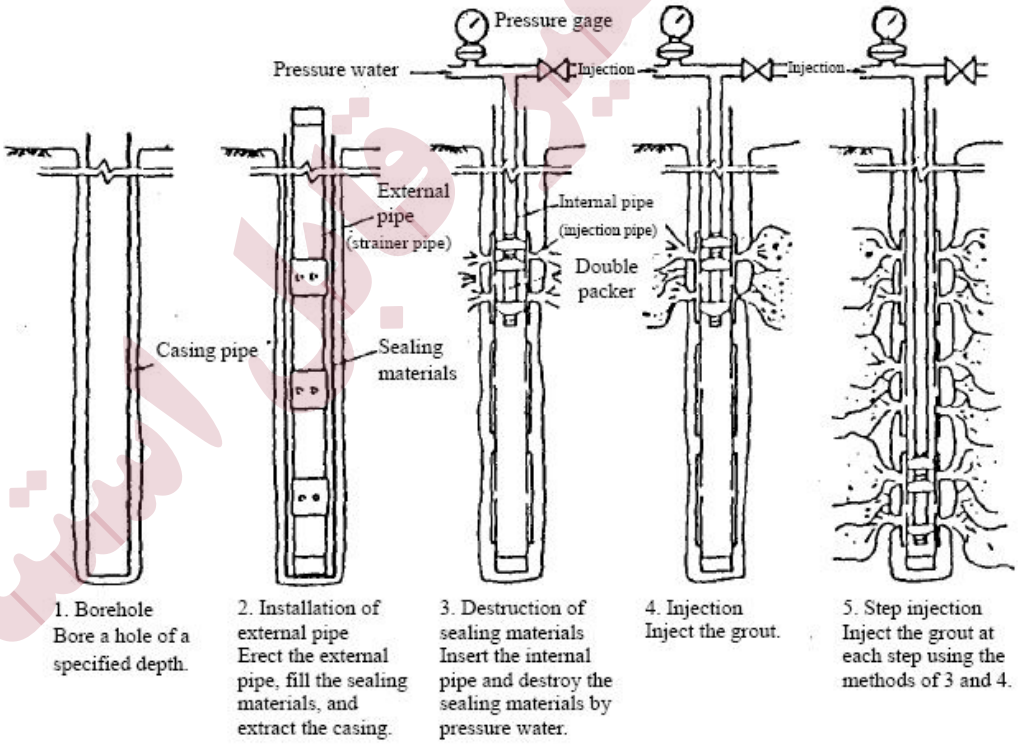
- پکرها به خوبی کار نمی کنند.
- دیواره حفره به تنهایی قدرت ایستایی ندارد.
- حتی زمانی که سرعت تزریق دوغاب کاهش یافته است، تراوش سطحی و نشت پکر به دفعات روی می‌دهد.

- برخی لایه ها می توانند اصلاح شوند اما تزریق دوغاب برای لایه های ویژه قابل کاربرد نیست.

شکل های (۵) و (۶) طرح کلی روش پکر مضاعف دو لوله ای را نشان می دهند.



شکل ۵- سیستم اصلی روش پکر مضاعف دو لوله ای



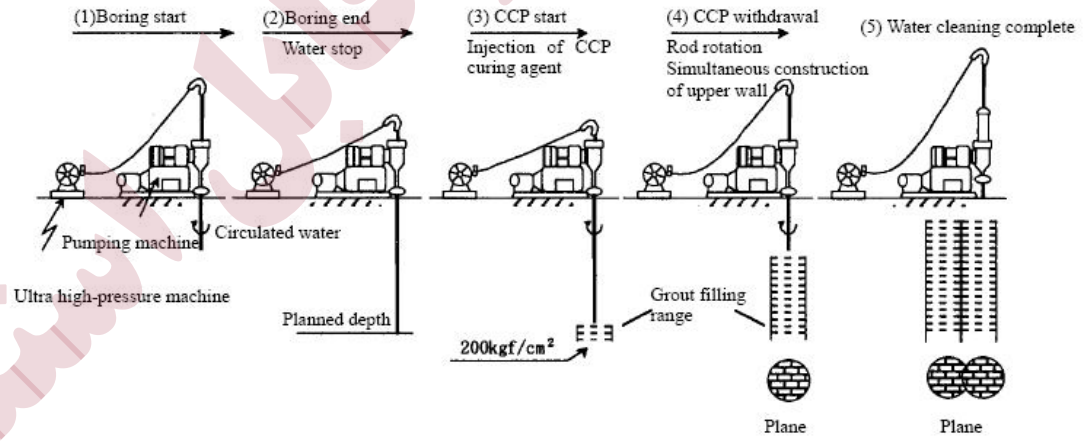
شکل ۶- روش پکر مضاعف دو لوله ای

(۴) روش تزریق فورانی دوغاب سیمان

روش تزریق فورانی دوغاب سیمان، نوعی روش تزریق است که ساختمان زمین را بواسطه جریان سریع سیمان یا سایر مواد سخت کننده، هوا، یا آب از درون گمانه ها با فشار فوق العاده زیاد بمنظور مخلوط نمودن یا جایگزینی خاک با مواد سخت کننده بهم می زند. جدول ۱۰ طرح کلی روش تزریق فورانی دوغاب را بمنظور احداث بند زیرزمینی در چین ارائه می دهد. شکل (۷) نیز روش تزریق فورانی دوغاب را نشان می دهد.

جدول ۱۰. طرح کلی روش تزریق فورانی سیمان بکار رفته در ساختمان بندهای زیرزمینی در چین

روش	یک مجرای تزریق دوغاب با قطر ۱۵۰ میلی متر در هر ۱.۴ متر با طرح شطرنجی حفر می گردد. یک نازل تزریق دوغاب به آرامی از کف مجرای تزریق دوغاب بالا می آید. در حالی که نازل با زاویه 34^{o} نسبت به مجرای تزریق دوغاب مجاور، حول خود دوران دارد، دوغاب سیمان با فشار ۳۰ تا ۴۰ مگا پاسکال فوران می یابد. دیواره های قطاعی بطور پیوسته برای احداث یک دیوار آب بند، مونتاژ می گردند.
ویژگی	یک دیوار آب بند با میانگین عرض ۰.۴ متر می تواند برای هدایت هیدرولیکی معادل 7-10 سانتی متر بر ثانیه احداث گردد. غلافگذاری لوله سه تایی برای تزریق دوغاب، بکار رفته و می تواند هوا، آب و دوغاب پر فشار را فوران دهد. این روش از طریق آب پر فشار لایه را قطع نموده و حتی برای سنگها نیز قابل کاربرد است. جایی که دیواره مجرا به آسانی فرو می پاشد، عملیات از بالا به پایین صورت می گیرد یا حفاری و تزریق دوغاب تکرار می شوند.
کاربری واقعی	جهت احداث در عمق بالغ بر ۵۰ متر استفاده می گردد. اغلب برای آب بندی در معادن استفاده می شود.
اشکالات	دیواره در نزدیکی مجرای تزریق دوغاب سیمان، نازک می شود. پایداری دیواره کم است. عملیات ویژه در جایی که زمین از گراول های بسیاری تشکیل یافته، ضروری می باشد.



مفهوم روش CCP

شکل۷. مراحل روش تزریق دوغاب

(۵) روش شمع کوبی ورقه استیل

روش شمع کوبی ورقه استیل روشی است که به منظور احداث یک دیوار آب بند از طریق سوار کردن شمع های ورقه ای استیل بصورت پیوسته در درون زمین با استفاده از یک چکش ارتعاشی استفاده می گردد. این روش بهنگام برش یک لایه تحکیم نیافته کم عمق، به آسانی می تواند نفوذناپذیری را با صرف هزینه های کم تضمین نماید. دیوارهای آب بند، شمع های ورقه ای استیل و بتونی می باشند. ممکن است جای نگرانی در مورد پوسیدگی شمع های ورقه ای بتونی نباشد اما مشکلاتی در خصوص تنظیمات عمق انتهایی وجود داشته و هزینه آن نسبت به انواع استیل بیشتر است. شمع های ورقه استیل ممکن است توسط آب شور پوسیده شوند اما هنگامی که بیش از ۵ میلیمتر پوسیده شدند، به مدت ۱۰۰ سال دوام خواهند داشت. بمنظور احداث، زمین حدود ۲ متر حفر شده و شمع های ورقه ای استیل در آنجا نصب می شوند.

(۶) روش میان پرده با بیل مکانیکی

روش میان پرده با بیل مکانیکی بمنظور حفاری یک کانال زیرزمینی با یک بیل مکانیکی از نوع کلامشل می باشد و از مصالح سخت کننده سیمانی برای احداث دیواره دیافراگم زیرزمینی استفاده می شود.

دستگاههای حفار می توانند به دو نوع میلگرد که یک بیل مکانیکی را بصورت عمودی در طول یک راهنما بالا و پایین می برد و نوع معلق که یک بیل مکانیکی آویزان می باشد، تقسیم گردند. حداکثر عمق حفاری از طریق نوع میلگرد در حدود ۵۰-۴۰ متر می باشد. Soletanche KS3000، یک نوع بیل مکانیکی از نوع معلق می باشد که می تواند تا حدود عمق ۵۰ تا ۶۰ متری را حفر نماید. حفارهای بیل مکانیکی اغلب برای رسوبات تحکیم نیافته بکار می روند. برای حفاری سنگ، حفارهای سنگی می توانند معمولاً تنها برای سنگهای نرمی که استحکام نامحدود تراکمی آنها 5 MN/m2 تا ۶ است، مورد استفاده واقع گردند. اگر وجود یک سنگ در رسوبات تحکیم نیافته، حفاری از طریق بیل مکانیکی را دچار مشکل می سازد، از یک مته آهنی جهت شکافتن سنگ استفاده می گردد.

روش بیل مکانیکی، دیوار آب بندی از نوع مواد سیمانی متشکل از سیمان، بنتونیت، گراول و دیگر مواد اضافی ایجاد می نماید. نسبت اختلاط این مواد استقامت، نفوذپذیری و قیمت گذاری مصالح دیواره را تعیین می کند. هدایت هیدرولیکی دیواره می تواند تا میزان 10-6 cm/sec مرتبه یا کمتر کاهش یابد. مواد سخت کننده از طریق دو روش زیر مورد استفاده قرار می گیرند:

در حفاری از دوغاب تثبیت کننده دیواره همراه با مصالح سخت کننده (دوغاب خود سخت شونده) استفاده می شود.

از گل معمولی بعنوان دوغاب حفاری استفاده شده و پس از حفاری با استفاده ا ز لوله tremie یا... با دوغاب خود سخت شونده جایگزین می گردد.

(۷) روش اختلاط عمیق درجا ریخته

روش میان پرده می تواند برای اطمینان از نفوذناپذیری در احداث یک دیوار آب بند مورد استفاده قرار گیرد. با این وجود، این روش به دستگاههای احداث نسبتاً بزرگ نیاز دارد و اغلب هزینه بیشتری نسبت به روش تزریق دوغاب دارد.

از چندین نوع روش دیوار دیافراگم بکار رفته برای احداث بند زیرزمینی، روش اختلاط عمیق درجا ریخته رایجتر می باشد. روش اختلاط عمیق بمنظور خرد کردن زمین به اجزاء آن از سطح از طریق یک یا تعداد بیشتری آگر می باشد و اجزاء سیمانی خاک را از طریق تزریق و تکان دادن سوسپانسیون سیمانی (تزریق دوغاب) به هنگام بالا بردن آگرها از رئوس آگرها می سازد. یک دیوار آب بند از اجزاء پیوسته سیمان خاک ایجاد می شود. این روش دارای ویژگی های بدنبال آمده می باشد:

پس از حفاری، خاک بسیار زیادی باقی گذاشته نمی شود زیرا دیواره از طریق آمیختن سیمان خاک بر روی مکان حفاری احداث می گردد.

از آنجایی که پس از حفاری، خاک بطور کامل حذف نمی شود، هیچ نیازی به تثبیت دیواره حفره با دوغاب نیست.

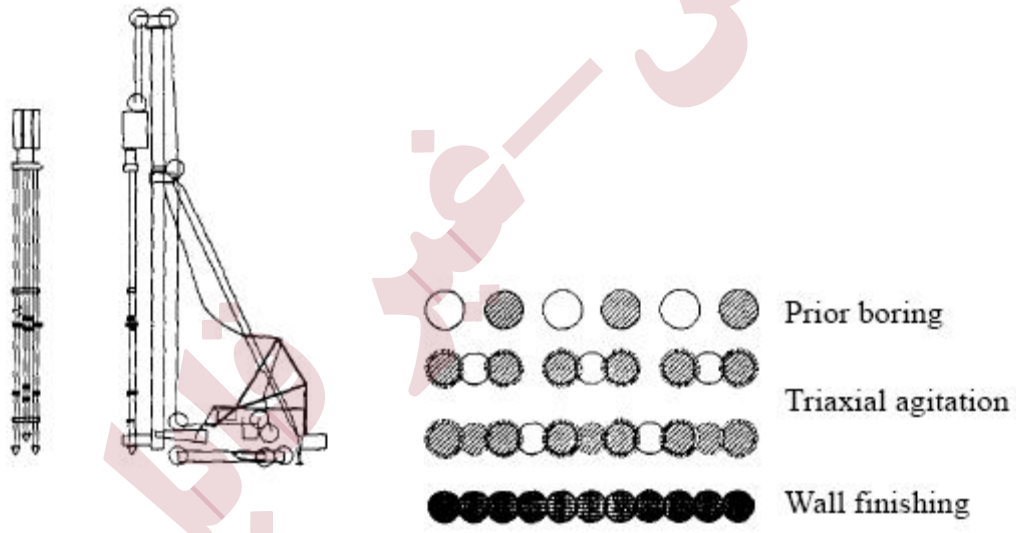
این روش برای یک لایه گراولی با N-Value برابر ۵۰ یا بیشتر بوده و از زمین سخت تا نرم قابل کاربرد است.

این روش، تا عمق حدود ۱۵ تا ۲۰ متری در زیر زمین کارایی بالایی نشان می دهد اما امکان عملیات اجرایی در عمق فراتر از ۶۰ متر را نیز فراهم می نماید.

سر و صدا و ارتعاشات نسبتاً کم می باشد.

چنانچه خاکی که دارای رس آلی یا نمک است در منطقه اختلاط وجود دارد، استحکام سیمان خاک توسط این عوامل تحت تأثیر قرار می گیرد.

شکل ۷ ماشین آلات ساخت و آرایش حفرات را در روش اختلاط عمیق با آگر سه محوری نشان می دهد که جهت احداث دیوار آب بند در بند زیرزمینی Sunagawa و سایر بندهای زیرزمینی انتخاب شده است.



شکل۸. دستگاه ساخت و مجاری حفاری در روش اختلاط عمیق درجا ریخته شده

ممکن است روش اختلاط عمیق همچنان که عمق افزایش می یابد خمش ایجاد نموده و یک دیواره غیر متوالی بسازد. برای پیشگیری از این مشکل، حفره با استفاده از یک شیب سنج مورد اندازه گیری قرار می گیرد. چنانچه نتایج اندازه گیری نشان می دهد که حفره خمیده است، برای اطمینان از یک دیوار آب بند متوالی، خمش اصلاح می گردد.

از آنجایی که روش اختلاط عمیق، سیمان خاک را از خاک حفاری شده در محل به همراه یک دوغاب مایع تولید می کند بنابراین نسبت اختلاط، نفوذپذیری و پایداری را به شدت تحت تأثیر قرار می دهد. بنابراین، شرایط حد و مرزی مختلف بواسطه تغییر نسبت اختلاط ایجاد شده و نفوذپذیری و پایداری برای تعیین نسبت اختلاط اپتیمم، مورد بررسی قرار می گیرند.

هنگامی که نسبت اختلاط ترکیبات دوغاب تغییر می یابد، استحکام مواد سخت شده، نفوذپذیری، اثر پیشگیری از دیسپرشن آب، و ویسکوزیتی (فشار گشتاور پیچشی بر روی آگر) نیز مطابق با آن تغییر می یابد. بنابراین، نسبت اختلاط با در نظر گرفتن شرایط میدانی، کارایی عملیات، و مسائل اقتصادی تعیین می گردد.

جدول ۱۱. مخلوط دوغاب در روش اختلاط عمیق (در هر ۱ متر گمانه)

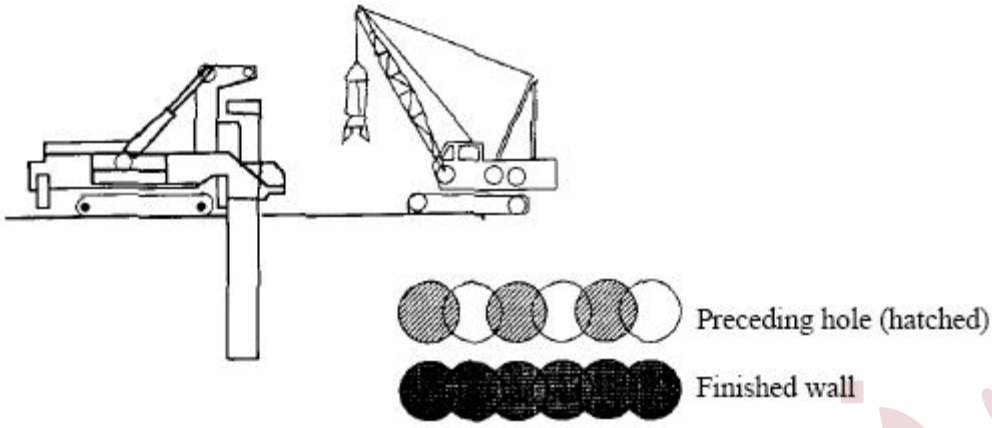
مواد	واحدها	بند زیرسطحی Sunagawa (1990 – 1992)			بند زیرسطحی Komesu (1995 – 1997)			
		تزریق I	تزریق Í	تزریق دوغاب Π	تزریق I		تزریق Í	تزریق دوغاب Π
		نفوذ/کشش	نفوذ	کشش	نفوذ	کشش	نفوذ	کشش
خاکستر تنظیم (S)	kg	۴۰.۰	۱۱۵.۷		۲۵.۸	۵.۲	۱۱۵.۴	
خاکستر بادی(F)	kg	۱۲.۹	۲۱.۴		۸.۳	۱.۷	۲۱.۳	
بنتونیت(B)	kg	۴.۶	۸.۱	۳.۸	۴.۱	۰.۸	۸.۰	۳.۸
آب (W)	l	۲۶۴.۳	۶۸۳.۹	۱۲۵.۴	۱۳۵.۸	۲۷.۲	۴۷۸.۸	۱۲۵.۴
سیمان معمولی(C)	kg		۷۳۷	۱۱۵.۶				۱۱۵.۶
عامل پف کننده (A)	kg			۹.۷				۹.۷
تغلیظ کننده (SK)	kg			۰.۳۸				۰.۳۸
حجم تزریق در هر متر	l/m	۲۸۶	۷۳۷	۱۶۷	۱۵۰	۳۰	۵۳۲	۱۶۷
W/SF	%	۵۰۰	۵۰۰		۴۰۰	۴۰۰	۳۵۰	
B/W	%	۱/۷	۱.۲	۳	۳.۰	۳	۱.۷	۳
W/C	%			۱۰۰				۱۰۰
SK/W	%			۰.۳				۰.۳
A/C	%			۸.۴				۸.۴

جدول ۱۲. ترکیب دوغاب سیمان در بند زیرزمینی Nakajima (در هر ۱ مترمکعب از خاک)

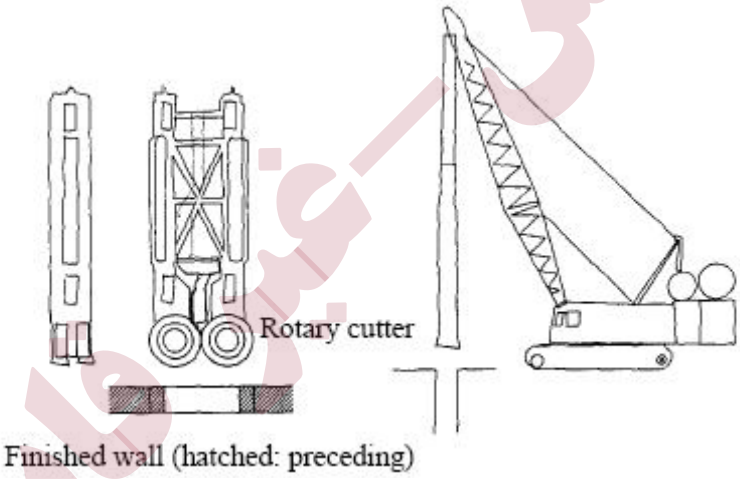
نسبت آب به سیمان W/C (%)	نسبت بنتونیت به آب B/W (%)	حجم تزریق دوغاب Q (%)	سیمان کوره BC (kg)	بنتونیت B (kg)	آب W (liter)
۱۷۵	۶	۷۴۲	۳۵۰	۳۷	۶۱۳

(۸) سایر روشها

روش شمع گذاری با قطر زیاد، روش حفاری افقی چند محوری و روش شمع استیل H-Type نیز بصورت آزمایشی بعنوان روشهای احداث دیوار آب بند بند زیرزمینی استفاده می شوند. شکلهای ۹ تا ۱۱ ماشین آلات ساخت و آرایش حفرات خاکبرداری شده را نشان می دهند.

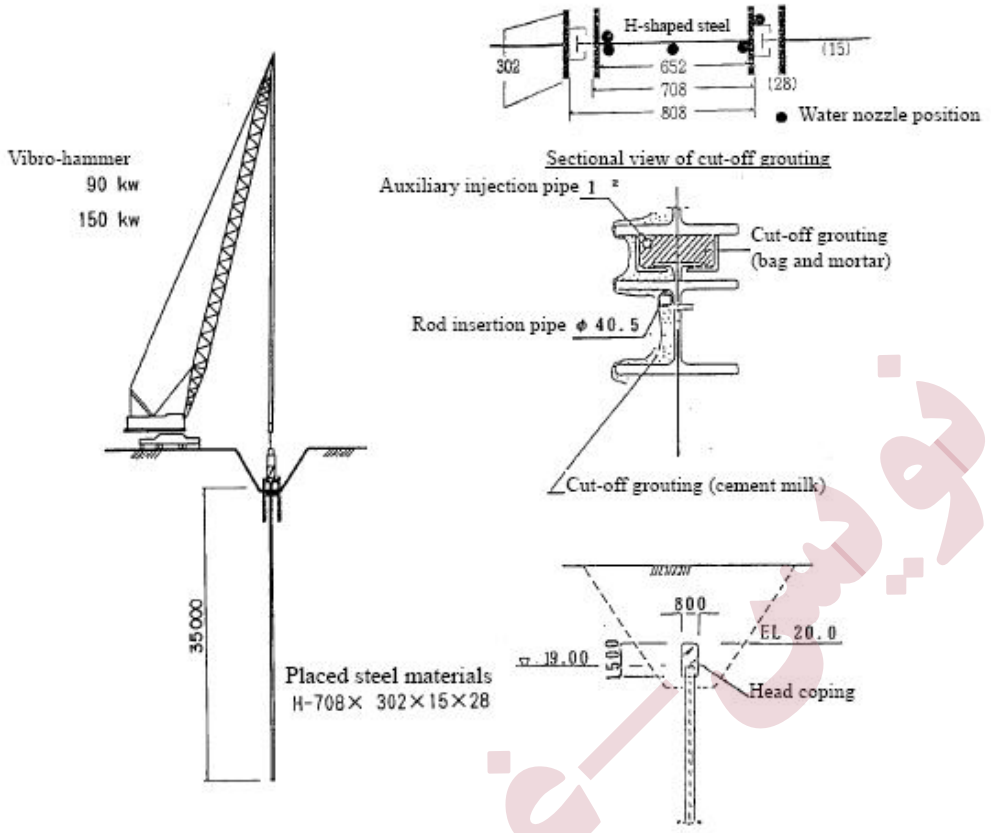


شکل ۹. روش شمع کوبی با قطر زیاد



شکل۱۰. روش حفاری افقی چند محوری

پیش نویس غیر قابل استناد



شکل ۱۱. روش شمع استیل H-Type

۸-۱- طراحی بند زیرزمینی با مخزن سطحی

یک بند زیرزمینی همراه با مخزن سطحی از هر دو نوع بند می باشد. یکی از آنها دیوار آب بندی در زیر زمین دارد اما آب سطحی را در فضای مخزنی کم ارتفاع ذخیره می کند. دیگری یک دیوار آب بند زیرزمینی دارد که برای ذخیره هر دو نوع آب سطحی و زیرقشری مستقیماً زیر مقطع سرریز شونده قرار گرفته است.

۴-۹- تأسیسات استحصال آب

۴-۹-۱- رویکرد اصلی طرح استحصال آب

(۱) تأسیسات استحصال آب مناسب

- هنگام طراحی تأسیسات استحصال یک بند زیرزمینی نوع، ساختمان و آرایش این تأسیسات باید بمنظور مقدار استحصال آب مورد نیاز از مخزن تعیین گردند.
- ویژگیهای استحصال آب حتی در فضای مخزن که نفوذپذیری مخزن بصورت عمودی و افقی تغییر می نماید، اغلب یکنواخت نیستند.

- چنانچه تأسیسات استحصال در جایی تعبیه شده است که به سبب جذب یا نفوذپذیری کم، عمق آب کافی قابل تضمین نیست، استحصال آب ممکن است ناکارآمد شده و مقرون بصرفه نباشد.
- هنگام تعبیه تأسیسات استحصال آب، انتخاب مکان مناسب از طریق بررسی و آنالیز ویژگی های آبگیری آبخوان ها و تعیین نوع و ساختار تأسیسات استحصال ضروری می باشد.
- از آنجایی که یک بند زیرزمینی بطور کلی به نیرویی برای پمپاژ آب زیرزمینی نیاز دارد، هزینه های بهره برداری و حفاظت از تأسیسات استحصال آب نیز باید بطور کامل مدنظر قرار گیرند.

(۲) انواع تأسیسات استحصال آب

هنگام انتخاب نوع تأسیسات استحصال آب، موارد زیر باید مدنظر قرار گیرند:

به منظور انتخاب تأسیسات مطابق با خصوصیات هیدرولیکی آبخوان و نوع بهره برداری از آب، مقدار استحصال مورد نیاز، هزینه های احداث و هزینه های عملیاتی باید بصورت تفصیلی و به اندازه شرایط توپوگرافیکی، زمین شناسی و آب زیرزمینی مورد بررسی قرار گیرند.

تأسیسات استحصال آب می توانند با توجه به نوع جمع آوری به دو نوع استحصال غیرمتمرکز و متمرکز تقسیم شوند:

در استحصال غیرمتمرکز:

- تأسیسات نسبتاً کوچک بسیاری در هر جایگاه تعبیه می گردند.
- در اینجا چاههای لوله ای معمولی مورد استفاده قرار می گیرند.
- تأسیسات استحصال غیرمتمرکز امکان تنظیم موقعیت تأسیسات و تعداد نصب آنها را مطابق با مقادیر پیشین استحصال و ویژگی های آبگیری آبخوان فراهم می سازد.

بدلیل تعداد زیاد تأسیسات، حفاظت از این نوع تأسیسات پیچیده و مشکل می باشد.

در استحصال متمرکز:

تعداد کمی از تأسیسات بزرگ نصب می شوند.

چاهها و گالری های جمع کننده با این تأسیسات مطابقت دارند.

نگهداری آنها آسان است اما بدلیل ابعاد بزرگ، هزینه های نصب بالایی دارند.

بمنظور دستیابی سریع به کارکردهای مورد نیاز، ویژگی های استحصال در مکان برنامه ریزی شده باید به خوبی ارزیابی گردند.

بطور کلی این نوع از تأسیسات در جایی که سطح آب زیرزمینی بالاست، مناسب نمی باشند زیرا عملیات در زیر سطح آب زیرزمینی مشکل است.

هنگام ایجاد یک گالری یا یک مجرای افقی برای یک چاه جمع کننده، دیواره حفره در دست ساخت باید پایدار باشد.

ساختار تأسیسات استحصال آب و زهکشی ممکن است در یک بند زیرزمینی با مخزن سطحی و یک بند سطحی معمولی، مشابه باشند. با این وجود، طرح استحصال آب و موقعیت و ساختار تأسیسات استحصال آب باید با توجه به این مسئله تعیین گردد که جریان آب زیرزمینی به خارج از مخزن به سمت مخزن سطحی زمان زیادی صرف می نماید.

(۳) آرایش تأسیسات استحصال آب

از این تأسیسات انتظار می رود که امکان استحصال آب مورد نیاز را حتی زمانی که سطح آب در مخزن پایین است فراهم نمایند. بنابراین، تأسیسات استحصال آب باید اساساً در فضای مخزن که آب کافی برای حداکثر آبگیری و مقدار استحصال لازم در پایین ترین سطح مخزن وجود دارد، نصب گردند.

معمولاً مکان مناسب برای تأسیسات استحصال جایی است که عمق تا سطح فوقانی پی، زیاد بوده و آبخوان باریک می باشد. با در نظر گرفتن اثرات متقابل بین تأسیسات استحصال آب، باید مکانی را انتخاب نمود که در آنجا مقدار آب کافی وجود داشته باشد. چنانچه نفوذپذیری و سایر ویژگی های استحصالی مخزن یکنواخت نیستند، انتخاب مکانی که نه فقط مطابق با شرایط بالا باشد بلکه نفوذپذیری زیادی نیز داشته و امکان استحصال سریع آب مخزن را فراهم می نماید، ضرورت دارد.

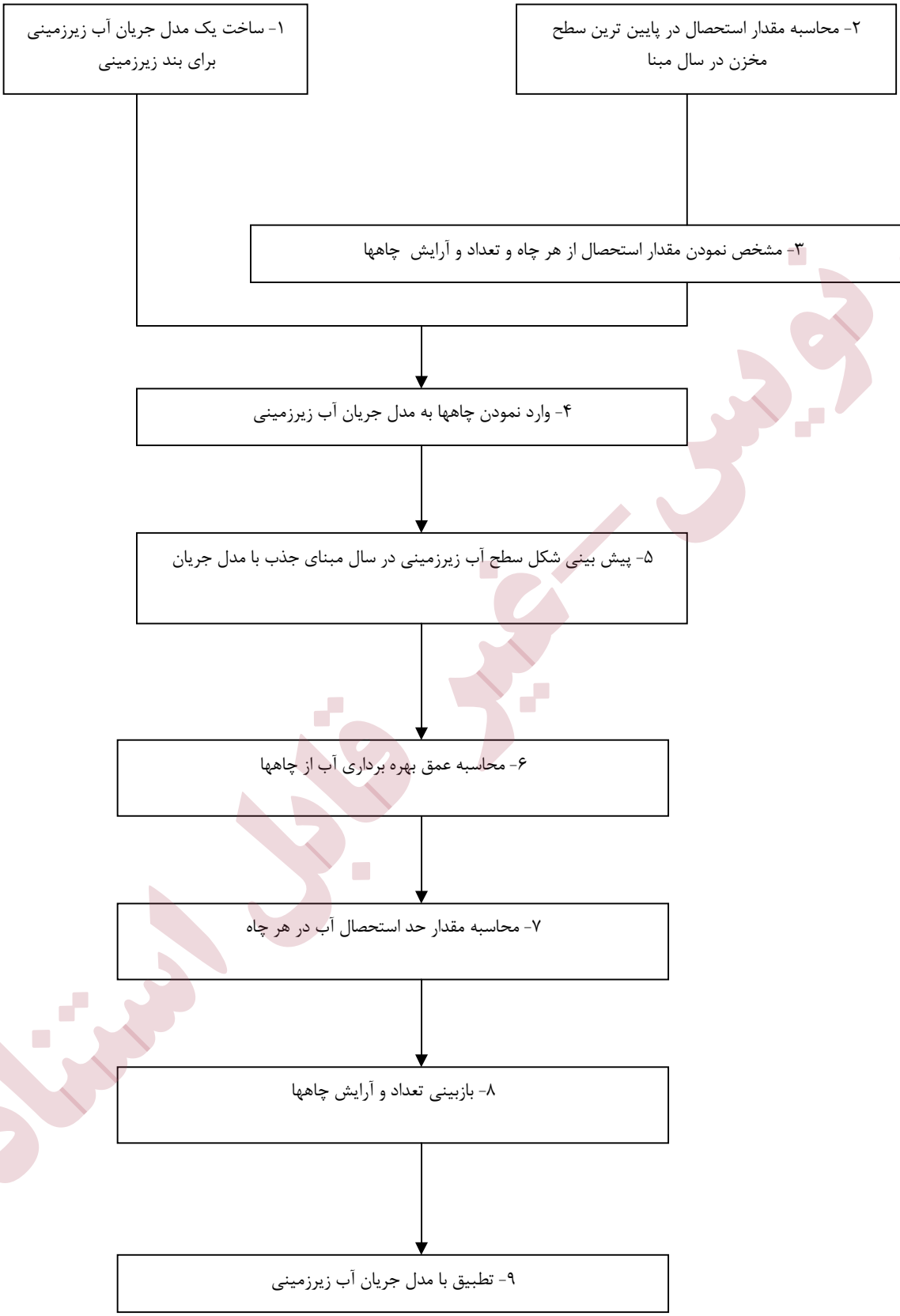
* در طراحی سیستم های جمع آوری و انتقال آب بند زیرزمینی باید به شرایط ویژه هر منطقه، اهداف و ملاحظات اجتماعی-اقتصادی و نیز مسئله مدیریت و نگهداری از تأسیسات توجه نمود.
* بهره برداری از آب مخزن بند زیرزمینی به روش های گوناگونی امکان پذیر است که بستگی به هدف و نوع بهره برداری و شرایط توپوگرافی دارد. اگر محل بهره برداری در پایین دست قرار داشته باشد و از نظر توپوگرافی نیز امکانپذیر باشد، انتقال به روش ثقلی (از طریق حفر قنات یا با استفاده از لوله و کانال) به دلیل عدم نیاز به انرژی و تأسیسات مناسب و اقتصادی تر است.

۴-۱۰- آنالیز استحصال

(۱) طراحی چاه لوله‌ای

هنگام طراحی چاه‌های لوله‌ای، باید مقدار استحصال از هر چاه و تعداد لازم و آرایش چاههای لوله‌ای برای اطمینان از حداکثر میزان استحصال و مقدار استحصال لازم در حداقل سطح مخزن در سال مبنای استحصال برای طراحی منطبق با برنامه عملیاتی (طرح آبرسانی)، تعیین گردد. شکل ۱۲ یک مورد طراحی چاه‌های لوله‌ای را برای استحصال در پایین ترین سطح مخزن در سال مبنای استحصال برای طراحی نشان می دهد. حداکثر مقدار استحصال نیز باید به همین روش مطالعه و بررسی گردد.

پیش نویس - غیر قابل استناد



شکل ۱۲. نمونه ای از مراحل طراحی چاه لوله‌ای

پیش نویس - غیر قابل استناد

۱-۱- ساخت یک مدل جریان آب زیرزمینی

- ساخت یک مدل جریان آب زیرزمینی تفصیلی برای پیش‌بینی شکل سطح آب زیرزمینی در فضای مخزن در نتیجه استحصال آب
- مدل طراحی شده، فضای مخزن را با استفاده از روش المانهای محدود یا روش تفاضل متناهی به دو سگمنت کوچک تقسیم می کند.

۱-۲- با محاسبه مقدار استحصال آب در پایین ترین سطح مخزن در سال مبنای استحصال برای طراحی، مقدار استحصال مورد نیاز در این سطح در سال مذکور مطابق با برنامه عملیاتی بند زیرزمینی محاسبه می شود. پایین ترین سطح مخزن (آب راکد) در طراحی بند زیرزمینی به معنی پایین ترین سطح آب در مخزن می باشد که در سال مبنای استحصال بمنظور طراحی به کار می رود. این سطح از مقدار تغذیه آب زیرزمینی و استحصال آب از طریق آنالیز تعادل آبی محاسبه می‌شود.

۱-۳- تعیین تعداد تجربی و طرح چاه‌های لوله‌ای

- بررسی ثابتهای هیدرولیکی آبخوان و سطح آب زیرزمینی
- محاسبه حداکثر دبی در هر چاه لوله‌ای یا مقدار آب قابل استحصال با استفاده از معادله ارائه شده در زیر:

عمق اولیه (H)، عمق آب در پایین ترین سطح مخزن بند زیرزمینی است که از طریق آنالیز تعادل آبی بدست می آید (شکل ۱۴).

$$Q = \pi \times k \times (H2 - h2) / \ln(R / r)$$

Q: دبی چاه

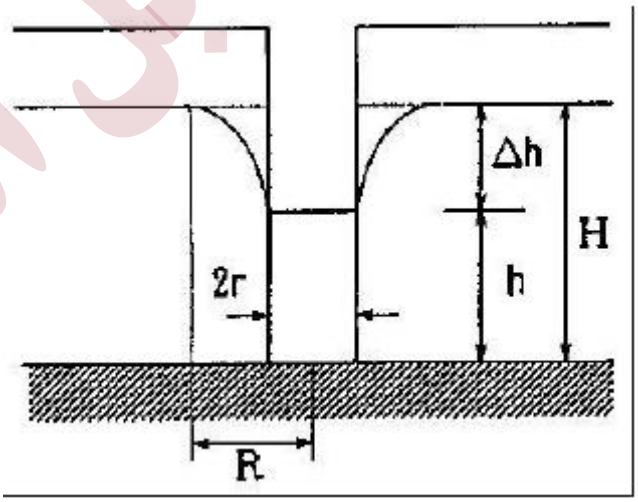
K: هدایت هیدرولیکی

H: عمق اولیه آب مخزن

h: عمق آب در چاه

R: شعاع منطقه تأثیر

r: شعاع چاه



شکل ۱۳. محاسبه حداکثر دبی در هر چاه لوله‌ای

پیش نویس – غیر قابل استناد

۱-۴- وارد نمودن چاههای لوله‌ای به مدل جریان آب زیرزمینی

- تعبیه چاه‌های مورد بررسی در بالا در فضای مخزن
- برای اطمینان از عمق بهره برداری آب، جایی که سطح فوقانی سنگ پی عمیق بوده و مخزن نفوذپذیری خوبی دارد انتخاب می شود.
- برای جلوگیری از ایجاد تداخل در استحصال آب، فاصله مناسبی بین چاههای لوله‌ای حفظ می شود.
- به منظور پیش‌بینی سطح آب زیرزمینی در نتیجه استحصال آب بواسطه چاههای لوله‌ای تعبیه شده، چاهها به دو مدل جریان آب زیرزمینی وارد می شوند.

۱-۵- با پیش‌بینی وضعیت سطح آب زیرزمینی و محاسبه عمق آب در هر چاه لوله‌ای از طریق مدل جریان آب زیرزمینی تصحیح شده در مورد ۱-۴، سطح آب زیرزمینی در سال مبنای جذب بدست آمده و عمق آب در هر چاه لوله‌ای در پایین ترین سطح مخزن محاسبه می شود.

۱-۶- محاسبه عمق بهره برداری آب در چاه لوله‌ای

با در نظر گرفتن خطاها و تلفات چاه‌ها از طریق مدلسازی، عمق آب بدست آمده در مورد ۱-۵ تصحیح شده و عمق واقعی بهره برداری آب برآورد می گردد.

۱-۷- محاسبه مقدار آبگیری حد در هر چاه لوله‌ای

از روی عمق بهره برداری آب که در ۱-۶ بدست آمده، می توان قضاوت نمود که آیا دبی برنامه ریزی شده با استفاده از فرمول زیر برای محدوده گرادیان هیدرولیکی قابل استفاده است یا خیر.

$$Q = \pi \times D \times L \times (\sqrt{k}) / 15$$

Q: دبی (m3/s)

L: عمق بهره برداری آب (m)

D: قطر چاه (m)

K: هدایت هیدرولیکی (m/sec)

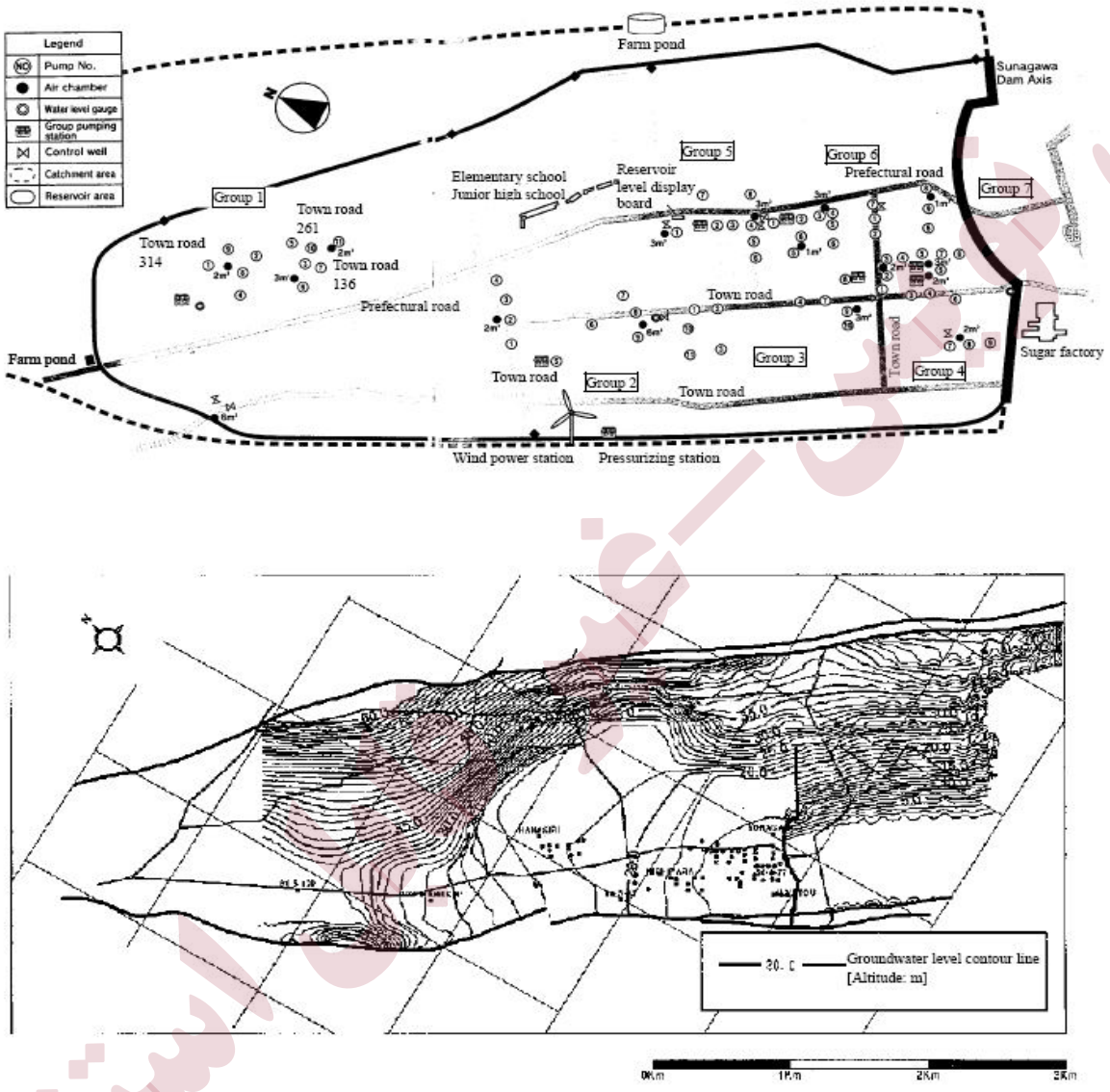
۱-۸- بازبینی تعداد و آرایش چاههای لوله‌ای

- اطمینان از عمق لازم بهره برداری آب برای دبی برنامه ریزی شده در همهٔ چاهها
- تعیین تعداد لازم و آرایش چاههای لوله‌ای
- چنانچه دبی برنامه ریزی شده در یک چاه لوله‌ای (در مورد ۱-۷) موجود نیست، به مورد ۳ رجوع شده و دبی برنامه ریزی شده در هر چاه لوله‌ای و تعداد و آرایش چاهها بازبینی می گردد.
- هنگامی که از مدل جریان آب زیرزمینی استفاده نمی‌شود، تناسب طرح استحصال از طریق محاسبه براساس تئوری زیر و با به خاطر سپردن اثرات متقابل چاهها مورد ارزیابی و قضاوت قرار می گیرد.

$$H^{2-}hi^2 = \sum_{i=1}^{n} Qi/(\pi k)\ln(R/ri) + \sum_{i=1}^{n} Qi/(\pi k)\ln(rij/ri)$$

H: عمق اولیه آب، hi: عمق بهره برداری آب در چاه i-th، Qi: جذب از چاه i-th، R: شعاع منطقه تأثیر، K: هدایت هیدرولیکی، rij: فاصله بین چاه i-th و j-th، Σ': کل مجموع i = 1 تا i = n به استثنای i = j.

چنانچه فاصله بین چاهها کاهش یافته است، آبگیری سبب تداخلات متقابل شده، سطح آب را افزایش داده و مقدار لازم استحصال آب را متوقف و از کار می اندازد. برای اطمینان از ظرفیت آبگیری یک چاه، در جایی که نفوذپذیری آبخوان زیاد است و ویژگیهای آبگیری خوبند، یک نقطه انتخاب می شود.



شکل ۱۴. آرایش چاههای لوله‌ای در بند زیر زمینی Sunagawa

هنگام طراحی پمپهای استحصال آب، ابعاد زیر باید تعیین شوند:

۱- روش استحصال و تعداد پمپها

۲- مدل پمپ

۳- قطر پمپ

۴- آبدهی پمپ

۵- بار آبی کل (اختلاف ارتفاع محل چاه با مخزن ذخیره+عمق چاه+افت فشار در لوله ها و اتصالات)

۶- نوع موتور و خروجی

۷- روش کنترل بهره برداری

(۲) طراحی چاه جمع کننده

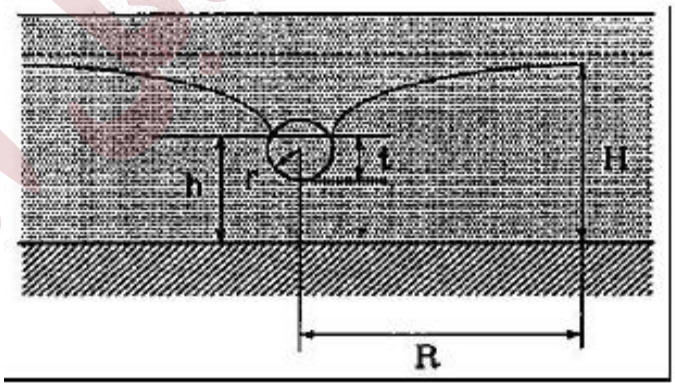
هنگام طراحی چاه‌های جمع کننده باید به موارد زیر توجه نمود:

- دبی برنامه ریزی شده در هر چاه جمع کننده و تعداد لازم و آرایش چاههای جمع کننده باید با روشی مشابه چاههای لوله‌ای که در بالا گفته شد تعیین گردند تا از مقدار استحصال لازم در پایین ترین سطح مخزن در سال مبنای استحصال برای طراحی و با در نظر گرفتن اثرات متقابل بین چاههای جمع کننده، اطمینان حاصل شود.
- یک چاه جمع کننده شامل یک مجرای عمودی همراه با گالری های افقی شعاعی بمنظور استحصال آب می‌باشد. برای اطمینان از مقدار استحصال برنامه ریزی شده، حداقل ارتفاع سطح مخزن را در سال مبنای استحصال بمنظور طراحی> ارتفاع قسمت پایانی مجرای افقی > حداقل ارتفاع سطح پمپاژ آب، بررسی و کنترل می گردند.
- برای مشخص نمودن دبی در هر چاه جمع کننده، شعاع چاه (r) به فاصله‌ای از مرکز چاه جمع کننده تا انتهای مجرای افقی قرار می گیرد.
- مقدار جمع آوری در هر مجرای افقی به صورت زیر محاسبه می شود (شکل ۱۵):

$$Q = k(H2 - h2)L/R \times \sqrt{((t + 0.5r)/h)} \times 4\sqrt{((2h - t)/h)}$$

Q: مقدار جمع آوری در هر مجرای افقی، L: امتداد مجرای افقی، H: سطح ایستابی، h: عمق آب در مجرای افقی، R: شعاع منطقه تأثیر، r: شعاع مجرای افقی، k: هدایت هیدرولیکی، t: در قسمت پایین مشاهده کنید.

(هنگامیکه مقدار h چندین برابر می گردد، قطر مجرای افقی برابر (2r) می شود).



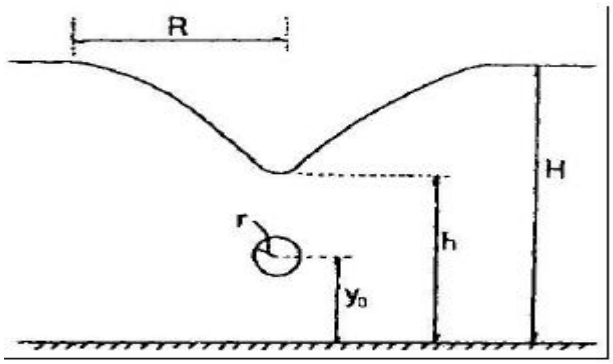
شکل ۱۵. مقدار جمع آوری توسط گالری افقی

(۳) طراحی گالری جمع کننده

از فرمول زیر می توان بمنظور محاسبه استحصال آب از طریق گالری تعبیه شده استفاده نمود (شکل ۱۶):

$$Q = \frac{2\pi k(H-h)\times L}{\ln\left\{\sinh^2(\pi R/2h)+\sin^2(\pi R/2h)-1\right\}/\left\{\sin^2(\pi(y_0+r)/2h-\sin^2(\pi y_0/2h)\right\}}$$

Q: مقدار استحصال آب، k: هدایت هیدرولیکی، L: طول گالری، r: شعاع گالری، R: شعاع منطقه تأثیر، H: عمق طبیعی آب، h: عمق بهره برداری آب، y0: عمق مرکز گالری تا قسمت فوقانی پی (لایه با نفوذپذیری کم).



شکل ۱۶- استحصال آب از گالری جمع کننده

۴-۱۱- ساختار تأسیسات استحصال آب

(۱) ساختمان چاه لوله‌ای

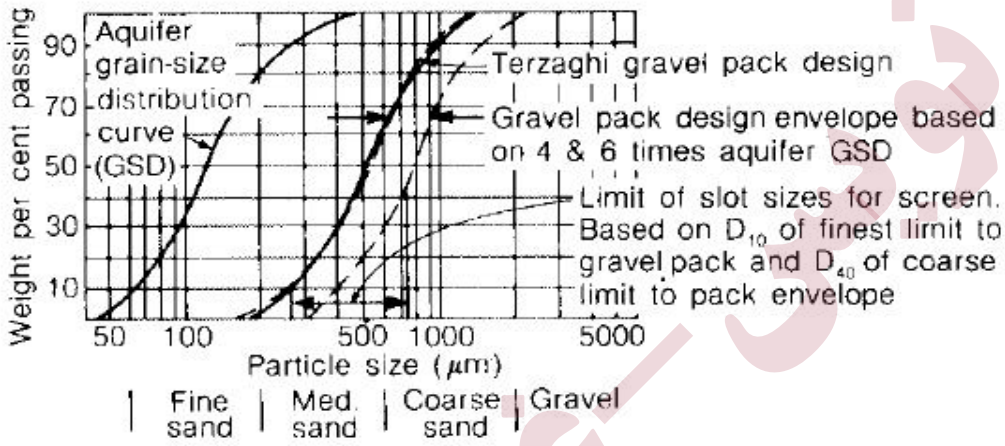
- یک چاه لوله ای شامل یک لوله جداری (پوشش غلاف مانند)، یک غربال، فیلتر بین غربال و رسوبات مخزن و یک پمپ استحصال آب از چاه می باشد. هنگام طراحی چاه های لوله‌ای، ابعاد آنها، مقدار آب قابل استحصال از هر چاه، تعداد لازم و پراکندگی آنها باید مشخص گردد.
- هنگامی که برای استحصال آب از یک پمپ شناور استفاده می شود، بمنظور ایجاد یک پمپ شناور دارای کارکرد لازم و برای اطمینان از خنک سازی مناسب، قطر چاه را باید به قدر کافی بزرگ ساخت.
- قطر چاه با در نظر گرفتن قطر خارجی پیوند اتصال دهنده لوله پمپاژ، اندازه اشل اندازه‌گیر سطح آب که برای کنترل پمپ به کار رفته، اندازه کابل نیرو، نامیزانی محور ناشی از اتصال پیوند لوله یا غیره و حاشیه ای که برای نصب پمپ و تعمیر در نظر گرفته می شود، تعیین می شود.
- بمنظور محافظت دیواره چاه یک پوشش غلاف مانند تعبیه می شود.
- پوشش غلاف مانند بمنظور مقاومت کافی در مقابل خمیدگی باید از جنس لوله‌های استیل یا... ساخته شود.
- برای جلوگیری از خوردگی، لوله‌های استیل روی اندود ترجیح داده می‌شوند.

- ترجیحاً غربال باید روزنه کافی و مناسب داشته باشد.

- برای یک روزنه گرد، برای اطمینان از مقاومت مورد نیاز، نسبت روزنه باید حدود ۳ تا ۵ ٪ باشد. برخی از انواع غربالها ممکن است دارای یک نسبت روزنه ای حدود ۲۰٪ باشند.
- اغلب با پیشرفت کار پمپاژ، شن از آبخوان پیرامون فیلتر به درون چاه کشیده می‌شود.

پیش نویس - غیر قابل استناد

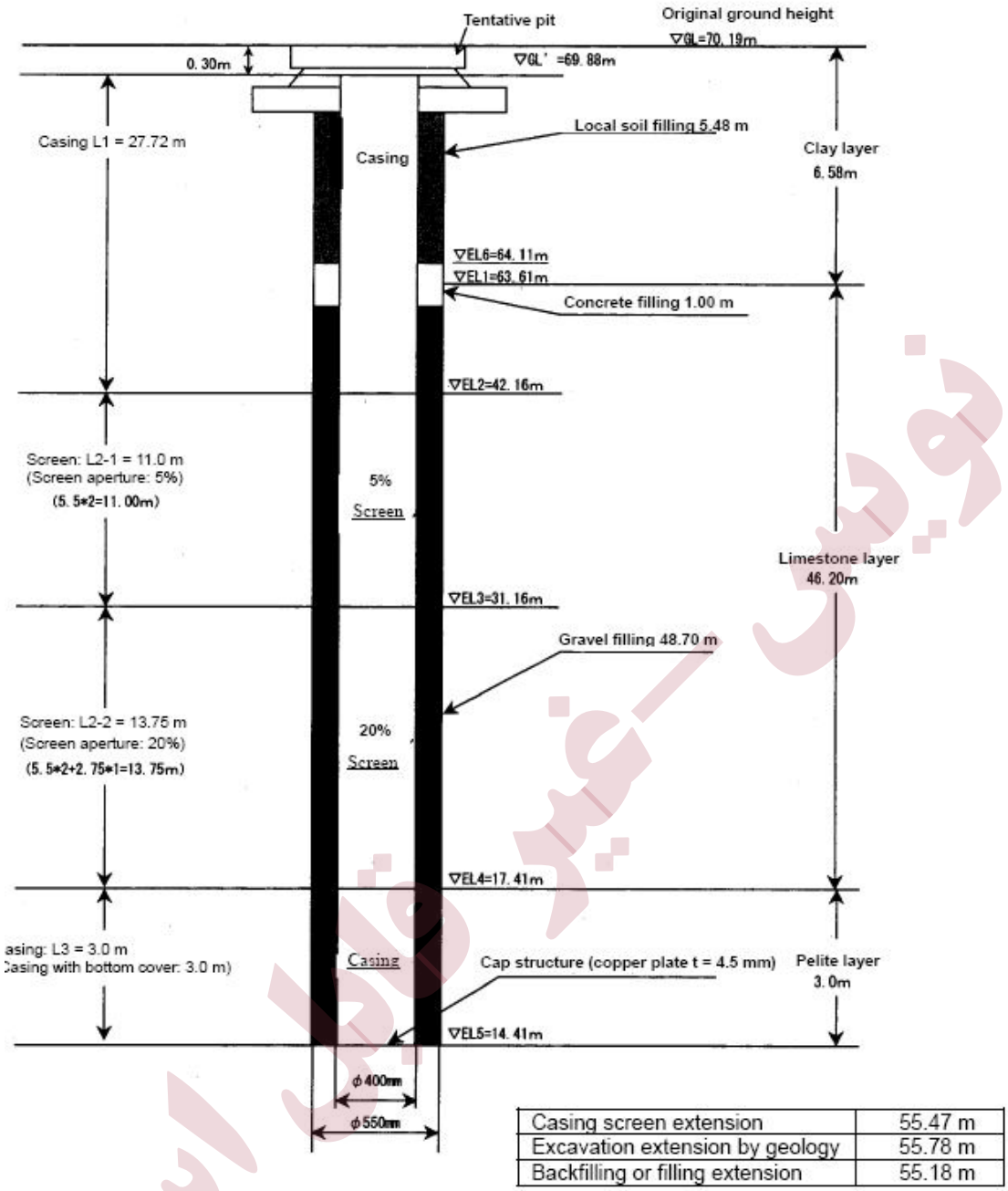
- چنانچه چاه در جایی احداث شده که آبخوان یک لایه شنی تحکیم نیافته است، شن اطراف غربال ممکن است بواسطه پمپاژ یا سیل در اطراف چاه از طریق حفرات غربال به درون چاه جریان یافته، چاه را مدفون نموده و سبب نشست خاک اطراف چاه گردد. برای جلوگیری از این نوع مکش، ناحیه بین غربال و دیواره حفره را باید با گراول ریز دارای اندازه دانه‌ای مناسب مانند یک فیلتر پر نمود. مشابه با شکل ۱۷، گراول ریز انباشته شده، توزیع مشابهی با آنچه در یک آبخوان وجود دارد، نشان می‌دهد. اندازه دانه‌ای ترجیحاً حدود ۴ تا ۶ برابر اندازه دانه‌ای آبخوان است. ضخامت مناسب فیلتر ۷۵ تا ۱۵۰ میلیمتر می‌باشد.



شکل ۱۷. اندازه دانه‌ای فیلتر (Clark, 1988)

جدول ۱۳. طراحی چاه لوله‌ای در بند زیرزمینی Sunagawa

مورد طراحی	چاه لوله‌ای در بند زیرزمینی Sunagawa
عمق چاه	۳- متر از قسمت فوقانی پی
قطر حفاری	۵۵۰ تا ۶۰۰ میلیمتر (با دستگاه گمانه زنی چرخشی)
قطر لوله جداری	۴۰۰ میلیمتر
مصالح لوله جداری	لوله استیل ضد خوردگی (فرسودگی) (لوله استیل کربن بدلیل آب شستگی زیر پی با روی پوشانده شده (۴۰۰ g/m2 min))
نوع غربال	از سطح فوقانی پی تا پایین ترین سطح مخزن: غربال تیپ winding (نسبت روزنه: ۲۰٪، اندازه روزنه= ۱ میلیمتر) از پایین ترین سطح مخزن تا حد میانی سطح مخزن: غربال شکافی (نسبت روزنه: ۵٪)
ساختار تحتانی چاه	پوشش (ورقه استیل) برای جلوگیری از مکش دوغاب از کف چاه
نفوذ شن	۳ متر
فیلتر	آبخوان: سنگ خرد شده با اندازه تک دانه‌ای (گراول رودخانه ای با اندازه دانه‌ای ۵ تا ۱۳ میلیمتر). سطح فوقانی آبخوان: تعیین موقعیت بتون در مقطع ۱ متری سطح فوقانی آبخوان تا سطح: پر کردن با گل
نوع پمپ	پمپ موتوری شناور
ظرفیت پمپ	قطر: ۱۲۵ میلی‌متر، خروجی: ۵۵-۳۷ کیلووات، تخلیه: ۲۰۰۰ m3/day
موقعیت پمپ	جایی که ۲ متر عمق آب یا بیشتر می‌تواند بین پایین ترین سطح مخزن و قسمت فوقانی پمپ حفظ گردد (در حقیقت حدود یک متر از قسمت فوقانی سنگ پی).



شکل ۱۸. ساختمان چاه لوله‌ای در بند زیرزمینی Sunagawa

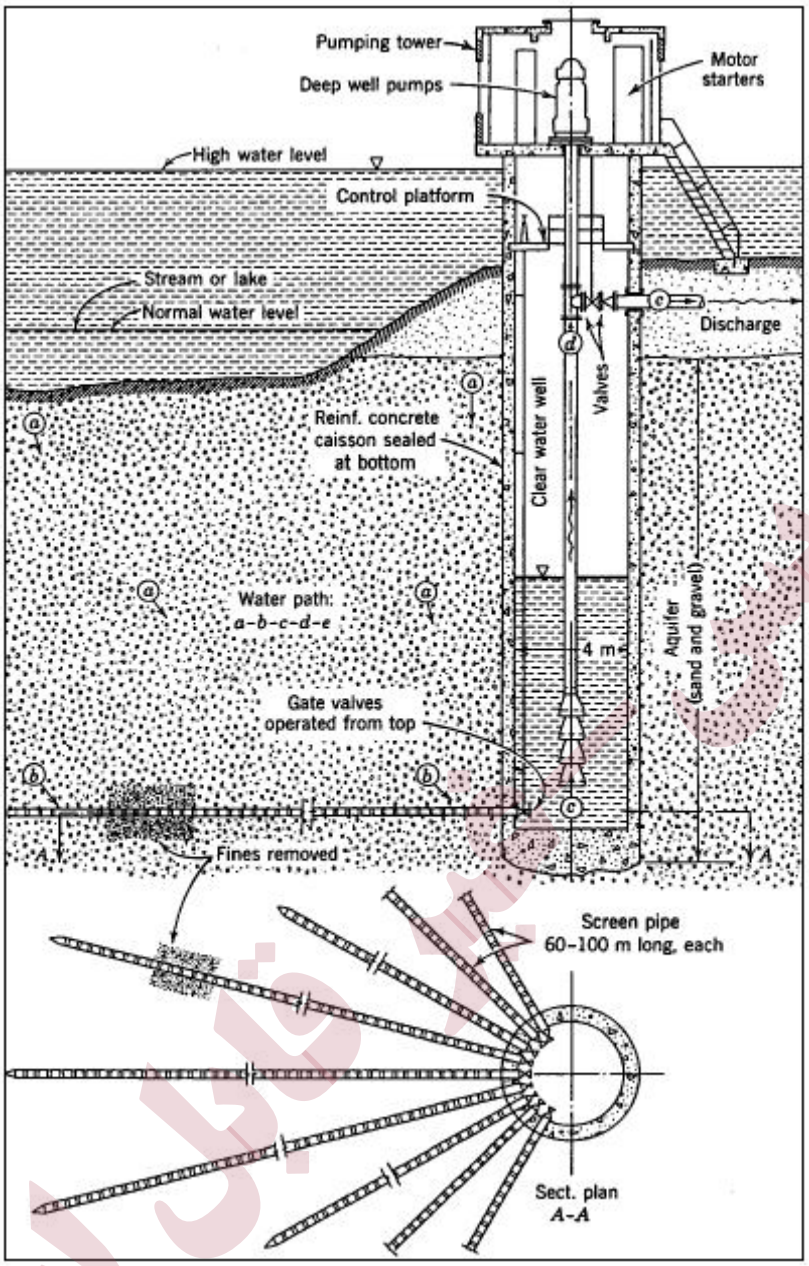
(۲) ساختار چاه جمع کننده

- یک چاه جمع کننده، اساساً یک مجرای عمودی با گالری های افقی آرایش یافته بصورت شعاعی در انتهای چاه می‌باشد.
- مجرای عمودی به صورت دستی با بیل مکانیکی یا از طریق انفجار حفر می شود.
- در زیر سطح آب زیرزمینی، عملیات زیرزمینی ضرورت می یابد و هزینه‌های احداث را بالا می‌برد.

- برای کاهش هزینه و افزایش ایمنی، کاهش عملیات در زیر سطح آب زیر زمینی ترجیح داده می‌شود.
- برای حفاظت دیوار حفره در طول حفاری و پس از آن، لوله های جداری (پوشش غلاف مانند) مانند چهارچوب بتون مسلح، صفحات روکش و بتون درجا ریخته را تعبیه نمایید.
- با در نظر گرفتن فشار ناشی از خاکبرداری، باید لوله های جداری با استحکام مناسب مورد استفاده قرار گیرند.
- فشار وارده به چاه جمع کننده را می توان با استفاده از معادله Terzaghi و سایر فرمولها محاسبه نمود.
- قطر داخلی یک مجرای عمودی برای حفظ فضای عملیاتی اغلب ۳ تا ۳/۵ متر است.
- در یک مجرای عمودی با طول بیش از۲۰ متر، قطر ۳/۵ متر یا بیشتر برای ایمنی عملیات ترجیح داده می‌شود.
- برای اطمینان از مقدار مورد نیاز استحصال آب، باید تعداد گالری های افقی در هر چاه و امتداد آنها مشخص گردد.
- توسعه گالری های افقی، امکان استحصال آب بیشتری را می دهد اما خمش حفره را افزایش داده و کارایی جذب و ساختار را کاهش می دهد.
- امتداد زیاد به دلیل تداخل با تأسیسات آبگیری مجاور مناسب می باشد.
- امتداد گالری های افقی با توجه به دقت حفاری و کارایی استحصال آب تعیین می گردد.

شکل (۱۹) ساختار کلی یک چاه جمع کننده را نشان می دهد:

پیش نویس غیر قابل استناد



شکل ۱۹. ساختار چاه جمع کننده

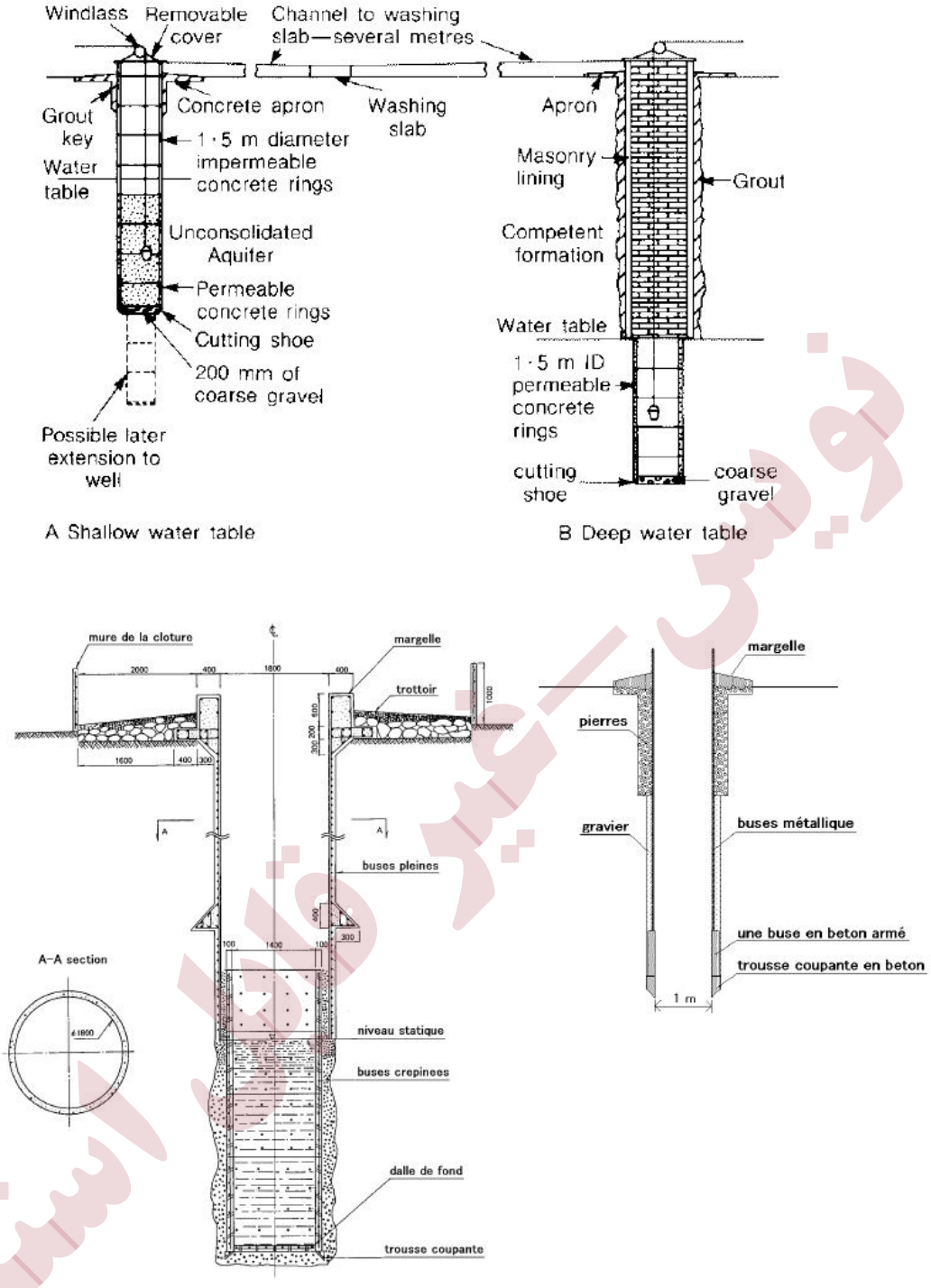
(۳) ساختار چاه با قطر زیاد

- در یک بند زیرزمینی با ابعاد کوچک که مخزن عمق کمی دارد (عمق سنگ بستر کم است)، ممکن است یک چاه با قطر زیاد مناسب باشد که می‌تواند به صورت دستی و بدون استفاده از حفارهای ویژه حفر شود.
- قطر این چاه حدود ۱ تا ۲ متر بوده و یک لوله بتونی مسلح به عنوان پوشش غلاف آن مورد استفاده قرار می گیرد.
- یک بیل مکانیکی می‌تواند جهت حفظ هزینه‌ها مورد استفاده قرار گیرد و این چاهها می توانند بطور دستی زده شوند.

- با تجهیز چندین قرقره در بالای چاه، بسیاری از مردم می‌توانند آب را بطور همزمان پمپ نمایند و بهره برداری همزمان از چندین پمپ امکانپذیر است.
- امکان حفاری عمیق وجود ندارد زیرا عملیات در عمق بیشتر از سطح آب زیرزمینی نیاز به جایگزینی آب دارد و خطر فروپاشی دیواره حفره را افزایش می دهد.
- چاه باید هنگامی ساخته شود که سطح آب زیرزمینی در فصل خشک قبل از احداث دیوار آب بند بند، پایین می‌باشد.
- در یک لایه نرم، حفاری با بیل مکانیکی مقدور است.
- در یک لایه سخت، یک چکش کلنگی همراه با کمپرسور یا انفجار دینامیت مورد استفاده قرار می گیرد.

شکل (۲۰) ساختمان یک چاه با قطر زیاد را نشان می دهد:

پیش نویس – غیر قابل استناد

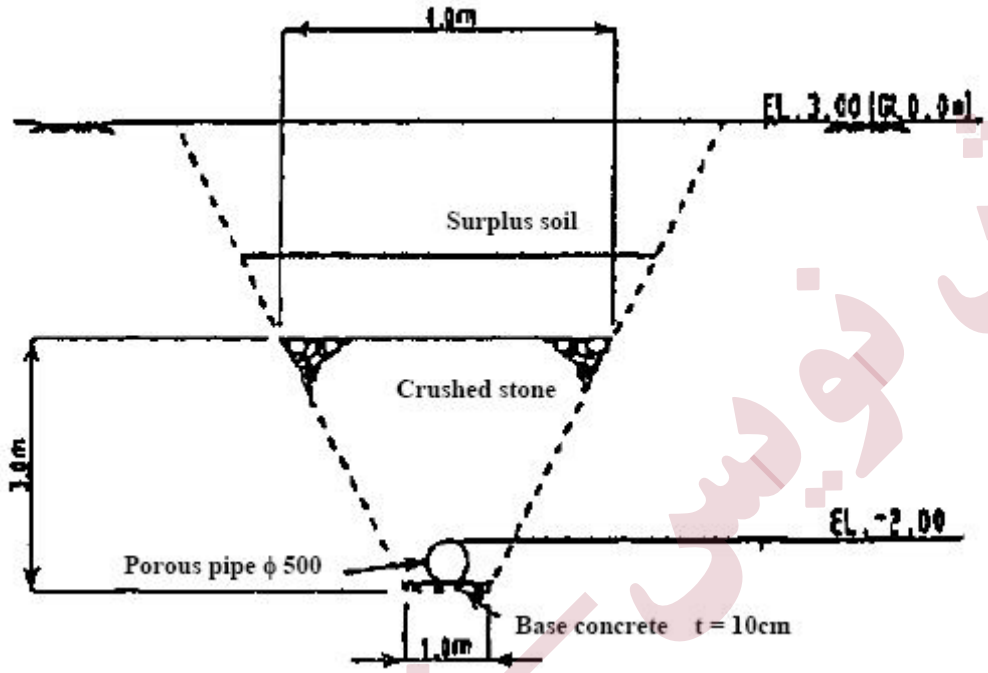


شکل ۲۰. ساختار یک چاه با قطر زیاد (... و Clark, 1988)

(۴) ساختار یک زهکش زیرزمینی

ساختار یک زهکش زیرزمینی اساساً مشابه به یک زهکش معمولی است. بنابراین طراحی زهکش زیرزمینی به تفصیل در قسمت "زهکش زیرزمینی" و "نوع و ساختار تأسیسات زهکشی"، توضیح داده شده است. در این بخش مثالهایی از زهکشهای زیرزمینی طراحی و ساخته شده بمنظور استحصال آب ارائه می شود.

(a) ترانشه آبگیر در بند زیرزمینی Senbaru

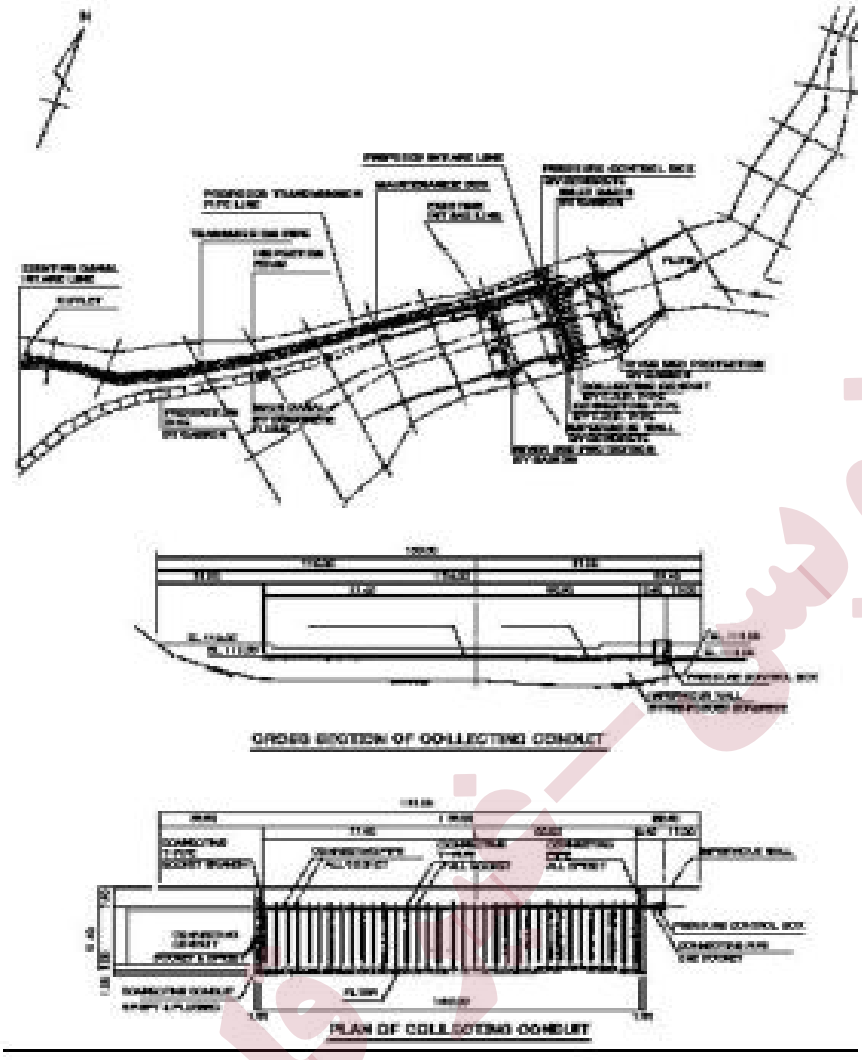


شکل ۲۱. نمای عرضی ترانشه آبگیر در بند زیرزمینی Senbaru

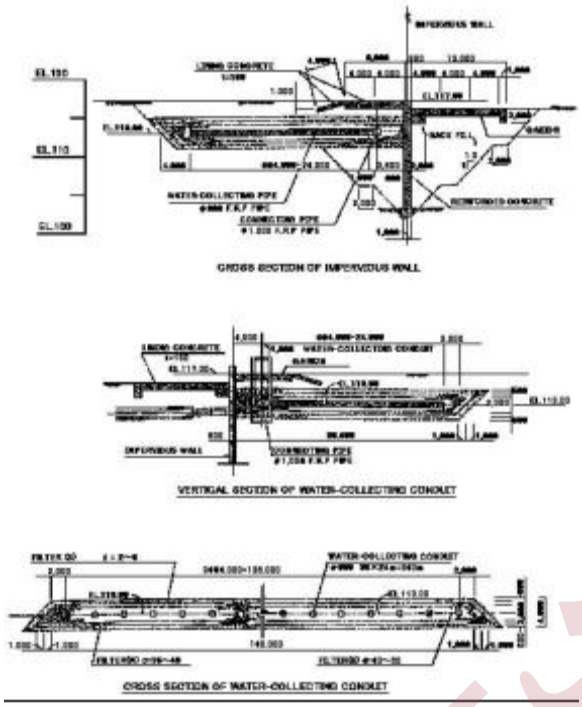
(b) نمونه ای از تأسیسات استحصال آب در بندهای زیرزمینی ترانشه ای در فیلیپین

در منطقه Diplo و ناحیه Principal پاناگسینان، فیلیپن، ۳۵ لوله پلاستیکی مستحکم با قطر ۶۰ تا ۸۰ سانتیمتر همراه با حفره در فواصل ۴ متری در مسیر بالادست دیواره نفوذناپذیر به آب زیرزمینی به فرم شانه‌ای برای جمع آوری آب زیرزمینی به سمت زهکش جمع کننده، نصب شده است. طول زهکش زیرزمینی در هر لوله ۲۰ تا ۲۴ متر می‌باشد. بطرف خارج لوله، سه لایه فیلتر شامل یک فیلتر درشت دانه (اندازه دانه‌ای: ۴۰ تا ۶۰ متر)، یک فیلتر متوسط دانه (اندازه دانه‌ای: ۱۵ تا ۴۰ میلیمتر) و یک فیلتر ریزدانه (اندازه دانه‌ای ۱۵ تا۲۰ میلیمتر) در اطراف هر لوله جمع کننده نصب شده است (شکل ۲۲).

برای حفاری بستر رودخانه، در فصل خشک که هیچگونه جریان آبی وجود ندارد، به عملیات فشرده نیاز می باشد. برای جلوگیری از نفوذ آب در طول عملیات، یک چاله زهکشی در پایین دست محل احداث و یک کانال روباز در پایین دست چاله بمنظور زهکشی آب نفوذ یافته، حفاری گردیده است.



پیش نویس - خارج از استناد

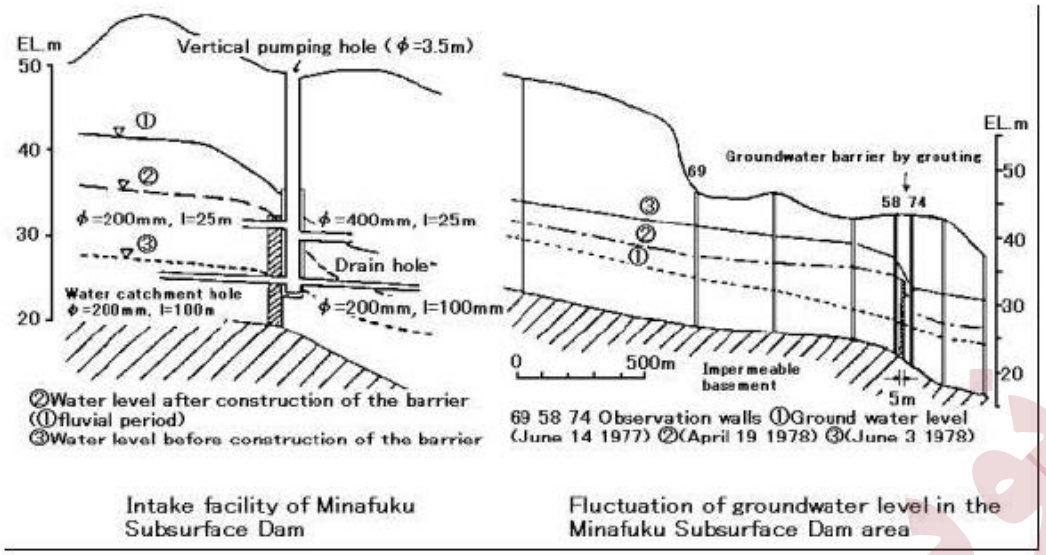


شکل ۲۲. ساختار تأسیسات استحصال آب در ناحیه Principal

(۵) ساختار گالری جمع کننده

گالری جمع کننده در مخزن سد نصب می شود. در بند زیرزمینی Minafuka، یک مجرای عمودی جمع کننده در پایین دست آب بند حفر و یک گالری جمع کننده از درون مجرای عمودی دیوار آب بند به طرف مخزن تعبیه شده است. در مسیر پایین دست نیز یک گالری زهکشی همراه با دریچه ورودی بمنظور زهکشی نصب گردیده است (شکل ۲۳). تعداد گالری ها و ابعاد آنها با توجه به مقدار آب لازم و ویژگیهای هیدرولیکی مخزن طراحی می شود.

پیش نویس - غیر قابل استناد



شکل ۲۳. ساختمان تأسیسات استحصال آب در بند Minafuka

۴-۱۲- تأسیسات زهکشی

۴-۱۲-۱- ۴-۱۲-۱- اصول اصلی زهکشی

- تأسیسات زهکشی بمنظور جلوگیری از بالا آمدگی سطح آب زیرزمینی با احداث بند زیرزمینی و در نتیجه ایجاد خسارت به کاربری اراضی در سطح مخزن و اثرات منفی زیست محیطی، در فضای مخزن تعبیه می شوند (شامل عرصه-های اطراف فضای مخزن، جایی که فرض گردیده که سطح آب زیرزمینی بالا می‌آید).

- جلوگیری از افزایش آب زیرزمینی در فضای مخزن بیش از یک سطح بخصوص ضروری می‌باشد.
- کاهش دادن ارتفاع بند، بمنظور زهکشی آب مازاد با استفاده از تنها یک تاج سرریز بمنظور پایین نگهداشتن سطح مخزن، روشی است که ترجیح داده می شود.
- اگرچه ارتفاع بند برای اطمینان از ظرفیت مورد نیاز مخزن افزایش یافته است، با این وجود، تأسیسات زهکشی نیز اغلب در فضای مخزن مورد نیازند.
- تأسیسات زهکشی همچنین در حالتی که سطح آب زیرزمینی بالاست، به همان صورت که در مورد بند زیرزمینی پیشگیری از نفوذ آب شور در امتداد منطقه ساحلی احداث شده اند، ضروری می باشند.
- ضرورت تأسیسات زهکشی باید از طریق پیش بینی روند تغییر سطح آب زیرزمینی تحت یک بارش سنگین از روی نتایج آنالیز سیلاب مورد قضاوت قرار گیرد. این قضاوت ممکن است همچنین از طریق مقایسه سطح مقطع عبور آب قبل از کارگذاری دیوار آب بند با آنچه پس از تعبیه سرریز می شود و یا از طریق کنترل نفوذپذیری زمین پیرامون مقطع سرریز، مقدور باشد.

پیش نویس - غیر قابل استناد

۴-۱۲-۲- ۴-۱۲-۲- موقعیت و ابعاد تأسیسات زهکشی

(۱) تعیین سطح بحرانی ارتفاع آب

سطح بحرانی ارتفاع آب به طور معمول، به معنای بالاترین سطح مجاز آب در فضای مخزن یک بند زیرزمینی است. این سطح، سطحی است که کاربری اراضی موجود در یک موقعیت کم ارتفاع در عرصه مخزن را که احداث بند زیرزمینی در آنجا، اختلاف ارتفاع بین سطح مخزن و سطح را کاهش می‌دهد، مختل نمی نماید.

(۲) تعیین سال مبنای زهکشی برای طراحی

هنگام بررسی ارتفاع بند و تأسیسات زهکشی یک بند زیرزمینی، یک سال ویژه از یک مقطع کوچکتر بخصوص با استفاده از روش المانهای نامحدود مدل سازی می شود.

برای اجرای بهینه تخلیه ضروری زهکش و برقراری سایر شرایط در محدوده زهکشی، انواع، ساختارها، و ابعاد تأسیسات زهکشی مورد بررسی قرار می گیرند. کارکردهای (توابع) فرضی تأسیسات زهکشی به مدل جریان آب زیرزمینی وارد می شوند تا ببینیم که سطح مخزن در سال مبنای زهکشی برای طراحی برابر یا کوچکتر از سطح بحرانی آب می‌شود یا خیر؟ سپس در پایان، ابعاد تأسیسات زهکشی تعیین می شوند.

۴-۱۲-۳- ۴-۱۲-۳- انواع و ساختمان تأسیسات زهکشی

تأسیسات زهکشی یک بند زیرزمینی باید کارکردهای ضروری را جهت جلوگیری از تجاوز سطح آب زیرزمینی از سطح بحرانی آب در فضای مخزن در سال مبنای زهکشی برای طراحی داشته باشند.

تأسیسات زهکشی یک بند زیرزمینی اغلب شامل سیستم های زیر باشند:

۱- سرریز دیوار آب بند

۲- زهکش زیرزمینی

۳- نهر روباز یا کانال روباز همراه با زهکشی زیرزمینی

۴- گالری (تونل زهکشی)

۵- پمپاژ (چاه زهکشی)

انواع سازه و جایگاه تأسیسات زهکشی از تخلیه ضروری زهکش در سال مبنای زهکشی برای طراحی، الگوی نوسان سطح مخزن و محدوده زهکشی و نیز با توجه به شکل سطحی (ارتفاع) و نفوذپذیری زمین در نزدیکی آبخوان و سطح تعیین می شوند.

(۱) ساختمان مقطع سرریز شونده دیوار آب بند

برای زهکشی فوری آب اضافی در پایین دست یک بند زیرزمینی، اطمینان از یک سطح مقطع عبور آب مناسب برای سرریز از روی محور بند با افزایش مقدار سرریز تاج بند ترجیح داده می‌شود. هنگام کاهش دادن مقطع سرریزشونده، امکان زهکشی مقدار مناسبی از آب با استفاده از آنالیز سیلاب بررسی می شود. چنانچه روش احداث دیوار آب بند و شرایط توپوگرافیکی، اطمینان از نفوذپذیری مطلوب را در مقطع سرریز شونده مشکل می سازد یا حفظ یک مقطع سرریز شونده مناسب را غیر ممکن می سازد در آن صورت تأسیسات زهکشی به طور مجزا نصب می شوند.

چنانچه روش ترانشه یا روش میان پرده از طریق خاکبرداری شیاری انتخاب گردیده است، نفوذپذیری سطح خاکبرداری شده نباید برای اطمینان از نفوذپذیری مطلوب در مقطع سرریز شونده آسیب ببیند و بخش سرریز نیاز به پر شدن با مصالح نفوذپذیر دارد.

(۲) طراحی و ساختمان زهکشهای زیرزمینی

- برای محاسبه مقدار تخلیه زهکشی لازم از طریق زهکش های زیرزمینی، مقدار کل تخلیه زهکشی برنامه ریزی شده از طریق آنالیز زهکشی بر مساحت زهکشی تقسیم می شود.

- برای اطمینان از این تخلیه زهکشی، محدوده کارگذاری زهکش زیرزمینی، فاصله بین زهکشهای زیرزمینی و عمق کارگذاری تعیین می شوند.

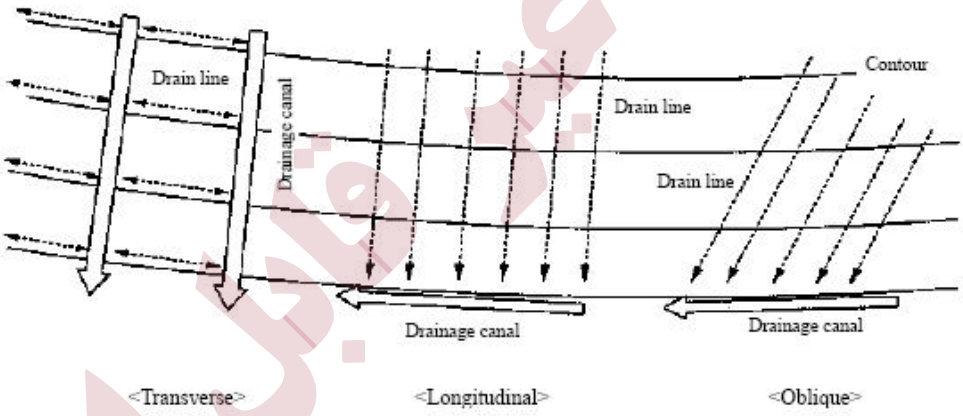
- تشکیلات تخلیه‌ای از طریق زهکشهای زیرزمینی شامل زهکش‌های زیر جانبی بمنظور جمع آوری آب زیرزمینی مازاد در محدوده زهکش و زهکشهای جمع کننده برای جمع آوری آب زیرزمینی از زهکشهای زیرجانبی می‌باشد و امکان جریان یافتن را به سمت کانالهای زهکشی فراهم می نماید.

- بسته به موقعیت خطوط زهکش در برابر خطوط میزان منحنی، آرایش زهکش های زیرزمینی (زهکشهای زیر جانبی و جمع کننده) می‌تواند به دو نوع زیر تقسیم گردد (شکل ۲۴):

۱- عرضی: خطوط زهکشی تقریباً در امتداد خطوط میزان منحنی قرار گرفته و منجر به تمرکز جریان کانالهای زهکشی در یک زاویه گشته اند.

۲- طولی: خطوط زهکشی به صورت عمودی در برابر خطوط میزان منحنی سازمان یافته‌اند.

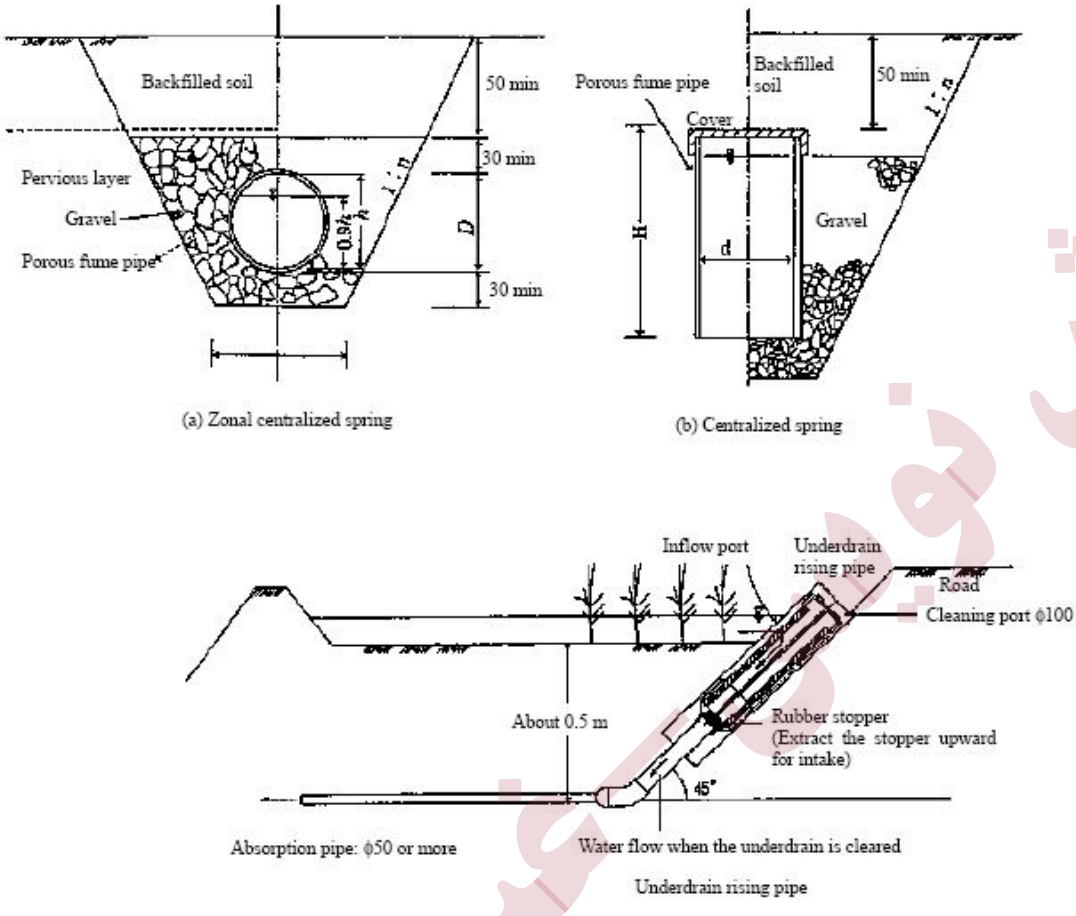
۳- مورب: خطوط زهکشی با زاویه ای در مقابل خطوط میزان منحنی قرار گرفته‌اند.



شکل ۲۴. آرایش زهکشهای زیرزمینی

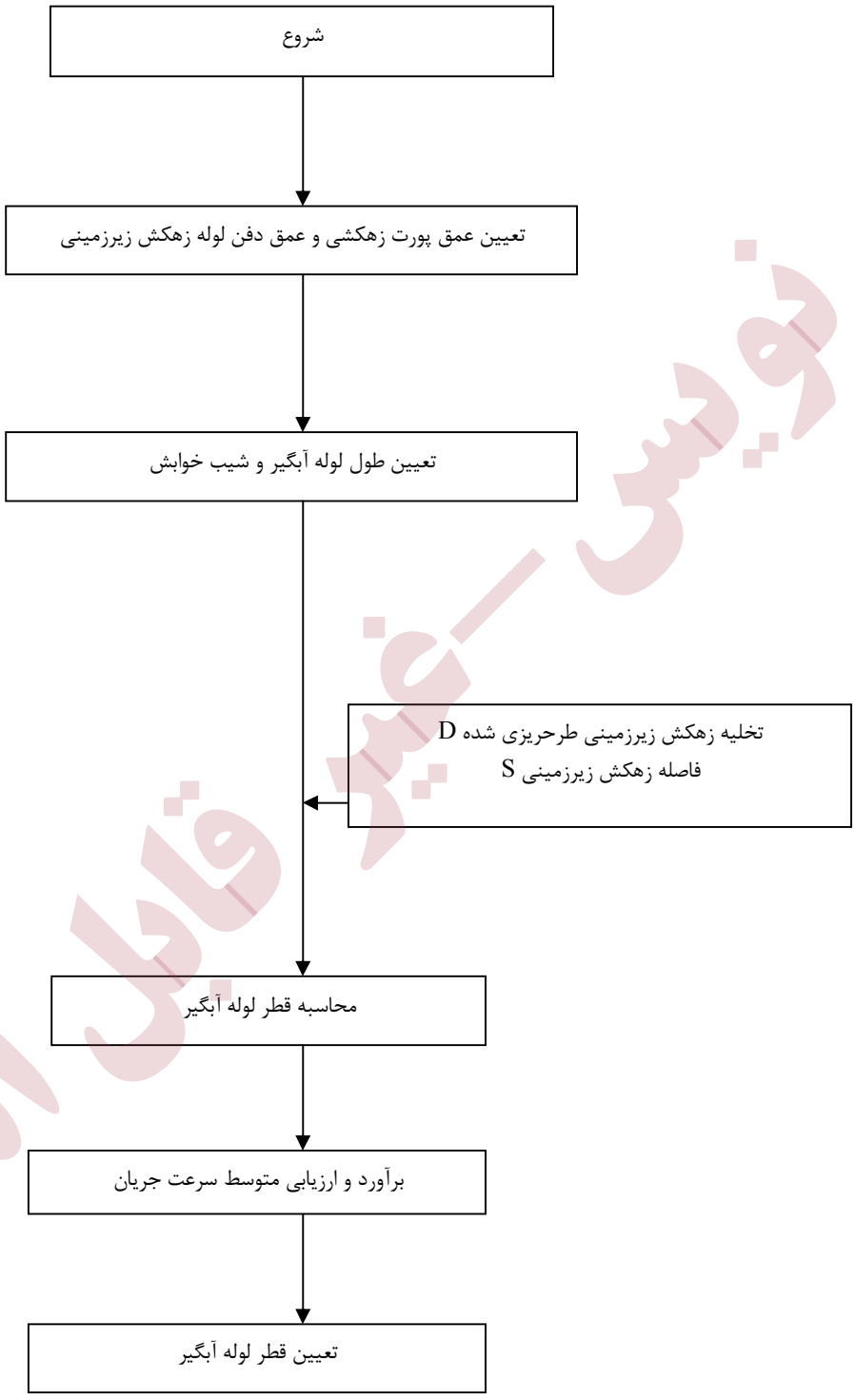
زهکش تیپ عرضی می‌تواند آب را به آسانی جذب کند زیرا زهکشها در مقابل مسیر جریان آب زیرزمینی به صورت قائم قرار دارند با این وجود، از آنجایی که مسیر جریان در اتصال با یک زهکش جمع کننده یا یک کانال زهکش حدود 90° تغییر می‌نماید، چنانچه زهکش زیر جانبی فاقد شیب باشد، جریان رو به پایین آب زیرزمینی دچار اشکال می‌گردد. زهکش نوع طولی به آب زیرزمینی امکان می دهد که از طریق فرآیندهای جمع شدگی و زهکشی به آسانی به سمت پایین جریان یابد. با این وجود، از آنجایی که خطوط زهکشی به موازات مسیر جریان آب زیرزمینی قرار دارند، در یک زهکش زیرجانبی تا زمان رسیدن به چاه آب زیرزمینی وجود فاصله ضروری است.

همچنان که شکل ۲۵ نشان می دهد، یک زهکش زیر جانبی شامل یک لوله جذب و مصالح فیلتری می‌گردد.



شکل ۲۵. ساختمان زهکش زیر جانبی

پیش نویس غیر قابل استناد



شکل ۲۶. تعیین قطر لوله آبگیر

پیش نویس - غیر قابل استناد

معادلات گوناگونی برای محاسبه تخلیه زهکشی از طریق یک زهکش زیر جانبی پیشنهاد شده‌اند. دو تا از این معادلات در زیر نشان داده شده‌اند (شکلهای ۲۷ و ۲۸ را مشاهده کنید).

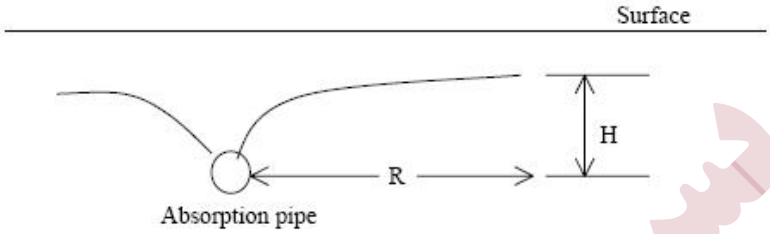
$q = 2\alpha kH1/\ln(R/r)$ $\alpha = \pi/2 + H1/R$ (Radian)

q: مقدار جمع آوری در هر واحد طول زهکش زیرجانبی

r: شعاع لوله آبگیر

H1: عمق محور زهکش زیرجانبی در آبخوان

R: شعاع منطقه تأثیر

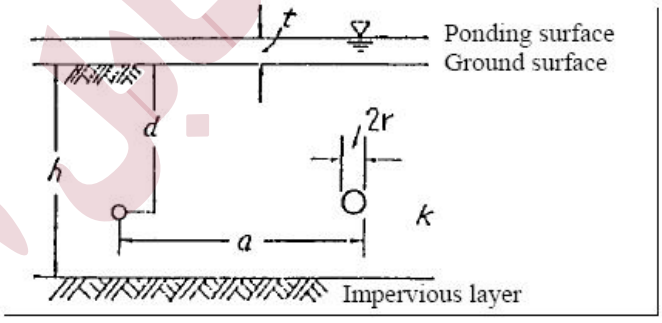


شکل ۲۷. محاسبه تخلیه زهکشی از طریق زهکش زیر جانبی (۱)

$$q = 2\pi k(t + d - r)/\ln\{[\tan(\pi(2d - r)/(4h))][\cot(\pi r/4h))]\}\quad a/h \geq 1$$

$$q = 2\pi k(t + d - r)/\ln\{[\sinh(\pi(2d - r)/a][\cos ech(\pi r/a)]\}\quad a/h < 1$$

q: مقدار جمع آوری در هر واحد طول زهکش زیرجانبی، h: عمق فوقانی لایه نفوذناپذیر، t: عمق آب ماندگی سطحی (=۰)، k: هدایت هیدرولیکی (cm/s)، r: شعاع لوله آبگیر، d: عمق لوله آبگیر، a: فاصله جذب.



شکل ۲۸. محاسبه تخلیه زهکشی از طریق زهکش زیر جانبی (۲)

به طور کلی فاصله زهکش زیر جانبی ۶ تا ۳۰ متر است، که در خاکهای با نفوذپذیری زیاد، عریض و در خاکهای دارای نفوذپذیری کم، باریک است.

زاویه کارگذاری لوله زهکش زیرزمینی به میزان زیادی تحت تأثیر توپوگرافی منطقه زهکشی، عمق کانال زهکشی در قسمت انتهایی و عمق تدفین لوله زهکش زیرزمینی می‌باشد. به طور کلی، زاویه دفن لوله آبگیر در حدود ۱/۱۰۰ تا ۱/۱۰۰۰ می‌باشد.

پیش نویس - غیر قابل استناد

قطر لوله زهکش زیرزمینی بمنظور ایجاد سرعت جریان بهینه در درون لوله و تخلیه زهکشی برنامه ریزی شده در هر زهکش زیرزمینی، انتخاب می شود.

با در نظر گرفتن کاهش مقطع عرضی لوله به واسطه رسوب گذاری خاک و ابعاد رسوب گذاری، آگاهی از میزان جریان طرحریزی شده در عمق حدود ۷۰٪ قطر لوله، ترجیح داده می‌شود.

سرعت جریان در درون لوله و تخلیه زهکش می‌تواند با استفاده از فرمول مانینگ محاسبه گردد (جدول ۱۴).

$$q = 1/n \times (r)2/3 \times I1/2 \times \beta\beta = [(\pi - \theta + \sin\theta \times \cos\theta)/2/(\pi - \theta)]2/3$$

$$q = 1/n \times (r)8/3 \times I1/2 \times \alpha\alpha = (\pi - \theta + \sin\theta \times \cos\theta)5/3/[2 \times (\pi - \theta)]2/3$$

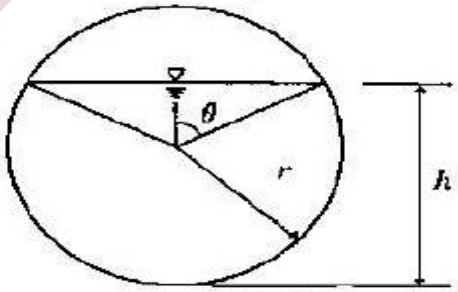
V: سرعت جریان درون لوله (m/s)، r: شعاع لوله (m)، I: شیب خواب، q: تخلیه زهکشی (m3/s)، n: ضریب زبری لوله (لوله رزین سنتتیک: ۰/۰۱۶، لوله رزین ترکیبی: ۰/۰۱۲، لوله رسی متخلخل: ۰/۰۱۳، لوله رسی متخلخل (لوله سفالی): ۰/۰۱۲)

جدول ۱۴. جدول محاسبه سرعت جریان و میزان جریان در لوله زهکش زیرزمینی

$$Q = \frac{1}{n} \times r^{\frac{8}{3}} \times I^{\frac{1}{2}} \times \alpha$$

$$V = \frac{1}{n} \times r^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}} \times \beta$$

h/2 r	α	β	Remarks
0.50	0.98954	0.62996	Q = Flow rate (m^3/s)
0.55	1.15917	0.65473	r = Radius of pipe (m)
0.60	1.32962	0.67558	n = Coefficient of roughness
0.65	1.49699	0.69251	I = Gradient
0.70	1.65696	0.70541	V = Flow rate (m/s)
0.75	1.80468	0.71404	
0.80	1.93488	0.71799	
0.85	2.03932	0.71653	
0.90	2.10929	0.70827	
0.95	2.12655	0.68980	
1.00	1.97907	0.62996	



Note: $\alpha = \frac{(\pi - \theta + \sin\theta \cdot \cos\theta)^{5/3}}{[2\ (\pi - \theta)]^{2/3}}$, $\beta = \left[\frac{\pi - \theta + \sin\theta \cdot \cos\theta}{2\ (\pi - \theta)}\right]^{2/3}$

- یک لوله آبگیر باید از مصالح دارای مقطع عرضی لازم برای عبور آب، استحکام، دوام و کارایی جذب لازم ساخته شده، کارایی نصب بالا و هزینه‌های نصب کمی داشته باشد.

- برای بندهای زیرزمینی، زهکشهای زیرزمینی ساخته شده از جنس PVC سخت، متداولند. مصالح فیلتر از این حیث مهم و حساسند که کارکردهای جمع کنندگی یک زهکش زیرزمینی و دوام آن را در مقابل انبنداد تحت تأثیر قرار می دهند. گراولهای درشت یا شن طبیعی که شرایط لازم یک فیلتر را دارند، به عنوان مصالح فیلتری ارجحیت دارند.

برای زهکش بندهای زیرزمینی، سنگهای خرد شده در اندازه دانه‌ای حدود ۲۰ تا ۴۰ میلیمتر به عنوان مصالح فیلتری عمومیت دارند. گراول‌های درشت از نظر محافظتی مناسب نیستند.

- ضخامت ترجیحی مصالح فیلتری در قسمت فوقانی یک لوله آبگیر، ۵۰ سانتیمتر یا بیشتر می باشد.

- عمق دفن یک لوله آبگیر باید از سطح بحرانی ارتفاع آب به اضافه اختلاف بین سطح آب زیرزمینی و سطح آب در لوله آبگیر بیشتر باشد. برای مثال، اگر سطح بحرانی ارتفاع بحرانی آب ۳- .GL متر می باشد و اختلاف سطح آب زیرزمینی و سطح آب در لوله آبگیر ۰/۵ متر است، عمق دفن لوله آبگیر باید ۳/۵- .GL متر یا عمیقتر باشد.

- برای زهکشی از قسمت پایانی، یک اختلاف ارتفاع آب کافی بین قسمت پایانی زهکش و رودخانه یا کانال روباز ترجیح داده می‌شود.

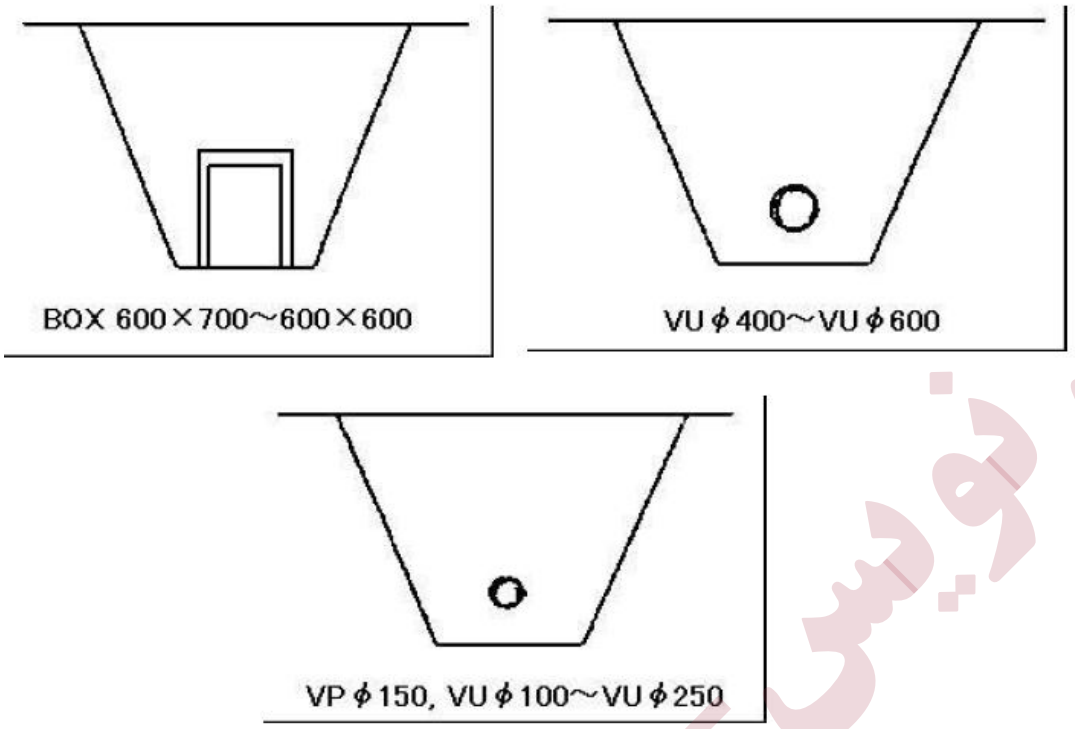
- چنانچه سطح آب رودخانه به سبب بارش سنگین بالا آمده و نمی توان از زهکشی مناسب تحت یک جریان طبیعی اطمینان حاصل نمود، در مخزن بند بین انتهای زهکش زیرزمینی و رودخانه یا کانال روباز یک دریچه تنظیم آب به همراه یک پمپ بمنظور زهکشی فشرده نصب می گردد.

- یک لوله قائم در قسمت انتهایی بالادست یک زهکش زیرجانبی نصب می شود. آب سطحی روی سطح ریزش داده شده یا یک لوله خرطومی برای شستشوی درون زهکش زیرزمینی تعبیه می شود.

جدول ۱۵. ابعاد زهکشهای زیرزمینی در بند زیرزمینی Kikai

نوع	ابعاد	
زهکش زیرجانبی	عمق نصب از سطح: ۳/۵ متر یا عمیقتر (سطح بحرانی ارتفاع آب ۰/۵- متر) مواد فیلتر: سنگهای خرد شده (حداکثر اندازه دانه ای: ۲۰ میلیمتر یا کمتر) لوله VP: φ۱۵۰ mm، L =۳/۳۸۰ m لوله VU: ۱۰۰ mm تا φ ۲۵۰ و L =۳/۸۶۵ m	میزان جریان زهکشی جانب چپ: ۰/۱۸۰ m3/s جانب راست: ۰/۰۶۸ m3/s
زهکش جمع کننده	مجرای آبگذر سرپوشیده L =۴۹۳ m و ۰/۷- ۰/۶ × ۰/۶ لوله VU: ۶۰۰ mm تا φ ۴۰۰ mm، L= ۱/۸۱۹	

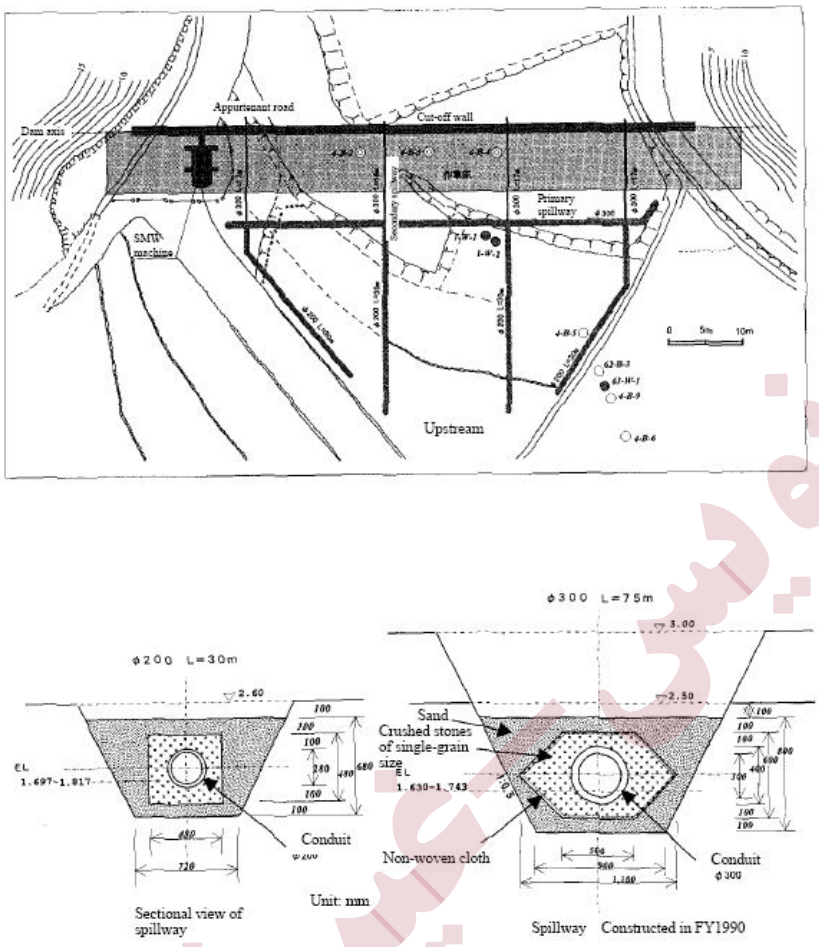
پیش نویس غیر قابل استناد



شکل ۲۹. ساختمان زهکش زیرزمینی در بند زیر زمینی Kikai

- برای اجتناب از آسیب دیدن ساختمان بند زیرزمینی بواسطه رطوبت یا آب ماندگی، می توان در آبگیرهای آبرفتی یک زهکش زیرزمینی جمع کننده آب زیرزمینی (سرریز اولیه) به عنوان مخزن ذخیره کننده آب زیرزمینی نصب نمود. علاوه بر این، می توان یک زهکش زیرزمینی (سرریز ثانویه) در عرض محور بند نصب نمود تا آب زیرزمینی را جمع‌آوری نموده و سبب سرریز شدن آب زیرزمینی جمع شده از قسمت فوقانی دیوار آب بند شود. برای این زهکشهای زیرزمینی می توان از لوله‌های بتونی متخلخل با قطر ۲۰۰ تا ۳۰۰ میلیمتر استفاده نمود و محیط اطراف آنها را با سنگهای خرد شده و شن به عنوان مصالح فیلتری پر نمود.

پیش نویس - غیر قابل استناد

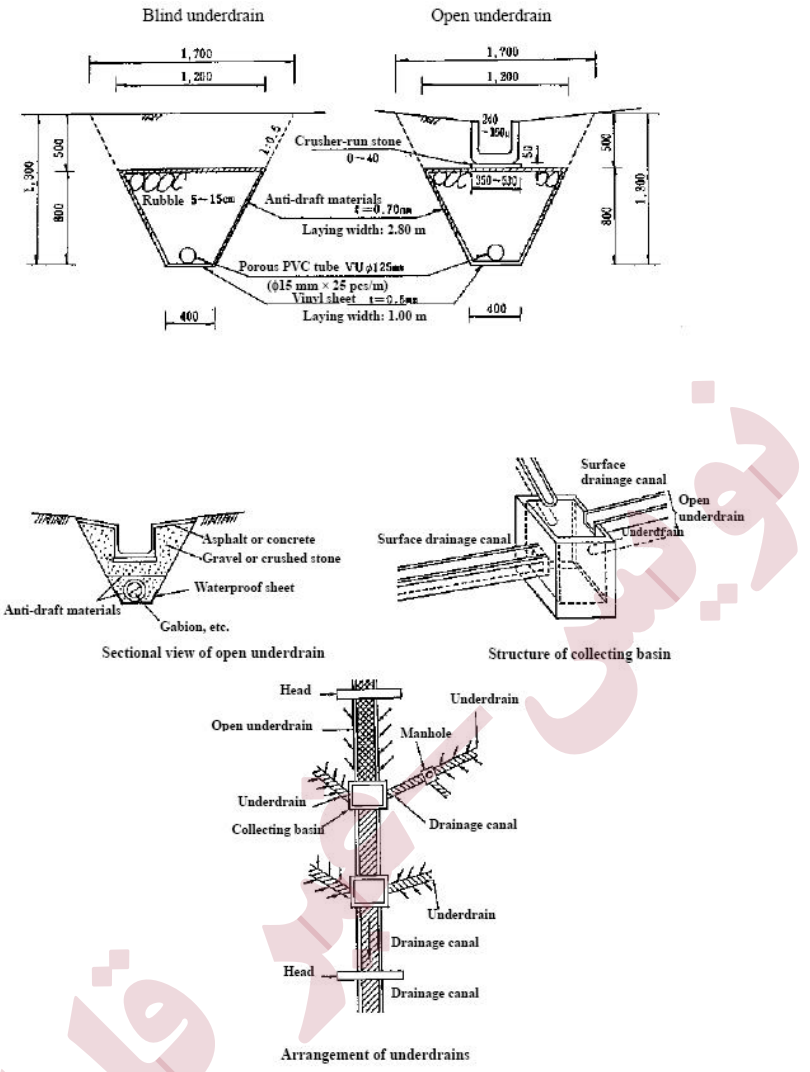


شکل ۳۰. نمونه ای از زهکشهای زیرزمینی

(۳) کانال روباز همراه با زهکش زیرزمینی

کانال روباز همراه با زهکش زیرزمینی دارای یک ساختار دو طبقه یکپارچه از یک کانال زهکشی و یک زهکش زیرزمینی برای حذف موثر آب سطحی و آب زیرزمینی در یک زمان می باشد. شکل ۳۱ ساختار کلی کانال روباز همراه با زهکش زیرزمینی را نشان می دهد.

پیش نویس غیر قابل استناد



شکل ۳۱. ساختمان کانال روباز همراه با زهکش زیرزمینی

(۴) گالری (تونل زهکشی)

یک تونل زیرزمینی در فضای یک مخزن تعبیه شده و آب زیرزمینی جریان یافته به درون تونل زهکشی می شود. اگرچه تأثیر گالری حائز اهمیت است، اما باید شرایط زمین شناسی محل خاکبرداری شده و وضعیت آب زیرزمینی نیز مورد توجه قرار گیرند و به طور کلی هزینه‌های احداث زیاد است. روش گالری باید با فرض استفاده بهمراه تأسیسات استحصال آب مطرح گردد.

(۵) پمپاژ (چاه زهکشی)

- پس از احداث چاههای زهکشی، آب با استفاده از پمپها زهکشی می شود.
- آب می‌تواند از مکان مورد نیاز به شدت زهکشی شده و حتی از طریق یک خط لوله انتقال یابد.
- چنانچه یک چاه جذب در مکان مورد نیاز وجود دارد، می‌توان از آن برای زهکشی استفاده نمود.
- پمپاژ به هزینه‌های زیادی جهت اجرا و حفاظت از پمپهای زهکشی نیاز دارد.

- بمنظور شروع و متوقف نمودن زهکشی بر مبنای پیش‌بینی سطح آب زیرزمینی، مدیریت عالی ضرورت دارد.
- این روش زهکشی در یک منطقه محدود قابل کاربرد بوده و چنانچه مقدار زهکشی برنامه ریزی شده نسبتاً کم باشد ممکن است نسبت به سایر روشهای زهکشی سودمندتر واقع گردد.

۴-۱۳- تأسیسات مدیریتی

۴-۱۳-۱- ۴-۱۳-۱- انواع تأسیسات مدیریتی

بمنظور مدیریت بند زیرزمینی:

داده های بارش و سایر شرایط آب و هوایی و کیفیت آب بمنظور کنترل کارکردها جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل می شوند.

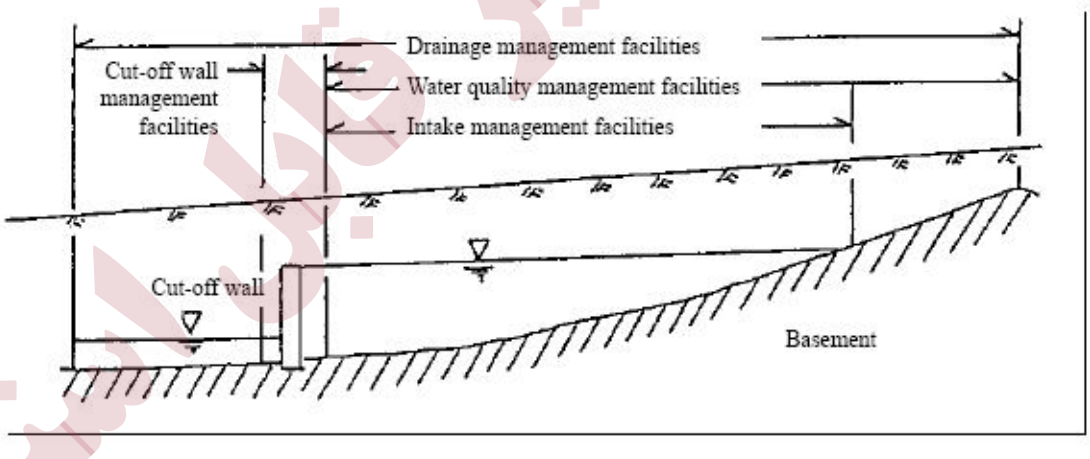
وضعیت مخزن پایش شده و اقدامات مورد نیاز صورت می گیرد.

برای پایش وضعیت مخزن و بهره برداری از بند زیرزمینی، داده های سطح آب زیرزمینی ضرورت دارد.

بمنظور مدیریت کارکردهای یک بند زیرزمینی، تأسیسات زیر نصب می شوند:

- تأسیسات دیوار آب بند و نگهداری آن
- تأسیسات مخزن و تأسیسات نگهداری آن (استحصال آب، زهکشی و غیره)
- تأسیسات نگهداری کیفیت آب (شوری و غیره)

شکل ۳۲- محدوده مشاهده سطح آب زیرزمینی را نشان می‌دهد.



شکل ۳۲- محدوده مشاهده سطح آب زیرزمینی

سطح آب زیرزمینی را می‌توان از طریق مشاهده و بررسی چاه یا گمانه مشاهده‌ای پایش نمود. ممکن است بمنظور آنالیز کیفیت آب زیرزمینی از گمانه مشاهده‌ای نمونه برداری شود. آرایش و تعداد گمانه های مشاهده‌ای با توجه به هدف مشاهده، خصوصیات توپوگرافیک و زمین‌شناسی بازه احداث بند زیرزمینی و خصوصیات هیدرولوژیکی آب زیرزمینی تعیین می شوند.

۴-۱۳-۲- ۴-۱۳-۲- تأسیسات دیوار آب بند و نگهداری آن

دیوار آب بند و مخزن یک بند زیرزمینی فرو نمی‌پاشند زیرا در زیرزمین قرار دارند. مدیریت دیوار آب بند بمنظور پایش دیوار آب بند در مقابل تخریب نفوذ ناپذیری و حفظ کارکردهای آن همراه با انجام اقدامات مناسب صورت می گیرد.

آسیب دیدگی ناشی از حفاری، ترک برداشتن بواسطه زمین لرزه، خوردگی و سایش از طریق آب زیرزمینی و اشکال نشتی، نفوذ ناپذیری دیوار آب بند را دچار اختلال نموده و سبب نشت موضعی آب می گردد. در یک بند زیرزمینی خیزابی (مخزنی)، سطح آب زیرزمینی نتیجتاً در بالادست بخش خسارت دیده مستقیماً دچار افت شده و در پایین دست مستقیماً افزایش می یابد. در یک بند زیرزمینی پیشگیری از نفوذ آب شور، شوری آب زیرزمینی بالادست و پایین دست بخش خسارت دیده نوسان می‌نماید. بنابراین، گمانه های بازرسی مستقیماً در بالادست و پایین دست دیوار آب بند ساخته و مجهز شده و سطح آب زیرزمینی و شوری آن (هدایت الکتریکی) به صورت دوره‌ای یا در شرایط یک زمین لرزه مورد مشاهده قرار می گیرند.

- بمنظور بررسی و کنترل نشت از دیوار آب بند چاههای مشاهده ای در نزدیکی محور سد و در بالادست و پایین-دست دیوار آب بند احداث می شوند. گمانه های مشاهده‌ای تقریباً در فواصل برابری از بالادست و پایین دست محور بند ایجاد می شوند.

- برای حفر گمانه های مشاهده‌ای با فرض مشخص بودن ابعاد نشت، از روی اختلاف سطح آب بین بالادست و پایین دست محور بند و نفوذپذیری آبخوان در بالادست محور بند، افت سطح آب ناشی از نشت برآورد می گردد.

- از روی افت سطح آب و خطای مشاهده‌ای، با فرض مشخص بودن افت آبی، فواصل بین گمانه های مشاهده‌ای تعیین می شود.

- با کاهش فواصل گمانه های مشاهده‌ای، هزینه‌های نصب تأسیسات و عملیات بازرسی افزایش خواهد یافت اما در مقایسه، تشخیص و تعیین موقعیت مکانهای کوچکتر که با نشت آب همراهند نسبتاً آسان می‌شود.

گمانه های مشاهده‌ای ممکن است در مکانهای زیر که امکان نشت وجود دارد به طور متراکم احداث شوند:

- جایی که دیوار آب بند از کیفیت پایینی برخوردار است زیرا حفرات مکرراً در ساختمان دیوار آب بند خمش می یابند.
- جایی که محور دارای انحناء می باشد و جریان آب زیرزمینی گرایش به تمرکز دارد.
- بخش انتهایی آب بند یا به ویژه جایی که قسمت فوقانی پی عمیق است.
- جایی که از روش احداث بخصوصی استفاده می شود.
- در مرز میان روشهای مختلف احداث دیوار آب بند
- جایی که در پی نقص و گسیختگی وجود دارد و آب ممکن است به خارج از پی نشت نماید.

بمنظور بررسی سطح آب زیرزمینی می‌توان سطح آب را به طور مداوم اندازه‌گیری و ثبت نمود یا از یک اشل اندازه‌گیری پرتابل استفاده نمود. بمنظور مدیریت دیوار آب بند، بررسی با اندازه گیرهای یدی کافی است زیرا انعکاس اثر نشت در توزیع سطحی آب زمانبر بوده و نشت حاصله آسیبی به جریان پایین دست وارد نمی سازد.

۴-۱۳-۳- ۴-۱۳-۳- تأسیسات مخزن و نگهداری آن

مدیریت مخزن بند زیرزمینی:

۱۲-۳-۱- مدیریت استحصال آب

۱۲-۳-۲- مدیریت زهکشی

مدیریت مخزن بند زیرزمینی شامل مدیریت مخزن، استحصال آب، زهکشی در زمان وقوع یک سیلاب و نشت می باشد. این موارد با استفاده از داده های بارش و سایر داده‌های هواشناسی و نیز داده‌های سطح آب زیرزمینی مدیریت می شوند. از آنجایی که میزان جریان آب زیرزمینی به طور مستقیم قابل اندازه‌گیری نیست، مقدار آن باید از روی داده‌های اندازه‌گیری سطح آب زیرزمینی تخمین زده شود.

بمنظور تسهیل مدیریت رویهم رفته ۱۷۱ پمپ، تأسیسات مدیریت استحصال آب در منطقه Miyako ژاپن به دو دسته ایستگاه پمپاژ برای کنترل هر ۵ تا ۱۵ پمپ و یک دفتر مدیریت مرکزی بمنظور اداره نمودن ایستگاهها تقسیم شده‌اند.

در آینده بمنظور مدیریت زهکشی سیستمی جهت پیش بینی سطح آب زیرزمینی به ویژه از روی داده های سطح آب زیرزمینی و بارش مورد نیاز می باشد. چنانچه سطح شروع زهکشی آب در شرایط زهکشی فشرده، پایین در نظر گرفته شده است، مقدار آب قابل استفاده کاهش می یابد. چنانچه سطح زهکشی آب بالاست، خطر آسیب دیدگی ناشی از سیلاب افزایش می یابد. بنابراین، چنانچه نوسانات سطح آب زیرزمینی مربوط به الگوهای مختلف بارش از طریق شبیه سازی کامپیوتری از قبل مدلسازی شده است، معیارهای اضافی برای زهکشی موجود خواهد بود. جهت اعمال مدیریت زهکشی، اندازه گیری و پایش سطح آب زیرزمینی از طریق نصب تأسیسات مشاهده ای در جایی که وقوع سیل در فضای مخزن پیش بینی می گردد، اولویت دارد.

۴-۱۳-۴- ۴-۱۳-۴- تأسیسات نگهداری کیفیت آب

تأسیسات حفاظتی کیفیت آب، کیفیت آب زیرزمینی مخزن را بمنظور حفظ کیفیت مناسب، پایش و کنترل می نمایند. این تأسیسات می توانند به دو دسته تأسیسات مشاهده ای کیفیت آب و تأسیسات شوری زدایی دسته بندی شوند:

(۱) تأسیسات مشاهده‌ای کیفیت آب

موارد مورد پایش جهت بررسی کیفیت آب شامل آب مخزن، آب زیرزمینی در منطقه بالادست بند، آب زیرزمینی در پایین دست دیوار آب بند، آب زیرزمینی استحصال شده از مخزن و آب سطحی بازه و حوزه می‌باشند. نمونه برداری نه تنها از طریق چاه های مشاهده‌ای بلکه از آب تأسیسات استحصال آب یا تأسیسات زهکشی نیز صورت می گیرد. گمانه های مشاهده‌ای اغلب برای بررسی کیفیت آب همچنین بمنظور مشاهده سطح آب زیرزمینی مورد استفاده قرار می گیرند.

بمنظور کنترل تغییرات کیفیت آب با عمق، ممکن است چندین گمانه مشاهده ای بمنظور پایش کیفیت آب و نمونه‌برداری از آب در هر عمق از طریق محدود نمودن موقعیت غربال تا عمق مورد مشاهده، حفر شوند. در این مورد، آب باید در بالا و زیر غربال به طور کامل قطع شود.

کیفیت آب نه تنها از طریق اندازه‌گیری و نمونه برداری صحرایی بلکه ممکن است نیز از طریق نصب یک دستگاه ثبت کننده اتوماتیک در صحرا مورد مشاهده قرار گیرد. روش و فراوانی مشاهده با فرض تغییرات کیفیت آب زیرزمینی مورد نظر تعیین می شود. از آنجایی که جریان آب زیرزمینی به طور کلی آهسته صورت می گیرد، تغییر کیفیت آب زیرزمینی به اندازه تغییر کیفیت آب سطحی چشمگیر نیست. در مرز میان آب شور و آب شیرین در یک منطقه ساحلی، کشش سریع توده آب شور ممکن است آب را به طور جدی شور نماید. بنابراین در یک بند زیرزمینی پیشگیری از نفوذ آب شور، باید امکان مشاهده پی در پی و مداوم شوری فراهم شود.

در یک بند زیرزمینی پیشگیری از نفوذ آب شور، مدیریت کیفیت آب ارتباط نزدیکی با مدیریت استحصال آب دارد. به عبارت دیگر، در بعضی از مواقع باید مدیریت استحصال آب صورت گیرد به طوری که شوری آب استحصال شده یا آب مخزن از محدودهٔ قابل تحمل تجاوز ننماید. در این نوع بندهای زیرزمینی، برقراری سیستمی بمنظور پایش شوری آب زیرزمینی در زمان واقعی و بازتاب سریع هرگونه تغییری در مدیریت استحصال، مورد نیاز می باشد.

(۲) تأسیسات شوری زدایی

توده آب شور باقیمانده در فضای مخزن پس از احداث دیوار آب بند و نفوذ آب شور از طریق دیوار آب بند یا پی از مسائل و مشکلات یک بند زیرزمینی پیشگیری از نفوذ آب شور، در طول بهره برداری از بند محسوب می شوند. چنانچه آب شور کارکردهای بند را دچار اختلال نماید، باید برای استخراج و زهکشی آن از فضای مخزن تأسیسات شوری زدایی کار گذاشته شوند.

در صورتی که جریان زیرسطحی شور است، آب برای امکان مصارف مختلف باید مورد بررسی قرار گیرد.

جهت بهبود کیفیت آب می توان با انتقال رواناب تجمع یافته در پشت بند به داخل چاه بالادست سد، شوری جریان زیرزمینی را کاهش داد.

۴-۱۳-۵- ۴-۱۳-۵- تأسیسات تغذیه مصنوعی سفره آب زیرزمینی

یکی از روشهای بهره‌برداری مؤثر از آب زیرزمینی، تغذیه مصنوعی است. به عبارت دیگر، رواناب فاقد پتانسیل با استفاده از تأسیسات تغذیه مصنوعی سفره آب زیرزمینی بمنظور افزایش حجم آب زیرزمینی قابل استفاده به درون زمین نفوذ داده می‌شود. آب زیرزمینی می‌تواند با استفاده از روشهای زیر تغذیه گردد:

جدول ۱۶. روشهای تغذیه آب زیرزمینی

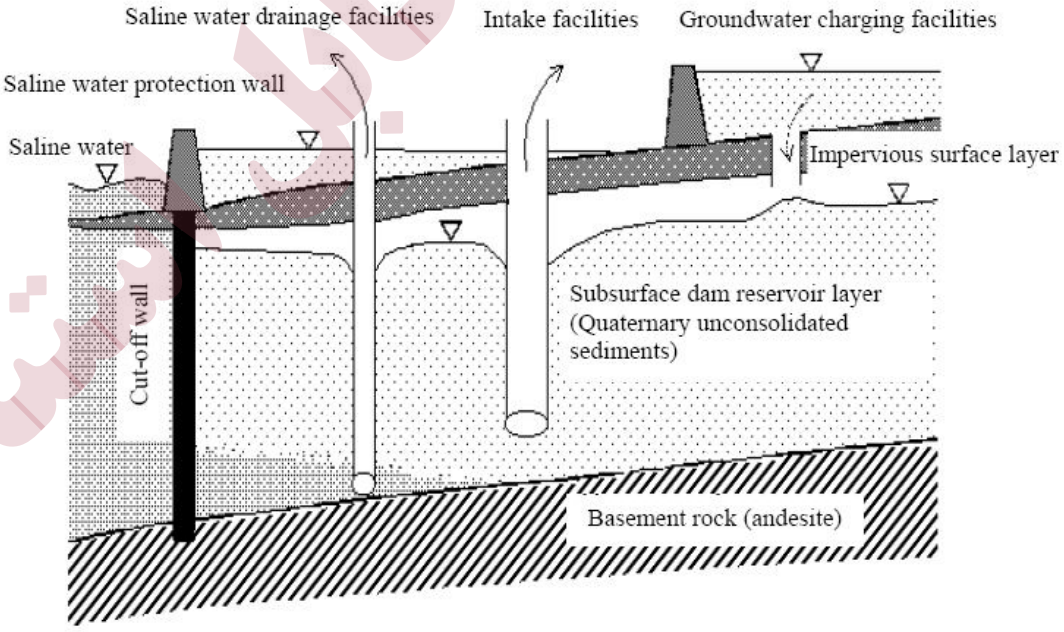
طرح کلی	روش	
یک چاه تزریق در قسمت فوقانی هد زیرسطحی برای نفوذ از سطح آب زیرزمینی از طریق اختلاف بار احداث می شود.	تزریق مصنوعی	چاه های تزریق
یک پمپ جهت تزریق آب از طریق فشار آبی بیش از فشار استاتیک آب مورد استفاده قرار می گیرد.	تزریق فشاری	
یک حوضچه نفوذ احداث می شود.	حوضچه های نفوذ	تغذیه سطحی (پخش یکسان)
سطح شیاردار می گردد تا به آب امکان نفوذ بدهد.	زهکش های شیاری	
یک لوله همراه با مجرا چندین ۱۰ سانتی‌متر در زیر زمین خوابانده می شود تا به آب امکان نفوذ بدهد.	ترانشه زیرزمینی (زهکش زیرزمینی)	
مزارع شالیزاری در فصل بی آبیاری به منظور نفوذ با آب پر می شوند.	مزرعه شالیزاری (پخش سیلاب)	

در تغذیه مصنوعی آب زیرزمینی، ذرات ریز موجود در آب تغذیه‌ای، اغلب از طریق رسوب گذاری سبب مشکل انسداد سطح نفوذ می‌شود. تکثیر و انتشار با کتریایی نیز سبب انسداد می‌گردد. بنابراین، اطمینان از تغذیه با آب دارای کیفیت خوب و ترمیم و بهبود سطح نفوذ به صورت دوره‌ای ضروری است. برای جلوگیری از انسداد چاه می‌توان ذرات ریز آن را بازشویی نمود.

در ناحیه Miyako، یک مخزن نفوذ به ۲ قسمت تقسیم شده است. آب تغذیه‌ای در ابتدا منجر به رسوب نیمی از ذرات ریز می شود و سپس نیم دیگر به درون زمین نفوذ می کند.

جدول ۱۷ – طراحی تأسیسات تغذیه مصنوعی سفره آب زیرزمینی در بند زیرزمینی san jiam bu

تأسیسات	طرح کلی
۱- کانال تغذیه	کانال تغذیه به صورت عمودی و در فواصل ۱ تا ۲۰ متری بر روی بستر اصلی رودخانه قرار گرفته است. تعداد کل کانالها ۳۰۰، طول حدود ۱۰۰ متر، عرض ۲ متر و عمق ۱/۵ تا ۲ متر می‌باشد. برای جلوگیری از انسداد، گراول به عنوان یک لایه فیلتر خاکریزی شده است. برای انشعابات رودخانه، ۲۰ کانال مصنوعی با طول ۲۰ متر، عرض ۲ متر، و عمق ۲ تا ۳/۵ متر طراحی و توسط گراول پر شده است.
۲- چاه تغذیه	چاههای تغذیه در فواصل ۱۰ متری در امتداد کانالهای مصنوعی به سمت جریان اصلی با کلاً ۲۰۰۰ مجرا حفر شده‌اند. قطر چاهها ۱ متر و عمق آنها ۲ تا ۳/۵ متر می‌باشد و با گراول پر شده‌اند.
۳- دریچه موج شکن کنترل سیلاب	دریچه موج شکن کنترل سیلاب در قسمت فوقانی بند زیرزمینی ساخته می شود. این دریچه مرکب است از یک بند سطحی و یک دریچه هیدرولیک تاشوی اتوماتیک. بخش کنترل سیلاب در ۴۰۰ متری طول بند و ۲ متری میانگین ارتفاع بند قرار دارد. دریچه هیدرولیکی تاشوی اتوماتیک ۱۰۰ متر طول و ۱/۵ متر ارتفاع دارد همراه با یک مخزن با ظرفیت ۱۰۰/۰۰۰ m3.
۴- دریچه هیدرولیکی تاشوی اتوماتیک	دریچه هیدرولیکی تاشوی اتوماتیک در سه نقطه بالا دست نصب شده است. در طراحی، میانگین طول ۷۵ متر بوده و ارتفاع ۱/۲ متر می‌باشد. ظرفیت کل مخزن ۳۵/۰۰۰m3 می‌باشد.



شکل ۳۳. مقطع عرضی شماتیک طولی بند زیرزمینی San Jian Bu

فصل ۵

تهیه و تدوین ضوابط و معیارهای فنی در اجرای بندهای زیرزمینی

پیش نویس - غیر قابل استناد

۵- فصل پنجم ـ تهیه و تدوین ضوابط و معیارهای فنی در اجرای بندهای زیرزمینی

۵-۱- برنامه اجرا

۵-۱-۱- ۵-۱-۱- شرایط مکانی و شرایط احداث

پیش از مشخص نمودن طرح احداث باید به موارد زیر توجه نمود:

- شرایط مکانی و شرایط احداث مورد بررسی و شناسایی قرار گیرد.

- منظور از شرایط مکانی، شرایط طبیعی مکان احداث نظیر توپوگرافی، زمین شناسی، هواشناسی و فاکتورهای مرتبط با آب زیرزمینی می باشد.

- منظور از شرایط ساخت، شرایط اجتماعی و محلی موجود است (دسترسی به راه، برق، و سایر امکانات) که باید در طول عملیات اجرایی در نظر گرفته شوند. شرایط احداث شامل تأمین و تدارک نیرو، مواد و مصالح لازم، ماشین آلات، تأمین آب، قواعد و آیین نامه های مختلف و هماهنگی و تماس با نهادهای مرتبط می گردد.

۵-۱-۲- ۵-۱-۲- طرح تأسیسات، ماشین آلات و تهیه و تأمین اماد

قبل از عملیات اجرایی باید به موارد زیر توجه نمود:

برآورد انواع، ابعاد، عملکرد و خروجی تأسیسات و دستگاه های ساخت مورد نیاز و
آماده سازی تأسیسات و ماشین آلات
ابعاد طرح تأسیسات مختلف بند زیرزمینی،
شرایط مکانی و شرایط احداث،
تکنیکهای ساخت و مراحل احداث

بررسی برنامه آماده سازی و تجهیز ماشین آلات و مصالح مورد نیاز احداث بخصوص مصالح و حفارهای ویژه که ممکن است در احداث دیوار آب بند بند زیرزمینی مورد استفاده قرار گیرند.

برای برنامه ریزی جهت استفاده از تجهیزات ویژه، اطلاعات اولیه در رابطه با مکان احداث و میزان مواد و تجهیزات قابل دسترس باید کسب شود.

قابلیت دسترسی به تجهیزات در طول دوره ساخت باید مسجل گردد.

هنگام برنامه ریزی بمنظور استفاده از دستگاههای بزرگ و حجم زیاد مصالح، روش های حمل و نقل و جاده دسترسی نیز باید مورد بررسی قرار گیرند.

۵-۱-۳- ۵-۱-۳- برنامه مراحل اجرا

برنامه مراحل اجرای بند زیرزمینی شامل یک برنامه کلی است که ترتیب ساخت تأسیسات و برنامه مراحل احداث را در طی ساخت هر یک از تأسیسات مورد بررسی قرار می دهد. هنگام احداث یک بند زیرزمینی، احداث دیوار آب بند ممکن است سطح آب مخزن را بشدت افزایش دهد. بنابراین نصب تأسیسات زهکشی پیش از احداث دیوار آب بند ضرورت دارد.

پیش نویس ـ غیر قابل استناد

۵-۱-۴- ۵-۱-۴- تحقق معیارهای کنترل

- تعیین ضوابط و معیارهای کنترل برای اطمینان از کیفیت مناسب و کنترل روش ساخت
- معیارهای کنترل باید در حد امکانات و برحسب تکنولوژی ساخت باشند.
- بازبینی مقادیر طرح ریزی شده یا حجم عملیات احداث بر پایه اهداف طراحی

۵-۲- اجرای بند و کنترل ساخت

عملیات احداث به ترتیب زیر انجام می گیرد:

- مکانیابی و آماده سازی مکان احداث،
- ساخت سازه های موقتی،
- نصب تأسیسات ساخت،
- عملیات اجرا و ترمیم و بازیافت شرایط اولیه
- کنترل مراحل اجرا، کنترل کیفیت، کنترل روش ساخت و کنترل ایمنی به هنگام عملیات اجرا

برای اطمینان از اینکه دیوار آب بند بند زیرزمینی می تواند عملکرد حفاظت از آب را به همان صورت طراحی شده حفظ نماید، باید به عمق ساخت، ضخامت دیواره، هدایت هیدرولیکی دیواره، پیوستگی دیوار آب بند و قسمت نفوذیافته دیوار در سنگ کف در حین عملیات احداث توجه نمود.

(۱) کیفیت دیوار آب بند

عملیات احداث باید مطابق با شرایط مکانی بطور صحیحی اجرا گردد.

۱-۱- بررسی گمانه

- حفر گمانه و سپس انجام یک تست آزمایشگاهی نفوذپذیری و استحکام تراکمی نامحدود با استفاده از نمونه های دست نخورده از گمانه جهت کنترل کیفیت
- انجام یک تست نفوذپذیری صحرایی با استفاده از چاههای محفوره
- از آنجایی که در طول حفاری امکان انحراف از دیوار آب بند وجود دارد، در هنگام حفاری عمودی باید دقت شود.
- مونتاژ لوله های استیل یا مصالح مشابه برای جلوگیری از انحراف

۱-۲- جمع آوری مصالح دیواره و تست آزمایشگاهی

(۲) حفظ توالی دیوار آب بند

حفظ توالی دیوار آب بند برای کاهش نشت آب از دیواره حائز اهمیت می باشد.

(۳) ساخت قسمت نفوذی

از آنجایی که قسمت نفوذی حداکثر فشار هیدرواستاتیک را دریافت نموده و نسبت به مسائل مرتبط با کیفیت دیوار آب بند حساس می باشد، در حین ساخت این قسمت باید اقدامات احتیاطی ویژه صورت گیرد.

(۴) مراحل احداث

هنگام احداث یک بند زیرزمینی، ترتیب و مراحل ساخت دیوار آب بند در امتداد محور بند به میزان زیادی قابل تغییر و انعطاف می باشد. باید توجه داشت که با پیشرفت عملیات احداث دیوار آب بند، سطح آب زیرزمینی در مخزن بالا می آید که این مسئله گرادیان هیدرولیکی را در جایی که عملیات احداث در آنجا آغاز شده، افزایش داده و ممکن است منجر به افزایش میزان جریان آب زیرزمینی و خطر آب شستگی مصالح دیواره گردد.

پیش نویس - غیر قابل استناد

برای جلوگیری از افزایش مقدار جریان آب زیرزمینی در جایی که عملیات احداث هنوز آغاز نشده است، جهت قابلیت اجرا و تأثیر بیشتر، عملیات احداث از جایی شروع می شود که سنگ کف دارای عمق زیادی است.

(۵) سایر اقدامات احتیاطی در احداث دیوار آب بند

- احداث دیوار پشتیبان
- نصب غلاف دیواره

بطور کلی مراحل اجرای بند زیرزمینی بصورت زیر می باشد:

در این مرحله عملیات احداث جاده دسترسی، تجهیز کارگاه، حمل و دپو و فرآوری مصالح و ساخت سازه ها و زیرساختهای طراحی شده و در انتها ساماندهی آبراهه و تثبیت آن انجام می پذیرد.

مراحل کلی اجرا بصورت زیر می باشد:

احداث جاده دسترسی و تجهیز کارگاه

استخراج و تهیه مصالح و انتقال آنها به محل سایت و تعیین محل دپوی مصالح

تعیین محلهای مناسب جهت بازنمودن سینه کار و شروع عملیات خاکبرداری

تهیه لوله های انتقال آب و پوشش چاهها و مشبک کردن آنها و تهیه شیرآلات

اتمام عملیات خاکبرداری و زهکشی یا انحراف کامل آب و خشک نمودن کامل محل پی جهت اجرای مراحل بعدی

پی کنی و تمیز نمودن پی و عملیات اصلاح پی

اجرای مراحل مربوط به آب بندی پی و اتصال بدنه به پی

اجرای فوندانسیون و در صورت پیش بینی طراح، کارگذاری تجهیزات مورد نیاز در پی و در بدنه سازه به منظور پایش یا ترمیم در صورت نیاز

اجرای بدنه سازه و نصب تجهیزات و احداث سازه های مربوط به پایش، بهره برداری و ترمیم

اجرای زهکش های طراحی شده

تجهیز چاههای محفوره در مرحله مطالعات به منظور استفاده در مرحله پایش و در صورت نیاز حفر و احداث چاههای جدید و تجهیز آنها به منظور تکمیل شبکه پایش (شبکه چاههای پایش شامل یک چاه در بالادست بدنه بند در محل خط القعر، یک چاه در پایین دست بدنه بند در محل خط القعر، یک چاه در میانه دریاچه بند در محل خط القعر دو حلقه چاه بالادست و خارج دریاچه بند به فاصله ۱۰۰ متر از مرز دریاچه و از یکدیگر در محل خط القعر).

پر نمودن فضای خالی مابین بدنه بند و سازه های ایجاد شده و تجهیزات نصب شده با آبرفت بستر رودخانه توسط مصالح در نظر گرفته شده همراه با تمهیدات در نظرگرفته شده از جمله تراکم

ریختن مصالح با دانه بندی ارائه شده بر روی تاج بند تا سطح بستر و اجرای پوشش تثبیت کننده بر روی تاج بند جهت جلوگیری از فرسایش آن در صورت نیاز

ادامه دادن ارتفاع چاههای احداث شده تا ارتفاعی که از خطر سیل ها با دوره بازگشت ۱۰۰۰ ساله محفوظ باشد

نصب تجهیزات مورد نیاز و باقیمانده و نصب و ساخت موارد مربوط به استحصال و انتقال آب

احداث و انجام عملیات مربوط به بهسازی و ساماندهی بستر و کناره های رودخانه در بازه دستکاری شده به همراه عملیات نماسازی

ادامه بدنه بند تا ارتفاع طراحی در بالای بستر رودخانه و انجام عملیات در نظر گرفته شده (برای بندهای تلفیقی)

پیش نویس – غیر قابل استناد

پیش نویس-غیر قابل استناد

فصل ۶

تهیه و تدوین ضوابط و معیارهای فنی در نگهداری بندهای زیرزمینی

پیش نویس – غیر قابل استناد

۶- فصل ششم ـ تهیه و تدوین ضوابط و معیارهای فنی در نگهداری بندهای زیرزمینی

۶-۱- نگهداری و مدیریت

۶-۱-۱- مدیریت بند زیرزمینی

مدیریت تأسیسات

مدیریت آب مخزن (مدیریت حوزه آبخیز)

مدیریت تأسیسات برای اطمینان از این صورت می گیرد که تأسیسات مختلف مانند دیوار آب بند، تأسیسات استحصال آب، زهکشی، تأسیسات تغذیه آبخوان و... بتوانند کارکردهای مورد نیاز را نشان دهند.

پیش نویس ـ غیر قابل استناد

جدول ۱۸. مدیریت بند زیرزمینی

آیتم مدیریتی		هدف و جزئیات مدیریت	روش مدیریتی
مدیریت تأسیسات	مدیریت دیوار آب بند	تعیین میزان نشت از دیوار آب بند تعیین محل نشت آب ناشی از آسیب دیدگی دیوار آب بند و سایر مسائل و مشکلات	مشاهده سطح آب زیرزمینی در بالادست و پایین دست دیوار آب بند و سایر روشها
	مدیریت تأسیسات استحصال آب	حفظ کارکرد تأسیسات آبگیری و نوسازی تأسیسات	اندازه گیری مقدار کاهش سطح آب در طول استحصال آب و سایر روشها
	مدیریت تأسیسات زهکشی	حفظ کارکرد تأسیسات زهکشی	مشاهده سطح آب مخزن اندازه گیری مقدار زهکشی و سایر روشها
	مدیریت سایر تأسیسات	حفظ کارکرد تأسیسات تغذیه آبخوان، عملکرد تأسیسات حفاظتی و سایر تأسیسات	
مدیریت آب مخزن	مدیریت استحصال آب	تعیین سطح آب مخزن (ذخیره) تخصیص مقدار اپتیمم استحصال آب در میان تأسیسات آبگیری برای اطمینان از عملکرد مناسب این تأسیسات	مشاهده سطح آب مخزن اندازه گیری مقدار عملکرد آبگیری تأسیسات آبگیر و سایر روشها
	مدیریت زهکشی	تعیین سطح آب مخزن، برای مثال در حین یک بارش سنگین تعیین زمان شروع زهکشی و مقدار زهکشی	مشاهده سطح آب مخزن اندازه گیری مقدار عملکرد آبگیری تأسیسات زهکشی و سایر روشها
	مدیریت کیفیت آب	حفظ کیفیت مورد نیاز آب مخزن با هر هدفی تعیین وضعیت نفوذ آب شور نمک زدایی مناسب آب مخزن	مشاهده کیفیت آب در فضای مخزن اقدامات حفاظتی کیفیت آب در بازه عملکرد تأسیسات نمک زدایی و سایر روشها

مهمترین فاکتورهای مدیریت بند زیرزمینی، تعیین و کنترل سطح آب زیرزمینی می باشند.

۶-۲- سیستم نگهداری و مدیریت

استقرار تشکیلات مدیریتی

توصیه می شود گروهی از مشاوران شامل کارشناسان فنی در تشکیلات مدیریتی بکار گرفته شوند.

آیین نامه مدیریتی

چنانچه شرایط زیر به وقوع بپیوندد، اقدامات سریع مورد نیاز است:

بارش سنگین

خشکسالی

زمین لرزه

مشکل تأسیساتی جدی

مدیریت بند زیرزمینی شامل مدیریت عملکرد تأسیسات تحت شرایط عادی همچنین عملکرد مطمئن و مناسب تأسیسات تحت شرایط غیرمنتظره و اضطراری ذکر شده در بالا می شود. همچنین تعیین وضعیت فعلی بند زیرزمینی و بطور همزمان، بررسی های هواشناسی، هیدرومتئورولوژیک، کیفیت آب و شرایط دیوار آب بند و چگونگی عملکرد تأسیسات استحصال آب، ثبت و آنالیز داده های بدست آمده بمنظور توسعه سیاستهای آتی، ضروری است. آیین نامه های مدیریتی بر اساس موارد زیر تعریف می شوند:

- مجریان و متولیان (مدیران اجرایی و سازمان های مدیریتی)
- تأسیسات مورد نظر بمنظور مدیریت (ابعاد تأسیسات و سایر معیارها و مشخصات)
- ابعاد بند زیرزمینی
- قوانین مصارف آبی (دوره و مقدار مصرف آب، روش توزیع آب و...)
- مطالبی در مورد نظارت و بررسی و نگهداری تأسیسات (روش بازبینی، روشهای تعمیر و نوسازی و...)
- مطالبی در مورد پایش و بررسی (آیتم ها، مقادیر، فراوانی ها و روشهای مشاهده و بررسی، روش ثبت و...)
- اقدامات صورت گرفته تحت شرایط اضطراری (سیستمها و اقدامات صورت گرفته تحت شرایط اضطراری)
- هماهنگی و تشریک مساعی با ذینفعان

(۱) جایگاه ذینفعان در رابطه با بندهای زیرزمینی

- هماهنگی با بهره برداران آب زیرزمینی
- هماهنگی با توسعه دهندگان جدید در عرصه حوزه آبخیز

مدیریت تأسیسات

مدیریت دیوار آب بند

مدیریت دیوار آب بند برای اطمینان از حفظ کارایی نگهداشت آب صورت می گیرد. همچنین مدیریت دیوار آب بند جهت تشخیص محل نشت و انجام اقداماتی در مواقع نشت آب، مانند مرمت دیوار آب بند انجام می شود.

بمنظور مدیریت دیوار آب بند می توان بصورت زیر عمل نمود:

مشاهدات ماهانه و منظم چاههای مشاهده ای در بالادست محور بند در فواصل ۲۰۰ متری.

پایش سالانه چاههای مشاهده ای که می توانند جهت انجام اقداماتی در بالادست و پایین دست محور بند مورد استفاده قرار گیرند.

پایش چاههای مشاهده ای که می توانند جهت انجام اقداماتی در بالادست و پایین دست محور بند به هنگام وقوع یک زمین لرزه با شدت ۴ ریشتر یا بیشتر مورد استفاده قرار گیرند.

*مدیریت و نگهداری توسط تشکل های مردمی و محلی

مدیریت تأسیسات استحصال آب

پیش نویس غیر قابل استناد

بمنظور بهره برداری از آب زیرزمینی موجود در بند زیرزمینی، به نیرویی برای انتقال آب به سطح زمین نیاز می باشد. بنابراین این مسئله نیاز به مدیریت استحصال آب و بطور همزمان هزینه هایی برای نگهداری و نوسازی تأسیسات دارد.

اقداماتی که بمنظور حفظ کارکردها صورت می گیرد شامل ثبت روزانه مقدار پمپاژ و مدیریت سطح آب، و بررسی وجود یا عدم وجود سر و صدا و ارتعاشات غیر طبیعی و نشت آب از محل پیوند لوله و سایر قسمتها می گردد. چنانچه از الکتریسیته به عنوان منبع نیرو استفاده می شود، ولتاژ و مقادیر مقاومت عایق و سایر مقادیر مربوطه باید ثبت شوند. علاوه بر این، بررسی روتین واحدهای پمپ برای جایگزینی و عملیات مرمت مورد نیاز می باشد. زمانی که کارکرد یک پمپ دچار مشکل می گردد، نیاز به نوسازی دارد. با این وجود، از آنجایی که هزینه های نوسازی قابل توجه می باشد، هنگامی که تعداد زیادی از پمپ ها مورد استفاده اند، نوسازی باید بصورت سیستماتیک صورت گیرد.

در خصوص مدیریت تأسیسات استحصال آب، شناسایی شرایط غیرطبیعی استحصال آب و انجام اقدامات مورد نیاز برای حفظ کارکرد تأسیسات استحصال آب ضرورت دارد.

آب زیرزمینی شامل بیکربناتهای محلول نظیر کلسیم و منیزیم می باشد. کاهش فشار ناشی از پمپاژ باعث آزاد شدن دی اکسید کربن می شود و این مسئله سبب تغییر کربنات بیکربناتهای سخت حل شونده، می گردد. این کربناتها بر روی غربال و فضای پیرامون تجمع یافته و سبب انبنداد می شوند. این تجمع در صورت تشخیص باید توسط مواد شیمیایی نظیر اسید فسفریک برطرف شود. ترکیبات حل شونده در آب مانند $Fe2+$ و $SiO4$ علاوه بر بیکربناتها اغلب در اطراف درز و شکاف رسوب نموده و سبب انبنداد غربال می شوند. برای برطرف نمودن این انبنداد نیز از مواد شیمیایی نظیر اسید فسفریک استفاده می شود.

باکتری و سایر میکروارگانیسم هایی که در تأسیسات استحصال آب رشد و نمو می کنند ممکن است سبب انبنداد ناگهانی غربال شوند. این مشکل را می توان با استفاده از گاز کلر حل نمود.

همچنین در مواردی ورود شن از آبخوان و مصالح خاکه سنگی ریز ممکن است سبب انبنداد فیزیکی درز و شکاف گردند. پر نمودن خلا بین غربال و دیوار متخلخل با مواد پر کننده مانند گراول هایی با اندازه مناسب می تواند ورود شن را کاهش دهد. برای کاهش مقدار شن ورودی پس از تکمیل تأسیسات آبگیر، باید کاهش تخلیه پمپ کمتر از مقدار ورودی آب زیرزمینی باشد. در مواقعی که مقدار زیادی ماسه وارد می شود، شن موجود در تأسیسات استحصال آب باید بطور مرتب تخلیه گردد.

۶-۳- مدیریت تأسیسات زهکشی

سطح آب مخزن باید بطور پیوسته مورد پایش گردد.

زمانی که انتظار داریم سطح آب مخزن به سبب یک بارش سنگین افزایش یابد، پایش و بررسی آب زیرزمینی باید از طریق بررسی فضای مخزن بند زیرزمینی تکمیل گردد تا وجود یا عدم وجود خسارت بواسطه طغیان آب مسجل گردد.

باید برای حفظ عملکرد مناسب تأسیسات زهکشی، بررسی های منظمی صورت گیرد.

پیش نویس – غیر قابل استناد

فصل ۷

مدیریت و نگهداری کیفیت آب

پیش نویس-غیر قابل استناد

۷- فصل هفتم- مدیریت و نگهداری کیفیت آب

برای اطمینان از کیفیت ضروری آب با هر هدفی، کیفیت آب مخزن مدیریت می گردد. مدیریت کیفیت آب شامل بررسی کیفیت آب بمنظور تعیین روند تغییر آن در مخزن و اقدامات حفاظتی کیفیت آب است که در فضای مخزن بند زیرزمینی صورت می گیرد.

ارزیابی کیفیت آب: ارزیابی کیفیت آب شامل مجموعه روتینی از نمونه های آب مخزن و آنالیز کیفی موارد مشخصی از آب جهت تعیین روند کیفیت آب مخزن می باشد:

- آنالیز کیفی آب بصورت درجا و یا در آزمایشگاه انجام می گیرد. آنالیز درجا با استفاده از سنجشگرهای دستی، شامل اندازه گیری های دما، pH، EC و سایر ویژگیها می گردد.

- استفاده از متودهای ساده آنالیز کیفی آب شامل تست Pack برای آنالیز سریع و آسان در مکان با استفاده از تیوپ های تست پر شده با معرف (واکنشگر)

- برای آنالیز مواردی که با گذشت زمان متحمل تغییرات معنی داری می گردند، ممکن است ثبت کننده های خودکار برای اندازه گیری و ثبت مداوم دیتاهای کیفیت آب بدست آمده از یک سنسور نصب شده در گمانه های مشاهده ای مورد استفاده قرار گیرند.

مواردی که باید در طول ارزیابی کیفی آب آنالیز شوند بطور کلی شامل +Na، +K، +Ca2، +Mg 2، Cl -، SO4-2، HCO3-، Fe+، NH4+، No3- ،NO2- ،TDS (کل جامدات حل شده)، غلظت یون هیدروژن (pH)، هدایت الکتریکی (EC)، باکتری و باسیلوس کلون می گردند (البته تغییر در مقدار آب ممکن است به موارد آنالیز شده اضافه نماید).

در صورت وجود اراضی زراعی در حوزه آبخیز، موارد آنالیز شده در منطقه باید شامل مواد شیمیایی بکار رفته در کشاورزی گردند. در وضعیتی که در محدوده حوزه آبخیز معادن و کارخانجاتی وجود دارند، موارد مورد آنالیز باید شامل فلزات سنگین مازاد رها شده از چنین معادن و کارخانجاتی گردند.

۷-۱- نحوه جمع آوری نمونه های آب از یک گمانه

برای تهیه نمونه های آب بمنظور آنالیز کیفیت باید به نکات زیر توجه نماییم:

حجم نمونه باید متناسب با تعداد آزمایشات و در محدوده ۰.۵ تا ۲ لیتر باشد.

شماره نمونه، تاریخ و محل نمونه برداری، درجه حرارت، آبدهی و عمق نمونه برداری باید بر روی بطری ها یادداشت شوند.

با توجه به تأثیر نوسانات دبی بر کیفیت آب، نمونه برداری باید در زمانهای مختلف سال و دبی های متفاوت صورت گیرد.

در شروع پمپاژ نباید اقدام به نمونه برداری نمود چراکه کیفیت آب جمع شده در لوله و چاه با آبخوان متفاوت می باشد.

قبل از نمونه گیری باید بطری را با همان نمونه آب شستشو داد و بطری نباید کاملا پر شود.

تراکم نمونه برداری را با توجه به دقت مورد نظر و تغییرات کیفیت (ناشی از تغییر دبی) مشخص نمایید.در رودخانه ها باید در دبی های مختلف اقدام به نمونه برداری نمود اما در چشمه ها و قنوات به دلیل عدم تغییرات زیاد، می توان فواصل نمونه برداری را بلند در نظر گرفت.

برای نمونه برداری باید از یک پمپ با قطر کم یا یک نمونه گیر ار نوع پرتابی برای چاههای باریک استفاده نمود. می توان نمونه برداری را بصورت انتگراسیون عمقی و یا نقطه ای انجام داد.

هنگامی که نمونه ها جمع آوری شدند جهت جلوگیری از تغیرات کیفی باید بلافاصله در یک ظرف در بسته و در شرایط خنک منتقل شده و بدون تأخیر آنالیز شوند. فاصله زمانی بین برداشت و تجزیه نمونه آب باید کوتاه باشد تا نتایج مطلوبی بدست آید.

نمونه های آب زیرزمینی جمع آوری شده از گمانه های مشاهده ای یکسان اما از اعماق مختلف ممکن است بسته به خصوصیت آبخوان یا چگالی آب زیرزمینی کیفیت متفاوتی داشته باشند. در موارد مشابه با این وضعیت، باید یک گمانه مشاهده ای همراه با نصب غربال در اعماق مختلف برای بازرسی کیفیت آب در اعماق مختلف مورد استفاده قرار گیرد. به ویژه در بند زیرزمینی پیشگیری از نفوذ آب شور، برای تعیین توزیع سه بعدی آب زیرزمینی شور شده، شوری باید در بصورت افقی و در اعماق مختلف پایش گردد.

۷-۲- کنترل و بررسی کیفیت آب مخزن

تعیین کیفیت آب مخزن جهت مصارف مختلف (شرب، صنعت و کشاورزی):

- نمونه‌برداری از آب موجود در چاهک حفاری شده در محدوده محور پیشنهادی بند و برداشت بر اساس روش استاندارد در دو ماه تر و خشک شده جهت انجام آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی و تعیین پارامترهای هیدروشیمی آب زیرسطحی
- اندازه گیری آنیون‌ها و کاتیون‌های اصلی، مقدار هدایت الکتریکی آب(EC)، باقیمانده خشک یا املاح محلول آب(TDS)، اسیدیته آب(pH)، سختی کل آب بر اساس کربنات کلسیم(TH)، سختی موقت و دائم آب، بار معلق و نیترات و آمونیوم و کلر آزاد آب
- انجام آزمایشات میکروبیولوژیکی
- بررسی کیفیت فیزیکی آب (میزان بار معلق، رنگ، بو، کدورت و طعم آب)

مصارف کشاورزی

جدول (۱۹) اقتباس شده از FAO مربوط به سال ۱۹۸۵ جهت طبقه‌بندی آب‌های مناسب برای استفاده کشاورزی می‌باشند.

جدول ۱۹. مقادیر مجاز پارامترهای کیفیت آب برای مصارف کشاورزی (F.A.O 1985)

Water Parameter	Symbol	Unit	Usual range in irrigation water	
SALINITY SALT CONTENT Electrical Conductivity (or)	ECw	ds/m	3-0	ds/m
Total Dissolved Solide Cations and Anions	TDS	mg/l	0-2000	mg/l
Calcium	Ca++	meq/l	0-20	meq/l
Magnesium	Mg++	meq/l	0-5	meq/l
Sodium	Na+	meq/l	0-40	meq/l
Carbonate	3—CO	meq/l	0-1	meq/l
Bicarbonate	HCO-3	meq/l	0-10	meq/l
Choloride	Cl-	meq/l	0-30	meq/l
Sulfate	4—So	meq/l	0-20	meq/l
NUTRIENTS Nitrat, Nitrogen	No3,-N	mg/l	0-10	mg/l
Ammonium, Nitrogen	NH4, - N	mg/l	0-5	mg/l
Phosphate, Phopshorus	Po4,-N	mg/l	0-2	mg/l
Potasium	K+	mg/l	0-2	mg/l
MISCELLANEOUS Borom	B	mg/l	0-2	mg/l
Acid Basiclty	pH	1-14	6.0-8.5	
Sodium Absorp. Ratio	SAR	(meq/l)	0-15	

مصارف شرب

جهت بررسی کیفی آب زیرسطحی بازه مورد مطالعه از نظر شرب، از جداول ارائه شده توسط سازمان بهداشت جهانی در سال ۱۹۶۶، جدول (۲۰) استفاده می شود.

جدول ۲۰. استاندارد سازمان بهداشت جهانی برای آب‌های شرب (WHO, 1966)

مواد موثر		حداکثر غلظت قابل قبول	حداکثر غلظت مجاز
باقیمانده خشک (TDS)		۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر	۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر
رنگ		۵ واحد	۵۰ واحد
کدورت		۵ واحد	۲۵ واحد
مزه		غیر قابل اعتراض	-
بو		غیر قابل اعتراض	-
آهن	Fe	۰/۳ میلی‌گرم در لیتر	۱ میلی‌گرم در لیتر
منگنز	Mn	۰/۱ میلی‌گرم در لیتر	۰/۵ میلی‌گرم در لیتر
مس	Cu	۱ میلی‌گرم در لیتر	۱/۵ میلی‌گرم در لیتر
روی	Zn	۵ میلی‌گرم در لیتر	۱۵ میلی‌گرم در لیتر
کلسیم	Ca	۷۵ میلی‌گرم در لیتر	۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر
منیزیم	Mg	۵۰ میلی‌گرم در لیتر	۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر
سولفات	So4	۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر	۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر
کلرور	Cl	۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر	۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر
pH		۷-۸/۵	کمتر از ۶/۵ یا بیشتر از ۹/۲
سولفات (منیزیم+ بندیم)		۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر	۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر

پیش نویس - غیر قابل استناد

مصارف صنعتی

آنچه که در استفادهٔ آب در صنعت بیشتر مهم است میزان املاح، (EC یا TDS)، اسیدیتهٔ آب(pH)، میزان مواد معلق، سختی آب و تیپ شیمیایی آب است. البته باید گفت کیفیت آب در صنایع مختلف متفاوت بوده و حدود خاص خود را دارا است. اما در مجموع بهتر است مقدار TDS آب‌ها برای مصارف صنعتی کم‌تر از ۱۰۰۰mg/l و مواد معلق آن کم‌تر از ۰/۰۱mg/l بوده و سختی آن نیز کم‌تر از ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر باشد.

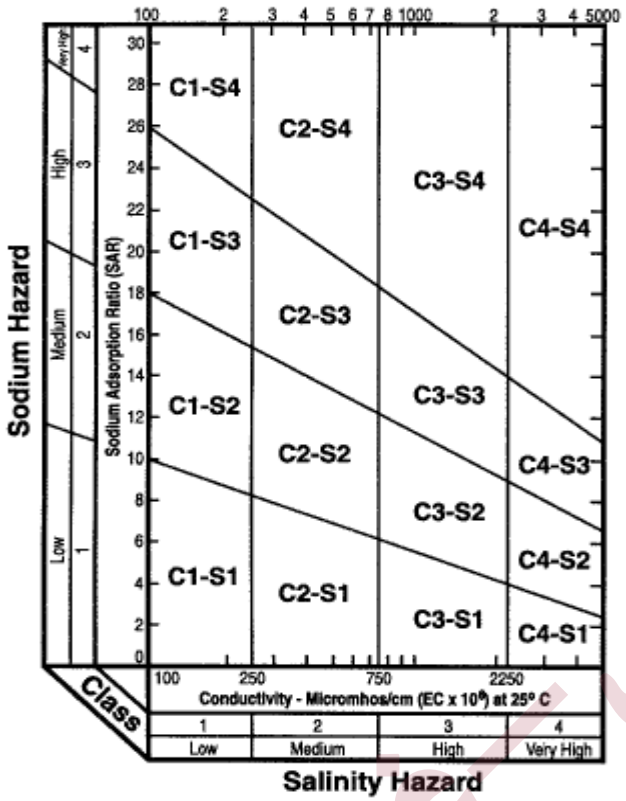
نتایج آنالیز حاصل از ارزیابی کیفی آب باید طبق استاندارد سازمان جهانی بهداشت (WHO) (جدول ۲۱) و استاندارد کیفیت آب آبیاری دپارتمان کشاورزی ایالت متحده آمریکا (USDA) (شکل ۳۴) مطابق با اهداف کاربری آب مقایسه و کنترل گردند تا مشخص گردد که آیا نتایج با استاندارد کیفیت مورد نیاز آب مواجهند یا خیر.

همچنین بمنظور کنترل کیفیت آب برای اهداف مختلف (دام، صنعت، شرب، کشاورزی و...) و استانداردهای کیفیت، به استانداردهای ارائه شده توسط دپارتمان کشاورزی استرالیا، سرویس منابع آب استرالیا، آکادمی ملی علوم آمریکا، اداره محیط زیست امریکا، استاندارد اروپایی ۱۹۷۰، و دانشگاه کالیفرنیا و جداول ارائه شده توسط آنها مراجعه نمایید.

جدول ۲۱- استاندارد سازمان جهانی بهداشت (WHO)

آیتم	مقدار استاندارد (میلی گرم بر لیتر)
Sb	۰.۰۰۵
As	۰.۰۱
Ba	۰.۷
B	۰.۵
Cd	۰.۰۰۳
NH2Cl	۳.۰
Cl	۵.۰
Cr	۰.۰۵
Cu	۲.۰
CN	۰.۰۷
F	۱.۵
Pb	۰.۰۱
Mn	۰.۵
Hg	۰.۰۰۱
Mo	۰.۰۷
Ni	۰.۰۲
NO3-	۵۰.۰
NO2-	۰.۲
Se	۰.۰۱
U	۰.۰۰۲
E. coli باکتری کلیفرم مقاوم به گرما	نباید در هر ۱۰۰ میلی لیتر نمونه قابل تشخیص باشد.
کل فعالیت آلفا	۰.۱
کل فعالیت بتا	۱.۰

پیش نویس - غیر قابل استناد



شکل ۳۴. استاندارد کیفیت آب آبیاری USDA (USDA, 1954).

$$SAR = Na^{+} / \sqrt{(Ca^{2+} + Mg^{2+})/2}$$

C1: برای تقریباً انواع گیاهان و خاکها قابل استفاده است.

C2: برای خاکهای با آبشویی متوسط و گیاهان دارای درجه مقاومت متوسط نسبت به شوری قابل استفاده است.

C3: برای خاکهای با زهکشی ضعیف نمی تواند مورد استفاده قرار گیرد اما برای گیاهان با مقاومت شوری زیاد چنانچه در خاکهای با زهکشی متوسط طرحریزی شده قابل استفاده است.

C4: در آبیاری معمولی قابل استفاده نیست. اقدامات ویژه در برابر آسیب ناشی از شوری مورد نیاز می باشد.

S1: برای تقریباً انواع خاکها قابل استفاده است.

S2: آسیب ناشی از شوری در خاکهای دانه ای با CEC (ظرفیت تبادل کاتیونی) قابل مشاهده است.

S3: آسیب ناشی از شوری در تقریباً همه انواع خاکها اتفاق می افتد. فراوردن (امودن) ویژه خاک، آبشویی و تزریق آلی مورد نیاز می باشند.

S4: برای اهداف آبیاری مناسب نمی باشد.

۷-۳- مدیریت آبهای شور

هدایت الکتریکی آب (EC) شاخص مهمی در تعیین کیفیت آب بوده و آب دارای هدایت الکتریکی زیاد، اغلب برای نوشیدن یا اهداف آبیاری مناسب نیست. شوری آب مخزن تحت تأثیر آب شور نوسان می کند. بنابراین، در ابتدا تنظیم یک محدوده مجاز شوری ضروری می باشد. مدیریت جذب آب را بمنظور حفظ شوری آب مخزن در محدوده مجاز اجرا نموده و کاهش سطح مخزن را محدود نمایید. در مواردی آب زیرزمینی حاوی نمک بمنظور افزایش بهره وری آن با سایر منابع آب شیرین مخلوط شده و رقیق می شود.

هنگام برنامه ریزی بمنظور بهره وری از آب زیرزمینی حاوی نمک برای اهداف کشاورزی، مقاومت به شوری گیاهان و تجمع نمک در خاکها از مباحث مورد توجه می باشند.

مقاومت به شوری هر نوع گیاهی از طریق تعیین مقدار تأثیر نمک جذب شده از خاک و جذب شده توسط ساقه و برگها مشخص می گردد.

مقاومت به شوری با نوع گیاه تغییر می یابد. برخی گیاهان با مقاومت به شوری زیاد می توانند بدون هیچ تأثیری بر روی رشدشان، تا شوری بیش از ۲۰۰۰ میلی گرم بر لیتر را تحمل نمایند.

۷-۴- اقدامات حفظ کیفیت آب در فضای مخزن بند زیرزمینی

بطور کلی در شرایطی که آلودگی اتفاق افتاده است، مخزن و آب مخزن بند زیرزمینی به آسانی بازیابی نمی شوند. بنابراین:

پیشگیری از آلودگی و چنانچه آلودگی رخ داده است، جلوگیری از پخش آلودگی دارای اهمیت می باشد.

برای حفظ کیفیت آب مخزن بند زیرزمینی، فعالیتهایی را که ممکن است کیفیت آب را در محدوده مخزن بند تحت تأثیر قرار دهند، باید نظارت شده و در همان زمان، اقداماتی جهت بازیافت و حذف منابع آلودگی آب و بازیابی کیفیت آب صورت گیرند.

در بعضی شرایط، ممکن است قوانین، مقررات و آیین نامه های محلی برای الزامی نمودن انجام اقدامات مورد نیاز جهت حفظ کیفیت آب برای کسانی که در فعالیتهای مختل کننده کیفیت آب در حوزه آبخیز دخالت دارند مورد استفاده قرار گیرد.

افزایش مقدار نیتروژن نیتراتی در آب زیرزمینی بیش از حد قابل قبول مسئله مهمی می باشد. این مشکل معمولاً بواسطه نفوذ کودها و فاضلاب روزانه (زهاب روزانه) بوجود می آید. برای حل این مشکل، اقدامات متعددی شامل نصب تأسیسات تیمار کننده زهکشی، تعیین مقدار اپتیمم کوددهی، تأخیر زمانی در کاربرد کودها، اصلاح زمانبندی و برنامه ریزی کاربرد کودها، اصلاح برنامه آبیاری و جلوگیری از آبشویی بیش از حد و استفاده از کودهای کند عمل کننده و کند رها صورت می گیرند.

پیش نویس-غیر قابل استناد

Islamic Republic of Iran
Plan and Budget Organization

Technical Standards and guidelines for Underground dams Designing and Implementations

No.

Deputy of Technical, Infrastructure and Production Affairs

Department of Technical **&** Executive affairs, Consultants and Contractors

nezamfanni.ir

Forest, Range & Watershed Management Organization Of IRAN

Water Harvesting & Flood Control office

www.frw.org.ir

پیش نویس – غیر قابل استناد

۲۰۱۹

این نشریه

تهیـه و تدوین « **ضوابط و معیارهای فـــنی احداث بنـدهای زیرزمینی**» با بـررسی سابـقه و وضعیت موجـود بندهای زیرزمینی در کشور به بررسی و جمعبندی نتایج موفق تجارب پرداخته، وبه تهیـــه و تدوین شاخصهای مطالعاتی لازم برای احـــداث بندهای زیرزمینی، همچنین اصول اساسی و کلـی ملاحظات طراحی بندهای زیرزمینی، دیوارآب بند، تاسیسات استحصال آب و زهکشی مورد اشاره قرار گرفته است.

در ادامه نیز مراحل اجرایی هر یک از موارد مندرج فـوق تشریـح دقیـق شـده، و توضیحـات لازم در خصوص مدیریت و نگهداری کیفیت آب و کنتـرل و بررسی آن، اقـدامات حـفظ کیفیت آب در فضای مخـزن بنـد زیـرزمینی، مـدیریت آبهای شور مورد اشاره قرار گرفته است.

پیش نویس غیر قابل استناد