جمهوری اسلامی ایران

معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس‌جمهور

دستورالعمل رفتارسنجی کمی آب‌های زیرزمینی

نشریه شماره ۶۶۵

معاونت نظارت راهبردی

امور نظام فنی

nezamfanni.ir

وزارت نیرو

دفتر مهندسی و معیارهای فنی آب و آبفا

http://seso.moe.org.ir

۱۳۹۳

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

بسمه تعالی

معاون برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور

بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران	شماره:	۹۳/۴۶۲۳۶
	تاریخ:	۱۳۹۳/۰۴/۲۵

موضوع : دستورالعمل رفتارسنجی کمی آب‌های زیرزمینی

به استناد ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه و مواد (۶) و (۷) آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی- مصوب سال ۱۳۵۲ و در چارچوب نظام فنی و اجرایی کشور (موضوع تصویب‌نامه شماره ۴۲۳۳۹/ت۳۳۴۹۷هـ مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیأت محترم وزیران)، به پیوست نشریه شماره ۶۶۵ امور نظام فنی، با عنوان «**دستورالعمل رفتارسنجی کمی آب‌های زیرزمینی**» از نوع گروه سوم ابلاغ می‌شود.

رعایت مفاد این ضابطه برای دستگاه‌های اجرایی، مشاوران، پیمانکاران و سایر عوامل ذینفع نظام فنی اجرایی در صورت نداشتن ضوابط معتبر بهتر، از تاریخ ۱۳۹۳/۱۱/۱ الزامی است.

امور نظام فنی این معاونت در مورد مفاد نشریه پیوست، دریافت‌کننده نظرات و پیشنهادهای اصلاحی مربوط بوده و عهده‌دار اعلام اصلاحات لازم به طور ادواری خواهد بود.

.

محمد باقر نوبخت

omoorepeyman.ir

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی:

امور نظام فنی اجرایی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه این نشریه نموده و آن را برای استفاده به جامعه مهندسی کشور عرضه نموده است. با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلطهای 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- شماره بند و صفحه موضوع مورد نظر را مشخص کنید.

۲- ایراد مورد نظر را به صورت خلاصه بیان دارید.

۳- در صورت امکان متن اصلاح شده را برای جایگزینی ارسال نمایید.

۴- نشانی خود را برای تماس احتمالی ذکر فرمایید.

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 علی‌شاه - مرکز تلفن

۳۳۲۷۱ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، امور نظام فنی

Email:info@nezamfanni.ir **web: nezamfanni.ir**

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

پیشگفتار

از آن‌جایی که تاثیر عوامل مختلف طبیعی و مصنوعی بر رفتار کمی آبخوان‌ها و منابع آب زیرزمینی به‌صورت تغییرات در سطح آب زیرزمینی و تغییر در آبدهی منابع در حال بهره‌برداری نمایان می‌شود، این دستورالعمل با هدف بررسی و تعیین میزان اثرات عوامل مختلف موثر در رفتار آبخوان‌ها که به‌صورت تغییرات سطح آب زیرزمینی از نظر زمانی و مکانی ظاهر می‌شود، تهیه گردیده است. اهداف رفتارسنجی متاثر از اهداف مطالعه و تحقیق می‌باشد که مسلما برای نیل به آن اهداف باید از کلیه عوامل و ابزارهای ذیربط بهره گرفت تا بهترین نتیجه حاصل گردد.

با توجه به مطالب فوق، امور آب وزارت نیرو در قالب طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور، تهیه نشریه «دستورالعمل رفتارسنجی کمی آب‌های زیرزمینی» را با هماهنگی امور نظام فنی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس‌جمهور در دستور کار قرار داد و پس از تهیه، آن را برای تایید و ابلاغ به عوامل ذینفع نظام فنی اجرایی کشور به این معاونت ارسال نمود که پس از بررسی، براساس ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه آیین‌نامه استانداردهای اجرایی مصوب هیات محترم وزیران و طبق نظام فنی اجرایی کشور (مصوب شماره ۴۲۳۳۹/ت۳۳۴۹۷ ه مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیات محترم وزیران) تصویب و ابلاغ گردید.

علیرغم تلاش، دقت و وقت زیادی که برای تهیه این مجموعه صرف گردیده، معهذا این مجموعه مصون از وجود اشکال و ابهام در مطالب آن نیست. لذا در راستای تکمیل و پربار شدن این آیین نامه از کارشناسان محترم درخواست می‌شود موارد اصلاحی را به امور نظام فنی معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور ارسال کنند. کارشناسان معاونت پیشنهادات دریافت شده را بررسی کرده و در صورت نیاز به اصلاح در متن نشریه، با همفکری نمایندگان جامعه فنی کشور و کارشناسان مجرب این حوزه، نسبت به تهیه متن اصلاحی، اقدام و از طریق پایگاه اطلاع رسانی نظام فنی و اجرایی کشور برای بهره‌برداری عموم، اعلام خواهند کرد. به همین منظور و برای تسهیل در پیدا کردن آخرین ضوابط ابلاغی معتبر، در سمت میانی بالای صفحات نشریه، تاریخ تدوین مطالب آن صفحه درج شده‌است که در صورت هرگونه تغییر در مطالب هر یک از صفحات، تاریخ به روزرسانی آن نیز اصلاح خواهد شد. از اینرو همواره مطالب صفحات دارای تاریخ جدیدتر معتبر خواهد بود.

بدین وسیله معاونت نظارت راهبردی از تلاش و جدیت رییس امور نظام فنی جناب آقای مهندس غلامحسین حمزه مصطفوی و کارشناسان محترم امور نظام فنی و نماینده مجری محترم طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور وزارت نیرو، جناب آقای مهندس محمد ابراهیم نیا و متخصصان همکار در امر تهیه و نهایی نمودن این نشریه، تشکر و قدردانی می‌نماید و از ایزد منان توفیق روزافزون همه این بزرگواران را آرزومند می‌باشد.

امید است متخصصان و کارشناسان با ابراز نظرات خود درخصوص این نشریه ما را در اصلاحات بعدی یاری فرمایند.

معاون نظارت راهبردی

تابستان ۱۳۹۳

omoorepeyman.ir

تهیه و کنترل «دستورالعمل رفتارسنجی کمی آب‌های زیرزمینی» [نشریه شماره ۶۶۵]

مجری: دانشگاه تربیت مدرس

اعضای گروه اصلی تهیه کننده:

منصور برزگر ریحانی	مؤسسه تحقیقات آب	فوق‌لیسانس آب‌های زیرزمینی
مجید خیاط خلقی	دانشگاه تهران	دکترای آب‌های زیرزمینی
پیمان دانش‌کارآراسته	دانشگاه بین‌المللی امام‌خمینی	دکترای علوم و مهندسی آبیاری
محمود راشد	کارشناس آزاد	فوق‌لیسانس مهندسی آب‌های زیرزمینی
هاشم کاظمی	مؤسسه تحقیقات آب	فوق‌لیسانس مهندسی آب‌های زیرزمینی
کوروش محمدی	دانشگاه تربیت مدرس	دکترای عمران
محمد ناسوتی	کارشناس آزاد	لیسانس زمین‌شناسی
مهدی هاشمی	شرکت مهندسی مشاور زیست کاو	لیسانس زمین‌شناسی
شهریار هخامنشی	کارشناس آزاد	لیسانس زمین‌شناسی

اعضای گروه نظارت:

عبدالوحید آغاسی	دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی	دکترای مهندسی آب
مریم رحیمی فراهانی	طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور- وزارت نیرو	فوق‌لیسانس مهندسی عمران - آب
محمود صداقت	دانشگاه پیام نور	فوق‌لیسانس زمین‌شناسی و فوق‌لیسانس آب‌شناسی

اعضای گروه تایید کننده (کمیته تخصصی مدیریت منابع آب طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور):

بهرام ثقفیان	کارشناس آزاد	دکترای منابع آب
فضلعلی جعفریان	کارشناس آزاد	لیسانس زمین‌شناسی
عباسقلی جهانی	شرکت مهندسین مشاور بهان‌سد	فوق‌لیسانس مهندسی هیدرولوژی
رضا راعی	شرکت مدیریت منابع آب ایران	فوق لیسانس آب زیرزمینی
مریم رحیمی فراهانی	طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور- وزارت نیرو	فوق‌لیسانس مهندسی عمران - آب

اعضای گروه هدایت و راهبری پروژه:

علیرضا توتونچی	معاون امور نظام فنی
فرزانه آقارمضانعلی	رییس گروه امور نظام فنی

omoorepeyman.ir

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
مقدمه	**۱**
فصل اول- کلیات	**۳**
۱-۱- کلیات	۵
۱-۲- تعریف اصطلاحات	۶
۱-۲-۱- آب زیرزمینی	۸
۱-۲-۲- آبخوان	۸
۱-۲-۳- آبخوان آزاد	۸
۱-۲-۴- آبخوان تحت فشار	۸
۱-۲-۵- آبخوان نشتی	۹
۱-۲-۶- آب زیرزمینی معلق یا آویزان	۱۰
۱-۲-۷- آبخوان سنگ‌های درزو شکاف‌دار	۱۰
۱-۲-۸- آبخوان کارستی	۱۱
۱-۲-۹- رفتارسنجی آب زیرزمینی	۱۱
۱-۲-۱۰- رفتارسنجی کمی آب زیرزمینی	۱۲
۱-۲-۱۱- شبکه	۱۲
۱-۲-۱۲- شبکه اطلاعات آب	۱۲
۱-۲-۱۳- شبکه اطلاعات آب زیرزمینی	۱۲
۱-۲-۱۴- شبکه اطلاعات سطح آب زیرزمینی	۱۲
۱-۲-۱۵- سطح ایستابی	۱۲
۱-۲-۱۶- سطح پیزومتریک	۱۲
۱-۲-۱۷- تراز آب زیرزمینی	۱۲
۱-۲-۱۸- منابع اندازه‌گیری آب زیرزمینی	۱۳
۱-۲-۱۹- چاه مشاهده‌ای	۱۳
۱-۲-۲۰- پیزومتر	۱۳
۱-۲-۲۱- منابع انتخابی معرف بهره‌برداری آب زیرزمینی	۱۳
۱-۲-۲۲- ذخیره آب زیرزمینی	۱۴

omoorepeyman.ir

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۱-۲-۲۳- ذخیره تجدیدشونده و ذخیره ایستا در آبخوان	۱۴
۱-۲-۲۴- آبنمود	۱۴
۱-۲-۲۵- نوسان سطح آب زیرزمینی	۱۴
۱-۲-۲۶- جریان آب زیرزمینی	۱۴
۱-۲-۲۷- دشت آبرفتی	۱۴
۱-۲-۲۸- محدوده مطالعاتی	۱۵
فصل دوم- مدیریت چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومترها	**۱۷**
۲-۱- کلیات	۱۹
۲-۲- نظارت بر طراحی و اجرای شبکه	۱۹
۲-۳- بهره‌برداری از شبکه	۱۹
۲-۴- نگهداری شبکه	۱۹
۲-۵- تهیه شناسنامه فنی، ارزیابی دوره‌ای و عملکرد چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومترها	۲۰
۲-۵-۱- شناسنامه فنی یا برگ شناسایی چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومترها	۲۰
۲-۵-۲- برگ ارزیابی دوره‌ای (چک لیست) چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومترها	۲۱
۲-۵-۳- برگ ارزیابی عملکرد گذشته چاه مشاهده‌ای، پیزومتر و وضع آینده آن	۲۱
فصل سوم - ضوابط طراحی شبکه اندازه‌گیری سطح آب زیرزمینی	**۲۵**
۳-۱- کلیات	۲۷
۳-۲- ضوابط طراحی شبکه اندازه‌گیری سطح آب زیرزمینی در آبخوان‌های آبرفتی	۲۸
۳-۲-۱- بررسی گستره آبخوان	۲۸
۳-۲-۲- بررسی تعداد و انواع آبخوان‌ها	۲۸
۳-۲-۳- تراکم شبکه اندازه‌گیری سطح آب زیرزمینی	۲۸
۳-۲-۴- طراحی شبکه اندازه‌گیری سطح آب روی نقشه	۳۰
۳-۲-۵- تدقیق طراحی انجام شده روی زمین	۳۰
۳-۳- ضوابط طراحی شبکه اندازه‌گیری سطح آب زیرزمینی در سازندهای سخت	۳۱
۳-۴- بهینه‌سازی تراکم شبکه اندازه‌گیری سطح آب زیرزمینی با استفاده از زمین آمار	۳۲
۳-۴-۱- تعریف اجزای واریوگرام	۳۴

omoorepeyman.ir

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۳-۴-۲- قابلیت‌های روش‌های زمین آماری در مقایسه با روش‌های دیگر	۳۴
۳-۴-۳- مراحل انجام کار	۳۴
فصل چهارم- ضوابط حفاری چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومترها	**۳۵**
۴-۱- کلیات	۳۷
۴-۲- ضوابط حفاری چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومترها در آبخوان‌های آبرفتی	۳۷
۴-۲-۱- تعیین محل حفاری	۳۷
۴-۲-۲- اخذ مجوز حفر چاه مشاهده‌ای	۳۷
۴-۲-۳- انتخاب روش حفاری	۳۷
۴-۲-۴- قطر و عمق حفاری چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومترها	۳۸
۴-۲-۵- تجهیز، توسعه و نگهداری چاه‌های مشاهده‌ای	۳۸
۴-۳- ضوابط حفاری چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومترها در آبخوان‌های درز و شکاف‌دار و کارستی	۴۱
۴-۳-۱- تعیین محل	۴۱
۴-۳-۲- اخذ مجوز حفر چاه	۴۲
۴-۳-۳- انتخاب روش حفاری	۴۳
۴-۳-۴- قطر و عمق حفاری چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومترها	۴۳
۴-۳-۵- تجهیز، توسعه و نگهداری چاه‌های مشاهده‌ای	۴۵
فصل پنجم- ضوابط انتخاب چشمه، قنات و چاه معرف	**۴۷**
۵-۱- کلیات	۴۹
۵-۲- ضوابط تعیین منابع انتخابی معرف در آبخوان‌های آبرفتی	۴۹
۵-۲-۱- ضوابط انتخاب چاه‌های معرف بهره‌برداری و تراکم آن‌ها	۵۰
۵-۲-۲- قنات‌های انتخابی معرف	۵۲
۵-۲-۳- چشمه‌های انتخابی معرف	۵۲
۵-۳- ضوابط تعیین منابع انتخابی معرف در سازندهای کارستی و درز و شکاف‌دار	۵۳
۵-۳-۱- ضوابط انتخاب چشمه‌های کارستی معرف	۵۳
۵-۳-۲- چاه‌های انتخابی بهره‌برداری از سازندهای کارستی و درز و شکاف‌دار	۵۵
۵-۳-۳- چشمه - قنات‌های معرف	۵۵
فصل ششم- وسایل و روش‌های اندازه‌گیری و جمع‌آوری آمار	**۵۷**

omoorepeyman.ir

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۶-۱- کلیات	۵۹
۶-۲- وسایل اندازه‌گیری سطح آب زیرزمینی و ثبت نتایج	۵۹
۶-۲-۱- عمق یاب	۵۹
۶-۲-۲- دستگاه‌های ثبات سطح آب زیرزمینی (یا عمق‌یاب‌های خودکار)	۶۰
۶-۲-۳- فشارسنج	۶۰
۶-۲-۴- ثبت نتایج اندازه‌گیری‌های صحرایی	۶۱
۶-۳- وسایل اندازه‌گیری آبدهی منابع انتخابی و ثبت نتایج	۶۳
۶-۳-۱- کنتور حجمی	۶۴
۶-۳-۲- سقوط آزاد آب از لوله‌ها	۶۴
۶-۳-۳- پارشال فلوم	۶۴
۶-۳-۴- روزنه	۶۵
۶-۳-۵- سرریز	۶۵
۶-۳-۶- جریان‌سنج	۶۵
۶-۳-۷- سرعت‌سنجی (مولینه)	۶۷
۶-۳-۸- ثبت نتایج اندازه‌گیری صحرایی آبدهی	۶۸
فصل هفتم - برنامه‌ریزی اندازه‌گیری در ایستگاه‌ها	**۷۱**
۷-۱- مقدمه	۷۳
۷-۲- برنامه‌ریزی اندازه‌گیری در ایستگاه‌های سطح آب و فشار پیزومتری	۷۳
۷-۲-۱- برنامه‌ریزی اندازه‌گیری برای چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومترها در آبخوان‌های آبرفتی	۷۴
۷-۲-۲- برنامه‌ریزی اندازه‌گیری برای چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومترها در سازند سخت	۷۷
۷-۳- برنامه‌ریزی اندازه‌گیری آبدهی منابع انتخابی معرف	۷۷
۷-۳-۱- برنامه‌ریزی اندازه‌گیری آبدهی منابع انتخابی آبخوان‌های آبرفتی	۷۸
۷-۳-۲- برنامه‌ریزی اندازه‌گیری آبدهی منابع انتخابی در سازندهای سخت	۷۸
فصل هشتم - روش‌های نمایش مجموعه‌های آماری	**۸۱**
۸-۱- کلیات	۸۳
۸-۲- چگونگی نمایش و ارائه آمار سطح آب زیرزمینی	۸۳

omoorepeyman.ir

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۸-۲-۱- فرم مجموعه آمار سطح آب چاه‌های مشاهده‌ای	۸۳
۸-۲-۲- فرم مجموعه آمار فشار پیزومتری در پیزومترها	۸۴
۸-۲-۳- آبنمود سطح آب زیرزمینی چاه‌های مشاهده‌ای	۸۴
۸-۲-۴- آبنمود تغییرات فشار پیزومتری در پیزومترها	۸۸
۸-۲-۵- نمودار یا آبنمود سطح آب چاه‌های مشاهده‌ای در سازند سخت	۸۸
۸-۳- نمایش و ارائه آمار آبدهی منابع انتخابی و چگونگی استفاده از نتایج آن‌ها در محاسبه تخلیه آب زیرزمینی	۹۱
۸-۳-۱- نمودار یا آبنمود تغییرات آبدهی لحظه‌ای قنات، چشمه و چاه آرتزین انتخابی	۹۱
۸-۳-۲- جدول آماری تخلیه ماهانه و سالانه منابع انتخابی	۹۳
۸-۳-۳- چگونگی محاسبه و تکمیل فرم ضریب ماهانه تخلیه منابع انتخابی	۹۵
۸-۳-۴- چگونگی محاسبه تخلیه سالانه منابع بهره‌برداری کننده آب زیرزمینی	۹۸
فصل نهم - وضعیت ذخیره آب زیرزمینی و تغییرات آن	**۱۰۱**
۹-۱- کلیات	۱۰۳
۹-۲- وضعیت ذخیره آب زیرزمینی در آبخوان‌های آبرفتی	۱۰۳
۹-۲-۱- عوامل موثر در وضعیت ذخیره آبخوان آبرفتی	۱۰۳
۹-۲-۲- چگونگی محاسبه یا برآورد ذخیره آبخوان آبرفتی و تغییرات آن	۱۰۴
۹-۳- وضعیت ذخیره آب زیرزمینی و تغییرات آن در آبخوان‌های کارستی و درز و شکاف‌دار	۱۰۷
۹-۳-۱- محاسبه ذخیره دینامیک آبخوان‌های کارستی	۱۰۷
فصل دهم - تفاوت برخی مشخصات هیدرولیکی سامانه‌های آب زیرزمینی	**۱۱۳**
۱۰-۱- کلیات	۱۱۵
۱۰-۲- بررسی تفاوت مشخصات هیدرولیکی آبخوان‌های آبرفتی و مخازن سازند سخت	۱۱۵
۱۰-۲-۱- تخلخل موثر	۱۱۵
۱۰-۲-۲- همگنی و همسانی	۱۱۷
۱۰-۲-۳- جریان آب زیرزمینی و قوانین حاکم بر آن	۱۱۷
۱۰-۲-۴- ذخیره آب زیرزمینی	۱۱۸
۱۰-۲-۵- تغذیه و تغییرات بار هیدرولیکی	۱۱۸
۱۰-۳- بررسی تفاوت‌های مشخصات هیدرولیکی آبخوان‌های آزاد و تحت فشار	۱۱۹
فصل یازدهم - تعیین شکل هندسی و مرز آبخوان	**۱۲۱**

omoorepeyman.ir

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۱۱-۱- کلیات	۱۲۳
۱۱-۲- تعیین شکل هندسی و مرز آبخوان‌های آبرفتی	۱۲۳
۱۱-۲-۱- گسترش و حدود جانبی آبخوان	۱۲۳
۱۱-۲-۲- تعیین نوع و توپوگرافی سنگ کف و ضخامت آبخوان	۱۲۴
۱۱-۳- تعیین شکل هندسی و حدود آبخوان‌های کارستی و درز و شکاف‌دار	۱۲۴
۱۱-۳-۱- حفاری‌های اکتشافی	۱۲۵
۱۱-۳-۲- روش‌های ژئوفیزیکی و چاه‌پیمایی	۱۲۵
۱۱-۳-۳- تحلیل آبنمود چشمه‌ها و نتایج کاربرد ردیاب‌ها	۱۲۶
فصل دوازدهم - تهیه آبنمود معرف سری‌های زمانی	**۱۲۷**
۱۲-۱- کلیات	۱۲۹
۱۲-۲- بررسی و تکمیل آبنمود چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومترها	۱۲۹
۱۲-۲-۱- رفع ناهنجاری‌های اندازه‌گیری با استفاده از سابقه آماری	۱۲۹
۱۲-۲-۲- درون‌یابی اندازه‌گیری در دو مقطع زمانی برای تکمیل آبنمود	۱۳۰
۱۲-۲-۳- استفاده از روابط همبستگی در ترمیم کمبودهای آماری	۱۳۰
۱۲-۲-۴- استفاده از ضریب تغییرات ماهانه سطح آب برای تکمیل آمار	۱۳۰
۱۲-۲-۵- حذف ناهنجاری‌های غیرعادی	۱۳۰
۱۲-۳- تهیه نقشه شبکه تیسن چاه‌های مشاهده‌ای یا پیزومترها	۱۳۱
۱۲-۴- محاسبه و رسم آبنمود معرف	۱۳۲
فصل سیزدهم - نقش عوامل موثر بر آبخوان	**۱۳۹**
۱۳-۱- کلیات	۱۴۱
۱۳-۲- عوامل طبیعی موثر بر آبخوان	۱۴۱
۱۳-۲-۱- عوامل اقلیمی	۱۴۲
۱۳-۲-۲- جریان‌های سطحی	۱۴۳
۱۳-۲-۳- زمین شناسی	۱۴۳
۱۳-۲-۴- توپوگرافی	۱۴۴
۱۳-۲-۵- خاک و پوشش گیاهی	۱۴۴

omoorepeyman.ir

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۱۳-۲-۶- تبخیر و تعرق از آبخوان	۱۴۴
۱۳-۲-۷- زمین لرزه	۱۴۴
۱۳-۲-۸- جزر و مد	۱۴۴
۱۳-۳- عوامل مصنوعی موثر بر آبخوان	۱۴۵
۱۳-۳-۱- برداشت و تخلیه از آبخوان‌ها	۱۴۵
۱۳-۳-۲- چگونگی مصرف آب (تغذیه حاصل از آبیاری، فاضلاب شهری و پساب صنعتی)	۱۴۵
۱۳-۳-۳- احداث بندها و سدها	۱۴۵
۱۳-۳-۴- اجرای پروژه‌های تغذیه مصنوعی	۱۴۵
۱۳-۳-۵- دریاچه‌ها و مخازن مصنوعی	۱۴۵
۱۳-۳-۶- اجرای طرح‌های شبکه زهکشی مصنوعی آبخوان‌ها	۱۴۶
۱۳-۳-۷- بارهای خارجی	۱۴۶
۱۳-۴- عوامل اختصاصی موثر بر آبخوان‌های کارستی	۱۴۶
۱۳-۴-۱- دمای محیط	۱۴۶
۱۳-۴-۲- غلظت دی اکسید کربن (CO_2)	۱۴۷
۱۳-۴-۳- نوع و حالت جریان	۱۴۷
۱۳-۴-۴- درجه خلوص سنگ	۱۴۸
۱۳-۴-۵- زمین ساخت (تکتونیک)	۱۴۸
فصل چهاردهم - تفسیر نتایج و پیش‌بینی وضعیت آینده آبخوان	**۱۴۹**
۱۴-۱- کلیات	۱۵۱
۱۴-۲- تفسیر نتایج و پیش‌بینی وضعیت آینده آبخوان آبرفتی	۱۵۱
۱۴-۲-۱- بررسی تغییرات آبنمود معرف سطح آب	۱۵۱
۱۴-۲-۲- بررسی روند تغییرات آبدهی منابع انتخابی معرف بهره‌برداری	۱۵۲
۱۴-۲-۳- بیلان و مدل آب زیرزمینی	۱۵۲
۱۴-۳- تفسیر نتایج و پیش‌بینی وضعیت آینده آبخوان‌های کارستی و درز و شکاف‌دار	۱۵۳
۱۴-۳-۱- بررسی روند تغییرات آبنمود چاه‌های مشاهده‌ای و آبنمود معرف	۱۵۳
۱۴-۳-۲- بررسی روند تغییرات آبنمود چشمه‌ها	۱۵۳

omoorepeyman.ir

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۱۴-۳-۳- محاسبه بیلان	۱۵۴
۱۴-۳-۴- آزمایش‌های ردیابی	۱۵۴
۱۴-۳-۵- مدل‌های ریاضی	۱۵۴
منابع و مراجع	**۱۵۷**

فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱- رفتارسنجی آب‌های زیرزمینی	۷
شکل ۱-۲- نمایی از یک آبخوان آزاد	۸
شکل ۱-۳- نمایی از آبخوان تحت فشار	۹
شکل ۱-۴- نمایی از یک آبخوان نشتی	۱۰
شکل ۱-۵- نمایی از آبخوان معلق	۱۰
شکل ۱-۶- محیط درز و شکافدار به عنوان آبخوان	۱۱
شکل ۱-۷- نمایی از یک دشت آبرفتی	۱۵
شکل ۴-۱- تصویر برخی مشخصات فنی چاه‌های مشاهده‌ای	۴۰
شکل ۶-۱- تصویر برخی از ابزارهای اندازه‌گیری آبدهی	۶۶
شکل ۹-۱- آبنمود معرف تغییرات سطح آب آبخوان آبرفتی دارای افت سطح آب	۱۰۶
شکل ۹-۲- منحنی فروکش یک چشمه با رژیم‌های مختلف تخلیه	۱۰۸
شکل ۹-۳- قسمتی از آبنمود جریان با منحنی فروکش در مقیاس نیمه لگاریتمی	۱۰۹
شکل ۱۲-۱- نقشه تیسن بخشی از آبخوان سدیج	۱۳۴

omoorepeyman.ir

فهرست جدول‌ها

عنوان	صفحه
جدول ۲-۱- برگ ارزیابی دوره‌ای چاه مشاهده‌ای یا پیزومتر	۲۲
جدول ۲-۲- برگ ارزیابی عملکرد گذشته چاه مشاهده‌ای، پیزومتر و وضع آینده آن	۲۳
جدول ۴-۱- روش‌های حفاری در آبخوان‌های آبرفتی و کارستی	۳۷
جدول ۶-۱- برگ صحرایی اندازه‌گیری عمق سطح آب چاه مشاهده‌ای	۶۲
جدول ۶-۲- برگ صحرایی اندازه‌گیری ارتفاع سطح پیزومتری در پیزومتر	۶۳
جدول ۶-۳- برگ صحرایی اندازه‌گیری آبدهی چشمه، قنات و چاه آرتزین انتخابی	۶۹
جدول ۶-۴- برگ صحرایی اندازه‌گیری آبدهی و ساعت کارکرد چاه انتخابی معرف بهره‌برداری	۷۰
جدول ۷-۱- تناوب زمانی اندازه‌گیری‌های سطح آب زیرزمینی برحسب موضوع بررسی‌ها و عوامل تاثیرگذار	۷۶
جدول ۸-۱- آمار سطح آب چاه‌های مشاهده‌ای	۸۶
جدول ۸-۲- آمار سطح پیزومتری چاه‌های پیزومتر	۸۷
جدول ۸-۳- آبنمود سطح آب زیرزمینی در چاه مشاهده‌ای	۸۹
جدول ۸-۴- آبنمود تغییرات روزانه سطح آب چاه مشاهده‌ای، پیزومتر، گمانه مشاهده‌ای	۹۰
جدول ۸-۵- نمودار تغییرات آبدهی قنات یا چشمه یا چاه آرتزین (انتخابی)	۹۲
جدول ۸-۶- آمار تخلیه ماهانه و سالانه چشمه‌ها، قنوات و چاه‌های آرتزین انتخابی	۹۴
جدول ۸-۷- آمار تخلیه ماهانه و سالانه چاه‌های انتخابی بهره‌برداری	۹۵
جدول ۸-۸- ضریب تخلیه ماهانه چشمه‌ها، قنوات و چاه‌های آرتزین انتخابی	۹۶
جدول ۸-۹- ضریب تخلیه ماهانه چاه‌های انتخابی بهره‌برداری	۹۷
جدول ۸-۱۰- تخله ماهانه و سالانه بر حسب هزار مترمکعب	۹۸
جدول ۸-۱۱- کارکرد، تخلیه ماهانه و ضریب تخلیه چاه انتخابی (B) در سال ۱۳۷۹	۹۹
جدول ۱۰-۱- مقایسه ویژگی‌های آبخوان‌های آبرفتی با آبخوان‌های درز و شکاف‌دار و کارستی	۱۱۶
جدول ۱۲-۱- مشخصات چاه‌های مشاهده‌ای و مساحت پلی‌گون‌های آبخوان سدیج	۱۳۵
جدول ۱۲-۲- اندازه‌گیری سطح آب زیرزمینی چاه‌های مشاهده‌ای دشت سدیج در سال آبی ۷۸-۱۳۷۷	۱۳۵
جدول ۱۲-۳- ارتفاع آب زیرزمینی چاه‌های مشاهده‌ای دشت سدیج از سطح دریا	۱۳۶
جدول ۱۲-۴- حاصل‌ضرب ارتفاع آب زیرزمینی در مساحت پلی‌گون‌ها و محاسبه ارقام هیدروگراف معرف آبخوان سدیج	۱۳۷
جدول ۱۳-۱- بررسی تاثیر عوامل بارز طبیعی بر آبخوان‌ها	۱۴۲

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

مقدمه

این دستورالعمل، به منظور ارائه شیوه مناسب بررسی و کنترل تغییرات کمی آب زیرزمینی تهیه شده است. از آن‌جایی که تاثیر عوامل مختلف طبیعی و مصنوعی (دخالت انسان) بر رفتار کمی آبخوان‌ها و منابع آب زیرزمینی به صورت تغییرات در سطح آب زیرزمینی و تغییر در آبدهی منابع در حال بهره‌برداری نمایان می‌شود لذا، عمده مطالب مورد بررسی دستورالعمل در ارتباط با این دو عامل متغیر آب زیرزمینی می‌باشد. در این دستورالعمل، ابتدا اهداف، دامنه کاربرد و اصطلاحات اساسی تعریف شده و سپس مسایل اصلی از جمله ضوابط ایجاد شبکه رفتارسنجی آب زیرزمینی شامل چاه‌های مشاهده‌ای، پیزومتر و منابع انتخابی معرف بهره‌برداری، مدیریت آن‌ها، برنامه‌ریزی و روش‌های برداشت، ثبت، ذخیره‌سازی و ارائه اطلاعات کمیاب زیرزمینی، همچنین مشخصات هیدرولیکی سیستم‌های آب زیرزمینی، نقش عوامل تاثیرگذار بر آبخوان‌ها و بالاخره نتیجه‌گیری نهایی برای پیش‌بینی آینده آبخوان، بررسی و به تفصیل شرح داده شده است.

توجه: علامت * در متن این نشریه، نمایانگر مواردی است که انجام آن‌ها غیرالزامی (اختیاری) می‌باشد.

- هدف

هدف اصلی رفتارسنجی کمی آب‌های زیرزمینی، بررسی و تعیین میزان اثرات عوامل مختلف موثر در رفتار آبخوان‌ها است که به صورت تغییرات سطح آب زیرزمینی از نظر زمانی و مکانی ظاهر می‌شود. این تغییرات یا ناشی از عوامل طبیعی و اقلیمی است و یا متاثر از تنش‌های مصنوعی وارد بر آبخوان‌ها. اهداف رفتارسنجی، معمولا متاثر از اهداف مطالعه و تحقیق بوده و نتایج آن می‌تواند در سطح محلی، منطقه‌ای و ملی مطرح شود. مسلما برای نیل به اهداف رفتارسنجی کمی آب‌های زیرزمینی، باید از کلیه عوامل و ابزارهای ذیربط بهره گرفت و داده‌ها جمع‌آوری، کنترل، ذخیره و پردازش شود.

تحلیل نتایج به‌دست آمده از مجموع بررسی‌ها، واکنش آبخوان را در مقابل تنش‌های مختلف طبیعی و مصنوعی مشخص کرده و براساس این نتایج، نقش هر کدام از عوامل تاثیرگذار تعیین می‌شود که در نهایت در پیش‌بینی رفتار آتی آبخوان و مدیریت آن مورد استفاده قرار می‌گیرد.

- دامنه کاربرد

این دستورالعمل در بررسی‌های کمی منابع آب زیرزمینی، از جمله اندازه‌گیری‌های آبدهی و نوسانات سطح آب زیرزمینی به منظور تعیین میزان تخلیه آبخوان‌ها و تغییرات حجم ذخیره آن‌ها در طول زمان کاربرد دارد.

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

فصل ۱

کلیات

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۱-۱- کلیات

برای استمرار یا توسعه بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی، برای انواع مصارف و اهداف مختلف و همچنین ایجاد هرگونه سازه آبی، لازم است از مجموعه ویژگی‌های کمی و کیفی آبخوان‌های ذیربط اطلاعات کافی جمع‌آوری، ذخیره، تحلیل و نتیجه‌گیری شود. رسیدن به هدف مذکور، تنها با انجام عملیات رفتارسنجی (کمی وکیفی) آب‌های زیرزمینی امکان‌پذیر می‌شود. به‌طور کلی، رفتارسنجی[1]، که به معنای دیگر «نظاره کردن و پایش رفتار» است، در تمامی علوم می‌تواند کاربرد داشته باشد. در دانش آب‌شناسی، این کلمه به پایش یا سنجش رفتار کمی و کیفی منابع آب، تحت تاثیر عوامل طبیعی یا مصنوعی اتلاق می‌شود. به عبارت دیگر، شناخت واکنش این منابع در برابر عوامل بالا در طول زمان را رفتارسنجی یا پایش منابع آب می‌گویند. پایش دقیق رفتار این منابع حیاتی، به فن‌آوری‌های نو و همچنین شناخت ویژگی‌های محیط حاکم بر آن‌ها نیاز دارد. پایش کمی به همان اندازه پایش کیفی اهمیت دارد. در پایش کمی منابع آب، خصوصیات هیدرولیکی آبخوان و چگونگی تاثیر عوامل طبیعی و مصنوعی حاکم بر آن مد نظر است. با استفاده از پایش آب زیرزمینی، می‌توان به اطلاعاتی از قبیل خصوصیات زمین‌شناسی و هیدروژئولوژیک آبخوان، توزیع بار هیدرولیکی در زمان و مکان، میزان جریان آب زیرزمینی، کیفیت آب و جهت جریان و میزان ماده آلوده‌کننده و خصوصیات منبع آلوده‌کننده، دست یافت.

موضوعات اساسی رفتارسنجی کمی آب‌های زیرزمینی، اندازه‌گیری عواملی مانند سطح آب زیرزمینی، آبدهی منابع بهره‌برداری انتخابی و تخلیه منابع آب زیرزمینی است که با تحلیل تغییرات این عوامل نسبت به زمان و تلفیق نتایج به‌دست آمده، می‌توان به اهداف مورد نظر دست یافت.

پایش آب زیرزمینی در سازندهای کارستی و دیگر سازندهای سخت، به‌علت شرایط خاص هیدروژئولوژیک و هیدرودینامیک حاکم بر این‌گونه محیط‌ها، با پایش این منابع در آبخوان‌های آبرفتی تا حدودی متفاوت می‌باشد. وجود ناهمگنی و ناهمسانی (آنیزوتروپی) شدید، شدت تغییرات بار هیدرولیکی و کیفیت شیمیایی در دوره‌های کوتاه مدت، چگونگی تغذیه از شکلی کاملا گسترده تا نقطه‌ای، وجود جریان سریع[2] و آشفته[3]، چگونگی ذخیره منابع آب زیرزمینی در منطقه اشباع و در ناحیه اپی‌کارست[4]، وجود انواع تخلخل و نهایتا محدودیت کاربرد قوانین حاکم بر آبخوان‌های آبرفتی، موجب می‌شود تا پایش آبخوان‌های کارستی و تا حدودی آبخوان‌های شکل گرفته در سنگ‌های درز و شکاف‌دار[5] با آبخوان‌های آبرفتی، متمایز باشد.

در کتاب‌ها و مراجع مختلف، برای رفتارسنجی (پایش) آب زیرزمینی، راهکارهای مختلفی ارائه شده که عمدتا دارای وجوه مشترک بوده و یک نمونه از آن به شرح شکل (۱-۱) ارائه می‌شود. این شکل، کل رفتارسنجی آب‌های زیرزمینی،

1- Monitoring
2- Fast Flow
3- Turbulent
4- Epi Karst
5- Fractured Rocks

omoorepeyman.ir

شامل کمی و کیفی را نشان می‌دهد که در این دستورالعمل، فقط رفتارسنجی کمی آب‌های زیرزمینی مورد بررسی قرار گرفته و رفتارسنجی کیفی در نشریه شماره ۱۸۷ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور قبلا ارائه شده است.

شروع و سابقه پرداختن به مطالعات آب‌های زیرزمینی کشور، تقریبا مربوط به سال‌های اولیه دهه ۱۳۴۰ می‌باشد که ابتدا در تعداد محدودی از آبخوان‌ها شروع و به تدریج به سایر نواحی گسترش یافت.

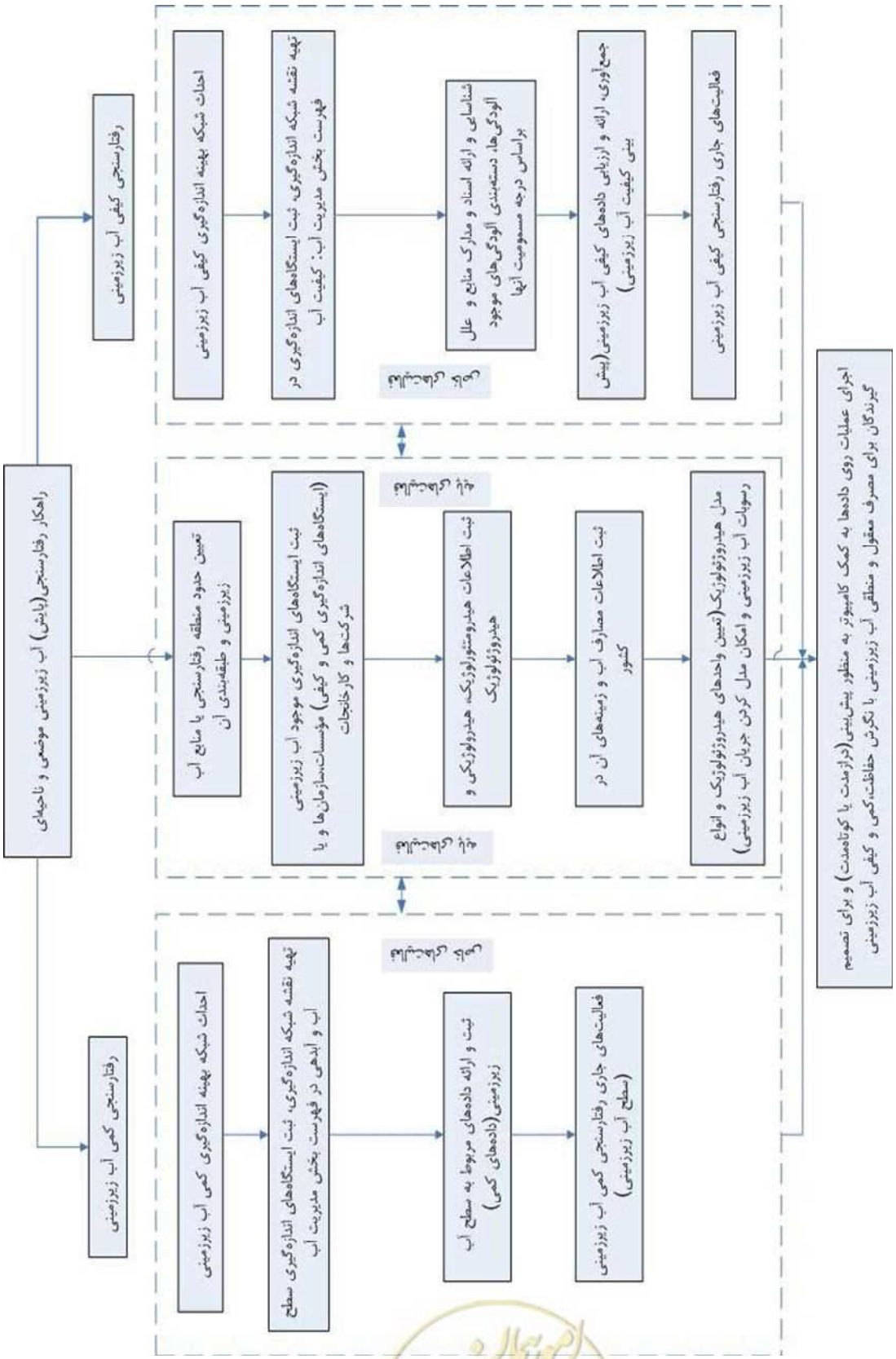
با توجه به تقریبا نیم قرن تجربه در ایجاد شبکه رفتارسنجی کمی آبخوان‌ها و به‌ویژه آبخوان‌های آبرفتی، ابتدا جمع‌آوری دستورالعمل‌ها، مراجع و مدارک داخلی و خارجی صورت گرفت. از مجموعه مراجع و مدارک گردآوری شده، دستورالعمل‌های مربوط به رفتارسنجی کمی آب‌های زیرزمینی که در طول چهل سال اخیر توسط متولیان این‌گونه مطالعات تهیه شده، بیش‌تر مورد توجه قرار گرفته است.

در این دستورالعمل، تا حد امکان سعی شده که گذشته از یادآوری موارد مشترک در پایش آبخوان‌های آبرفتی و کارستی، به موارد تمایز آن‌ها نیز اشاره شود.

۱-۲- تعریف اصطلاحات

در این بخش، اصطلاحات اصلی و کلیدی دستورالعمل رفتارسنجی کمی آب‌های زیرزمینی تعریف شده است. در تعریف این اصطلاحات سعی شده از فرهنگ‌های هیدرولوژی و هیدروژئولوژی (انتشارات طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور) استفاده شود. برای اصطلاحاتی که در این فرهنگ‌ها موجود نبوده، از مراجع دیگر که در انتهای این دستورالعمل از آن‌ها نام برده شده، استفاده شده است. همچنین برای برخی اصطلاحات نوشته شده نیز در صورت نیاز، شرح تکمیلی در بخش مربوط ارائه شده است.

omoorepeyman.ir



شکل ۱-۱- رفتارسنجی آب‌های زیرزمینی [۱۶ تا ۱۹]

omoorepeyman.ir

۱-۲-۱- آب زیرزمینی[1]

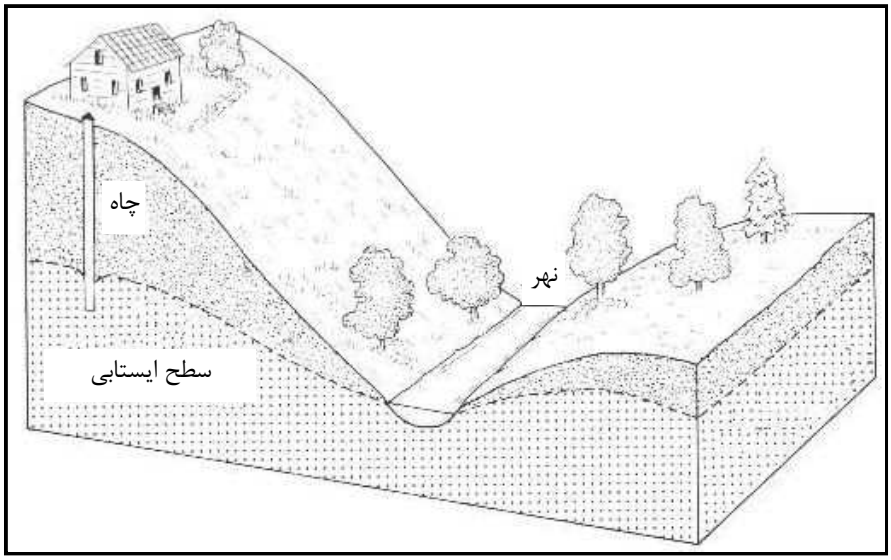
آب زیرزمینی به آن بخش از آب‌های زیرسطحی گفته می‌شود که منطقه اشباع خاک را اشغال می‌کند.

۱-۲-۲- آبخوان[2]

سازند زمین‌شناسی زیرسطحی که آب زیرزمینی را ذخیره کرده و از خود عبور می‌دهد، آبخوان نامیده می‌شود [۱].

۱-۲-۳- آبخوان آزاد[3]

آبخوان آزاد به آبخوانی گفته می‌شود که حد پایینی آن، افق سنگ ناتراوا یا لایه محصورکننده تحتانی و حد بالایی آن سطح آب زیرزمینی آزاد (سطح ایستابی) باشد [۱ و ۲]. در نتیجه، فشار سطح فوقانی منطقه اشباع آب زیرزمینی (سطح ایستابی) معادل فشار اتمسفر می‌باشد (شکل ۱-۲).



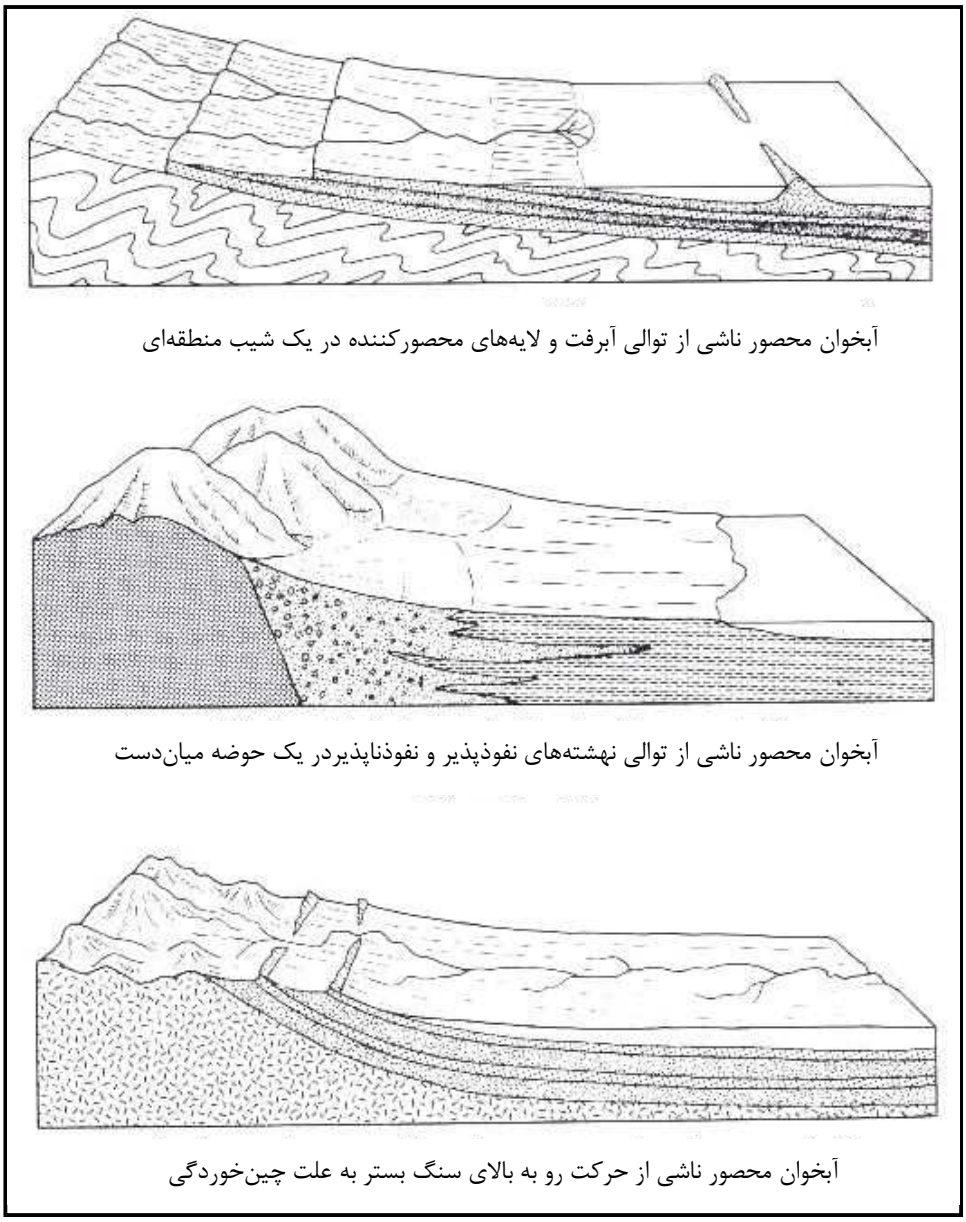
شکل ۱-۲- نمایی از یک آبخوان آزاد

۱-۲-۴- آبخوان تحت فشار[4]

آبخوانی است که علاوه بر قسمت زیرین، سطح فوقانی آن نیز توسط یک لایه ناتراوا بسته شده و تحت فشار می‌باشد. این نوع آبخوان، بدون سطح ایستابی بوده و دارای سطح پیزومتریک (پتانسیومتری) است و چنانچه چاهی در داخل آن حفر شود، سطح آب بالاتر از لایه اشباع قرار می‌گیرد (شکل ۱-۳).

1- Groundwater
2- Aquifer
3- Phreatic, Water table, Unconfined, Aquifer
4- Confined Aquifer

omoorepeyman.ir



آبخوان محصور ناشی از توالی آبرفت و لایه‌های محصورکننده در یک شیب منطقه‌ای

آبخوان محصور ناشی از توالی نهشته‌های نفوذپذیر و نفوذناپذیردر یک حوضه میان‌دست

آبخوان محصور ناشی از حرکت رو به بالای سنگ بستر به علت چین‌خوردگی

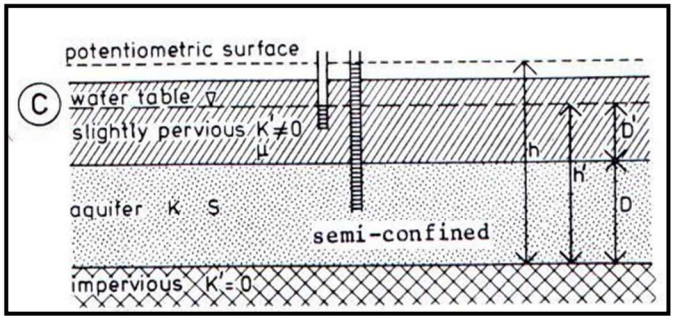
شکل ۱-۳- نمایی از آبخوان تحت فشار

۱-۲-۵- آبخوان نشتی[1]

آبخوان نشتی، آبخوانی است که توسط یک لایه نیمه‌تراوا یا کم‌تراوا پوشیده شده باشد. این آبخوان، ارتباط هیدرولیکی ضعیفی با آبخوان یا آبخوان‌های مجاور خود (بالا و پایین) دارد، تبادل آبی آبخوان نشتی با آبخوان‌های مجاور در اثر پمپاژ و افت سطح آب تشدید می‌شود (شکل ۱-۴).

1- Leaky Aquifer

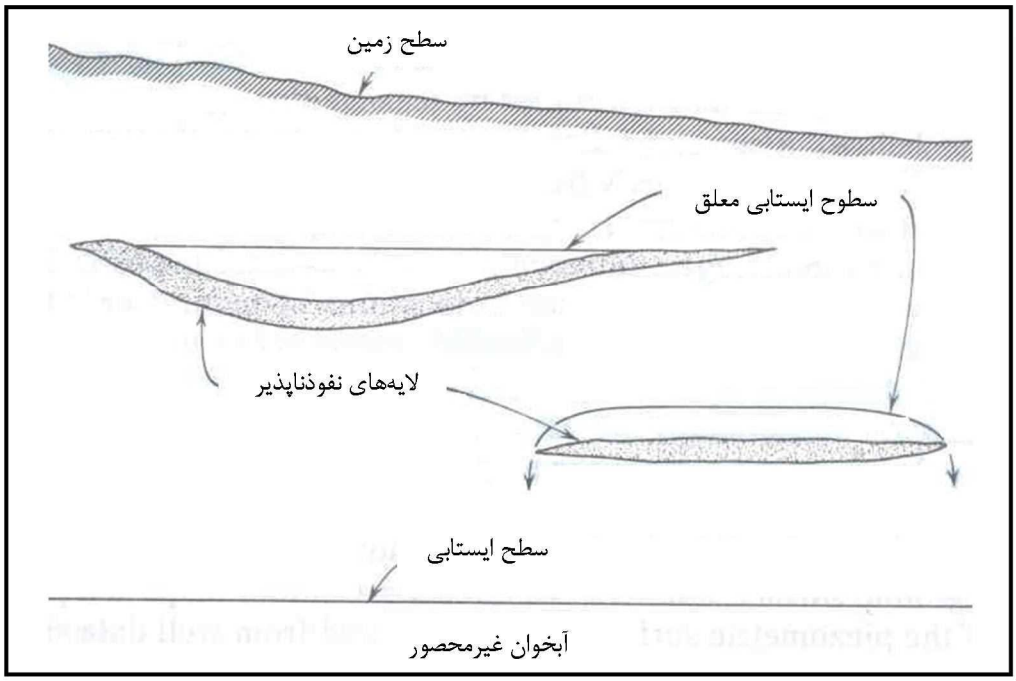
omoorepeyman.ir



شکل ۱-۴- نمایی از یک آبخوان نشتی

۱-۲-۶- آب زیرزمینی معلق یا آویزان

آب مجزای مداومی است که بالای سطح ایستابی اصلی به صورت معلق مانده باشد [۱]. این آب به صورت معلق و عدسی‌شکل، معمولا با ابعاد کوچک روی لایه‌ای ناتراوا یا کم‌تراوا بین سطح زمین و سطح ایستابی آبخوان اصلی قرار گرفته است (شکل ۱-۵).

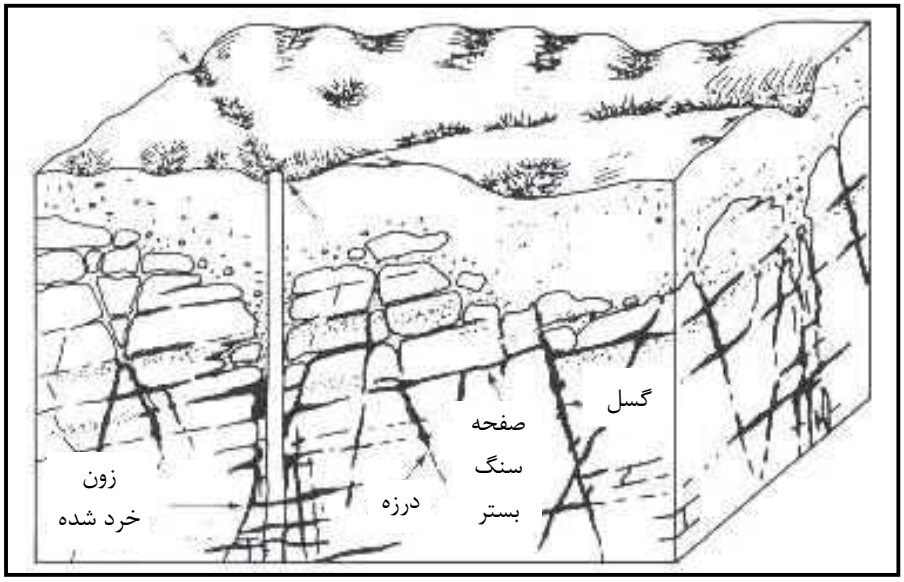


شکل ۱-۵- نمایی از آبخوان معلق

۱-۲-۷- آبخوان سنگ‌های درزو شکاف‌دار

آبخوان درز و شکاف‌دار، مخزن آبی است که در سنگ‌های درز و شکاف‌دار با قابلیت انحلال‌پذیری کم و یا بدون قابلیت انحلال تشکیل می‌شود و حرکات تکتونیکی (زمین‌ساختی) عامل اصلی ایجاد درز و شکاف در این‌گونه آبخوان‌ها می‌باشد. اگر میزان درز و شکاف در جهت‌های مختلف توده سنگ تشکیل‌دهنده آبخوان نسبتا یکنواخت باشد، رفتاری شبیه به آبخوان آبرفتی خواهد داشت (شکل ۱-۶).

omoorepeyman.ir



شکل ۱-۶- محیط درز و شکافدار به عنوان آبخوان

۱-۲-۸- آبخوان کارستی[1]

آبخوان کارستی، آبخوانی است که در سنگ‌هایی با قابلیت انحلال‌پذیری تشکیل می‌شود. از ویژگی‌های بارز این‌گونه آبخوان‌ها، وجود سیماهای گوناگون کارستی مانند کارن[2]، دولین[3]، پولژه[4]، غار[5]، پانور[6]، دره کور[7] و ... می‌باشد. از نظر ناهمگنی و و ناهمسانی ویژگی‌های هیدرولیکی و حالت جریان، قوانین حاکم بر آبخوان‌های آبرفتی در این آبخوان‌ها کاربرد ندارد.

۱-۲-۹- رفتارسنجی آب زیرزمینی[8]

مجموعه اعمالی که با هدف ثبت اطلاعات مختلف، کنترل نوسانات سطح آب و پیش‌بینی رفتار سامانه (سیستم) آب زیرزمینی انجام می‌گیرد، رفتارسنجی آبخوان را تشکیل می‌دهد. به عبارت دیگر رفتارسنجی آبخوان‌ها، دریافت مجموعه اطلاعات آب‌های زیرزمینی شامل عمق، گستردگی، کمیت، کیفیت، حرکت، چگونگی استفاده و تغییرات نسبت به زمان را در بر می‌گیرد.

1- Karst Aquifer
2- Karren
3- Doline
4- Polje
5- Cave
6- Ponor
7- Blind Valley
8- Groundwater Monitoring

omoorepeyman.ir

۱-۲-۱۰- رفتارسنجی کمی آب زیرزمینی

بررسی مجموعه عوامل موثر در رفتار کمی سامانه آب زیرزمینی، رفتارسنجی یا پایش کمی آب زیرزمینی نامیده می‌شود.

۱-۲-۱۱- شبکه

شبکه، به مجموعه نقاط طراحی شده با هدف ارائه نمونه مرتب شده‌ای از مشاهدات در رفتارسنجی گفته می‌شود.

۱-۲-۱۲- شبکه اطلاعات آب

شبکه‌ای است که اطلاعات را برای برنامه‌ریزی، توسعه و مدیریت بر منابع آب و فعالیت‌های مربوط به آن مهیا می‌سازد.

۱-۲-۱۳- شبکه اطلاعات آب زیرزمینی

بخشی از شبکه اطلاعات آب است که به جمع‌آوری اطلاعات آب زیرزمینی اختصاص دارد.

۱-۲-۱۴- شبکه اطلاعات سطح آب زیرزمینی

به مجموعه اطلاعات مربوط به اندازه‌گیری‌های مستمر سطح آب زیرزمینی در یک دوره زمانی گفته می‌شود.

۱-۲-۱۵- سطح ایستابی[1]

سطح جداکننده ناحیه اشباع از حاشیه موییینگی در آبخوان آزاد را سطح ایستابی می‌نامند.

۱-۲-۱۶- سطح پیزومتریک[2]

سطح پیزومتریک، سطحی است که ارتفاع آن در هر نقطه، برابر ارتفاع آبی است که در چاه‌های آرتزین یا چاه‌های‌حفر شده در آبخوان‌های تحت فشار بالا می‌آید. این سطح به وسیله فشار آب، موقعیت تغذیه و ارتفاع آبخوان معین می‌شود.

۱-۲-۱۷- تراز آب زیرزمینی

ارتفاع سطح آب آزاد از سطح مرجعی که اختیاری انتخاب شده، تراز آب یا ارتفاع آب نام دارد (در ایران، سطح متوسط آب خلیج‌فارس در بندر شهید رجایی به عنوان سطح مبنا یا مرجع انتخاب می‌شود).

1- Water Table
2- Potentiometric Surface

omoorepeyman.ir

۱-۲-۱۸- منابع اندازه‌گیری آب زیرزمینی

منابعی شامل چاه، قنات و چشمه که با هدف جمع‌آوری اطلاعات عوامل موثر در رفتار آبخوان‌ها، به‌طور منظم و مستمر مشاهده می‌شوند، منابع اندازه‌گیری آب زیرزمینی را تشکیل می‌دهند.

۱-۲-۱۹- چاه مشاهده‌ای [1]

به چاهی که به منظور انجام مشاهداتی مثل ثبت و اندازه‌گیری سطح آب یا فشار پیزومتری حفر شده، چاه مشاهده‌ای می‌گویند[۱]. در ایران، معمولا این اصطلاح به چاهی که برای اندازه‌گیری سطح ایستابی در آبخوان آزاد و سطح آب در آبخوان نشتی حفر شده، گفته می‌شود. به‌عبارت دیگر چاه‌های مشاهده‌ای، شبکه منظم اندازه‌گیری سطح ایستابی آبخوان‌های آزاد و یا سطح آب در آبخوان‌های نشتی را تشکیل می‌دهند.

۱-۲-۲۰- پیزومتر [2]

پیزومتر، چاهی با قطر کم و دارای ابزار برای اندازه‌گیری فشار می‌باشد [۱]. در مطالعات آب‌های زیرزمینی ایران، به‌چاه‌های مشاهده‌ای همراه با لوله غیرمشبک که تا یک لایه تحت فشار حفر شده و از آن به منظور اندازه‌گیری فشار پیزومتری آبخوان تحت فشار استفاده شود، پیزومتر گفته می‌شود. بنابراین می‌توان گفت پیزومترها، شبکه منظم اندازه‌گیری فشار پیزومتری آبخوان‌های تحت فشار می‌باشند، هر چند از نظر علمی به سطح آب در آبخوان‌های آزاد و نشتی نیز سطح پیزومتری گفته می‌شود.

۱-۲-۲۱- منابع انتخابی معرف بهره‌برداری آب زیرزمینی

منابع انتخابی معرف بهره‌برداری آب زیرزمینی، چاه‌ها، قنات‌ها و چشمه‌هایی می‌باشند که به عنوان معرف از بین مجموعه‌های دارای خصوصیات مشابه، از جمله تغییرات آبدهی، نوع مصرف و در مورد چاه ساعت‌های کارکرد یکسان انتخاب شده، آبدهی آن‌ها به صورت مستمر اندازه‌گیری و از نتایج حاصل، به منظور برآورد میزان دقیق‌تری از تخلیه آب زیرزمینی این مجموعه‌های مشابه استفاده می‌شود. به عبارت دیگر، چاه‌ها، قنات‌ها و چشمه‌های معرف یا انتخابی، شبکه اطلاعات مستمر آبدهی آب زیرزمینی را تشکیل می‌دهند.

1- Observation Well
2- Piezometer

omoorepeyman.ir

۱-۲-۲۲- ذخیره آب زیرزمینی[1]

ذخیره آب زیرزمینی مقدار آبی است که در دوره‌های هیدرولوژی یا مرحله‌ای از آن به‌صورت آب زیرزمینی در آبخوان انباشته شده و با روش‌های معمولی قابل برداشت می‌باشد. توضیح این‌که در مورد آبخوان‌های کارستی، بخشی از ذخیره می‌تواند در ناحیه غیراشباع یا ناحیه تهویه نیز ذخیره شود که این قسمت را اصطلاحا اپی کارست می‌نامند.

۱-۲-۲۳- ذخیره تجدیدشونده و ذخیره ایستا در آبخوان

بخشی از ذخیره آب زیرزمینی که در یک سیکل هیدرولوژی شامل سال‌های خشک و مرطوب، به‌صورت متوسط سالانه تجدید می‌شود، ذخیره تجدیدشونده یا پویا[2] و بخش دیگر ذخیره آبخوان را که تجدید نمی‌شود، ذخیره ایستا[3] می‌نامند. در آبخوان‌هایی که دارای افت سطح آب تدریجی هستند، برداشت اضافی سالانه موجب کاهش ذخیره ایستا در آن‌ها می‌شود.

۱-۲-۲۴- آبنمود[4]

نمودار تغییرات تراز یا سطح آب بر حسب زمان را آبنمود (هیدروگراف) می‌نامند.

۱-۲-۲۵- نوسان سطح آب زیرزمینی

اختلاف بار هیدرولیکی بالاترین و پایین‌ترین نقاط متوالی آبنمود سطح ایستابی (در آبخوان آزاد) و سطح پیزومتریک (در آبخوان تحت فشار) را نوسان سطح آب زیرزمینی گویند. برآیند عمومی نوسانات سطح آب زیرزمینی یک آبخوان در دوره‌های متوالی و طولانی مدت می‌تواند بالارونده، کاهشی یا متعادل باشد. این حالت‌ها حاصل تفاوت بین تغذیه آبخوان با تخلیه و برداشت از آن است.

۱-۲-۲۶- جریان آب زیرزمینی[5]

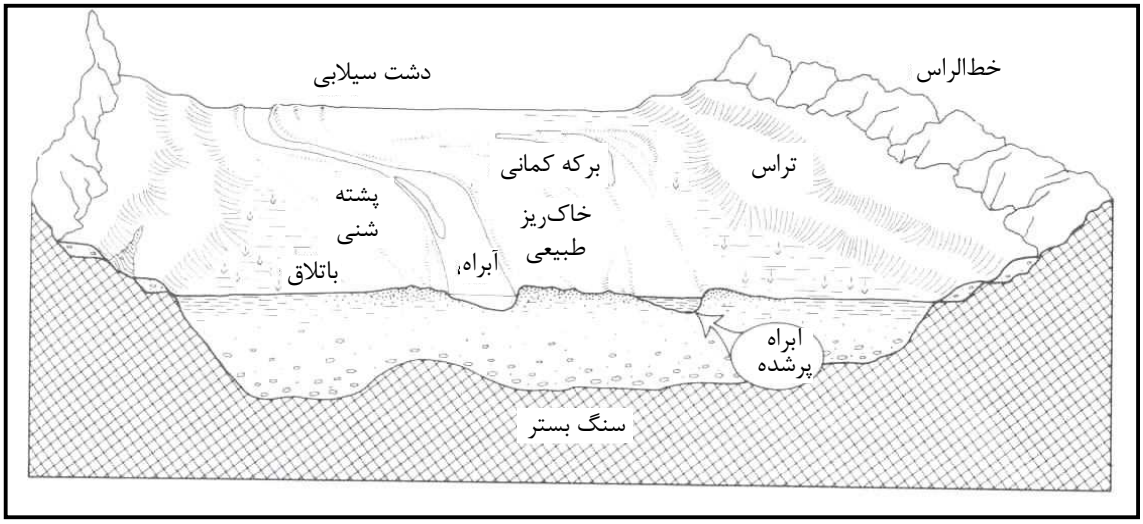
حرکت آب در یک آبخوان را که با کاهش انرژی یا پتانسیل همراه است، جریان آب زیرزمینی می‌نامند.

۱-۲-۲۷- دشت آبرفتی

دشت آبرفتی، زمین پهناور و نسبتا همواری است که از ته‌نشین شدن مواد آبرفتی ناشی از فرسایش مناطق بالادست تشکیل شده است (شکل ۱-۷).

1- Groundwater Storage
2- Dynamic Storage
3- Static Storage
4- Stage Hydrograph
5- Groundwater Flow

omoorepeyman.ir



شکل ۱-۷- نمایی از یک دشت آبرفتی

۱-۲-۲۸- محدوده مطالعاتی[۱]

محدوده مطالعاتی آب زیرزمینی، به تمام یا قسمتی از یک حوضه (آبریز) یا چند حوضه فرعی گفته می‌شود که دارای خصوصیات هیدروژئولوژیکی مشترکی هستند. محدوده مطالعاتی، معمولا شامل یک دشت با آبخوان آبرفتی و حوضه مشرف بر آن بوده که می‌تواند یک آبخوان اصلی بزرگ و چند آبخوان کوچک را شامل شود و در موارد استثنایی ممکن است، بدون آبخوان آبرفتی باشد [۱۵].

۱- شرکت مدیریت منابع آب ایران (تماب سابق)، کل کشور را از نظر حوضه‌های آبریز و محدوده‌های مطالعاتی، تقسیم‌بندی، کدگذاری و تعریف نموده که در دستورالعمل شماره ۳۱۰، معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس‌جمهور ارائه شده است.

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

فصل ۲

مدیریت چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومترها

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۲-۱- کلیات

مدیریت چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومترها عبارت است از سیاست‌گذاری و ارائه روش‌های صحیح و اصولی و نیز کنترل صحت انجام اندازه‌گیری‌ها و نظارت بر طراحی، بهره‌برداری و نگهداری از شبکه چاه‌های مذکور.

۲-۲- نظارت بر طراحی و اجرای شبکه

- نظارت بر جمع‌آوری آمار و اطلاعات آب زیرزمینی
- نظارت بر تهیه نقشه موقعیت چاه‌های مشاهده‌ای موجود
- نظارت بر انتخاب چاه‌های مشاهده‌ای موجود (چاه‌های مشاهده‌ای ممکن است به صورت موقت انتخاب شوند)
- نظارت بر اعمال ضوابط طراحی شبکه چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومترها
- نظارت بر اجرای صحیح حفاری چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومترها
- نظارت بر ترازیابی چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومترها و کنترل صحت آن‌ها
- نظارت بر تجهیز چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومترها و کنترل صحت آن‌ها شامل: لوله جدار، مهار چاه و درپوش مناسب به شکلی که اندازه‌گیری سطح آب، لایروبی و پمپاژ آن‌ها ممکن باشد
- نظارت بر رعایت حریم چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومترها در ارتباط با حفر چاه‌های بهره‌برداری

۲-۳- بهره‌برداری از شبکه

- برنامه‌ریزی دوره‌های زمانی اندازه‌گیری سطح آب زیرزمینی، نظارت بر اندازه‌گیری‌ها و کنترل صحت آن‌ها
- کنترل صحت ابزارهای اندازه‌گیری
- ارائه روش‌های ثبت و ذخیره‌سازی داده‌ها و کنترل انجام به موقع آن‌ها (فصل‌های ۷ و ۸)
- ارائه روش‌های مربوط به تصحیح و تکمیل داده‌ها و حذف ارقام غیرمتعارف و کنترل اجرای صحیح و به موقع آن‌ها (فصل ۱۲)
- ارائه روش‌های مناسب نمایش نوسانات سطح آب زیرزمینی (فصل ۱۲)
- نظارت بر اجرای به موقع و صحیح اندازه‌گیری‌ها به شکلی که فاصله زمانی اندازه‌گیری‌ها ثابت بماند (فصل ۷).

۲-۴- نگهداری شبکه

نگهداری چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومتر، در سالم نگه‌داشتن چاه از نظر عمق، عدم کورشدگی شبکه لوله جدار و جلوگیری از تخریب تجهیزات چاه خلاصه می‌شود. به این منظور، مدیریت چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومترها باید در

omoorepeyman.ir

دوره‌های معین با بازدیدهای دوره‌ای، این عوامل را کنترل و نسبت به رفع احتمالی نواقص اقدام نماید. این موارد، به‌صورت خلاصه به‌شرح زیر می‌باشد:

- تهیه برنامه بازدید از رپر و محل نقطه نشانه تا در صورت از بین رفتن و یا جابه‌جایی، اقدامات لازم صورت گیرد و نظارت بر اجرای صحیح آن
- تهیه دستورالعمل برای کنترل وسایل اندازه‌گیری در آبخوان‌های آزاد و تحت فشار و نظارت بر اجرای آن دستورالعمل‌ها
- کنترل تاسیسات دهانه و تجهیزات نصب شده روی چاه و تهیه برنامه حفاظت از آن‌ها به منظور پیشگیری از خراب شدن درپوش چاه‌ها و تجهیزاتی مانند وسیله ثبات اندازه‌گیری سطح آب چاه
- تهیه برنامه لایروبی و پمپاژ چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومترها به منظور پیشگیری از خشک شدن و ایجاد شرایط لازم برای برقراری جریان طبیعی بین چاه و آبخوان و نظارت بر اجرای صحیح آن‌ها
- کنترل دوره‌ای کلیه چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومترها که در بند ۲-۵ شرح داده خواهد شد و در صورت نیاز رفع نواقص آن‌ها

۲-۵- تهیه شناسنامه فنی، ارزیابی دوره‌ای و عملکرد چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومترها

برای اعمال صحیح مدیریت، باید وضعیت فنی کلیه چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومترها مشخص شده و عملکرد آن‌ها مورد ارزیابی قرار گیرد.

۲-۵-۱- شناسنامه فنی یا برگ شناسایی چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومترها

برای هریک از چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومترهای آبخوان‌های آبرفتی یا سازندهای سخت، براساس اطلاعات مختلف موجود، باید برگ‌های شناسایی یا شناسنامه فنی برای ثبت در بایگانی تهیه شود. فرم‌های مختلف شناسنامه فنی یا برگ‌های شناسایی چاه مشاهده‌ای با کد فرم: ۰۴-۲۳۹ و پیزومتر با کد فرم: ۰۶-۲۳۹ در دستورالعمل آماربرداری منابع آب (نشریه شماره ۲۳۹، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور) ارائه شده است. بنابراین، از تکرار آن‌ها در این دستورالعمل خودداری شده و بر تهیه و تکمیل این فرم‌ها تاکید می‌شود.

در برگ‌های شناسایی، موقعیت و مختصات چاه، وضعیت حفاری، لوله‌گذاری، مقطع زمین‌شناسی و کلیه مشخصه‌های فنی ثابت چاه آورده شده است [۱۱].

omoorepeyman.ir

۲-۵-۲- برگ ارزیابی دوره‌ای (چک لیست) چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومترها

نظر به اینکه مدیریت چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومتر، در طول دوره بهره‌برداری بتواند به راحتی وضعیت چاه را از هر نظر مشخص کند، این برگ طراحی شده تا در صورتی‌که مواردی نیاز به تغییر یا ترمیم دارد، سریعا نسبت به رفع آن اقدام شود (جدول ۲-۱).

۲-۵-۳- برگ ارزیابی عملکرد گذشته چاه مشاهده‌ای، پیزومتر و وضع آینده آن

علاوه بر برگ شناسایی (که تقریبا مشخصات ثابت چاه مشاهده‌ای یا پیزومتر را تعیین می‌کند) و برگ ارزیابی دوره‌ای (که به منظور کنترل وضعیت موجود و تجهیزات چاه است)، هر سال یا هر چند سال یکبار براساس‌کلیه اطلاعات به‌دست آمده از وضعیت چاه مشاهده‌ای، برگ عملکرد چاه مشاهده‌ای یا پیزومتر تنظیم و تصمیم نهایی در مورد آینده آن از طریق مدیریت گرفته می‌شود (جدول ۲-۲).

omoorepeyman.ir

جدول ۲-۱- برگ ارزیابی دوره‌ای چاه مشاهده‌ای یا پیزومتر

(چک لیست)

وزارت نیرو

شرکت یا سازمان آب منطقه‌ای:

محدوده مطالعاتی: تاریخ بازدید: کد فرم: ۰۰۱ - ۲۶۰ - الف

کد محدوده مطالعاتی:	روش حفاری: با دستگاه ☐ دستی ☐ هر دو ☐
مختصات شبکه U. T. M (کیلومتر): =X =Y	وضعیت کلی در چاه حفاری شده با دستگاه: ۱۱-۱- لوله‌گذاری شده است: بلی ☐ خیر ☐ ۱۱-۲- شبکه‌های لوله جدار: طولی ☐ گرد با مته ☐ اسکرین ☐ ۱۱-۳- بلوک بتونی: سالم ☐ خراب ☐ ۱۱-۴- درپوش: دارد ☐ ندارد ☐ ۱۱-۵- روزنه: دارد ☐ ندارد ☐ ۱۱-۶- شستشو: شده ☐ نشده ☐
مختصات نقطه‌ای U. T. M (متر): =X =Y	
کد چاه مشاهده‌ای:	
ارتفاع از سطح دریا (متر): ارتفاع رپر: اولیه ..... فعلی ..... و تاریخ تغییر آیا ارتفاع نقطه نشانه یا نقطه نصب فشارسنج تغییر پیدا کرده است: بلی ☐ خیر ☐ تاریخ تغییرات و ارتفاع آن: از تاریخ ..... تا تاریخ ..... متر از تاریخ ..... تا تاریخ ..... متر	وضعیت کلی در چاه دهانه گشاد: ۱۲-۱- کول: دارد ☐ ندارد ☐ نیاز ندارد ☐ ۱۲-۲- لایروبی: شده ☐ نشده ☐ نیاز ندارد ☐ ۱۲-۳- دهانه سازی: سالم ☐ خراب ☐ نشده ☐ ۱۲-۴- درپوش: دارد ☐ ندارد ☐ خراب ۱۲-۵- روزنه: دارد ☐ ندارد ☐
تاریخ حفاری اولیه: تاریخ آخرین کف‌شکنی:	۱۳- امکان دسترسی آسان در شرایط آب و هوایی مختلف وجود دارد: بلی ☐ خیر ☐
عمق چاه (متر): اولیه ..... فعلی ..... علت تغییر عمق:	۱۴- نوع آبخوان: آزاد ☐ تحت فشار ☐ چند لایه ☐ آبخوان معلق ☐ نامشخص ☐
عمق سطح ایستابی یا سطح پیزومتریک (متر): اولیه ..... فعلی	۱۵- صافی شنی: دارد ☐ ندارد ☐ نامشخص ☐
علت نوسانات زیاد سطح آب یا فشار پیزومتر: پایین رفتن سطح آب منطقه: بلی ☐ خیر ☐ نامشخص ☐ چاه در شعاع تاثیر چاه‌ها، قنوات و زهکش‌ها قرار دارد: بلی ☐ خیر ☐ نامشخص ☐ چاه تحت تاثیر جریان‌های نفوذی سطحی یا چاه‌های نافذ قرار دارد: بلی ☐ خیر ☐ نامشخص ☐ بسته شدن شبکه‌های لوله جدار: بلی ☐ خیر ☐ نامشخص	۱۶- کلراید (میلی‌گرم بر لیتر): اولیه ..... فعلی ..... ۱۷- هدایت الکتریکی (میکروزیمنس بر سانتی‌متر): اولیه ..... فعلی ..... ۱۸- pH: اولیه ..... فعلی ..... ۱۹- ملاحظات:
نام واحد اقدام کننده: تاریخ تکمیل برگ:	نام تکمیل‌کننده برگ: امضا

omoorepeyman.ir

جدول ۲-۲- برگ ارزیابی عملکرد گذشته چاه مشاهده‌ای، پیزومتر و وضع آینده آن

وزارت نیرو

شرکت یا سازمان آب منطقه‌ای: کد فرم: ۰۰۲ - ۲۶۰ - الف

نام و کد محدوده مطالعاتی: نام محل: مختصات U. T. M نقطه‌ای چاه =X =Y	
تاریخ اولین اندازه‌گیری:	
طول دوره آماری: ..... سال، از تاریخ ..... تا تاریخ	
چگونگی تداوم آماری: مداوم ☐ غیرمداوم ☐	
علت عدم تداوم آماری: امکانات وسیله نقلیه ☐ - امکانات پرسنلی ☐ - وضعیت اقلیمی ☐ - افت شدید سطح آب و خشک شدن چاه ☐ تخریب چاه ☐ - غیره ☐	
وضعیت نوسان سالانه سطح آب: منظم ☐ غیرمنظم ☐	
عوامل ایجاد تغییرات غیرمنظم: آبیاری ☐ پمپاژ ☐ رودخانه فصلی ☐ غیره ☐	
عمده‌ترین عامل موثر در نوسان سطح آب چاه:	
وضعیت آینده چاه: ابقای وضع موجود و تداوم اندازه‌گیری ☐ حفاری مجدد یا کفشکنی چاه ☐ جابه‌جایی و تغییر محل چاه ☐ حذف چاه ☐	
ملاحظات:	
نام واحد اقدام‌کننده: تاریخ تکمیل برگ:	نام تکمیل‌کننده برگ: امضا

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

فصل ۳

ضوابط طراحی شبکه اندازه‌گیری سطح آب زیرزمینی

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۳-۱- کلیات

شبکه اندازه‌گیری سطح آب زیرزمینی آبخوان یک منطقه، زمانی کارآمد و مناسب خواهد بود که علاوه بر نشان دادن سطح آب واقعی فعلی آبخوان، نوسانات سطح آب را نیز که ناشی از تاثیر عوامل طبیعی و حتی تنش‌های مصنوعی می‌باشد، بتواند نشان دهد. به‌علاوه، شبکه‌ای مناسب است که با حداقل تراکم، حداکثر اطلاعات مورد نیاز را در گستره آبخوان ارائه نماید.

طراحی یک شبکه مناسب اندازه‌گیری سطح آب زیرزمینی، دارای ضوابطی است که این ضوابط خود به هدف مطالعه بستگی دارد. از آن‌جایی که عمده منابع آب زیرزمینی در سطح کشور را آبخوان‌های آزاد و نشتی آبرفتی تشکیل داده و مطالعات منظمی نیز که تاکنون انجام گرفته از جمله ایجاد شبکه اندازه‌گیری سطح آب زیرزمینی، اکثرا در مورد این آبخوان‌ها می‌باشد، لذا در این دستورالعمل، طراحی شبکه چاه‌های مشاهده‌ای آبخوان‌های آزاد مقدم بر سایر آبخوان‌ها قرار گرفته است، ضمن این‌که طراحی شبکه اندازه‌گیری آبخوان‌های تحت فشار و کارستی (سازند سخت) نیز در حد نیاز بررسی شده است.

بیان این نکته ضروری است که آبخوان‌های آزاد، نشتی و تحت فشاری که در بسیاری از محدوده‌های مطالعاتی کشور موجود می‌باشد، بیش‌تر منشا تغذیه جانبی یکسانی را دارا هستند زیرا این آبخوان‌ها در حاشیه ارتفاعات، عموما در ارتباط با یکدیگر می‌باشند. به عبارت دیگر، در نواحی ابتدای دشت (حاشیه ارتفاعات) فقط یک آبخوان آزاد یا منطقه (زون) تک آبخوانی بوده و در بخش‌های میان‌دشتی و پایان‌دشتی است که علاوه بر آبخوان آزاد، یک یا چند آبخوان تحت‌فشار یا منطقه (زون) چندآبخوانی شکل می‌گیرد. با توجه به این‌که منشا تغذیه کلیه این آبخوان‌ها یکی است، به‌عنوان یک سامانه آب زیرزمینی منظور شده و تفکیک و تعیین حدود هر آبخوان به‌ویژه بین آزاد و نشتی بسیار مشکل و مطالعه هریک به‌صورت مجزا هزینه بالایی را طلب می‌کند. بنابراین، با گذشت بیش از ۴۰ سال از مطالعات آب زیرزمینی در سطح کشور هنوز اقدام لازم برای اندازه‌گیری فشار پیزومتری آبخوان‌های تحت فشار صورت نگرفته و همان‌طور که گفته شد، مجموعه آب زیرزمینی به‌صورت یک سیستم واحد مورد بررسی قرار می‌گیرد. اگرچه، اطلاعات به‌دست آمده از این روش برای بررسی مجموع آبخوان‌های یک دشت قابل استفاده می‌باشد ولی به هر حال‌ضروری است که این وضعیت به تدریج اصلاح شود، به‌طوری‌که هر آبخوان شبکه اندازه‌گیری سطح آب مجزایی را دارا شود.

بررسی مخازن آب در سازندهای سخت با وجودی که سابقه نسبتا طولانی دارد، ولی هنوز مطالعات منظم و انسجام یافته‌ای (به استثنای مناطقی از استان فارس) در سطح کشور صورت نگرفته و به تبع شبکه منظم اندازه‌گیری سطح آب نیز برای آن‌ها در نظر گرفته نشده است. به هرحال، با توجه به تفاوت‌های بارز هیدروژئولوژیکی که بین آبخوان‌های آبرفتی با مخازن سازند سخت به‌ویژه آبخوان‌های کارستی وجود دارد، ضوابط طراحی شبکه اندازه‌گیری سطح پیزومتریک آن‌ها نیز جدا از آبخوان‌های آبرفتی بیان شده است.

omoorepeyman.ir

۳-۲- ضوابط طراحی شبکه اندازه‌گیری سطح آب زیرزمینی در آبخوان‌های آبرفتی

شبکه اندازه‌گیری سطح آب زیرزمینی شامل مجموعه‌ای از چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومترها به منظور اندازه‌گیری تغییرات سطح آب زیرزمینی در آبخوان‌های آزاد و تحت فشار می‌باشد. ضوابطی که باید در طراحی این‌گونه شبکه‌ها مد نظر قرار گیرد، به‌طور خلاصه به وسعت آبخوان، وضعیت پیچیدگی هیدروژئولوژیک منطقه، اهداف ایجاد شبکه به همراه نظرات کارشناسی و محدودیت‌های مالی ارتباط دارد که برخی موارد در زیر شرح داده می‌شود.

۳-۲-۱- بررسی گستره آبخوان

به منظور طراحی شبکه چاه‌های مشاهده‌ای، ابتدا باید حدود آبخوان مشخص شود تا شبکه چاه‌های مشاهده‌ای پیشنهادی بتواند تمام گستره آبخوان را پوشش دهد. استفاده از کلیه اطلاعات موجود، از قبیل اطلاعات مربوط به‌چاه‌ها، بررسی‌های زمین‌شناسی، هیدروژئولوژیک، ژئوفیزیک و حفاری‌های گمانه‌ای راهگشا خواهد بود.

۳-۲-۲- بررسی تعداد و انواع آبخوان‌ها

از آنجا که باید به تعداد آبخوان‌های موجود، شبکه اندازه‌گیری جداگانه ایجاد کرد، لازم است از کلیه اطلاعات موجود به منظور تشخیص تعداد و انواع آبخوان‌های موجود در یک محدوده استفاده کرد تا نسبت به طراحی شبکه اندازه‌گیری برای هر یک از آن‌ها اقدام نمود. به عنوان مثال، چنانچه در محدوده‌ای سه آبخوان مستقل وجود داشته باشد، (یعنی در ابتدا آبخوان آزاد و در زیر آن دو آبخوان تحت فشار موجود باشد) باید برای هر سه آبخوان طراحی شبکه اندازه‌گیری به‌طور جداگانه انجام شود. طراحی می‌تواند طوری صورت گیرد که با حفر یک چاه و نصب سه لوله با جدار مجزا به طول‌های مختلف در آن، که هر لوله برای اندازه‌گیری سطح آب یک آبخوان کاربرد داشته باشد، بتوان تغییرات سطح آب کلیه آن‌ها را مورد بررسی قرار داد.

۳-۲-۳- تراکم شبکه اندازه‌گیری سطح آب زیرزمینی

تراکم یا تعداد چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومترها در واحد سطح آبخوان برحسب اهداف از پیش تعیین شده مطالعات می‌تواند، متفاوت باشد. نظر به اینکه هدف اصلی از تهیه این دستورالعمل، پایش کمی آب زیرزمینی یک آبخوان در طولانی‌مدت و در نهایت رسیدن به تغییرات حجم ذخیره آبخوان می‌باشد، بنابراین با این هدف، تراکم شبکه اندازه‌گیری سطح آب زیرزمینی تشریح می‌شود.

تراکم شبکه اندازه‌گیری سطح آب زیرزمینی [۶ و ۱۶ و ۲۷]، در دو شکل تراکم زیاد و تراکم قابل قبول شرح داده می‌شود ولی برای بهینه‌سازی شبکه اندازه‌گیری طراحی شده و یا موجود، بهترین راه استفاده از روش زمین آماری است که در بخش ۳-۴ تشریح خواهد شد.

omoorepeyman.ir

۳-۲-۳-۱- تراکم زیاد

برای تراکم شبکه اندازه‌گیری سطح آب زیرزمینی (چاه‌های مشاهده‌ای) براساس آنچه در برخی مراجع [۱۷] یادآوری شده، حدود ۱۰ حلقه چاه اندازه‌گیری سطح آب در هر ۱۰۰ کیلومترمربع کافی می‌باشد. ذکر این نکته ضروری است که با توجه به شرایط متفاوت هیدروژئولوژی حاکم بر آبخوان‌ها و مشکلات موجود، همیشه تراکم زیاد مناسب‌ترین تراکم نخواهد بود.

۳-۲-۳-۲- تراکم قابل قبول

تجارب حاصل از مطالعات آب‌های زیرزمینی در ایران و همچنین وجود مشکلات در انتخاب محل و حفاری چاه‌های اندازه‌گیری، نشان داده است که برای بررسی تغییرات سطح آب زیرزمینی یک آبخوان، به تراکم زیاد نیاز نبوده و با تراکم کم‌تر به‌ویژه برای آبخوان‌های با گسترش زیاد، می‌توان به آنچه که در هدف ذکر شده، نایل‌آمد.

بنابراین تراکم مناسب و قابل قبولی که پیشنهاد می‌شود، ۴ حلقه چاه مشاهده‌ای برای هر ۱۰۰ کیلومترمربع آبخوان می‌باشد. به عبارت دیگر، یک حلقه در هر شبکه ۲۵ کیلومترمربعی براساس نقشه‌های با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ که در مطالعات آب‌های زیرزمینی دشت‌های ایران متداول است، می‌تواند کافی باشد [۶]. در این حالت، فاصله چاه‌ها از یکدیگر به‌طور متوسط حدود ۵ کیلومتر در نظر گرفته می‌شود.

۳-۲-۳-۳- تراکم شبکه اندازه‌گیری سطح آب زیرزمینی در وضعیت طبیعی آبخوان

وضعیت طبیعی آبخوان، حالتی است که جریان آب زیرزمینی متاثر از عوامل تغذیه و تخلیه طبیعی بوده و دارای حالت عادی باشد. در این حالت، عوامل تاثیرگذاری که این حالت عادی را تغییر داده و موجب نوسانات شدید سطح آب می‌شوند، در نظر گرفته نمی‌شود. در این حالت، تراکم قابل قبول یعنی ۴ حلقه چاه اندازه‌گیری در هر ۱۰۰ کیلومترمربع آبخوان که فاصله تقریبی چاه‌ها از یکدیگر ۵ کیلومتر می‌شود، مناسب است [۶].

برای افزایش دقت در برخی بررسی‌ها یا کنترل‌های خاص، لازم است که شبکه چاه‌های مشاهده‌ای متراکم‌تر باشد به عنوان مثال در بخشی از آبخوان که برای تامین آب شرب یک شهر اختصاص یافته، به منظور کنترل دقیق تغییرات سطح آب آن ضروری است، تراکم چاه‌های مشاهده‌ای بیش‌تر و تا حد تراکم زیاد (۱۰ حلقه در هر ۱۰۰ کیلومترمربع) افزایش یابد.

۳-۲-۳-۴- تراکم چاه‌های مشاهده‌ای در وضعیت تغذیه یا تخلیه شدید آبخوان

عوامل و عوارض طبیعی و مصنوعی که بر تغذیه یا تخلیه بخشی از آبخوان تاثیر زیادی دارند، موجب تغییرات شدیدتر در سطح آب زیرزمینی همان بخش از آبخوان می‌شود. بنابراین برای بررسی این تاثیر لازم است تا تراکم چاه‌های مشاهده‌ای نسبت به حالت عادی افزایش یابد. این عوامل معمولا در آبخوان‌های تحت فشار و در نتیجه در تغییر تراکم پیزومترها تاثیر چندانی ندارد، پس عمدتا در مورد تراکم چاه‌های مشاهده‌ای حفر شده در آبخوان‌های آزاد ذکر می‌شود.

omoorepeyman.ir

از جمله عوامل تاثیرگذار می‌توان به رودخانه‌های دائمی، زهکش‌های طبیعی و مصنوعی، دریاچه‌ها و دریاها و حوضچه‌های تغذیه مصنوعی و کانال‌های آبرسانی اشاره کرد.

- برای بررسی نواحی که تحت تاثیر متقابل آبخوان با رودخانه‌ها، زهکش‌ها، دریاچه‌ها و همچنین کانال‌های آبرسانی که کف بستر آن‌ها توسط مواد غیرقابل نفوذ پوشش داده نشده، تراکم تغییر می‌یابد و باید حالت تراکم زیاد انتخاب شود (۱۰حلقه در هر ۱۰۰ کیلومترمربع) بنابراین، در این بخش از آبخوان باید برای هر شبکه ۱۰ کیلومترمربع یک حلقه چاه مشاهده‌ای حفاری شود.
- در پایین‌دست محل تغذیه مصنوعی (حوضچه‌های تغذیه) برای بررسی تاثیر تغذیه مصنوعی که معمولا بر بخش کوچکی از آبخوان تاثیر شدید دارد، ضروری است که تراکم چاه‌های مشاهده‌ای در این بخش از آبخوان بسیار فشرده‌تر باشد (حتی بیش از تراکم زیاد) تا بتوان اثر تغذیه مصنوعی را بررسی کرد.
- برای بررسی پیشروی آب شور دریا به آبخوان، چاه‌های مشاهده‌ای در چند خط مستقیم به موازات ساحل حفاری می‌شود که فاصله چاه‌ها در هر خط بین ۱۰۰ تا ۵۰۰ متر و فواصل خطوط بین ۲ تا ۱۰ کیلومتر با توجه به وسعت و تغییرات پیشروی آب شور دریا انتخاب می‌شود [۲۸].

۳-۲-۴- طراحی شبکه اندازه‌گیری سطح آب روی نقشه

برای ایجاد شبکه چاه‌های مشاهده‌ای، ابتدا با توجه به چاه‌های موجود که روی نقشه هیدروژئولوژی پیاده شده است، طراحی اولیه‌ای صورت می‌گیرد. در این طراحی، کلیه عوامل تاثیرگذار شامل عوارض طبیعی مانند رودخانه، تپه ماهورها، شیب توپوگرافی، عوامل زمین‌شناسی و عوامل هیدروژئولوژیک مانند جهت جریان آب زیرزمینی، زهکشی یا تغذیه آبخوان توسط رودخانه مورد بررسی قرار می‌گیرد. همچنین ضمن رعایت تمام موارد بالا، باید سعی شود که تمام گستره آبخوان تحت پوشش این چاه‌ها قرار گیرد.

چگونگی قرار گرفتن چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومترها نسبت به هم، باید طوری روی نقشه طراحی شود که از اتصال آن‌ها به یکدیگر تاحد امکان مثلث‌های متساوی‌الاضلاع به‌دست آید، زیرا در این حالت می‌توان نقشه شبکه تیسن مناسبی برای محاسبات و رسم هیدروگراف (آبنمود واحد) معرف تغییرات سطح آب آبخوان تهیه کرد.

۳-۲-۵- تدقیق طراحی انجام شده روی زمین

پس از طراحی اولیه روی نقشه، باید امکان اجرای طرح تهیه شده روی زمین مورد بررسی قرار گیرد که موارد زیر را برای بررسی محل حفر هر یک از چاه‌های مشاهده‌ای شامل می‌شود:

- وضعیت توپوگرافی محل، وجود جاده دسترسی، عدم وجود چاه بهره‌برداری در حریم آن، عدم وجود نهر آب درکنار آن، عدم وجود ابنیه یا ساختمان مزاحم، امکان تملک اراضی یا اخذ مجوز حفر چاه

omoorepeyman.ir

- در خصوص سهولت تملک اراضی مورد نیاز و ایجاد حریم برای چاه مشاهده‌ای، لازم است در قوانین آب ملاحظاتی صورت گیرد تا حتی‌الامکان مشکلات انتخاب محل و حفر چاه مرتفع شود.
- ضوابط طراحی شبکه پیزومتری کم و بیش مشابه با چاه‌های مشاهده‌ای است. به‌همین دلیل، ضمن ارائه ضوابط طراحی چاه‌های مشاهده‌ای، به ضوابط طراحی شبکه پیزومتری نیز اشاره شده است. حدود آبخوان‌های تحت فشار نیز باید ابتدا روی نقشه مشخص شود درصورتی‌که آبخوان گسترش زیادی نداشته باشد (کم‌تر از ۱۰۰ کیلومترمربع) با حفر یک یا دو پیزومتر و اندازه‌گیری فشار هیدرواستاتیک در آن‌ها می‌توان تغییرات فشار پیزومتری آبخوان را مورد بررسی قرار داد. ولی اگر وسعت آبخوان تحت فشار بیش از ۱۰۰ کیلومترمربع باشد، ضروری است تا شبکه پیزومتری مشابه با آنچه در مورد چاه‌های مشاهده‌ای آبخوان آزاد (در شرایط طبیعی آبخوان) گفته شد، طراحی شود. همان‌طور که گفته شد، از آن‌جایی که آبخوان تحت فشار در ارتباط هیدرولیکی با عوامل تاثیرگذار از سطح مانند رودخانه و غیره نیست، فاصله پیزومترها در تمام وسعت آبخوان می‌تواند یکسان باشد.

۳-۳- ضوابط طراحی شبکه اندازه‌گیری سطح آب زیرزمینی در سازندهای سخت

شبکه اندازه‌گیری سطح آب زیرزمینی، مشاهدات منظم و طولانی مدت سطح آب زیرزمینی را به عهده دارد. در طراحی شبکه اندازه‌گیری سطح آب زیرزمینی سازندهای سخت، باید موارد زیر مد نظر قرار گیرد:

- شرایط چینه‌شناسی (استراتیگرافی) و هیدروژئولوژیک، به‌ویژه ضخامت و گسترش ساختارهای چینه‌شناسی (استراتیگرافی) آبخوان یا مجموعه آبخوان‌ها
- شرایط زمین‌شناسی ناحیه‌ای سازندهای سخت، ترکیب رخساره‌ها (لیتوفاسیس) و عناصر و ساختارهای تکتونیک و مناطق (زون‌های) گسل‌ها

در پولژه‌های کارستی که سطحی نسبتا هموار دارند، شرایط ایجاد شبکه اندازه‌گیری سطح آب زیرزمینی تا حدودی فراهم است ولی در دیگر مناطق به‌ویژه در یال چین‌ها به علت شیب توپوگرافی نسبتا زیاد، عموما فواصل چاه‌ها یکسان نخواهد بود.

- شکل تغییرات سطح آب زیرزمینی در کلیه چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومترها باید با یکدیگر همخوانی داشته باشد. چنانچه برخی از این گمانه‌ها از یکدیگر تبعیت ننمایند، احتمالا حاکی از وجود آبخوان‌های متفاوت بوده و باید این دسته از چاه‌ها از شبکه اندازه‌گیری حذف شوند.

در شبکه اندازه‌گیری سطح آب زیرزمینی هرچه فواصل چاه‌های مشاهده‌ای کم‌تر باشد به طور قطع نتایج بهتری خواهد داشت. اما با توجه به این‌که حفر چاه در این‌گونه سازندها هزینه هنگفتی در بردارد، گسترش آبخوان مورد توجه خاص قرار می‌گیرد به‌طوری که در آبخوان‌های وسیع و گسترده، فاصله گمانه‌های مشاهده‌ای ۱۰ کیلومتر و در آبخوان‌های با وسعت کم این فاصله به ۵ کیلومتر کاهش می‌یابد [۲۱]. ذکر این نکته لازم است که بسته به نوع پروژه

omoorepeyman.ir

(چون هدف متفاوت است) فواصل چاه‌ها از حد چند صد متر در محل سدهایی که پی آن‌ها را سازندهای سخت به‌ویژه سازندهای کارستی تشکیل می‌دهند، تا حد ۱۰ کیلومتر در پروژه‌های تعیین پتانسیل منابع آب زیرزمینی این‌سازندها متغیر می‌باشد.

- فاصله اجزای شبکه اندازه‌گیری سطح آب زیرزمینی با چاه‌های بهره‌برداری، باید تا حد امکان با توجه به شعاع تاثیر آن‌ها رعایت شود تا برداشت‌های طولانی‌مدت تاثیر زیادی در روند کلی تغییرات سطح آب زیرزمینی نداشته باشد.

۳-۴- بهینه‌سازی تراکم شبکه اندازه‌گیری سطح آب زیرزمینی با استفاده از زمین آمار[1]

تاکنون آنچه در ارتباط با طراحی شبکه اندازه‌گیری سطح آب زیرزمینی گفته شد، گرچه وضعیت تراکم و شکل قرار گرفتن مناسب چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومترها را تعیین می‌کند ولی عمدتا نقاط اندازه‌گیری در حالت طبیعی آبخوان با توجه به تفاوت سطح ایستابی یا سطح پیزومتری در نقاط مختلف و این‌که بخش‌های مختلف آبخوان را شامل شوند، انتخاب شده‌اند. به عبارت دیگر، نمونه‌های یک جامعه براساس کمیت آن‌ها مشخص شده است. در زمین آمار علاوه بر کمیت یک متغیر، موقعیت مکانی آن‌ها بیش‌تر مد نظر قرار می‌گیرد. به این ترتیب که از دیدگاه زمین آمار هر نمونه (در اینجا چاه مشاهده‌ای) در یک حداکثر فاصله معین با نمونه‌های مجاور (چاه‌های مشاهده‌ای اطراف) دارای ارتباط است که آن را حداکثر دامنه تاثیر نمونه می‌گویند. با استفاده از این روش، می‌توان فاصله بین چاه‌های مشاهده‌ای را در حداکثر دامنه تاثیر آن‌ها نسبت به هم انتخاب کرد.

ارتباط مکانی نمونه‌ها با استفاده از یک مدل ریاضی که به آن «مدل ریاضی ساختار مکانی»گفته می‌شود، قابل بررسی است. در این مدل‌ها، با تجزیه و تحلیل اطلاعات نمونه‌ها (تغییرات سطح آب در چاه‌های مشاهده‌ای) حداکثر دامنه تاثیر نمونه‌ها به‌دست آمده و در نتیجه محل و فاصله نمونه‌ها (چاه‌های مشاهده‌ای) از یکدیگر به دست می‌آید.

از جمله نرم‌افزارهایی که در تحلیل‌های زمین آماری کاربرد دارند، می‌توان به دو نمونه که محصول سال ۲۰۰۱ هستند، اشاره کرد:

- نرم‌افزار GS+ که توسط شرکت Gamma Design Software تولید شده است.
- نرم‌افزار Idrisi 32 که یک نرم‌افزار GIS بوده و توسط دانشگاه کلارک تهیه شده است.

همچنین اکثر نرم‌افزارهای GIS پرکاربرد در ایران مانند ARC GIS و ILWIS در حال حاضر قادر به انجام این تحلیل‌ها می‌باشند.

معروف‌ترین روش زمین آماری، روش کریجینگ و خانواده آن می‌باشد که در علوم آب نیز کاربردهای فراوانی داشته است. روش کریجینگ از رابطه ۳-۱ تبعیت می‌کند.

1- Geostatistics

omoorepeyman.ir

$$Z = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i . Z_i \qquad (۱-۳)$$

در رابطه ۳-۱:Z، پارامتر مورد نظر در نقطه مجهول

Z_i، مقدار مشاهده شده و $\sum_{i=1}^{n} \lambda_i$، مجموع ضرایب وزنی می‌باشند.

ارتباط ساختار مکانی نمونه‌ها به صورت یک رابطه است که برحسب فاصله نسبت به یک نقطه مبنا در یک نمودار نشان داده می‌شود. این نمودار را تغییرنما[1] می‌نامند. به‌عبارت دیگر تغییرنما، واریانس متغیر بین نقاطی به فاصله h از یکدیگر می‌باشد که در صورت وجود همبستگی مکانی بین نقاط مقدار این واریانس کوچک است. مقدار تغییرنما از رابطه ۳-۲ به‌دست می‌آید.

$$2\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x) - Z(x+h)]^2 \qquad (۲-۳)$$

که در آن: N(h)، تعداد جفت نمونه‌های به‌کار رفته به ازای فاصله h می‌باشد. معمولا در محاسبات از نصف تغییرنما که به نیم‌تغییرنما[2] معروف است و آن را با $\gamma(h)$ نمایش می‌دهند، استفاده می‌شود. نیم تغییرنمایی که با استفاده از داده‌های اندازه‌گیری شده به‌دست می‌آید، نیم تغییرنمای تجربی نامیده می‌شود و لازم است که قبل از ادامه محاسبات، یک مدل ریاضی بر آن برازش داده شود. انواع مختلفی از مدل‌های نیم تغییرنما تعریف شده است که از جمله آن‌ها می‌توان به مدل‌های کروی، نمایی، گوسی و خطی اشاره کرد که شرح جزییات و معادلات آن‌ها خارج از این دستورالعمل می‌باشد. برای جزییات بیش‌تر در این زمینه می‌توان به متون مقدماتی تا پیشرفته علم زمین آمار مراجعه نمود.

با استفاده از مدل ریاضی برازش داده شده، می‌توان با استفاده از مختصات مکانی یک نقطه مقدار متغیر مورد نظر را در آن نقطه محاسبه کرد. برای بررسی صحت مدل برازش داده شده از نمودار اعتبارسنجی متقابل[3] استفاده می‌شود. در این نمودار به‌ترتیب نقاط اندازه‌گیری شده یک به یک از داده‌های ورودی حذف شده و مقدار متغیر در آن نقطه با استفاده از مدل کریجینگ برازش داده شده، محاسبه می‌شود. به این ترتیب، برای هر نقطه از داده‌های ورودی یک مقدار محاسبه شده و یک مقدار اندازه‌گیری شده وجود دارد. نمودار همبستگی بین این دو دسته داده، نمودار اعتبارسنجی متقابل است و بدیهی است هرچه نقاط به خط ۴۵ درجه نزدیک‌تر باشند، نشان‌دهنده دقت بیش‌تر در محاسبه نقطه است. لذا، امکان تخمین پارامتر با استفاده از سایر نقاط وجود داشته و می‌توان آن را حذف کرد. برای اضافه کردن نقاط به‌وسیله مدل در مراحل مختلف، تعدادی چاه مشاهده‌ای فرضی را اضافه کرده و توزیع خطای به‌دست آمده با مراحل قبل مقایسه می‌شود. در نهایت می‌توان تراکم مناسبی از نقاط اندازه‌گیری به‌دست آورد.

1- Varigram
2- Semi - Varigram
3- Cross Validation

omoorepeyman.ir

۳-۴-۱- تعریف اجزای واریوگرام

- اثر قطعه‌ای یا عرض از مبدا[1]: این مقدار به مولفه بی‌نظمی نیز معروف است. مقدار آن مرتبط با خطاهای نمونه‌برداری، آنالیز نمونه‌ها و وجود مولفه‌های تصادفی در توزیع متغیر می‌باشد. به مقدار تغییرنما به ازای h=0، اثر قطعه‌ای گفته می‌شود.
- دامنه تاثیر[2]: این مقدار در هر تغییرنما، برابر فاصله‌ای است که در آن واریوگرام به حالت افقی درمی‌آید. خارج از این فاصله، نمونه‌ها برهم اثری ندارند. هر اندازه دامنه تاثیر بیش‌تر باشد، نشان‌دهنده ساختار فضایی گسترده‌تری است. یعنی مقدار شعاع تاثیر در طراحی شبکه پایش و نمونه‌برداری بسیار مفید است. از این روش می‌توان فواصل بهینه نمونه‌برداری را تعیین کرد و نمونه‌ها را از فاصله‌ای برداشت که برهم تاثیر داشته باشند.
- آستانه[3]: برابر با فاصله بین محور Xها تا خط افقی تغییرنما است.

۳-۴-۲- قابلیت‌های روش‌های زمین آماری در مقایسه با روش‌های دیگر

- روش‌های زمین آماری به سادگی در قالب مدل‌های مختلف قابل ارائه هستند.
- نظر به این‌که این روش‌ها به اطلاعات مجموع داده‌های جمع‌آوری شده متکی هستند، از جامعیت بیش‌تری برخوردار می‌باشند.
- از آنجا که این روش‌ها بهترین تخمین و قابلیت اعتماد را ارائه می‌دهند، برای ارزیابی ارزش اضافه کردن نقاط اندازه‌گیری جدید در شبکه پایش بسیار مفید می‌باشند.

۳-۴-۳- مراحل انجام کار

- تعریف متغیر مکانی
- بررسی همبستگی بین داده‌ها
- تعریف تابع برداری بر همبستگی مکانی مذکور (تغییرنمای تجربی)
- برازش تابع ریاضی و استحصال تغییرنمای ریاضی و تهیه مدل یا رابطه ریاضی تغییرات مکانی
- ارزیابی نتایج با تغییر در تعداد نقاط اندازه‌گیری و تعیین اثر هر نقطه در مدل تهیه شده

تخمین متغیر مورد نظر در دیگر نقاط با استفاده از مدل ریاضی به‌دست آمده و تخمین‌گرهای زمین آماری

1- Nugget Effect
2- Effective Range
3- Sill

omoorepeyman.ir

فصل ۴

ضوابط حفاری چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومترها

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۴-۱- کلیات

حفاری انواع چاه‌ها و سیستم‌های مختلف حفاری به تفصیل در دستورالعمل نامگذاری و حفاری چاه‌های آب، نشریه شماره ۱۸۱ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور شرح داده شده است. در اینجا فقط ضوابط حفاری چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومترها با اشاره‌ای به سیستم‌های حفاری مناسب آن‌ها ارائه می‌شود.

۴-۲- ضوابط حفاری چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومترها در آبخوان‌های آبرفتی

چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومترها، به منظور مشاهده مستمر تغییرات سطح آب زیرزمینی در آبخوان‌های آزاد و فشار پیزومتریک آبخوان‌های تحت فشار، حفر می‌شوند. پس از طراحی شبکه چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومترها و انجام کلیه پیش نیازها از جمله تهیه زمین و ... باید نسبت به تعیین محل و حفر این‌گونه چاه‌ها تحت ضوابط و شرایط زیر اقدام‌کرد.

۴-۲-۱- تعیین محل حفاری

محل حفر چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومترها براساس طراحی که از قبل صورت گرفته مشخص می‌شود. محل حفر چاه مشاهده‌ای باید طوری انتخاب شود که امکان تجهیز کارگاه و نصب چادر برای اسکان دستگاه حفار و کارگران وجود داشته باشد.

۴-۲-۲- اخذ مجوز حفر چاه مشاهده‌ای

حفر هر نوع چاه از جمله چاه مشاهده‌ای و پیزومتری به اخذ مجوز کتبی از امور حفاظت و بهره‌برداری منابع آب شرکت‌های آب‌منطقه‌ای نیاز دارد که باید پس از درخواست کتبی متقاضی (امور مطالعات)، امور حفاظت منابع آب نسبت به صدور مجوز حفاری و تسلیم آن به شرکت حفار به منظور حفر چاه اقدام کند.

۴-۲-۳- انتخاب روش حفاری

انتخاب سامانه حفاری برای این‌گونه چاه‌ها به وضعیت هیدروژئولوژیک منطقه، امکانات اقتصادی و مدت زمان اجرای پروژه بستگی دارد. روش‌های مختلف حفاری همان‌طورکه گفته شد، در نشریه شماره ۱۸۱ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور توضیح داده شده و در جدول (۴-۱) به صورت خلاصه روش‌های حفاری مناسب چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومترها برای نواحی با موقعیت‌های زمین‌شناسی مختلف (آبرفتی و سازند سخت) آورده شده است.

جدول ۴-۱- روش‌های حفاری در آبخوان‌های آبرفتی و کارستی

نوع آبخوان	روش‌های حفاری				
	مته (اُگر)	ضربه‌ای	دورانی با گل و آب	دورانی با هوا	چکشی با هوای فشرده و فوم (کف)
آبخوان‌های آبرفتی تا عمق کم‌تر از ۴۰ متر	+	+	+	+	+
آبخوان آبرفتی برای اعماق بیش از ۴۰ متر	-	+	+	+	+
آبخوان‌های کارستی و سازند سخت تا عمق کم‌تر از ۱۵۰ متر	-	+	-	+	+
آبخوان‌های کارستی و سازند سخت با عمق بیش از ۱۵۰ متر	-	-	-	+	+

\+ روش حفاری مناسب و قابل قبول

\- روش حفاری نامناسب

omoorepeyman.ir

۴-۲-۴- قطر و عمق حفاری چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومترها

در حفر این قبیل چاه‌ها، رعایت موارد زیر الزامی است:

- قطر حفاری

حداقل قطر حفاری چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومترها، نباید کم‌تر از ۶ اینچ باشد [۷] تا بتوان نسبت به شن‌ریزی پشت لوله جدار، شستشو و توسعه چاه اقدام کرد. این حداقل قطر ضمن پایش کمی، امکان استفاده چاه در پایش کیفی آب زیرزمینی را نیز مهیا می‌سازد و می‌تواند در آینده به منظور نصب دستگاه‌های ثبات در داخل چاه نیز مفید واقع شود.

- عمق حفاری

در حفر چاه مشاهده‌ای در آبخوان‌های آزاد، باید دقت شود که چاه از سنگ کف آبخوان عبور ننماید. هر چند از نظر علمی، چاه مشاهده‌ای باید تا سطح ایستابی آبخوان حفر شده و بیش‌تر از آن به علت وجود مولفه قائم جریان سطح آب از حالت واقعی دور می‌شود، ولی به دلیل نوسانات سطح آب زیرزمینی و تغییرات آن در سال‌های متمادی و به منظور حفظ چاه در طولانی مدت براساس نتایج به دست آمده در مطالعات آب زیرزمینی ایران ضرورت دارد، حفاری چاه تا حدود ۱۵ متر زیر سطح آب زیرزمینی باشد. در مناطقی که به علت بهره‌برداری زیاد با افت مداوم آب زیرزمینی همراه هستند، این مقدار افزایش یافته ولی حداکثر نباید از ۲۵ متر زیر سطح آب تجاوز کند. عمق این قبیل چاه‌ها در آبخوان‌های تحت فشار کافی است حداکثر ۵ متر از ضخامت آبخوان را شامل شود.

۴-۲-۵- تجهیز، توسعه و نگهداری چاه‌های مشاهده‌ای

- چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومتر حفر شده در آبخوان‌های آبرفتی، باید در تمام عمق لوله‌گذاری شوند و لوله جدار طوری نصب شود که حدود ۰/۵ متر بالاتر از سطح زمین قرار گیرد.
- در لوله‌گذاری چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومترها باید تا حد امکان از لوله‌های گالوانیزه که در مقابل زنگ‌زدگی مقاوم می‌باشند، استفاده شود. در آبخوان‌هایی که آب آن‌ها حالت اسیدی و خورندگی دارد، توصیه می‌شود از لوله‌های پلی‌اتیلن استفاده شود. درضمن در نواحی ساحلی، کویرها و پایاب دشت‌ها باید از این نوع لوله‌ها استفاده کرد.
- لوله‌های نصب شده در چاه‌ها تا حدود سطح آب زیرزمینی بدون شبکه و از آن به بعد مشبک شود.
- شبکه لوله‌های پلی‌اتیلن، باید روزنه‌ای باشد که به کمک مته ایجاد می‌شود. در مورد لوله‌های گالوانیزه و فولادی، شبکه‌ها می‌توانند روزنه‌ای و یا طولی انتخاب شوند. قطر روزنه‌ها ۳ تا ۵ میلی‌متر، عرض شبکه‌ها بین ۲ تا ۳ میلی‌متر و طول آن‌ها ۲۰ سانتی‌متر انتخاب می‌شود [۷ و ۹].
- برای حفظ مقاومت لوله، سطح اشغال شده توسط شبکه‌ها کم‌تر از پنج درصد سطح لوله پیشنهاد می‌شود.

omoorepeyman.ir

- در فاصله بین دیواره چاه و لوله جدار، تا چند متر بالای لوله مشبک باید شن‌ریزی[1] صورت گیرد و بهتر است بقیه عمق چاه توسط مواد ریزدانه و یا بتن[2] مسدود شود تا هرزآب‌ها از اطراف لوله وارد چاه نشود.
- قطر شن‌های دانه‌بندی شده برای مصرف دور لوله، متناسب با دانه‌بندی آبرفت انتخاب می‌شود.
- دانه‌ها باید تا حد امکان کروی شکل و از شن‌های رودخانه‌ای انتخاب شود.
- لوله جدار چاه باید به کمک دو قطعه تیرآهن نمره ۱۰ هر کدام به طول ۱ متر در سطح زمین مهار شود و بلوک بتنی مستحکم در اطراف آن به ابعاد ۷۰×۷۰ سانتی‌متر و به عمق ۵۰ سانتی‌متر (۰/۲۵ مترمکعب) ساخته شود (شکل ۴-۱).
- در صورتی‌که در چاه مشاهده‌ای لوله پی- وی- سی نصب شده باشد، باید یک شاخه لوله گالوانیزه یا فولادی با طول و قطر مناسب در ابتدای چاه نصب شود به طوری که لوله پی- وی- سی داخل آن قرار گیرد و پشت لوله گالوانیزه با بتن پر شود.
- برای بیرون آوردن مواد دانه‌ریزی که بین ذرات درشت‌تر در مجاورت حفره ایجاد شده در آبخوان قرار گرفته‌اند، لازم است چاه به مدت مناسبی شستشو داده شود تا بخشی از مواد دانه‌ریز از چاه خارج شده و جریان‌آب زیرزمینی به صورت طبیعی در چاه برقرار شود. مدت زمان توسعه در چاه‌هایی که با استفاده از سامانه حفاری دورانی و با گل حفاری یا بنتونیت حفر می‌شوند، بیش‌تر توصیه می‌شود.
- باید نسبت به نصب درپوش مناسب و محکم روی دهانه لوله جدار اقدام کرد. در انتهای بیرونی لوله یک بوشن (ترجیحا پیچ آلن) متناسب با قطر لوله و یک تبدیل دو اینچی همراه با یک درپوش در نظر گرفته شود. بوشن به منظور بازکردن درب چاه برای پمپاژ یا آبکشی سالانه آن و تبدیل دو اینچی به منظور امکان اندازه‌گیری سطح آب زیرزمینی درنظر گرفته می‌شود.
- همه چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومترها باید دارای نقطه نشانه مشخص، ثابت و مطمئن باشند که تمام اندازه‌گیری‌ها از آن نقطه انجام شود. به همین منظور این‌گونه چاه‌ها پس از حفر و تجهیز، ترازیابی می‌شوند و ارتفاع نقطه نشانه آن‌ها معین می‌شود. توصیه می‌شود، روزنه یا محل اندازه‌گیری سطح آب زیرزمینی روی لوله جدار به عنوان نقطه نشانه انتخاب و نسبت به سطح مبنا که در ایران سطح متوسط آب خلیج فارس در بندر شهید رجایی انتخاب شده، ترازیابی شود.

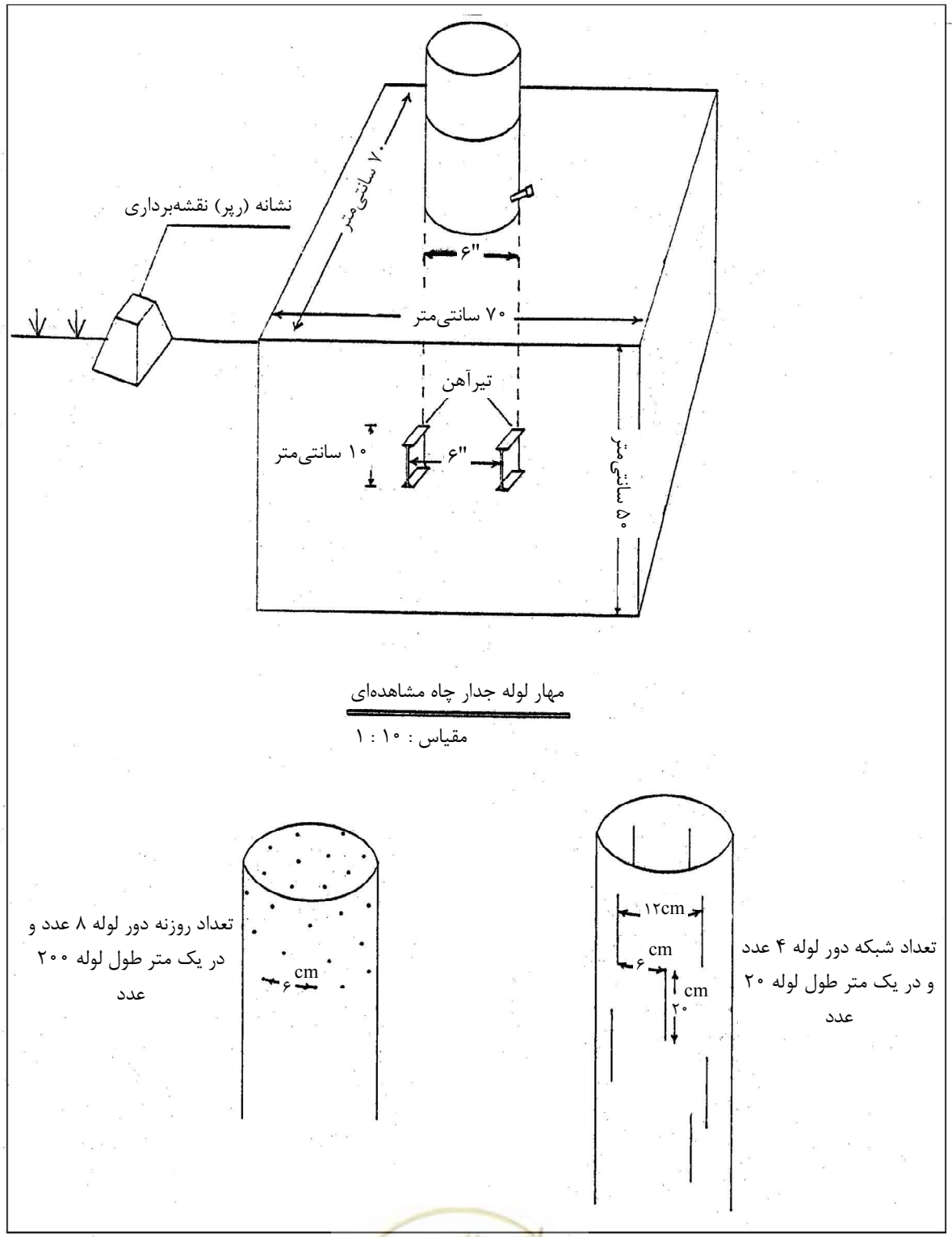
شکل (۴-۱) برخی مشخصات فنی مهار چاه و شبکه‌بندی لوله جدار را نشان می‌دهد.

- از چاه مشاهده‌ای و پیزومتر حفرشده با ضوابط مذکور، باید هرسال دو نوبت آب برداشت شود که برای هر نوبت، حدود ۵ ساعت پیشنهاد می‌شود. آبکشی یا پمپاژ چاه‌های مشاهده‌ای ضمن خروج آب ساکن چاه، برقراری جریان طبیعی آب زیرزمینی در چاه را سبب خواهد شد.

1- Gravel Pack
2- Cementing

omoorepeyman.ir

- هنگام پمپاژ، باید سعی شود آب پمپاژ شده در اطراف چاه نفوذ نکند.



شکل ۴-۱- تصویر برخی مشخصات فنی چاه‌های مشاهده‌ای

omoorepeyman.ir

در تجهیز پیزومترهای آرتزین باید روی دهانه لوله جدار یک عدد شیر فلکه (برای خروج آب از چاه آرتزین در حالت معمولی) و یک بوشن (برای اندازه‌گیری) در نظر گرفته شود که در هنگام اندازه‌گیری فشار آرتزین، شیر فلکه بسته شده و در بوشن یا روزنه باز می‌شود تا فشارسنج روی آن نصب شود.

در زمان حفاری چاه‌های پیزومتر، باید بین لوله جدار غیرمشبک و دیواره چاه از سطح زمین تا محل رسیدن به آبخوان تحت‌فشار، با سیمان کاملا پر شود به‌طوری‌که تبادل آب بین آبخوان‌های تحت فشار و آزاد از طریق پیزومتر وجود نداشته باشد.

۴-۳- ضوابط حفاری چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومترها در آبخوان‌های درز و شکاف‌دار و کارستی

از آن‌جایی که حفاری در سازندهای سخت هزینه زیادی را طلب می‌نماید، باید سعی کرد تا حد امکان برای اندازه‌گیری سطح آب از گمانه‌ها یا چاه‌های اکتشافی استفاده کرد. حفر گمانه‌های اکتشافی یکی از روش‌های اساسی در بررسی آبخوان‌های کارستی و درز و شکاف‌دار می‌باشد. به‌طورکلی، هدف از حفر این گمانه‌ها را می‌توان به صورت زیرخلاصه کرد:

- اندازه‌گیری نوسانات سطح آب زیرزمینی
- بررسی وضعیت زمین‌شناسی منطقه
- تعیین جهت حرکت آب زیرزمینی
- تعیین تراوایی سنگ
- تحقیق در خصوص وجود سیماهای کارست عمقی (غارها، مجاری انحلالی و ...) و تعیین ابعاد و موقعیت مکانی آن‌ها
- یافتن خصوصیات فیزیکی توده سنگ و ظرفیت آبدهی آن به‌طور اعم و یا آبخوان به‌طور اخص

این‌گونه چاه‌ها می‌توانند به عنوان یک چاه مشاهده‌ای به منظور پایش (رفتارسنجی) آب زیرزمینی در سنگ‌های‌کارستی یا درز و شکاف‌دار مورد استفاده قرار گیرند. در بیش‌تر طرح‌های پایش آب زیرزمینی، پیزومترها به عنوان یک نقطه موقتی یا دائمی برای نمایش تغییرات بار هیدرولیکی به‌کار می‌روند.

۴-۳-۱- تعیین محل

وجود مشکلات متعدد به منظور دست‌یابی به منابع آب کارست و سنگ‌های درز و شکاف‌دار، معمولا باعث بالارفتن هزینه حفاری در این نواحی می‌شود. از جمله این مشکلات می‌توان به سختی توده‌های سنگی، فقدان راه‌های دسترسی، عدم وجود آب مورد نیاز حفاری در محل و گران بودن دستگاه‌های حفاری که قابلیت حفر چاه در این مناطق را داشته باشند، اشاره کرد. بنابراین، هزینه هر متر حفاری در نواحی کارستی و سنگ‌های درز و شکاف‌دار همیشه از هزینه هر متر حفاری در پهنه‌های آبرفتی بیش‌تر بوده و از دو برابر نیز تجاوز می‌کند. با توجه به بالابودن هزینه حفاری، باید تعیین

omoorepeyman.ir

محل حفاری در این‌گونه مناطق به دقت انجام گیرد که باید مبتنی بر تعبیر و تفسیر صحیح از اطلاعات جمع‌آوری شده از منطقه باشد. چنانچه آبخوان دارای درز و شکاف زیاد با بازشدگی کم و هم‌اندازه باشد، تعیین محل و توسعه این‌گونه چاه‌ها شبیه به آبخوان‌های آبرفتی می‌باشد. اما اگر آبخوان دارای مناطق (زون‌های) با قابلیت انتقال زیاد (دارای درز و شکاف زیاد با مجاری و کانال‌های انحلالی) باشد که بتواند حجم قابل توجهی آب را انتقال دهد، در این‌صورت تعیین محل و حفر چاه‌های مشاهده‌ای نیازمند روش‌های خاصی است.

در تعیین محل این‌گونه چاه‌ها، به شرط وجود شرایط مساعد آب و هوایی رعایت نکات زیر الزامی است.

- ضخامت سازند

یکی از مهم‌ترین عواملی که در تعیین محل این‌گونه چاه‌ها باید مد نظر قرار گیرد، ضخامت سازند است که چاه باید در آن حفر شود. هرچه ضخامت سازند بیش‌تر باشد، قابلیت ذخیره آب بیش‌تری را خواهد داشت. بنابراین تعیین محل این‌گونه چاه‌ها در سازندهایی که ضخامت کافی ندارند، موجه نمی‌باشد.

- رخنمون سازند

هرچه برونزد سازند در سطح وسیع‌تری باشد، مطمئنا حجم بیش‌تری از ریزش‌های جوی را به درون‌خود نفوذ می‌دهد. بنابراین، باید از تعیین محل این قبیل چاه‌ها در توده‌های کوچک و پراکنده که ارتباط هیدرولیکی آن‌ها با رخنمون‌های گسترده نواحی مجاور قطع می‌باشد، اجتناب کرد.

به‌طورکلی، قبل از انتخاب محل گمانه‌ها در سازند سخت باید بررسی‌های وسیعی شامل مطالعات زمین‌شناسی، هیدروژئولوژی، زمین‌ریخت‌شناسی، زمین‌ساختی (تکتونیک) و ژئوفیزیک در منطقه صورت گیرد. البته طبیعی است که نتایج حاصل از حفاری بعد از بررسی‌های بالا، ممکن است موفقیت‌آمیز نبوده و حتی تحلیل‌های بسیار دقیق در منطقه هم نتیجه مثبت حفاری را ضمانت نمی‌کند. تجربه نشان داده است که تعبیر و تفسیر صحیح اطلاعات زمین‌شناسی، زمین‌ساختی (تکتونیک) و هیدروژئولوژیک بهترین پایه برای انتخاب محل این‌گونه چاه‌ها می‌باشد. نتایج ژئوفیزیک که به وسیله محققین با تجربه تفسیر شده، اطلاعات با ارزش و غالبا دقیقی را برای انتخاب محل چاه فراهم می‌کند. بنابراین، این نکته دارای اهمیت است که زمین‌شناس، هیدروژئولوژیست و متخصص ژئوفیزیک در مدت تفسیر این اطلاعات با یکدیگر همکاری نمایند.

لازم به یادآوری است که انتخاب محل چاه بهره‌برداری در سازندهای کارستی و درز و شکاف‌دار، نیاز به تهیه دستورالعملی جداگانه دارد که در این مقوله نمی‌گنجد.

۴-۳-۲- اخذ مجوز حفر چاه

کلیه مواردی که در بند ۳-۲-۲ ویژه آبخوان‌های آبرفتی آورده شده، درخصوص آبخوان‌های کارستی و درز و شکاف‌دار نیز باید رعایت شود.

omoorepeyman.ir

۴-۳-۳- انتخاب روش حفاری

وجود موارد اختلاف زیاد بین آبخوان‌های کارستی و سنگ‌های درز و شکاف‌دار با آبخوان‌های آبرفتی (که در قسمت کلیات این دستورالعمل به آن اشاره شد) سبب شده است که بیش‌تر روش‌های حفاری معمول در آبخوان‌های آبرفتی، در این‌گونه آبخوان‌ها کاربرد نداشته باشد. به عنوان مثال، روش‌های دستی (مقنی کن) و اُگر- متـه، بـه علـت سـخت بـودن سازندهای کارستی و سنگ‌های درز و شکاف‌دار در این‌گونه آبخوان‌ها به هیچ عنوان کاربرد ندارد. سامانه حفاری ضـربه‌ای نیز به ندرت در این‌گونه مناطق استفاده می‌شود. معمولا چاه‌هایی که با این سامانه در این‌گونـه منـاطق حفـر مـی‌شـوند، غالبا از حالت قائم منحرف می‌شوند.

سامانه‌های حفاری دورانی، به شرط آن‌که به‌جای گل حفاری (بنتونیت) از هوای فشرده[1] و کف[2] استفاده شود، مناسب هستند.

سامانه حفاری مغزه‌گیری[3] که نوعی روش حفاری دورانی است، با توجه به اهداف پروژه و همچنـین وجـود اعتبـارلازم (حفاری با این روش هزینه زیادی در بردارد)، روش مناسبی در حفر این قبیـل چـاه‌هـا اسـت زیـرا در ایـن روش، آب بـه عنوان مایع خنک‌کننده سرمته‌ها به کار برده می‌شود. چاه‌هایی که به این روش حفر می‌شوند، معمولا چند منظـوره بـوده که از آن‌ها نیز می‌توان به عنوان چاه مشاهده‌ای استفاده کرد.

متداول‌ترین و مناسب‌ترین روش حفر چاه در آبخوان‌های کارستی و درز و شکاف‌دار، سامانه حفاری چکشی- دورانـی[4] است که ضمن چرخش با وارد کردن ضربات مداوم و یکنواخت با استفاده از هوای فشرده و کف کار می‌کند.

۴-۳-۴- قطر و عمق حفاری چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومترها

هنگام حفر چاه‌های مشاهده‌ای در سازندهای کارستی و دیگر سازندهای سخت، رعایت موارد زیر کاملا ضروری است.

- قطر حفاری

قطر چاه‌های مشاهده‌ای در آبخوان‌های کارستی و سنگ‌های درز و شکاف‌دار بایـد طـوری انتخـاب شـود کـه اگـر بـه لوله‌گذاری نیاز است، فضای کافی برای انجام این موارد وجود داشته باشد. از طرف دیگر، با توجه به این‌کـه ممکـن اسـت برخی از این چاه‌ها در آینده به سامانه‌های ثبات مجهز شوند، لازم است قطر حفاری این‌گونه چاه‌ها حـدود ۶ اینـچ (۱۵۲ میلی‌متر) انتخاب شود که فضای کافی برای نصب این نوع دستگاه‌ها در چاه وجود داشته باشد. استانداردهای بـین‌المللـی قطر چاه‌های مشاهده‌ای در آبخوان‌های کارستی و سنگ‌های درز و شکاف‌دار را کم‌تر از ۷۶ میلی‌متـر توصـیه نمـی‌کننـد [۲۱]. بنابراین، برای رسیدن به اهداف گفته شده کم‌ترین قطری کـه بـرای ایـن قبیـل چـاه‌هـا بایـد در نظـر گرفـت ۷۶

1- Air Rotary
2- Foam
3- Core Drilling
4- Hammering

omoorepeyman.ir

میلی‌متر است. نظر به این‌که حفر چاه در سازندهای سخت هزینه سنگینی را به دنبال دارد بنابراین چاه‌های مشاهده‌ای حفرشده در این آبخوان‌ها، هم در پایش کمی و هم در پایش کیفی این منابع به کار برده می‌شوند.

- عمق حفاری

عمق حفاری چاه‌های مشاهده‌ای در سنگ‌های درز و شکاف‌داری را که به‌صورت قابل توجهی انحلال نیافته‌اند را می‌توان تاحدودی شبیه آبخوان‌های آبرفتی در نظر گرفت. نظر به این‌که در این‌گونه سنگ‌ها تغییرات شدید و ناگهانی در سطح آب زیرزمینی مشاهده نمی‌شود، بنابراین عمق حفر این‌گونه چاه‌ها تا ۲۵ متر زیر سطح آب زیرزمینی توصیه می‌شود. اما در آبخوان‌های کارستی که مجاری و کانال‌های انحلالی توسعه یافته وجود دارد، دامنه نوسان سطح آب زیرزمینی بسیار زیاد است. این تغییرات شدید، ناشی از تغذیه متمرکز یا نقطه‌ای[1] و یا تغذیه پراکنده یا گسترده[2] می‌باشد که در فاصله زمانی کوتاهی بعد از بارندگی‌های سنگین، افزایش شدید سطح آب‌زیرزمینی را تا حد چند ده متر به همراه خواهد داشت. برعکس این موضوع نیز درست است، یعنی در مدت کوتاهی پس از توقف بارندگی‌های سنگین با کاهش نسبتا سریع سطح آب زیرزمینی در این‌گونه آبخوان‌ها مواجه هستیم. ضمنا در آبخوان‌های کارستی علاوه بر ذخیره شدن آب در ناحیه اشباع، حجم قابل توجهی آب زیرزمینی در ناحیه تهویه یا اپی کارست می‌تواند وجود داشته باشد. بخش اپی کارست که معمولا ضخامتی بین ۱۰ تا ۱۵ متر دارد، شامل سنگ‌های به شدت خردشده و سنگ مادر انحلال یافته است که برخی اوقات می‌تواند اشباع باشد. جریان آب زیرزمینی به داخل این بخش، معمولا نسبت به خروج جریان از آن خیلی سریع‌تر می‌باشد.

با توجه به موارد گفته شده عمق حفاری چاه‌های مشاهده‌ای در آبخوان‌های کارستی بسته به شرایط آب و هوایی (نوع‌بارش، شدت و مدت بارندگی) و شرایط هیدروژئولوژیک (درجه پیشرفت پدیده کارست، چگونگی تغذیه و تخلیه آبخوان، وسعت حوضه آبگیر) می‌تواند متغیر باشد و در برخی آبخوان‌های کارستی تا ۸۰ متر زیر سطح آب‌زیرزمینی نیز می‌رسد [۵]. بنابراین، عمق چاه‌های مشاهده‌ای در آبخوان‌های کارستی باید متناسب با نوسانات فصلی و دوره‌ای سطح آب آن‌ها انتخاب شود. همان‌گونه که در مورد چاه‌های مشاهده‌ای آبرفتی نیز اشاره شد، عمق زیاد در زیر سطح ایستابی به دلیل وجود جریان‌های قائم دقت را کاهش می‌دهد ولی به علت نوسانات و تغییرات شدید سطح آب در آبخوان‌های کارستی، حفاری با عمق زیاد در زیر سطح آب برای این چاه‌ها ضروری است.

چنانچه به جز آبخوان آزاد وجود آبخوان تحت فشار نیز در منطقه محرز شود، باید آبخوان‌ها از یکدیگر جدا شده و سطح آب زیرزمینی در هر دو آبخوان به طور مجزا اندازه‌گیری شود. عمق چاه‌های مشاهده‌ای (پیزومتر) در آبخوان‌های تحت فشار باید حدود ۵ متر از ضخامت آبخوان تحت فشار را در برگیرد.

1- Point Recharge
2- Dispersed Recharge

omoorepeyman.ir

۴-۳-۵- تجهیز، توسعه و نگهداری چاه‌های مشاهده‌ای

کلیه مواردی که در تجهیز و توسعه چاه‌های مشاهده‌ای در آبخوان‌های آبرفتی باید رعایت شود، در توسعه و تجهیز چاه‌های مشاهده‌ای که در آبخوان‌های کارستی و سنگ‌های درز و شکاف‌دار نیز حفر می‌شوند، باید رعایت شود با این‌تفاوت که ممکن است چاه‌های مشاهده‌ای حفرشده در برخی سازندهای سخت به لوله‌گذاری و یا گراول‌ریزی نیاز نداشته باشند. اگر چاه مشاهده‌ای حفاری شده به لوله‌گذاری نیاز داشته باشد، برای استفاده طولانی مدت از آن‌ها باید داخل هر یک از آن‌ها یک لوله مشبک گالوانیزه نصب کرد. قطر این لوله نباید کم‌تر از ۲ اینچ باشد زیرا در لوله‌ای با این قطر می‌توان تمام وسایل آزمایش را که در طول بررسی‌ها به کار می‌رود به راحتی در چاه مشاهده‌ای عبور داد (سوندهای اندازه‌گیری سطح آب زیرزمینی، کلیه سوندهای چاه‌پیمایی، ردیابی و تعیین ایزوتوپ‌های رادیواکتیو، نمونه‌برداری آب). منافذ در لوله باید طوری ایجاد شود که در هر ۱۰سانتی‌متر ۲ منفذ به قطر ۸ تا۱۰ میلی‌متر در جدار لوله وجود داشته باشد. این منافذ نباید روی یک خط راست و عمود قرار گیرند، بلکه باید به طور متناوب نسبت به یکدیگر با زاویه ۹۰ درجه واقع شوند. برای چاه‌های مشاهده‌ای با عمق بیش از ۱۰۰ متر باید بخش‌های مشبک و غیرمشبک لوله به صورت متوالی به کار برده شده و روبروی افق‌های با تراوایی زیاد به‌ویژه لایه‌های دارای مجاری کارستی و غار، به لوله مشبک مجهز شوند و در صورت امکان هر افق را با طول بیش‌تری به لوله مشبک مجهز کرد.

مدخل چاه مشاهده‌ای و قسمتی از لوله در بالای سطح زمین معمولا به‌وسیله بتن محکم شده و درپوش محافظی به ورودی لوله چاه نصب می‌شود که بدون آچار مخصوص نمی‌توان آن را باز کرد. به‌این طریق از انسداد و پر شدن چاه جلوگیری می‌شود.

اگر چاه مشاهده‌ای در بستر رودخانه با جریان متناوب واقع شود، لازم است از تاثیر آب بستر رودخانه و از ورود مستقیم جریان آب به داخل آن محفوظ بماند. این حفاظت با نصب یک حلقه لاستیکی در عمق ۲ تا ۳ متر از سطح زمین و پرکردن فضای حلقوی بین دیواره چاه و لوله آن توسط مخلوط سیمان و بنتونیت در این بخش میسر خواهد شد.

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

فصل ۵

ضوابط انتخاب چشمه، قنات و چاه معرف

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۵-۱- کلیات

در رفتارسنجی کمی آب‌های زیرزمینی و به‌ویژه در مبحث محاسبات بیلان، آگاهی از میزان تخلیه آبخوان آبرفتی و یا سازند سخت یک ضرورت است و از آن‌جایی که سطح آب زیرزمینی هر آبخوان در ماه‌ها، فصول و سال‌های مختلف تحت تاثیر عوامل تغذیه و تخلیه نوسان دارد در نتیجه میزان آبدهی لحظه‌ای منابع تخلیه‌کننده و به‌ویژه چشمه و قنات در طول ماه‌ها و فصول مختلف متغیر می‌باشد. لازم به یادآوری است که در مورد چاه‌ها، عامل مهم ساعت و روزهای‌کارکرد نیز در میزان تخلیه ماهانه، فصلی و سالانه آن‌ها دخالت دارد. در بیش‌تر آبخوان‌ها و به ویژه آبخوان‌های آبرفتی تعدد و کثرت منابع تخلیه‌کننده موجب می‌شود تا هزینه انجام اندازه‌گیری ماهانه، فصلی و حتی سالانه آبدهی لحظه‌ای کلیه منابع و همچنین تعیین ساعات، روزها و ماه‌های کارکرد چاه‌ها، بسیار سنگین و غیراقتصادی باشد. بنابراین، برای این‌که میزان تخلیه سالانه منابع آب‌های زیرزمینی با دقت قابل قبولی مشخص شود از یک اصل آماری یعنی انتخاب نمونه‌هایی از یک مجموعه دارای خصوصیات مشترک بهره‌گیری می‌شود و نتایج به‌دست آمده از بررسی رفتار و ویژگی‌های نمونه‌های انتخابی به کل مجموعه تعمیم داده می‌شود. طبق این اصل، از مجموعه منابع تخلیه‌کننده هر آبخوان تعدادی چشمه، قنات و چاه بهره‌برداری که باید معرف منابع تخلیه‌کننده در بخش‌های مختلف آبخوان باشند با نام منابع انتخابی یا معرف، تعیین و به صورت مستمر و ماهانه آبدهی آن‌ها اندازه‌گیری و در مورد چاه‌های بهره‌برداری، ساعات کارکرد روزانه و ماهانه آن‌ها نیز مشخص می‌شود. مسلما در تعیین منابع انتخابی، کم یا زیاد بودن دبی لحظه‌ای یا تخلیه سالانه آن‌ها ملاک انتخاب نخواهد بود بلکه نماینده و معرف بودن تعداد زیادتری از منابع از نظر تغییرات آبدهی در طول سال و ساعات کارکرد (در مورد چاه) ملاک اصلی انتخاب می‌باشد. با مشخص شدن ضرایب مربوط به تغییرات تخلیه ماهانه (نسبت تخلیه ماهانه به تخلیه سالانه) منابع انتخابی معرف بهره‌برداری موجود در بخش‌های مختلف آبخوان و تعمیم آن‌ها به مجموعه منابع دارای ویژگی‌های مشابه، امکان محاسبه تخلیه سالانه آبخوان‌ها با دقت قابل قبولی فراهم می‌شود. چگونگی استفاده از نتایج منابع انتخابی برای محاسبه سایر منابع بهره‌برداری کننده آب زیرزمینی و شیوه نمایش و ارائه اطلاعات آن‌ها، در مبحث روش‌های نمایش مجموعه‌های آماری (فصل ۷) به صورت تفصیلی شرح داده خواهد شد.

در ادامه ضوابط انتخاب منابع معرف یا به عبارت دیگر ضوابط ایجاد شبکه اندازه‌گیری مستمر آبدهی منابع تخلیه‌کننده آبخوان‌های آبرفتی و سازندهای سخت شرح داده می‌شود.

۵-۲- ضوابط تعیین منابع انتخابی معرف در آبخوان‌های آبرفتی

در بیش‌تر آبخوان‌های آبرفتی، چاه‌های بهره‌برداری نسبت به سایر منابع بیش‌ترین تعداد را دارا بوده و بیش‌ترین حجم تخلیه را به خود اختصاص می‌دهند. بعد از چاه، معمولا قنات‌ها از نظر تعداد و میزان تخلیه در مرتبه بعدی قرار گرفته و چشمه‌های موجود در پهنه‌های آبرفتی که اکثرا به صورت زهکش عمل می‌کنند، در مرتبه آخر قرار می‌گیرند.

omoorepeyman.ir

۵-۲-۱- ضوابط انتخاب چاه‌های معرف بهره‌برداری و تراکم آن‌ها

چاه‌های بهره‌برداری آبخوان‌های آبرفتی از نظر تعداد و میزان تخلیه از بیش‌ترین اهمیت برخوردار بوده و بنابراین باید از میان انواع چاه‌های عمیق، کم‌عمق و آرتزین و برحسب نوع مصرف (کشاورزی، شرب و صنعت) تعدادی که موقعیت آن‌ها در بخش‌های مختلف آبخوان اصلی، معلق و در نواحی تغذیه و تخلیه‌کننده می‌باشند یا به‌عبارت دیگر در شرایط متفاوت هیدروژئولوژیکی قرار دارند، انتخاب شده و به طور مستمر و ماهانه آبدهی آن‌ها مورد اندازه‌گیری قرار گرفته، ساعات و روزهای کارکرد آن‌ها مشخص شود.

بیان این نکته ضروری است که به دلیل بهره‌گیری چاه‌های عمیق از تمام یا بخش عمده‌ای از لایه‌های اشباع، تغییرات آبدهی لحظه‌ای آن‌ها در طول سال ناچیز است درصورتی‌که چاه‌های کم‌عمق و به‌ویژه آن‌هایی که به پمپ‌های مکش (سانتریفوژ) مجهز هستند، فقط قادر به بهره‌برداری از بخش فوقانی آبخوان بوده و آبدهی لحظه‌ای آن‌ها نه تنها در طول ماه‌ها و فصول متفاوت است، بلکه عمدتا در ابتدا و انتهای بهره‌برداری در شبانه‌روز نیز متغیر می‌باشد. با این توضیحات برای انتخاب چاه‌های بهره‌برداری معرف و چگونگی تراکم آن‌ها موارد شرح داده شده در ادامه باید در نظر گرفته شود.

۵-۲-۱-۱- تفکیک آبخوان‌ها و مشخصه آن‌ها

ضرورت دارد که با بهره‌گیری از نقشه‌های مختلف کمی و به ویژه تراز و هم‌عمق آب زیرزمینی و همچنین نقشه‌های ژئوفیزیک، پهنه آبخوان اصلی با آبخوان‌های معلق به‌ویژه در حاشیه ارتفاعات مشخص و مرز آن‌ها تعیین شود. در آبخوان‌های کوچک معلق حاشیه‌ای، سنگ کف بالاتر و در نتیجه عمق برخورد به سطح آب زیرزمینی نیز نسبت به بخش‌های ابتدایی و میانی آبخوان اصلی، کم‌تر است. در مرز بین آبخوان معلق حاشیه‌ای با آبخوان اصلی، گرادیان هیدرولیکی نیز نسبت به بخش‌های آبخوان اصلی بسیار بیش‌تر است، ضمن این‌که بیش از آبخوان اصلی تحت تاثیر فصول خشک و مرطوب و تغذیه و تخلیه آنی قرار دارند. نمونه‌ای از آبخوان‌های معلق حاشیه‌ای را در دشت تهران، بخشی از نقاط شمیرانات به صورت آبخوان‌های بسیار کوچک می‌توان دید آبخوان اصلی تهران از حدود جنوب تپه‌های عباس‌آباد شروع می‌شود.

در بخش‌هایی از دشت علاوه بر آبخوان آزاد اصلی ممکن است یک یا چند آبخوان تحت فشار نیز تشخیص داده شود. چاه‌هایی که تنها در داخل آبخوان آزاد حفر شده‌اند، آن‌هایی که چندین آبخوان را قطع کرده‌اند و چاه‌های آرتزین که فقط از آبخوان تحت فشار تخلیه می‌نمایند باید تفکیک شوند زیرا هر گروه از نظر تخلیه آبخوان‌ها جامعه مجزایی را تشکیل می‌دهند. بنابراین، لازم است حدود آبخوان‌های تحت فشار نیز براساس اطلاعات موجود مشخص شود ضمن این‌که در یک آبخوان آزاد بین نواحی ابتدایی و مخروط‌افکنه‌ای، میانی و انتهایی از نظر ویژگی‌های هیدروژئولوژی (از جمله سطح ایستابی، دانه‌بندی آبرفت و ضرایب هیدرودینامیک) تفاوت‌هایی وجود دارد که ضروری است از این نظر نیز بخش‌های متفاوت تفکیک شود.

omoorepeyman.ir

۵-۲-۱-۲- نوع مصرف

پس از تعیین پهنه و مرز آبخوان اصلی و معلق و همچنین گستره آبخوان تحت فشار روی نقشه، کلیه چاه‌ها باید برحسب نوع مصرف مشخص شده و از یکدیگر تفکیک شوند. در بیش‌تر آبخوان‌ها تعداد چاه‌های شرب و صنعت نسبت به چاه‌های بخش کشاورزی محدود است، ضمن این‌که ساعت‌های کارکرد و تخلیه چاه‌های شرب شهری و روستایی و صنایع مختلف نیز تفاوت‌های زیادی دارند.

از آن‌جایی که اکثرا آب چاه‌های شرب به‌طور مستقیم وارد شبکه یا منبع می‌شود، اندازه‌گیری آبدهی لحظه‌ای آن‌ها به آسانی امکان‌پذیر نبوده و بنابراین میزان تخلیه به منظور شرب را می‌توان با مراجعه به واحدهای آب و فاضلاب و مسوولین مربوطه تعیین کرد. در مورد تعیین آب مصرفی بخش صنعت نیز بهترین روش، سوال از مسوولین واحدهای صنعتی است زیرا صنایع مشابه نیز برحسب یک، دو یا سه شیفت بودن و نوع و میزان تولید آب مصرفی متفاوتی دارند.

با توجه به توضیحات بالا، مشخص است که بیش‌تر چاه‌های انتخابی معرف بهره‌برداری از بین چاه‌های بخش‌کشاورزی خواهند بود. از آن‌جایی‌که آب مورد نیاز گیاهان مختلف، تفاوت قابل ملاحظه‌ای دارد باید چاه‌های بهره‌برداری معرف در امر کشاورزی به شکلی انتخاب شوند که هر کدام نماینده و معرف مجموعه‌ای از چاه‌های‌کشاورزی و کشت‌های غالب یا موجود در محدوده مورد مطالعه باشند و چون بافت خاک نیز عامل مهمی در میزان مصرف بخش کشاورزی می‌باشد، لازم است که چاه‌های بهره‌برداری معرف در امر کشاورزی در بخش‌های مختلف آبخوان با شرایط متفاوت هیدروژئولوژی قرار گیرند.

۵-۲-۱-۳- گزینش و تراکم چاه‌های انتخابی

پس از تفکیک آبخوان اصلی از آبخوان‌های معلق و همچنین مشخص شدن نوع مصرف برای هر یک از بخش‌های ابتدایی، میانی و انتهایی آبخوان که شرایط هیدروژئولوژیک متفاوتی را دارند. تعدادی چاه را که معرف مجموعه‌های مشابه خود باشند، انتخاب کرده، هر ماه آبدهی لحظه‌ای آن‌ها اندازه‌گیری می‌شود و همراه با تعداد ساعت‌های کارکرد روزانه و ماهانه آن‌ها روی فرم‌های معینی ثبت می‌شود.

کارکرد ماهانه چاه‌ها با تعیین میزان سوخت فسیلی یا مصرف برق ماهانه و سوال از متصدی چاه‌ها قابل محاسبه می‌باشد. بدیهی است در بهره‌برداری از این روش لازم است متوسط مصرف برق یا مقدار سوخت در ساعت برای چاه مورد نظر، مشخص شود. برای به‌دست آوردن دقیق‌تر میزان تخلیه ماهانه چاه‌های انتخابی، مناسب‌تر است که در مسیر لوله آبده کنتور حجمی نصب و هر ماه میزان تخلیه با استفاده از کنتور خوانده و محاسبه شود.

با توجه به مطالبی که گفته شد، تعداد و تراکم چاه‌های انتخابی برای آبخوان‌های مختلف با توجه به شرایطی که دارا هستند، متفاوت می‌باشد. ضمنا باید سعی شود از هر گروه چاه‌های با شرایط یکسان، چاهی که شکل دسترسی به آن آسان‌تر و برای اندازه‌گیری آبدهی مناسب‌تر باشد به عنوان معرف آن گروه انتخاب شود.

omoorepeyman.ir

۵-۲-۲- قنات‌های انتخابی معرف

علاوه بر آبخوان‌های اصلی، انتخاب قنات‌های معرف برای قنات‌های موجود در دره‌ها و حاشیه خشک‌رودها که از جریان‌های بستری (زیرقشری) بهره‌گیری می‌کنند، نیز لازم است. قنات‌های اخیر دارای طول محدود بوده و تغییرات آبدهی آن‌ها کاملا تابع مقدار رواناب رودخانه‌ها و خشک‌رودها می‌باشد. از این‌رو، برحسب تعداد دره‌ها و خشک‌رودها که قنات در حاشیه یا بستر آن‌ها احداث شده و همچنین برای هر آبخوان معلق حاشیه‌ای احتمالی یک قنات به عنوان معرف انتخاب و آبدهی آن به طور مستمر و ماهانه اندازه‌گیری می‌شود.

قنات‌هایی که در آبخوانی با وسعت زیاد احداث شده‌اند معمولا دارای طول زیاد بوده و از نظر این‌که از بخش‌های فوقانی آبخوان تغذیه می‌شوند، تغییرات آبدهی آن‌ها تابع نوسان سطح آب زیرزمینی ناحیه‌ای می‌باشد که بخش آبده قنات در آن قرار گرفته است. برای انتخاب قنات معرف یک آبخوان وسیع، با بهره‌گیری از نقشه موقعیت چاه‌های مشاهده‌ای و آبنمود نوسان‌های سطح آب زیرزمینی آن‌ها که برای قسمت‌های متفاوت آبخوان با شرایط هیدروژئولوژیک مختلف تفاوت دارد باید بخش‌های دارای نوسانات سطح آب تقریبا مشابه روی نقشه مشخص شود. به این ترتیب، پس از انطباق با نقشه موقعیت منابع آب تخلیه‌کننده آب‌های زیرزمینی مجموعه قنات‌های موجود در هر بخش که دارای ویژگی‌های مشترک هستند، مشخص می‌شوند. سپس با توجه به وسعت هر بخش و تعداد قنات‌های موجود در آن برای هر بخش یک یا دو رشته قنات به عنوان قنات معرف انتخاب و آبدهی آن‌ها به صورت مستمر و ماهانه اندازه‌گیری می‌شود. مسلما درصورتی‌که چاه‌های مشاهده‌ای در بخش‌هایی از آبخوان وجود نداشته باشد در این حالت برای انتخاب قنات انتخابی مجموعه شرایط هیدروژئولوژیک آن بخش‌های آبخوان تعیین‌کننده خواهد بود.

پیشنهاد می‌شود که در ناحیه مظهر قنات‌های انتخابی برای اندازه‌گیری آبدهی باید بسترسازی مناسب صورت پذیرد، در ضمن با نصب دستگاه‌های اندازه‌گیری ثبات به‌ویژه دیتالاگر دقت اندازه‌گیری افزایش می‌یابد.

۵-۲-۳- چشمه‌های انتخابی معرف

در بسیاری از پهنه‌های آبرفتی، چشمه‌هایی در حاشیه و قعر رودخانه‌های دائمی یا فصلی به‌صورت گروهی مشاهده می‌شود. اگرچه ممکن است تعداد آن‌ها در برخی دشت‌ها زیاد باشد ولی عموما دارای آبدهی کم یا فصلی بوده و این گروه چشمه‌ها را می‌توان نوعی زهکش آبخوان فرض کرد. بنابراین، برای دستیابی به میزان تخلیه آن‌ها می‌توان از روش‌هایی که در اندازه‌گیری آبدهی زهکش به‌کار می‌رود، استفاده کرد که ساده‌ترین آن‌ها اندازه‌گیری هم‌زمان آبدهی دو نقطه به فاصله معین در مسیر رودخانه است. تفاوت آبدهی بین این دو نقطه (به شرط صرف‌نظر کردن از تبخیر آب رودخانه) میزان آبدهی لحظه‌ای مجموعه چشمه‌ها خواهد بود و با اندازه‌گیری ماهانه و مستمر، تخلیه سالانه آبخوان از این روش محاسبه می‌شود.

برای چشمه‌های منفردی که حوضه آبگیر آن‌ها در آبرفت قرار داشته و در پهنه دشت ظاهر می‌شوند برحسب تعداد و توزیع آن‌ها در دشت، یک یا چند چشمه به عنوان معرف انتخاب شده و به صورت مستمر آبدهی آن‌ها اندازه‌گیری

omoorepeyman.ir

می‌شود. تعداد چشمه‌های معرف به چگونگی نوسانات سطح آب زیرزمینی در بخش‌های مختلف آبخوان بستگی دارد که در مبحث قنات‌های معرف به شیوه این تقسیم‌بندی اشاره شده است.

پیشنهاد می‌شود که برای اندازه‌گیری دقیق آبدهی چشمه‌های انتخابی، در ناحیه مظهر چشمه (کانالی که آب چشمه در آن جریان می‌یابد) بسترسازی انجام شده و دستگاه اندازه‌گیری ثبات نصب شود.

۵-۳- ضوابط تعیین منابع انتخابی معرف در سازندهای کارستی و درز و شکاف‌دار

شرایط خاص هیدروژئولوژیک حاکم بر آبخوان‌های کارستی، ضوابط انتخاب منابع آب معرف در این آبخوان‌ها را مشکل می‌سازد. تغییرات شدید خصوصیات هیدروژئولوژیک از قبیل ناهمسانی و ناهمگنی این‌گونه آبخوان‌ها که ناشی از پیشرفت کارستی شدن[1] توده‌های کارستی است، بنابراین ضوابط انتخاب منابع آب معرف در آن‌ها به سادگی آبخوان‌های آبرفتی نمی‌باشد. اما در آبخوان‌های شکل‌گرفته در سنگ‌های درز و شکاف‌دار غیرکارست، میزان ناهمسانی و ناهمگنی نسبت به آبخوان‌های کارستی بسیار کم‌تر بوده و تا حدودی شبیه به آبخوان‌های آبرفتی است. به همین دلیل، ضوابطی که در انتخاب منابع آب معرف در آبخوان‌های آبرفتی در نظر گرفته می‌شود، می‌توان به این‌گونه آبخوان‌ها (آبخوان‌های موجود در سنگ‌های درز و شکاف‌دار) تعمیم داد. بنابراین، در این مبحث عمدتا به ضوابط انتخاب منابع آب معرف در آبخوان‌های کارستی اشاره می‌شود.

عمده‌ترین عامل تخلیه‌کننده مخازن موجود در سازندهای سخت، چشمه‌ها هستند. چاه‌ها به تعداد کم و فقط در برخی از نواحی کارستی حفر شده‌اند. قنات نیز شبیه آنچه در آبرفت وجود دارد، به هیچ وجه در سازندهای سخت حفر نشده و آنچه که وجود دارد چشمه‌هایی هستند که برای افزایش آبدهی آن‌ها به میزان محدودی در سازندهای سخت حفر شده و به چشمه- قنات معروف هستند.

۵-۳-۱- ضوابط انتخاب چشمه‌های کارستی معرف

عمدتا چشمه‌های کارستی در امتداد سطح اساس کارست ظاهر می‌شوند. این سطح اساس، می‌تواند در مرز با یک سازند غیرقابل نفوذ، دره‌ها، دامنه ارتفاعات کارستی یا سواحل دریاها و دریاچه‌ها باشد. به‌طور کلی، مشخصه‌های هیدروژئولوژیک چشمه‌های کارستی به مولفه‌هایی مثل سطح حوضه، زمان ماندگاری (ظرفیت تاخیری آبخوان) تخلخل موثر و ترکیب سنگ‌شناسی توده‌های تشکیل‌دهنده آبخوان بستگی دارد. چشمه‌های دائمی، معمولا با پایین‌ترین سطح اساس کارست یا پایین‌ترین تراز ارتفاعی نسبت به سطح دریا ارتباط دارند. به‌طور کلی، در انتخاب چشمه‌های کارستی معرف باید موارد زیر را مد نظر قرار داد.

1- Karstification

omoorepeyman.ir

۵-۳-۱-۱- تغییرات آبدهی چشمه‌ها و چگونگی تغذیه آن‌ها

تغییرات آبدهی چشمه می‌تواند به عنوان یکی از مولفه‌های مهم در انتخاب آن به عنوان چشمه معرف در نظر گرفته شود. هرچه اختلاف بین بیش‌ترین و کم‌ترین آبدهی چشمه بیش‌تر باشد و یا به عبارتی، هرچه نسبت بین بیش‌ترین و کم‌ترین آبدهی چشمه بیش‌تر باشد، می‌توان گفت که پدیده کارست در آبخوان پیشرفت بیش‌تری داشته است. چنانچه این نسبت زیاد بوده و آبدهی چشمه در تمام فصول سال (دائمی) تداوم یابد، حاکی از آبخوانی با گسترش خوب می‌باشد که نشان‌دهنده حجم مخزن بزرگ است. این نوع چشمه‌ها می‌توانند نماینده بخش‌عمده یا نماینده کل آبخوان باشند و می‌توان آن‌ها را به عنوان چشمه معرف انتخاب کرد. در برخی از چشمه‌ها با این‌که نسبت بین بیش‌ترین و کم‌ترین آبدهی زیاد می‌باشد، اما آبدهی آن‌ها در طول سال تداوم نمی‌یابد (چشمه‌های‌فصلی) این موضوع نشان می‌دهد که چشمه‌هایی از این نوع معرف کل آبخوان نبوده یا این‌که آبخوان آن‌ها ابعاد کوچک‌تری دارد، ولی پدیده کارست در این آبخوان به شکل قابل توجهی پیشرفت داشته که در مدت زمان کوتاهی باعث تخلیه آب موجود در آن شده است.

این‌گونه چشمه‌ها عمدتا تغذیه نقطه‌ای دارند یا به عبارتی منشا تغذیه آن‌ها، پانورها و حفره‌های فروکش کارستی است که در نواحی مرتفع واقع شده‌اند، تحت تاثیر بارش حجم قابل توجهی آب را به درون خود نفوذ داده و با قطع بارش به سرعت از حجم آب نفوذی کاسته می‌شود که در نهایت خشک شدن چشمه‌های تغذیه‌شونده از این پدیده‌های کارستی را در پی خواهد داشت. بنابراین، در انتخاب این‌گونه چشمه‌ها به عنوان معرف باید دقت بیش‌تری شود.

از طرف دیگر برخی از چشمه‌ها با این‌که پر آب می‌باشند اما تغییرات آبدهی آن‌ها زیاد نیست. این موضوع نشان می‌دهد که حوضه این چشمه‌ها گسترده بوده و از نقاط دور دست، حتی خارج از مرز حوضه آبریز سطحی تغذیه می‌شوند. در ایجاد این نوع چشمه‌ها، پدیده تکتونیک غالب می‌باشد هر چند پیشرفت پدیده کارست در نواحی ابتدایی تغذیه این چشمه‌ها دور از انتظار نیست. بنابراین انتخاب این چشمه به عنوان معرف می‌تواند قابل قبول باشد.

۵-۳-۱-۲- دما

دمای آب چشمه و نوسانات آن، نشان‌دهنده برخی از ویژگی‌های آبخوان است. در انتخاب چشمه معرف، باید دقت شود که دمای آب چشمه، با دمای آب گروهی از منابع آب موجود در آبخوان شبیه یا نزدیک به آن باشد. بنابراین، دما شاخصی است که از آن می‌توان در انتخاب چشمه‌های معرف استفاده کرد.

۵-۳-۱-۳- کیفیت شیمیایی

کیفیت شیمیایی آب چشمه‌ها را نیز می‌توان به عنوان یک مولفه در انتخاب آن چشمه مورد استفاده قرار داد. در گروهی از چشمه‌هایی که از یک سازند تخلیه می‌شوند، اگر چشمه‌ای به عنوان معرف انتخاب می‌شود باید سعی شود کیفیت آب آن چشمه نماینده کیفیت شیمیایی بخش اعظم آن گروه باشد.

omoorepeyman.ir

با در نظر گرفتن کلیه موارد مذکور باید چشمه‌ها را در هر منطقه (زون) دسته‌بندی یا گروه‌بندی کرد. چشمه‌هایی که در هر دسته یا گروه قرار می‌گیرند باید دارای وجوه اشتراک فوق بوده و از هر دسته یا گروه، یک یا دو دهنه به عنوان معرف انتخاب و نسبت به اندازه‌گیری آبدهی آن اقدام می‌شود. در انتخاب چشمه معرف باید سعی کرد در تمام طول سال راه دسترسی به آن وجود داشته باشد. طبق استانداردهای جهانی [۱۶ و ۲۱] چشمه معرف باید به سامانه‌ها و ادوات اندازه‌گیری ثبات مجهز شود تا تغییرات آبدهی آن به دقت اندازه‌گیری شود. از انتخاب چشمه‌های معرف در نزدیکی مناطق (زون‌های) بهره‌برداری باید خودداری شود. ضمنا تغییرات آبدهی چشمه معرف باید با تغییرات سطح آب زیرزمینی در چاه‌های مشاهده‌ای حفر شده در آبخوان مورد نظر هم‌خوانی داشته باشد.

در بخش‌های کوهستانی مرتفع و صعب‌العبور تعدادی از محدوده‌های مطالعاتی چشمه‌های سازند سخت تشکیل‌دهنده تمام یا بخش عمده‌ای از آبدهی پایه رودخانه‌ها می‌باشند و بنابراین با بهره‌گیری از نتایج حاصل از اندازه‌گیری مستمر آبدهی رودخانه از طریق نصب ایستگاه هیدرومتری و تجزیه آبنمود مربوط به بخش‌های رواناب سطحی، سیلاب و زیرزمینی، سهم تخلیه مجموع چشمه‌های موجود در بالادست ایستگاه اندازه‌گیری مشخص می‌شود.

لازم به توضیح است که بیش‌تر چشمه‌های موجود در حاشیه دشت‌ها که به فاصله کمی از ارتفاعات ظاهر می‌شوند از سازندهای سخت منشا می‌گیرند و باید به عنوان چشمه‌های معرف واحدهای سنگی با آن‌ها برخورد شود.

۵-۳-۲- چاه‌های انتخابی بهره‌برداری از سازندهای کارستی و درز و شکاف‌دار

چاه‌های بهره‌برداری از سازندهای کارستی درز و شکاف‌دار در ایران عمدتا برای شرب مورد استفاده قرار می‌گیرند و انتخاب یک حلقه از آن‌ها برای هر گروه یا هر منطقه (زون) بهره‌برداری که در یک سازند خاص قرار دارد به عنوان چاه بهره‌برداری معرف از سازند مورد نظر کفایت می‌کند.

۵-۳-۳- چشمه - قنات‌های معرف

در مورد چشمه - قنات‌هایی که منشا آن‌ها واحدهای سنگی است، در صورت تعدد آن‌ها در یک محدوده مطالعاتی برای هر گروه چشمه ـ قنات یا قنات‌هایی که منشا آن‌ها از سازند سخت است و از یک واحد سنگی خاص تغذیه می‌شوند، یک دهنه (برای چشمه ـ قنات) و یک رشته (برای قنات‌ها) به عنوان معرف انتخاب شده و آبدهی آن‌ها به‌صورت مستمر (حداقل ماهانه) اندازه‌گیری می‌شود.

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

فصل ۶

وسایل و روش‌های اندازه‌گیری و جمع‌آوری آمار

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۶-۱- کلیات

وسایل اندازه‌گیری سطح آب زیرزمینی و به‌ویژه وسایل و روش‌های اندازه‌گیری آبدهی (دبی)، در دستورالعمل آماربرداری از منابع آب (وسایل و روش‌های اندازه‌گیری- نشریه شماره ۲۳۹ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور) و دستورالعمل آزمایش‌های پمپاژ (استاندارد شماره ۱۷۹- الف طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور) درج شده است. در این‌جا، تنها به وسایل و روش‌های مناسب اندازه‌گیری سطح آب چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومترها و اندازه‌گیری آبدهی منابع انتخابی اشاره شده و از چگونگی محاسبات آبدهی اجتناب می‌شود.

۶-۲- وسایل اندازه‌گیری سطح آب زیرزمینی و ثبت نتایج

از آن‌جایی که هدف از اندازه‌گیری سطح آب زیرزمینی، تعیین ارتفاع آب زیرزمینی (طبق آنچه در بخش اصطلاحات تعریف شد) به منظور تهیه نقشه تراز آب زیرزمینی و مشخص شدن جهت جریان و شیب هیدرولیکی و همچنین تهیه هیدروگراف (آبنمود) معرف تغییرات ارتفاع سطح ایستابی آب زیرزمینی می‌باشد، قبل از شرح وسایل اندازه‌گیری دو اصطلاح رپر یا نشانه مبنا و نقطه نشانه در چاه مشاهده‌ای تعریف می‌شود.

- رپر (نشانه مبنا)

بلوکی سیمانی است که در نزدیکی چاه مشاهده‌ای یا پیزومتر نصب می‌شود. بلندی راس آن با انجام ترازیابی دقیق نسبت به سطح مبنا (در ایران سطح متوسط آب خلیج فارس در بندر شهید رجایی) تعیین می‌شود.

- نقطه نشانه

نقطه ثابت علامت‌گذاری شده در دهانه چاه یا پیزومتر (ترجیحا روزنه درپوش چاه) می‌باشد که ارتفاع مطلق این نقطه با استفاده از ارتفاع رپر تعیین شده و همیشه از این نقطه سطح آب چاه اندازه‌گیری می‌شود. ارتفاع سطح آب یا تراز آب چاه با تفاضل مقدار عمق سطح ایستابی اندازه‌گیری شده از ارتفاع مطلق نقطه نشانه به‌دست می‌آید.

۶-۲-۱- عمق یاب

عمق‌یاب وسیله‌ای است، برای اندازه‌گیری عمق سطح آب زیرزمینی نسبت به نقطه نشانه در چاه‌های مشاهده‌ای که عبارت از یک کابل سیمی مدرج شده یا متر نواری است که در انتهای آن وزنه‌ای به شکل شاغول یا استوانه (به منظور جلوگیری از خم‌شدگی کابل و ورود آسان به چاه) متصل شده است.

omoorepeyman.ir

نوع تکمیل شده عمق‌یاب، براساس برقراری جریان الکتریسته توسط آب درون چاه مشاهده‌ای کار می‌کند. این نوع عمق‌یاب از یک جعبه همراه با قرقره دارای کابل مدرج شده‌ای تشکیل شده است. در انتهای کابل، دو الکترود نزدیک به هم وصل شده و مدار الکتریکی زمانی برقرار می‌شود که هر دو الکترود به سطح آب برسد.

۶-۲-۲- دستگاه‌های ثبات سطح آب زیرزمینی (یا عمق‌یاب‌های خودکار)

این دستگاه‌ها که می‌توانند سطح آب را به‌صورت لحظه‌ای اندازه‌گیری و ثبت کنند به دو صورت مکانیکی و الکترونیکی طراحی شده‌اند.

۶-۲-۲-۱- دستگاه ثبات مکانیکی یا لیمنیگراف[1]

در دستگاه مکانیکی یا لیمنیگراف، تغییرات سطح آب توسط یک قلم متحرک روی یک کاغذ مدرج که به این منظور به دور استوانه‌ای با حرکت دورانی یکنواخت پیچیده شده، به‌صورت مستمر ثبت می‌شود.

۶-۲-۲-۲- دستگاه ثبات الکترونیکی یا دیتالاگر[2]

در دستگاه الکترونیکی تغییرات سطح آب زیرزمینی توسط یک سنجنده[3] به‌صورت عددی[4] روی دیسک ذخیره شده که اطلاعات به‌دست آمده با استفاده از رایانه استخراج و بررسی می‌شود. از مزایای این دستگاه، ثبت اطلاعات در فواصل زمانی کوتاه و دلخواه می‌باشد.

۶-۲-۲-۳- دستگاه رادار سطح آب[5]

این دستگاه دارای یک فرستنده و یک گیرنده امواج رادار است. در این دستگاه با استفاده از فناوری رادار، اقدام به ارسال امواج الکترومغناطیسی طول موج بلند رادار نموده که پس از برخورد با سطح آب، بازتابش آن توسط گیرنده دریافت می‌شود. زمان ارسال و دریافت امواج تعیین و برآن اساس عمق سطح ایستابی تعیین می گردد.

۶-۲-۳- فشارسنج[6]

فشارسنج برای تعیین ارتفاع معادل، نظیر فشار در آبخوان تحت فشار (فشار پیزومتری) مورد استفاده قرار می‌گیرد. مایع درون فشارسنج معمولا جیوه بوده و انتهای لوله اندازه‌گیرنده با هوای آزاد در ارتباط می‌باشد. چگونگی جاگذاری فشارسنج در پیزومترها به این صورت است که در جدار جانبی یا فوقانی پیزومتر روزنه‌ای طبق آنچه در ضوابط حفاری پیزومترها گفته شد، ایجاد کرده و روزنه را از طریق شاخه یا لوله واسطی به فشارسنج متصل می‌کنند. این لوله باید

1- Liminigraph
2- Data Logger
3- Sensor
4- Digital
5- Watertable Radar
6- Manometer

omoorepeyman.ir

دارای شیر قطع و وصل باشد تا با باز و بسته شدن آن بتوان فشارسنج را نصب کرد و شرایط لازم برای آزمایش تعمیر یا تعویض آن نیز فراهم باشد.

با توجه به این‌که ۱ اتمسفر فشار در شرایط استاندارد معادل ستونی از آب به ارتفاع ۱۰/۳۳۶ متر است با اندازه‌گیری فشار آب توسط فشارسنج، ارتفاع معادل فشار آن نقطه تعیین می‌شود. از رابطه زیر نیز ارتفاع پیزومتریک درآبخوان تحت فشار مشخص خواهد شد.

$$H_P = H_a + H_A$$

H_P: ارتفاع پیزومتری آبخوان تحت فشار در محل اندازه‌گیری،

H_a: ارتفاع مطلق نقطه نصب فشارسنج (ارتفاع نقطه از سطح دریا) و

H_A: ارتفاع معادل فشار در نقطه نصب فشارسنج.

در حال حاضر، فشارسنج‌های قوطه‌ور نیز وجود دارد که مجهز به دیتالاگر بوده و قادر است اطلاعات نوسانات فشار را ذخیره و در فواصل زمانی دلخواه، اطلاعات ذخیره شده را به رایانه تخلیه نماید.

۶-۲-۴- ثبت نتایج اندازه‌گیری‌های صحرایی

اندازه‌گیری‌های سطح آب چاه‌های مشاهده‌ای و فشار پیزومتری در پیزومترها که در صحرا انجام می‌گیرد، باید در برگ‌های مخصوص که نمونه‌ای از آن‌ها در جدول‌های (۶-۱) و (۶-۲) ارائه شده، ثبت شود تا بتوان این نتایج را در جدول‌های آماری یا رایانه‌ای به منظور بایگانی فنی منتقل کرد.

هر برگ صحرایی به یک چاه مشاهده‌ای یا پیزومتر اختصاص داشته و اندازه‌گیری‌های ماهانه سطح آب یک سال یا سال آبی در آن منعکس می‌شود. مجموع برگ‌های صحرایی چاه‌های مشاهده‌ای یا پیزومترهای یک آبخوان، به‌صورت کتابچه واحدی تنظیم شده و در اختیار مسوول اندازه‌گیری قرار می‌گیرد.

از مزایای این فرم‌های اندازه‌گیری سطح آب این است که چون مقادیر اندازه‌گیری شده ماه‌های قبل در آن ثبت شده چنانچه در یک ماه مقدار سطح آب اندازه‌گیری شده در چاهی دارای تغییراتی فاحش و غیرطبیعی نسبت به ماه‌های قبل باشد، اندازه‌گیری کننده متوجه شده و می‌تواند در محل علل آن را بررسی و گزارش کند.

۶-۲-۴-۱- چگونگی تکمیل برگ صحرایی چاه‌های مشاهده‌ای

هر برگ از ۱۲ ردیف اندازه‌گیری تشکیل شده که می‌تواند یک سال شمسی (فروردین تا اسفند) یا یک سال آبی (مهر تا شهریور سال بعد) را شامل شود.

هر ماه عمق سطح آب چاه مشاهده‌ای در نقطه نشانه اندازه‌گیری همراه با تاریخ اندازه‌گیری در ردیف‌های مربوط نوشته می‌شود. ضمنا چنانچه تغییراتی در چاه مشاهده‌ای از جمله تغییر در نقطه نشانه ایجاد شده باشد در ستون ملاحظات درج می‌شود.

omoorepeyman.ir

۶-۲-۴-۲- چگونگی تکمیل برگ صحرایی پیزومتر

این فرم، مشابه برگ چاه مشاهده‌ای تکمیل می‌شود که تفاوت‌های آن به شرح زیر می‌باشد:

- ستون سوم، ارتفاع نقطه نصب فشارسنج نسبت به سطح دریا است که با استفاده از رپر ترازیابی می‌شود.
- ستون چهارم، ارتفاع معادل فشار پیزومتری در نقطه نصب فشارسنج است که از تبدیل رقم خوانده شده در فشارسنج به متر به‌دست می‌آید.
- ستون پنجم، ارتفاع سطح پیزومتری آبخوان در آن نقطه است که از حاصل جمع مقادیر ستون‌های سوم و چهارم به‌دست می‌آید.

جدول ۶-۱- برگ صحرایی اندازه‌گیری عمق سطح آب چاه مشاهده‌ای

وزارت نیرو

شرکت یا سازمان آب منطقه‌ای: **کد فرم: ۰۰۳ - ۲۶۰ - الف**

نام محدوده مطالعاتی:		**کد محدوده مطالعاتی:**		**نام دشت:**			
نام محل:		**ارتفاع مطلق رپر:** (متر)		**مختصات نقطه‌ای چاه (U. T. M)** نقطه نشانه: (متر)			**X=** **Y=**
ردیف	**تاریخ اندازه‌گیری**			**عمق سطح آب** (متر)	**نام و امضای مسوول اندازه‌گیری**	**ملاحظات**	
	روز	**ماه**	**سال**				
نام واحد اقدام‌کننده:							

omoorepeyman.ir

جدول ۶-۲- برگ صحرایی اندازه‌گیری ارتفاع سطح پیزومتری در پیزومتر

وزارت نیرو

شرکت یا سازمان آب منطقه‌ای: **شماره آبخوان تحت فشار:** **کد فرم: ۰۰۴ - ۲۶۰ - الف**

نام محدوده مطالعاتی:			**کد محدوده مطالعاتی:**		**نام دشت:**			
نام محل:	**ارتفاع مطلق رپر:** (متر)		**مختصات نقطه‌ای چاه (U. T. M)** (متر)					**X=** **Y=**
ردیف	**تاریخ اندازه‌گیری**			**ارتفاع نقطه نصب فشارسنج (متر)**	**ارتفاع معادل فشار در نقطه نصب فشارسنج (متر)**	**ارتفاع سطح پیزومتری (متر)**	**نام و امضای مسوول اندازه‌گیری**	**ملاحظات**
	روز	**ماه**	**سال**					
نام واحد اقدام‌کننده:								

۶-۳- وسایل اندازه‌گیری آبدهی منابع انتخابی و ثبت نتایج

براساس تعریف، آبدهی لحظه‌ای یا دبی عبارت است از حجم آبی که در واحد زمان از مقطعی عمود بر جهت جریان عبور می‌کند که واحد آن حجم بر زمان است مثل لیتر بر ثانیه و مترمکعب بر ثانیه یا ساعت.

omoorepeyman.ir

در این قسمت به وسایل و روش‌های تعیین آبدهی چاه‌ها، چشمه‌ها و قنات‌های انتخابی معرف بهره‌برداری اشاره می‌شود. ولی از چگونگی اندازه‌گیری و محاسبه آبدهی که در نشریه شماره ۲۳۹ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور و استاندارد شماره ۱۷۹ - الف طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور به تفصیل شرح داده شده است، اجتناب می‌شود.

۶-۳-۱- کنتور حجمی

یکی از وسایل آسان و دقیق اندازه‌گیری میزان جریان آب عبوری از لوله‌های آب‌بر، کنتورهای حجمی است. این دستگاه عبور آب را به‌صورت رقومی برحسب مترمکعب و حتی تا هزارم آن (لیتر) نشان می‌دهد. کنتور حجمی مناسب‌ترین روش برای نصب در مسیر لوله آبده چاه‌های انتخابی معرف بهره‌برداری و اندازه‌گیری میزان برداشت آب توسط آن‌ها بوده و باید در هر ماه ضمن یادداشت حجم آب برداشت شده از روی شماره انداز کنتور که بصورت مکانیکی است و یا دیجیتالی وضعیت نصب و درستی کارکرد آن نیز کنترل شود. در حال حاضر، علاوه بر کنتورهای حجمی که در خط لوله نصب می‌شوند از جریان‌سنج‌های الکترومغناطیسی هم بهره‌گیری می‌شود. این جریان‌سنج‌ها یا در امتداد خط یا بر روی آن نصب می‌شوند.

۶-۳-۲- سقوط آزاد آب از لوله‌ها

این روش براساس قانون نیوتن، درباره سقوط آزاد اجسام پایه‌ریزی شده و برای جریان‌های آبی که از لوله‌های آب سقوط می‌کند (مثل چاه‌های انتخابی) مناسب است. دستگاهی که برای اندازه‌گیری به‌کار می‌برند، معمولا به‌صورت یک گونیا می‌باشد. این روش، جت[1] نیز نامیده می‌شود که برای لوله‌های آبده افقی یا عمودی شیوه و فرمول‌های متفاوتی دارد.

در این روش عمل اندازه‌گیری با به‌کارگیری یک گونیای فلزی یا چوبی که بازوی کوتاه آن دارای طول ثابت ۱ فوت (۴۸/۳۰سانتی‌متر) و بازوی بلند آن ۱۰۰ تا ۱۵۰ سانتی‌متر می‌باشد، انجام می‌شود (شکل ۶-۱).

۶-۳-۳- پارشال فلوم[2]

پارشال فلوم وسیله نسبتا دقیقی برای اندازه‌گیری جریان‌های آب در داخل جوی‌ها و کانال‌ها می‌باشد. اساس آن بر پایه ایجاد بستر تنگ و افزایش سرعت تا حد سرعت بحرانی و در نتیجه ایجاد عمق بحرانی آب در آن محل است که با اندازه‌گیری این عمق (H) مقدار آبدهی محاسبه می‌شود. این وسیله، یکی از روش‌های مناسب اندازه‌گیری آبدهی برای قنات‌ها و چشمه‌های انتخابی نیز است (شکل ۶-۱).

1- Jet
2- Parshal Flume

omoorepeyman.ir

۶-۳-۴- روزنه[1]

این وسیله، صفحه روزنه‌داری است که برای اندازه‌گیری مقدار جریان آب در نهرها یا لوله‌های تحت فشار مورد استفاده قرار می‌گیرد. روزنه تعبیه شده در صفحه، می‌تواند دایره‌ای یا مستطیلی شکل باشد که شکل دایره‌ای آن متداول‌تر است.

از این روش بیش‌تر برای لوله‌های تحت فشار و عمدتا اندازه‌گیری آبدهی در پمپاژ آزمایشی چاه‌ها استفاده می‌شود، ولی می‌توان با نصب آن در مسیر لوله‌های آبده چاه‌های انتخابی، آبدهی آن‌ها را اندازه‌گیری کرد (شکل ۶-۱).

۶-۳-۵- سرریز[2]

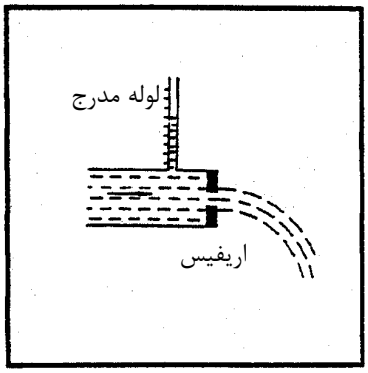
یکی دیگر از ابزارهای اندازه‌گیری آبدهی جریان نهرها و سرریزها می‌باشند. در این روش با نصب یک صفحه فلزی که بدنه آن صاف و قائم و لبه بالایی آن معمولا تیز است، مانعی در برابر جریان آب ایجاد می‌کنند که با بالا آمدن سطح آب در پشت این مانع و سرریز شدن آب از سطح مانع با اندازه‌گیری ارتفاع بالا آمده آب و عرض سرریز، مقدار آبدهی محاسبه می‌شود (شکل ۶-۱).

۶-۳-۶- جریان‌سنج[3]

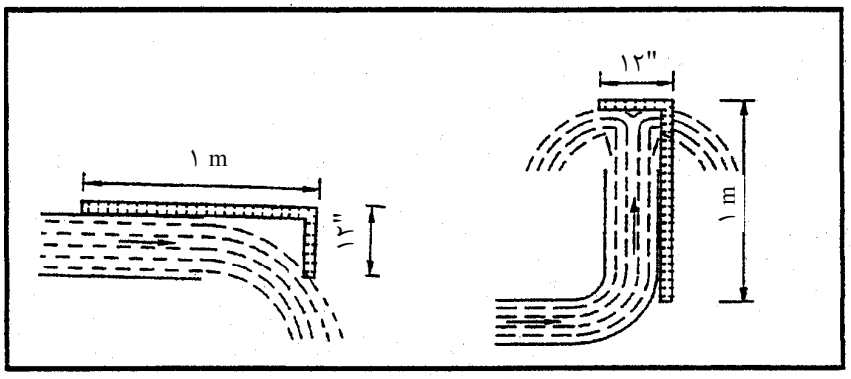
جریان‌سنج‌ها که دارای انواع مکانیکی- پروانه‌ای، الکترومغنایطسی و فوق صوتی[4] می‌باشند در اندازه‌گیری سرعت جریان خروجی چشمه‌ها و قنات‌ها به‌کارگرفته می‌شوند و اطلاعات آنها به صورت دستی یا خودکار در دیتالاگر ثبت و ذخیره می‌گردد.

1- Orifice
2- Weir
3- Flowmeter
4- Ultrasonic

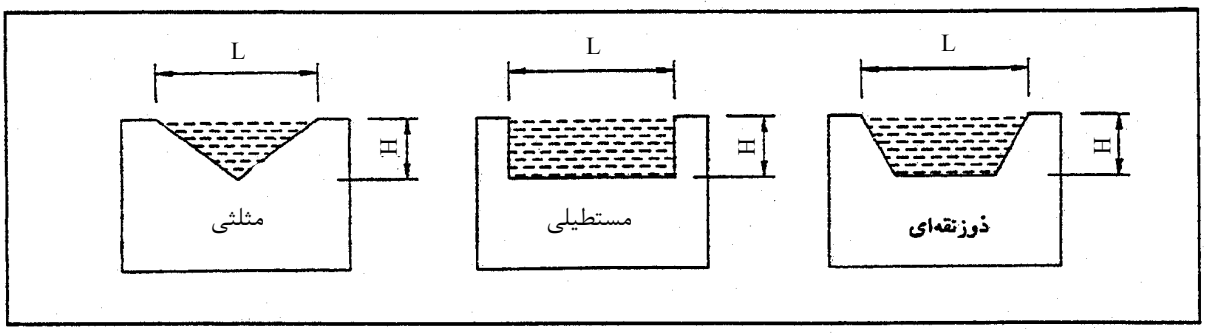
omoorepeyman.ir



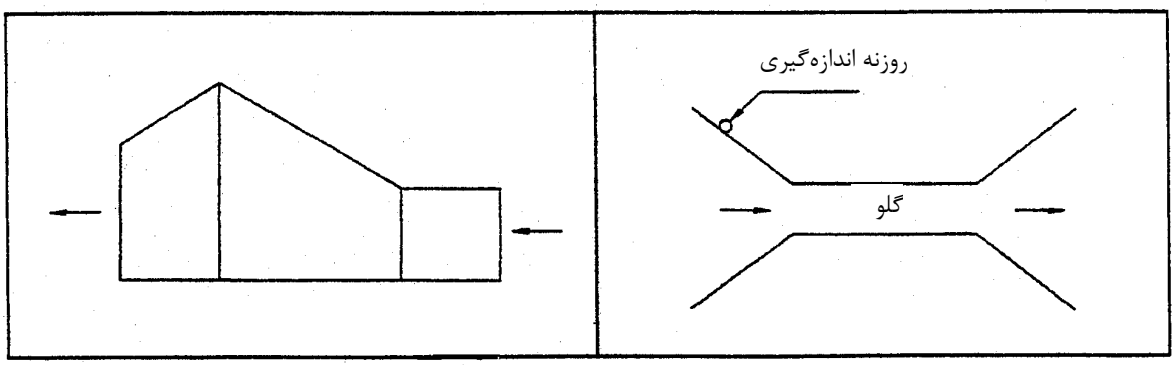
اندازه‌گیری آبدهی به طریقه اریفیس



اندازه‌گیری آبدهی به‌وسیله خط‌کش جت



سرریزها



ساختمان پارشال فلوم از دید افقی

ساختمان پارشال فلوم از دید قائم

پارشال فلوم

شکل ۶-۱- تصویر برخی از ابزارهای اندازه‌گیری آبدهی

omoorepeyman.ir

۶-۳-۷- سرعت‌سنجی[1] (مولینه)

در مطالعات منابع آب، برای اندازه‌گیری آبدهی‌های زیاد متداول‌ترین روش استفاده از سرعت‌سنج (مولینه) است. در اندازه‌گیری‌های آبدهی منابع آب زیرزمینی، معمولا از نوع میکرومولینه استفاده می‌شود.

سرعت‌سنج‌ها در دو نوع اصلی ساخته می‌شوند.

- نوع پروانه‌ای یا سرعت‌سنج با محور چرخش افقی (حرکت پروانه آن‌ها حول یک محور افقی است)
- نوع پیاله‌ای (فنجانی) یا سرعت‌سنج با محور چرخش قائم (حرکت پروانه آن‌ها حول یک محور قائم است)

به‌طور کلی، سرعت‌سنج‌ها براساس رابطه بین سرعت جریان آب و سرعت چرخش محور متحرک عمل می‌کنند. این رابطه به صورت زیر بیان می‌شود:

$$V = aN + b \qquad (۱-۶)$$

که در آن:

V: سرعت جریان برحسب متر بر ثانیه

N: تعداد دور محور متحرک در هر ثانیه

a و b: دو مقدار ثابت می‌باشند.

a و b ضرایب ثابتی هستند که توسط کارخانه سازنده مولینه تعیین شده و لازم است برای هر مولینه، این ضرایب هر چند وقت یک‌بار در آزمایشگاه واسنجی شده و مورد کنترل قرار گیرد.

دستگاه سرعت‌سنج، به شمارنده با دقت ثانیه مجهز می‌باشد و می‌تواند تعداد دور گردش پروانه (یا پیاله) در هر ثانیه را نشان دهد. برحسب مقدار N، مقادیر a و b از جدول موجود برای هر مولینه استخراج و سپس مقدار V محاسبه می‌شود.

برای اندازه‌گیری سرعت آب در عمق‌های کم یا زیاد و همچنین در سرعت‌های کند یا تند هر مولینه دارای پروانه‌های مختلفی بوده که متناسب با چگونگی جریان آب از آن‌ها استفاده می‌شود.

اخیرا مولینه‌های الکترومغناطیسی با دقت بسیار بالا به بازار آمده که دارای دیتالاگر نیز می باشند و علاوه بر اندازه‌گیری سرعت جریان مقادیر آن را نیز ثبت می‌نمایند. از دیگر مزایای این نوع مولینه‌ها قابلیت اندازه‌گیری سرعت در مجاری کوچک و در کنار جداره آبراهه می‌باشد.

1- Current Meter

omoorepeyman.ir

۶-۳-۸- ثبت نتایج اندازه‌گیری صحرایی آبدهی

نتایج اندازه‌گیری صحرایی آبدهی لحظه‌ای منابع انتخابی معرف بهره‌برداری در دو نوع فرم ۶-۳ و ۶-۴ ثبت می‌شود. یک فرم مخصوص چشمه، قنات و چاه آرتزین انتخابی و فرم دیگر مربوط به چاه‌های معرف بهره‌برداری معمولی (غیرآرتزین) است.

هر برگ به یک منبع انتخابی اختصاص داشته که مربوط به اندازه‌گیری‌های یک سال شمسی (فروردین تا اسفند) یا یک‌سال آبی (مهر تا شهریور سال بعد) است.

۶-۳-۸-۱- چگونگی تکمیل برگ صحرایی آبدهی چشمه، قنات و چاه آرتزین

فرم ۶-۳ نیز مشابه برگ صحرایی چاه مشاهده‌ای بوده ولی در آن به جای سطح آب، آبدهی اندازه‌گیری شده و منبع انتخابی معرف نوشته می‌شود.

۶-۳-۸-۲- چگونگی تکمیل برگ صحرایی آبدهی چاه انتخابی

قسمت‌های بالای کادر فرم ۶-۴، مشابه برگ قبلی است به استثنای نام مالک چاه که در این برگ اضافه شده زیرا عموما چاه‌ها با نام مالک آن شناسایی می‌شوند. ستون‌های اول تا سوم نیز مشابه فرم قبلی است. تفاوت‌های دیگر عبارتند از:

- ستون چهارم، متوسط ساعت کارکرد روزانه در هر ماه برحسب ساعت است.
- ستون پنجم، متوسط کارکرد ماهانه است که باتوجه به روزهای کارکرد چاه و ساعت‌های کارکرد هر روز مشخص می‌شود.
- دو ستون چهار و پنج، با سوال از متصدی موتور یا صاحب چاه و بررسی میزان سوخت یا کارکرد ماهانه برق محاسبه یا برآورد می‌شود.

توضیح: اگر بر روی چاه انتخابی معرف بهره‌برداری، کنتور حجمی نصب شده باشد میزان کارکرد کنتور از شماره‌انداز کنتور قرائت شده و در ستون ملاحظات قید می‌شود. مقدار تخلیه هر ماه با کسر مقدار کارکرد قبلی کنتور از میزان کارکرد فعلی به‌دست می‌آید. این مقدار به عنوان میزان تخلیه ماهانه به جدول بایگانی فنی منتقل می‌شود.

omoorepeyman.ir

جدول ۶-۳- برگ صحرایی اندازه‌گیری آبدهی چشمه، قنات و چاه آرتزین انتخابی

وزارت نیرو

شرکت یا سازمان آب منطقه‌ای: **شماره آبخوان** **کد فرم: ۰۰۵ -۲۶۰- الف**

نام محدوده مطالعاتی:	**کد محدوده مطالعاتی:**	**نام دشت:**
نام محل:	**نوع منبع:**	**مختصات نقطه‌ای (U. T. M)** (متر) **X=** **Y=**

ردیف	تاریخ اندازه‌گیری			آبدهی لحظه‌ای (لیتر بر ثانیه)	وسیله اندازه‌گیری	نام و امضای مسوول اندازه‌گیری	ملاحظات
	روز	ماه	سال				

نام واحد اقدام‌کننده:

omoorepeyman.ir

جدول ۶-۴- برگ صحرایی اندازه‌گیری آبدهی و ساعت کارکرد چاه انتخابی معرف بهره‌برداری

وزارت نیرو

شرکت یا سازمان آب منطقه‌ای: **نوع و شماره آبخوان:** **کد فرم: ۰۰۶ - ۲۶۰- الف**

نام محدوده مطالعاتی: **کد محدوده مطالعاتی:** **نام دشت:**

نام محل: **نام مالک چاه:** **مختصات نقطه‌ای چاه (U. T. M)** **X=**

(متر) **Y=**

ردیف	تاریخ اندازه‌گیری			آبدهی لحظه‌ای (لیتر بر ثانیه)	متوسط ساعت کارکرد روزانه (ساعت)	متوسط کارکرد ماهانه (ساعت)	نام و امضای مسوول اندازه‌گیری	ملاحظات
	روز	ماه	سال					

نام واحد اقدام‌کننده:

omoorepeyman.ir

فصل ۷

برنامه‌ریزی اندازه‌گیری در ایستگاه‌ها

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۷-۱- مقدمه

برنامه‌ریزی و تنظیم زمان و فواصل زمانی اندازه‌گیری‌ها در ایستگاه‌ها یا شبکه‌های اندازه‌گیری سطح آب زیرزمینی و آبدهی منابع انتخابی، یکی از مولفه‌های اساسی پایش کمی آب‌های زیرزمینی به حساب می‌آید که برحسب هدف بررسی و موقعیت ایستگاه‌ها، می‌تواند متفاوت باشد.

اگرچه اندازه‌گیری‌های مستمر به وسیله دستگاه‌های ثبات مناسب‌ترین روش است ولی به علت تعداد زیاد ایستگاه‌ها و نبود امکانات مختلف از جمله حفاظت دستگاه‌های ثبات و بار مالی زیادی که طلب می‌کند، این کار عملا برای کلیه منابع غیر ممکن بوده ولی برای آن‌هایی که امکانات کافی دارند، نصب دستگاه ثبات تاکید می‌شود از جمله در مورد چاه‌های بهره‌برداری معرف که معمولا مکان مناسبی از نظر حفاظتی هستند نصب دستگاه ثبات به ویژه کنتورحجمی کاملا امکان‌پذیر می‌باشد.

۷-۲- برنامه‌ریزی اندازه‌گیری در ایستگاه‌های سطح آب و فشار پیزومتری

عوامل مختلفی در تغییرات سطح آب زیرزمینی یا فشار پیزومتری آبخوان‌ها موثر است که برای بررسی آن‌ها فواصل زمانی اندازه‌گیری در چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومتری می‌تواند، متفاوت باشد.

عوامل تاثیرگذار بر نوسانات سطح آب زیرزمینی عمدتا مربوط به پدیده‌های خارجی بوده ولی عوامل داخلی سامانه آب زیرزمینی بی‌تاثیر نمی‌باشد.

عوامل خارجی تاثیرگذار عبارتند از: بارش، تغییرات فصلی اقلیمی، تغییرات درازمدت اقلیمی، برداشت مداوم یا ناگهانی، تغذیه از پساب مصارف مختلف، تغذیه مصنوعی، تغییر فشار جو، زلزله، جزر و مد، نوسان سطح آب دریاچه‌ها و رودخانه‌ها و غیره (عوامل تاثیرگذار بر آبخوان در بخش ۱۳ شرح داده خواهد شد).

از عمده‌ترین عوامل داخلی می‌توان به نوع آبخوان، وضعیت ذخیره مخزن، مشخصه‌های هیدرولیکی سامانه آب زیرزمینی، گستردگی آبخوان و شدت فشار پیزومتری در آبخوان‌های تحت فشار اشاره کرد.

از نظر نوع آبخوان، تفاوت بارزی در نوسانات سطح آب بین آبخوان‌های سازند سخت و به‌ویژه کارستیک با آبخوان‌های آبرفتی وجود دارد. معمولا واکنش آبخوان کارستی پیشرفته، نسبت به تغذیه یا تخلیه شدید بوده بنابراین فاصله زمانی اندازه‌گیری کوتاه‌تری را طلب می‌کند.

مشخصه‌های هیدرولیکی آبخوان‌ها شامل قابلیت انتقال و ضریب ذخیره می‌باشد. هرچند مقادیر کمی آن‌ها از روش‌هایی مثل آزمایش پمپاژ در چاه به‌دست می‌آید، ولی بدون ارائه رقم و تنها از نظر کیفی براساس نوسان سطح آب زیرزمینی قابل تخمین هستند. به‌عنوان مثال: ضریب ذخیره، با شدت نوسان سطح آب زیرزمینی نسبت عکس دارد.

omoorepeyman.ir

بنابراین در مقابل بارش یا تخلیه معین در بخشی از آبخوان که ضریب ذخیره کم‌تری دارد، نوسانات سطح آب شدیدتر از بخش‌های دیگر است.

وضعیت تغییر در ذخیره آبخوان‌ها، تحت تاثیر تغییرات فصلی و دراز مدت اقلیمی و به طور کلی وضعیت تغذیه و تخلیه آن‌ها قابل بررسی می‌باشد از جمله در مناطق خشک که برداشت از آبخوان‌ها افزایش تدریجی داشته ولی تغذیه ثابت است، افت سطح آب زیرزمینی نشان‌دهنده کاهش ذخیره آبخوان است.

مقدار فشار در آبخوان تحت فشار با اندازه‌گیری فشار هیدرواستاتیک مشخص می‌شود. به همین دلیل تغییرات فشار جو روی آن تاثیر دارد، ضمن این‌که در مقابل برخی تنش‌ها مثل برداشت‌های غیرمترقبه (موقت شدید) و زلزله، آبخوان تحت فشار، واکنش یا افت فشار شدیدی داشته ولی در مقابل تغییرات اقلیمی واکنش تدریجی دارد.

۷-۲-۱- برنامه‌ریزی اندازه‌گیری برای چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومترها در آبخوان‌های آبرفتی

برای برنامه‌ریزی، فاصله یا تناوب اندازه‌گیری‌های سطح آب زیرزمینی یا فشار پیزومتری آبخوان‌های آبرفتی با در نظر گرفتن اهداف مختلف بررسی شده و تاثیر عوامل متفاوت در جدول (۷-۱) تنظیم شده است. ستون اول این جدول موضوع بررسی یا تحقیق وضعیت آبخوان بوده و سطر اول آن (جهت افقی) عوامل تاثیرگذار بر نوسان سطح آب زیرزمینی است. داخل چهارگوش‌های تقاطع موضوع بررسی‌ها با عوامل تاثیرگذار یک عدد یا شماره نوشته شده که این شماره‌ها نشان‌دهنده فاصله یا تناوب زمانی اندازه‌گیری سطح آب زیرزمینی است که به ترتیب شماره ۱، اندازه‌گیری با تکرار بیش از یک ماه، شماره ۲، اندازه‌گیری یک ماهه و کم‌تر از آن تا ۱۰ روز، شماره ۳، اندازه‌گیری کم‌تر از ۱۰ روز تا حد روزانه و شماره ۴، اندازه‌گیری پیوسته و مستمر سطح آب زیرزمینی را نشان می‌دهند.

توضیح این‌که شماره ۱ (اندازه‌گیری بیش از یک ماه) فقط برای آبخوان‌ها یا بخشی از آبخوان قابل اجرا است که در دوره‌های مختلف هیدرولوژیکی تغییرات سطح آب آن‌ها با نوسان جزیی همراه می‌باشد که به صورت مجزا در ستون آخر جدول درج شده است.

بدون در نظر گرفتن تحقیقات موردی آنچه در مطالعات عمومی آب زیرزمینی مورد بررسی قرار می‌گیرد، تاثیر مجموع عوامل تاثیرگذار است که اثرات آن‌ها در نوسانات سطح آب زیرزمینی و در نتیجه تغییرات فصلی و طولانی‌مدت در وضعیت ذخیره آبخوان‌ها متجلی می‌شود. همان‌گونه که از جدول مشاهده می‌شود تغییر وضعیت ذخیره آبخوان در ارتباط با اکثر عوامل تاثیرگذار، دارای شماره ۲ یعنی تناوب اندازه‌گیری با فاصله زمانی یک ماهه تا ۱۰روزه است به استثنای برداشت یا تغذیه غیرمترقبه مثل پمپاژ شدید چاه‌ها در زمانی کوتاه یا تغذیه مصنوعی که شماره ۴ یا اندازه‌گیری مستمر است.

براساس آنچه گفته شد با در نظر گرفتن حالت طبیعی یا عادی آبخوان، فاصله زمانی یک ماهه اندازه‌گیری سطح آب چاه‌های مشاهده‌ای و فشار پیزومترها در آبخوان‌های آبرفتی که هم اکنون در مطالعات آب‌های زیرزمینی دشت‌های کشور متداول است برای رسیدن به هدف اصلی که تغییر ذخیره آبخوان بوده و طبق جدول، شماره ۲ را شامل می‌شود،

omoorepeyman.ir

می‌تواند قابل قبول باشد. همچنین لازم است برخی از چاه‌ها به دستگاه‌های ثبات (دیتالاگر) مجهز شود. این چاه‌ها باید در سطح آبخوان پراکنده باشد به‌طوری‌که از نتایج هر چاه مجهز به دیتالاگر بتوان سطح آب اندازه‌گیری شده تعدادی چاه مشاهده‌ای مشابه با آن را در صورت داشتن همبستگی منطقی اصلاح کرد.

چون اندازه‌گیری کلیه چاه‌های مشاهده‌ای یک آبخوان یا دشت در یک روز خاص از هر ماه به علت محدودیت‌های مختلف امکان‌پذیر نیست، بنابراین به منظور رعایت فاصله زمانی یک ماهه، اندازه‌گیری سطح آب چاه‌های مشاهده‌ای باید طوری برنامه‌ریزی شود که اولا کلیه چاه‌ها هر ماه در حداقل زمان ممکن اندازه‌گیری شوند و ثانیا برای حفظ فاصله زمانی یک ماهه اگر چاهی به عنوان مثال در روز دهم یک ماه اندازه‌گیری شده ماه بعد هم در همان تاریخ اندازه‌گیری شود.

omoorepeyman.ir

جدول ۷-۱- تناوب زمانی اندازه‌گیری‌های سطح آب زیرزمینی برحسب موضوع بررسی‌ها و عوامل تاثیرگذار

موضوع بررسی وضعیت آبخوان		عوامل تاثیرگذار											دوره‌های با نوسان بسیارجزیی سطح آب
		بارش	تغییرات فصلی اقلیمی	تغییرات دراز مدت اقلیمی	برداشت فزآینده تدریجی	برداشت یا تغذیه غیرمترقبه	برداشت یا تغذیه دوره‌ای	نوسانات در سطح آب دریاچه‌ها و رودخانه‌ها	زلزله	امواج و جزر و مد دریاها	تغییر فشار جو	فشار حاصل از بارگذاری	
تغییرات تغذیه و تخلیه آب زیرزمینی		۲ و ۳	۲ و ۳	۲	۲	۴	۳	۳					۱
وضعیت ذخیره آبخوان			۲	۲	۲	۴	۲						۱
حدود و گسترش آبخوان					۲	۴	۳						۱
آبخوان مشخصه‌های هیدرولیکی	قابلیت انتقال						۳	۳		۳			۱
	ضریب ذخیره	۳					۳	۳					
شدت تحت فشار بودن آبخوان		۲ و۳			۲	۴	۳	۳	۳	۳	۳		

۱= اندازه‌گیری با تکرار بیش از یک ماه ۲= اندازه‌گیری با تکرار یک ماهه تا ۱۰ روزه ۳= اندازه‌گیری کم‌تر از ۱۰ روز تا روزانه ۴= اندازه‌گیری پیوسته یا مستمر

omoorepeyman.ir

همان‌طور که در جدول (۷-۱) ملاحظه می‌شود، برای بررسی یا تحقیقات خاص اثر برخی عوامل بر آبخوان، فاصله اندازه‌گیری‌ها کوتاه‌تر می‌شود و در آن بخش از آبخوان که تغییر سطح آب زیرزمینی به علت اثر یک عامل خاص شدیدتر می‌شود، فاصله زمانی اندازه‌گیری‌های چاه‌های مشاهده‌ای باید کوتاه‌تر از یک ماه باشد. به عنوان مثال: برای بررسی اثر تبادل آب بین آبخوان و رودخانه بر نوسانات سطح آب زیرزمینی، اندازه‌گیری در چاه‌های مشاهده‌ای مجاور رودخانه باید با فاصله زمانی کوتاه‌تر و حدود ۱۰ تا ۱۵ روزه باشد یا در چاه‌های مشاهده‌ای حفرشده برای بررسی اثر تغذیه مصنوعی اندازه‌گیری باید مستمر و با استفاده از دستگاه ثبات انجام شود.

۷-۲-۲- برنامه‌ریزی اندازه‌گیری برای چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومترها در سازند سخت

عکس‌العمل چاه‌های مشاهده‌ای حفرشده در سازندهای سخت به‌ویژه آبخوان‌های کارستی نسبت به تنش‌های طبیعی و مصنوعی تاثیرگذار بسیار سریع بوده و دارای نوسانات سطح آب شدیدی می‌باشند. بنابراین، اندازه‌گیری سطح آب زیرزمینی در تحقیقات کارست امری مهم به‌حساب می‌آید. با توجه به تغییرات سریع سطح آب در آبخوان کارستی فاصله زمانی طولانی بین اندازه‌گیری‌های متوالی مناسب نبوده و ثبت مداوم نوسانات سطح آب بهترین حالت اندازه‌گیری در سازندهای سخت است. هر چه فاصله زمانی بین اندازه‌گیری‌ها به خصوص در فصول مرطوب کوتاه‌تر باشد، نتایج دقیق‌تر خواهد بود. این فواصل زمانی در فصل خشک می‌تواند، زیادتر باشد ولی نباید کلا از یک ماه تجاوز کند.

جدول تناوب زمانی اندازه‌گیری سطح آب که در مورد آبخوان‌های آبرفتی ارائه شد، برای سازندهای سخت نیز قابل استفاده است ولی تاکید می‌شود که بهترین داده‌ها، توسط مشاهدات مداوم و ثبت آن‌ها توسط دستگاه‌های ثبات به‌ویژه دیتالاگر به‌دست می‌آید، زیرا دامنه نوسان سطح آب در آبخوان‌های کارستی بسیار زیاد و در یک سال آبی تا حدود ۳۰۰ متر و تغییرات سریع تا ۸۰ متر در روز نیز مشاهده شده است (برخی آبخوان‌های کارستی در یوگسلاوی) [۵ و ۱۸]. براساس آنچه گفته شد، برنامه‌ریزی اندازه‌گیری چاه‌های مشاهده‌ای در مخازن سازند سخت که حالت عادی دارند (بدون نوسانات زیادی هستند)، می‌توانند مانند آبخوان‌های آبرفتی و حدود یک ماه تا ۱۰ روزه باشد ولی برای آن گروه از آبخوان‌های کارستی که واکنش آن‌ها نسبت به عوامل تاثیرگذار سریع است و نوسانات سطح آب شدیدی دارند، فاصله اندازه‌گیری‌ها کاهش یافته و حتی باید هر ۲۴ ساعت یک‌بار صورت گیرد.

۷-۳- برنامه‌ریزی اندازه‌گیری آبدهی منابع انتخابی معرف

همان‌طور که در بحث انتخاب منابع بهره‌برداری معرف گفته شد، برای بالابردن دقت میزان تخلیه آب‌های زیرزمینی در یک آبخوان آبرفتی یا مخازن سازند سخت، تعداد محدودی از منابع بهره‌برداری کننده شامل: چاه، قنات و چشمه که بتوانند معرف گروهی از منابع مشابه خود باشند، انتخاب شده با اندازه‌گیری‌های متوالی در طول سال از تغییرات آبدهی و تخلیه آن‌ها برای محاسبه تخلیه سایر منابع مشابه استفاده می‌شود. اندازه‌گیری منابع انتخابی باید به شکلی برنامه‌ریزی

omoorepeyman.ir

شود که تغییرات آبدهی آن‌ها در طول سال و میزان تخلیه با دقت زیادی حاصل شود تا بتوان به عنوان نمونه نتایج، آن‌ها را برای سایر منابع بهره‌برداری‌کننده به‌کار برد.

۷-۳-۱- برنامه‌ریزی اندازه‌گیری آبدهی منابع انتخابی آبخوان‌های آبرفتی

عمده‌ترین منابع بهره‌برداری از آبخوان‌های آبرفتی در اکثر دشت‌ها را چاه تشکیل می‌دهد. بنابراین بیش‌ترین منابع انتخابی آبرفتی نیز چاه است. برنامه‌ریزی اندازه‌گیری آبدهی چاه‌های انتخابی که نسبت به قنات‌ها و چشمه‌ها دارای آبدهی ثابت‌تری در طول سال بوده و تخلیه آن‌ها کنترل شده است به‌طور قطع تفاوت‌هایی دارد که در زیر شرح داده می‌شود.

۷-۳-۱-۱- برنامه‌ریزی اندازه‌گیری چاه‌های انتخابی معرف بهره‌برداری

برنامه‌ریزی اندازه‌گیری آبدهی چاه‌های معرف بهره‌برداری به صورت ماهانه که در حال حاضر در مطالعات آب زیرزمینی متداول است، برای استفاده در محاسبه تخلیه کل چاه‌های دشت‌ها مناسب بوده و بهترین شیوه اندازه‌گیری نصب دستگاه ثبات، به‌ویژه کنتور حجمی در مسیر لوله آبده آن‌ها و قرائت ماهانه شمارنده کنتور به منظور پی بردن به‌میزان برداشت ماهانه چاه از آب زیرزمینی و از جمع ۱۲ ماه برداشت یا تخلیه سالانه است.

۷-۳-۱-۲- برنامه‌ریزی اندازه‌گیری قنات، چشمه و چاه آرتزین انتخابی

اندازه‌گیری آبدهی قنات، چشمه‌های آبرفتی و چاه آرتزین باید طوری برنامه‌ریزی شود که فاصله زمانی آن‌ها حداقل هر ماه یک‌بار باشد. چنانچه چشمه یا قنات انتخابی دارای تغییرات آبدهی زیادی در طول سال باشد، اندازه‌گیری آبدهی در کم‌تر از یک ماه (۱۵ روز یک‌بار) نیز ضروری خواهد بود. در صورت امکان، نصب دستگاه ثبات برای استمرار جمع‌آوری اطلاعات روی چشمه‌ها، قنات‌ها و چاه‌های آرتزین معرف به‌ویژه آن‌هایی که دارای تغییرات آبدهی شدیدی هستند، پیشنهاد می‌شود.

برای گروه چشمه‌هایی که آب آن‌ها از نقاط متعددی در قعر دره‌ها همراه با زهکش خارج می‌شود به شکلی که در بحث منابع انتخابی گفته شد، بدون این‌که بتوان برای آن‌ها معرف انتخاب کرد باید برنامه‌ریزی شود تا هر ماه در مسیر نهر، رودخانه یا زهکش از دو نقطه به فاصله معین از یکدیگر اندازه‌گیری آبدهی صورت پذیرد و از تفاضل آبدهی بین دو نقطه میزان تخلیه متوسط گروه چشمه‌ها یا زهکش‌ها حاصل شود.

۷-۳-۲- برنامه‌ریزی اندازه‌گیری آبدهی منابع انتخابی در سازندهای سخت

با توجه به این‌که بیش‌ترین منابع تخلیه کننده از مخازن سازند سخت را چشمه‌ها تشکیل می‌دهند عمده منابع انتخابی در این سازندها نیز چشمه‌ها هستند. به علت تغییرات شدید سطح آب به‌ویژه در آبخوان‌های کارستی تغییرات آبدهی چشمه‌های کارستی نیز بسیار زیاد است. بنابراین، اندازه‌گیری آبدهی آن‌ها نیز باید برای فواصل زمانی کم‌تری نسبت به منابع انتخابی آبرفتی برنامه‌ریزی شود. همان‌طور که در فصل منابع انتخابی گفته شد در حال حاضر بسیاری از

omoorepeyman.ir

چشمه‌های کارستی با آبدهی زیاد مانند ایستگاه‌های هیدرومتری به اشل و لیمنیگراف مجهز می‌باشند و به‌صورت ماهانه کنترل و تغیرات آبدهی آن‌ها اندازه‌گیری می‌شود، این کار باید برای کلیه چشمه‌های انتخابی صورت پذیرد. به علت مشکلات دسترسی به چشمه‌های انتخابی واقع در ارتفاعات به‌ویژه در فصل بارندگی توصیه می‌شود کلیه چشمه‌ها و چشمه- قنات‌های انتخابی سازند سخت به دستگاه ثبات مجهز شود و هر ماهه و یا چند ماه یک‌بار، اطلاعات مستمر آن‌ها جمع‌آوری شده و تغییرات آبدهی آن‌ها مورد بررسی قرار گیرد. برنامه‌ریزی اندازه‌گیری آبدهی چاه‌های انتخابی در سازندهای سخت باید مشابه با چاه‌های آبرفتی انجام شود.

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

فصل ۸

روش‌های نمایش مجموعه‌های آماری

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۸-۱- کلیات

پس از جمع‌آوری اطلاعات صحرایی شامل اندازه‌گیری‌های سطح آب چاه‌های مشاهده‌ای، فشار پیزومتری در پیزومترها و همچنین اندازه‌گیری‌های آبدهی منابع انتخابی (معرف) بهره‌برداری آب زیرزمینی، باید اطلاعات به‌دست آمده در هر ماه را در بایگانی فنی یا بانک اطلاعاتی وارد کرد. مناسب‌ترین روش ضبط اطلاعات، استفاده از پایگاه‌های داده‌ای رایانه است. بایگانی فنی باید این توانایی را داشته باشد که از اطلاعات گردآوری شده در آن بتوان مجموعه‌های آماری مختلف یا آبنمودهای سطح آب زیرزمینی چاه‌های مشاهده‌ای یا آبدهی و تخلیه منابع انتخابی آب زیرزمینی را به شکل‌هایی که در زیر شرح داده می‌شود، استخراج، نمایش و ارائه داد.

۸-۲- چگونگی نمایش و ارائه آمار سطح آب زیرزمینی

اطلاعات مربوط به اندازه‌گیری سطح آب چاه‌های مشاهده‌ای یا پیزومترها به‌صورت مجموعه آماری اطلاعات سطح آب یک آبخوان و یا آبنمود هریک از چاه‌ها قابل نمایش و ارائه می‌باشد.

۸-۲-۱- فرم مجموعه آمار سطح آب چاه‌های مشاهده‌ای

اطلاعات مربوط به اندازه‌گیری سطح آب زیرزمینی چاه‌های مشاهده‌ای آبخوان هر دشت باید در یک مجموعه آماری تنظیم و ارائه شود (از این اطلاعات برای رسم آبنمود چاه‌های مشاهده‌ای نیز استفاده می‌شود). این مجموعه آماری با نام «آمار سطح آب چاه‌های مشاهده‌ای» به‌صورت جدول (۸-۱) ارائه می‌شود. به‌طور قطع اگر تعداد چاه‌های مشاهده‌ای یک دشت زیاد بوده و به چندین برگ برای تنظیم آن‌ها نیاز باشد، شماره برگ و تعداد آن‌ها در بالای هر صفحه نوشته می‌شود. به عنوان مثال: چنان‌چه کل چاه‌های مشاهده‌ای یک‌دشت در ۵ برگ تنظیم شود بالای برگ‌ها به ترتیب نوشته می‌شود، برگ ۱ از ۵ برگ، برگ ۲ از ۵ برگ الی آخر.

- چگونگی تکمیل فرم آمار سطح آب چاه‌های مشاهده‌ای

- در بالای فرم (خارج از کادر)، نام شرکت یا سازمان آب منطقه‌ای، سال آبی و نوع و شماره آبخوان مربوطه نوشته می‌شود.
- در داخل کادر و بالای آن به ترتیب نام محدوده مطالعاتی، کد محدوده مطالعاتی و نام دشت براساس تقسیم‌بندی شرکت مدیریت منابع آب ایران (تماب سابق) نوشته می‌شود.
- ستون اول، شماره ردیف مرتب شده چاه‌های مشاهده‌ای است.

omoorepeyman.ir

- ستون دوم، مختصات (U.T.M) چاه‌های مشاهده‌ای است که به منظور رعایت در شماره‌گذاری ستون اول توصیه می‌شود، ابتدا کلیه چاه‌های مشاهده‌ای برحسب Xها (به‌طور افزایشی در فواصل ۵ کیلومتر) و بعد براساس Yها (به‌طور صعودی) مرتب شود.
- ستون سوم، نام محل است که می‌تواند نام روستا، مزرعه یا اراضی که چاه در آن واقع شده، باشد.
- ستون چهارم، عمق چاه‌های مشاهده‌ای برحسب متر است که از گزارش حفاری چاه‌های مشاهده‌ای اخذ می‌شود.
- ستون پنجم، ارتفاع مطلق رپر (نشانه مبنا) کنار چاه از سطح مبنا و برحسب متر است که ترازیابی شده و برای هر چاه همیشه ثابت است.
- ستون ششم، ارتفاع مطلق نقطه نشانه از سطح مبنا است که با استفاده از ارتفاع رپر تعیین شده و ثابت است ولی اگر نشانه تغییر کند دوباره با استفاده از رپر، ارتفاع آن به‌دست می‌آید.
- ستون‌های هفتم تا هجدهم، ۱۲ ماه یک سال آبی است که از مهر شروع و به شهریور ختم می‌شود. در این ستون‌ها، برای هر چاه مشاهده‌ای در هر ماه دو عدد و در بالا و پایین قسمت خط‌چین شده نوشته می‌شود که عدد بالایی نشان دهنده روز اندازه‌گیری سطح آب چاه مشاهده‌ای در آن ماه و عدد پایین عمق سطح ایستابی چاه مشاهده‌ای از نقطه نشانه برای چاه مذکور می‌باشد که برحسب متر با دو رقم اعشاری (سانتی‌متر) نوشته می‌شود. به‌عنوان مثال: اگر فرض شود سطح آب چاهی در یازدهمین روز یک ماه اندازه‌گیری شده و مقدار آن ۱۹ متر و ۷۵ سانتی‌متر است، به‌صورت زیر نوشته خواهد شد:

$$\frac{11}{19.75}$$

- در زیر کادر، نام واحد اقدام‌کننده، نام و امضای تهیه‌کننده (تکمیل‌کننده فرم)، تاریخ تهیه و نام و امضای کنترل‌کننده نوشته می‌شود.

۸-۲-۲- فرم مجموعه آمار فشار پیزومتری در پیزومترها

این فرم (جدول ۸-۲)، برای آبخوان‌های تحت فشاری که تعدادی پیزومتر به منظور بررسی فشار پیزومتری در آن‌ها حفر شده است، کاربرد دارد. تکمیل آن کاملا مشابه با تکمیل فرم آمار سطح آب چاه‌های مشاهده‌ای است، فقط در هر ماه در زیر ناحیه خط‌چین شده به‌جای عمق سطح آب ارتفاع همراه با فشار پیزومتری از برگ‌های صحرایی مربوط استخراج و نوشته می‌شود.

۸-۲-۳- آبنمود سطح آب زیرزمینی چاه‌های مشاهده‌ای

برای هریک از چاه‌های مشاهده‌ای، باید یک آبنمود که نشان‌دهنده تغییرات ارتفاع سطح آب چاه نسبت به سطح مبنا است (طبق جدول ۸-۳)، تهیه شود. این فرم با تغییرات جزیی، تقریبا مشابه فرم‌هایی می‌باشد که در حال حاضر برای

omoorepeyman.ir

رسم آبنمود چاه‌های مشاهده‌ای استفاده می‌شود. هر برگ دو سال را شامل می‌شود و مسلما در اندازه‌گیری‌های طولانی‌مدت هر چاه مشاهده‌ای می‌تواند تعدادی از این برگ‌ها را به خود اختصاص دهد. ناحیه اصلی در وسط برگ واقع شده است که به‌صورت میلی‌متری تنظیم شده و محل رسم هیدروگراف یا آبنمود چاه مشاهده‌ای می‌باشد. در این قسمت، محور قائم، تغییرات ارتفاع سطح آب نسبت به سطح دریا برحسب متر را نشان می‌دهد که با توجه به نوسانات فصلی و سالانه، مقیاس مناسبی برای آن انتخاب می‌شود و محور افقی تاریخ اندازه‌گیری است که برای هر ماه ۱۰ میلی‌متر (یک سانتی‌متر) یا تقریبا هر سه روز ۱ میلی‌متر در نظر گرفته شده است. چنانچه اندازه‌گیری‌ها روزانه باشد، باید از فرم آبنمودی که در بحث گمانه‌های مشاهده‌ای شرح داده می‌شود، استفاده کرد. با توجه به تاریخ اندازه‌گیری سطح آب و ارتفاع سطح آب چاه (طبق مقیاس) برای هر ماه، یک نقطه به‌دست می‌آید که با اتصال این نقاط به هم، آبنمود یا هیدروگرافی که معرف تغییرات سطح آب یک چاه مشاهده‌ای در طول زمان است، حاصل می‌شود. در حال حاضر، با استفاده از نرم‌افزارهای صفحه گسترده به‌راحتی می‌توان این نمودارها را تهیه و تکمیل نمود. در بحث تهیه هیدروگراف سری‌های زمانی، خواهیم دید که چگونه برای تهیه آبنمود یا هیدروگراف معرف تغییرات سطح آب آبخوان با کاربرد نرم‌افزارهای مناسب از مجموع آبنمودهای چاه‌های مشاهده‌ای یک آبخوان باید استفاده کرد.

omoorepeyman.ir

جدول ۸-۱- آمار سطح آب چاه‌های مشاهده‌ای

وزارت نیرو

شرکت یا سازمان آب منطقه‌ای: **سال آبی:**

نوع و شماره آبخوان: **کد فرم: ۰۰۷ - ۲۶۰- الف**

نام محدوده مطالعاتی **کد محدوده مطالعاتی:** **نام دشت:** **(مقادیر عمق سطح آب برحسب متر)**

ردیف	مختصات چاه (U. T. M)	نام محل	عمق چاه (متر)	ارتفاع مطلق نشانه مبنا (متر)	ارتفاع مطلق نقطه نشانه (متر)	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
						روز	روز	روز	روز	روز	روز	روز	روز	روز	روز	روز	روز
						عمق سطح آب	عمق سطح آب	عمق سطح آب	عمق سطح آب	عمق سطح آب	عمق سطح آب	عمق سطح آب	عمق سطح آب	عمق سطح آب	عمق سطح آب	عمق سطح آب	عمق سطح آب

واحد اقدام‌کننده: نام و امضای تهیه‌کننده: تاریخ تهیه: نام و امضای کنترل‌کننده:

omoorepeyman.ir

جدول ۸-۲- آمار سطح پیزومتری چاه‌های پیزومتر

وزارت نیرو

شرکت یا سازمان آب منطقه‌ای: سال آبی:

نوع و شماره آبخوان: کد فرم: ۰۰۸ - ۲۶۰- الف

نام محدوده مطالعاتی: ..... . کد محدوده مطالعاتی: ..... نام دشت: ..... (مقادیر فشار پیزومتری برحسب متر)

ردیف	مختصات پیزومتر (U. T. M)	نام محل	عمق چاه پیزومتر (متر)	ارتفاع مطلق نشانه مبنا (متر)	ارتفاع مطلق نقطه نشانه (متر)	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
						روز پیزومتری	روز عمق سطح آب	روز عمق سطح آب	روز عمق سطح آب	روز عمق سطح آب	روز عمق سطح آب	روز عمق سطح آب	روز عمق سطح آب	روز عمق سطح آب	روز عمق سطح آب	روز عمق سطح آب	روز عمق سطح آب

واحد اقدام‌کننده: نام و امضای تهیه‌کننده: تاریخ تهیه: نام و امضای کنترل‌کننده:

omoorepeyman.ir

۸-۲-۴- آبنمود تغییرات فشار پیزومتری در پیزومترها

چگونگی رسم این آبنمود نیز مشابه آبنمود چاه‌های مشاهده‌ای است فقط به‌جای ارتفاع سطح آب زیرزمینی، ارتفاع یا فشار پیزومتری ماهانه پیزومتر حفر شده در آبخوان تحت فشار روی آن منعکس و ترسیم می‌شود.

فرم کاغذی آبنمودها این توانایی را دارد تا اگر به دلیل حساسیت کار در چاهی، بیش از یک‌بار در ماه سطح آب زیرزمینی یا فشار پیزومتری اندازه‌گیری شود، نقاط اندازه‌گیری شده را بتوان روی آن منعکس کرد با این شرط که فاصله اندازه‌گیری‌ها از سه روز کم‌تر نباشد زیرا هر ۱ میلی‌متر روی نمودار، نشان دهنده سه روز می‌باشد و اگر اندازه‌گیری‌ها روزانه باشد باید از فرم آبنمود تغییرات روزانه که برای چاه‌های مشاهده‌ای شرح داده می‌شود، استفاده کرد. البته در نمودارهای رایانه‌ای که در صفحات گستره طراحی می‌شوند یا فرم‌هایی که در برخی برنامه‌های رایانه‌ای موجود است، این محدودیت به چشم نمی‌خورد.

۸-۲-۵- نمودار یا آبنمود سطح آب چاه‌های مشاهده‌ای در سازند سخت

فرم‌های آماری و آبنمود کاغذی سطح آب در سازند سخت نیز مشابه آبخوان‌های آبرفتی است. ولی، چون تغییرات و نوسانات سطح آب در بسیاری از آبخوان‌های کارستی بسیار شدید است و حتی در طول سال تا چند صد متر می‌رسد و برخی مواقع به‌علت بارش زیاد یا برعکس به‌دلیل برداشت شدید در کوتاه‌مدت، نوسانات یک چاه ممکن است در یک شبانه‌روز بیش از ۱۰ متر باشد. بنابراین، نمایش تغییرات سطح آب چاه‌های مشاهده‌ای این آبخوان‌ها روی نمودارهای معمولی ماهانه امکان‌پذیر نیست. معمولا روی گمانه‌ها یا چاه‌های مشاهده‌ای این آبخوان‌ها باید دستگاه ثبات نصب شده باشد و تغییرات سطح آب هر چاه، به‌صورت مستمر اندازه‌گیری و نتایج گرفته شده در رایانه ضبط و گزارش شود. آبنمود نشان‌دهنده تغییرات روزانه سطح آب زیرزمینی (فرم ۰۱۰ – ۲۶۰- الف) عمدتا برای گمانه‌های مشاهده‌ای سازند سخت مورد استفاده قرار می‌گیرد. ولی آن را می‌توان برای چاه‌های مشاهده‌ای آبرفتی که اندازه‌گیری روزانه دارند نیز به‌کار برد. این فرم برای یک ماه از هرسال آبی بوده که شامل ۳۱ روز است و برای هر روز ۸ میلی‌متر فضا در نظر گرفته شده است. بنابراین، این فرم قابلیت نشان دادن چند اندازه‌گیری در روز را نیز دارا می‌باشد. بالای فرم، نام شرکت یا سازمان آب منطقه‌ای، سال آبی و ماه مورد نظر، نام و کد محدوده مطالعاتی، نوع و شماره آبخوان (آبرفتی، سازندسخت و آزاد، تحت فشار)، نوع چاه که شامل مشاهده‌ای و پیزومتر آبرفتی یا گمانه سازند سخت است، شایان ذکر است ارتفاع نقطه نشانه از سطح مبنا و مختصات (U.T.M) نوشته می‌شود. در بخش اصلی آبنمود، تغییرات سطح آب یا فشار پیزومتری از به هم متصل نمودن نقاط روزانه به‌دست می‌آید و در پایین فرم، واحد اقدام کننده، نام و امضای تهیه کننده، کنترل‌کننده و تاریخ تهیه نوشته می‌شود. این فرم را می‌توان در کامپیوتر تعریف کرد و با در دست داشتن داده‌ها به صورت دلخواه، حتی مجموع چند ماه را در یک صفحه گزارش‌گیری نمود.

omoorepeyman.ir

جدول ۸-۳- آبنمود سطح آب زیرزمینی در چاه مشاهده‌ای

شرکت یا سازمان آب منطقه‌ای: نوع و شماره آبخوان: کد فرم:

۰۰۹ - ۲۶۰ - الف

نام محدوده مطالعاتی: ..... **کد محدوده مطالعاتی:** ..... **نام دشت:** ..... **نام محل:** ..... **نام مالک:** .....

عمق چاه (متر) **ارتفاع رپرنسبت به سطح مبنا** **ارتفاع مطلق نقطه نشانه نسبت به سطح مبنا** **در صورت تغییر نقطه نشانه ارتفاع جدید و تاریخ آن ذکر شود**

عمق سطح آب از نقطه نشانه (متر)																							
ارتفاع مطلق سطح آب (متر)																							
تغییرات ارتفاع مطلق آب (متر نسبت به سطح دریا)																							
تاریخ اندازه گیری — روز																							
ماه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
سال	۱۳.....												۱۳.....											

نام محدوده مطالعاتی:..... کد محدوده مطالعاتی: :..... نام دشت: :..... مختصات چاه: :..... نام محل: :..... نام مالک: .....

omoorepeyman.ir

جدول ۸-۴- آبنمود تغییرات روزانه سطح آب چاه مشاهده‌ای، پیزومتر، گمانه مشاهده‌ای

شرکت یا سازمان آب منطقه‌ای: سال آبی:..... ماه:.....

– ۲۶۰–الف

نام و کد محدوده مطالعاتی: ..... نوع و شماره ایستگاه: .....

X=

Y=

نوع چاه: ..... ارتفاع نقطه نشانه نسبت به مبناء: .....

زمان به روز	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳	۲۴	۲۵	۲۶	۲۷	۲۸	۲۹	۳۰	۳۱

ارتفاع سطح آب به متر (نسبت به سطح مبنا)

واحد اقدام کننده: نام و امضای تهیه‌کننده: تاریخ تهیه: نام و امضای کنترل کننده:

کد فرم: ۰۱۰

omoorepeyman.ir

۸-۳- نمایش و ارائه آمار آبدهی منابع انتخابی و چگونگی استفاده از نتایج آن‌ها در محاسبه تخلیه آب زیرزمینی

منابع انتخابی شامل چاه، قنات و چشمه‌های معرف بهره‌برداری بوده که از نتایج اندازه‌گیری آن‌ها برای محاسبه دقیق تخلیه آب زیرزمینی استفاده می‌شود. آبنمود یا هیدروگراف، فقط برای چشمه، قنات و چاه آرتزین که تقریبا مشابه هم هستند (آبدهی آن‌ها کنترل شده نیست) رسم شده و برای چاه‌های بهره‌برداری انتخابی که تخلیه ماهانه مستقیما محاسبه می‌شود، نیاز به رسم آبنمود نیست. با استفاده از آبنمودها و اندازه‌گیری میزان تخلیه ماهانه چاه‌های بهره‌برداری انتخابی، دو گروه جدول شامل مجموعه آمار تخلیه ماهانه و ضرایب تخلیه ماهانه (نسبت تخلیه ماهانه به تخلیه سالانه) برای این منابع تهیه و تنظیم می‌شود. با استفاده از ضرایب تخلیه ماهانه منابع انتخابی می‌توان میزان تخلیه هر منبع مشابه را محاسبه کرد و مجموع تخلیه آب زیرزمینی از یک آبخوان را به‌دست آورد.

۸-۳-۱- نمودار یا آبنمود تغییرات آبدهی لحظه‌ای قنات، چشمه و چاه آرتزین انتخابی

همان‌طور که ذکر شد، نتایج اندازه‌گیری صحرایی آبدهی چشمه‌ها، قنوات و چاه‌های آرتزین در یک نوع نمودار تنظیم می‌شود. چگونگی تکمیل و ترسیم این نمودار به شرح زیر است.

در بالای کادر، نام و کد محدوده مطالعاتی و نام دشت، مختصات منبع آب برحسب سیستم مختصات U.T.M به متر، نوع منبع آبی که می‌تواند چشمه، قنات یا چاه آرتزین باشد. نام منبع آبی، نام محلی که می‌تواند نام نزدیک‌ترین روستا یا اراضی باشد، نام مالک و آدرس محل ذکر می‌شود.

در زیر این قسمت و در دو ردیف، روش اندازه‌گیری آبدهی و میزان آبدهی لحظه‌ای منبع برحسب لیتر بر ثانیه نوشته می‌شود.

در زیر کادر نمودار دو قسمت متمایز مشاهده می‌شود. ابتدا تاریخ اندازه‌گیری برای دو سال است که از بالا به پایین روز، ماه و سال اندازه‌گیری آبدهی بوده و در پایین این قسمت مقدار کلرور و هدایت الکتریکی آب درج شده است. چون معمولا برحسب تغییرات آبدهی نیز ممکن است کیفیت آب تغییر کند، به همین دلیل در هر بار اندازه‌گیری آبدهی، یک نمونه آب برداشت شده و مقدار کلرور و هدایت الکتریکی آن بلافاصله پس از مراجعه از صحرا اندازه‌گیری می‌شود.

قسمت اصلی نمودار، یک صفحه میلی‌متری در وسط کادر است که محور قائم آن نشان‌دهنده تغییرات آبدهی بر حسب لیتر بر ثانیه و محور افقی، زمان است که مجموعا شامل دو سال بوده و برای هر ماه ۱۰ میلی‌متر (هر سه روز یک‌میلی‌متر) در نظر گرفته شده است. مقیاس تغییرات آبدهی باید طوری انتخاب شود که نوسانات آبدهی سالانه و حتی چند ساله روی آن قابل نمایش باشد. با در نظر گرفتن روز اندازه‌گیری آبدهی (در جهت افقی) و مقدار آبدهی (در جهت عمودی) برای هر ماه یک نقطه به‌دست می‌آید و با اتصال این نقاط به یکدیگر یک آبنمود یا نمودار حاصل می‌شود که نشان‌دهنده تغییرات آبدهی آن منبع است.

omoorepeyman.ir

جدول ۸-۵- نمودار تغییرات آبدهی قنات یا چشمه یا چاه آرتزین (انتخابی)

شرکت یا سازمان آب منطقه‌ای: کد فرم: ۰۱۱- ۲۶۰ - الف

نام محدوده مطالعاتی:.................. کد محدوده مطالعاتی:.................. نام دشت: .... مختصات منبع آب: .... نوع منبع آبی: .... نام منبع آبی: ....

نام محل: نام مالک: آدرس محل اندازه‌گیری:

طریقه اندازه‌گیری آبدهی																								
طریقه اندازه‌گیری آبدهی																								
تغییرات آبدهی برحسب لیتر بر ثانیه																								
روز																								
ماه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
سال	۱۳												۱۳											
کلرور میلی‌گرم بر لیتر																								
هدایت الکتریکی میکروزیمنس بر سانتی‌متر																								

واحد اقدام‌کننده: نام و امضای تهیه‌کننده: تاریخ تهیه: نام و امضای کنترل‌کننده:

omoorepeyman.ir

۸-۳-۲- جدول آماری تخلیه ماهانه و سالانه منابع انتخابی

چون شیوه محاسبه میزان تخلیه ماهانه چشمه، قنات و چاه آرتزین انتخابی با چاه بهره‌برداری انتخابی تفاوت دارد، بنابراین برای آن‌ها دو نوع فرم آماری تعریف شده گرچه از نظر ظاهر تفاوت چندانی بین این دو نوع فرم وجود ندارد.

۸-۳-۲-۱- چگونگی محاسبه تخلیه ماهانه و تکمیل فرم آماری چشمه، قنات و چاه آرتزین

برای این‌که تخلیه در تمام ماه‌ها برای شرایط یکسانی محاسبه شود، ابتدا با استفاده از نمودار تغییرات آبدهی رسم شده برای هر ماه، روز پانزدهم را در نظر گرفته و سپس از روی محور عمودی میزان آبدهی برحسب لیتر بر ثانیه قرائت شده و با توجه به تعداد روزهای هر ماه مقدار تخلیه ماهانه به‌صورت زیر محاسبه می‌شود.

تخلیه ماهانه (مترمکعب)= تعداد روزهای ماه مذکور × ۲۴ × ۳/۶ × آبدهی روز پانزدهم ماه (لیتر بر ثانیه)

علت انتخاب روز پانزدهم، این فرض است که متوسط آبدهی لحظه‌ای ماه را نشان می‌دهد. عدد ۳/۶ به این شکل به‌دست آمده است: چون آبدهی لحظه‌ای برحسب لیتر بر ثانیه است و باید به مترمکعب بر ساعت تبدیل شود، بنابراین چنانچه تعداد ثانیه‌های ۱ ساعت (۳۶۰۰= ۶۰×۶۰) تقسیم بر ۱۰۰۰ (تبدیل لیتر به مترمکعب) شود، عدد ۳/۶ حاصل می‌شود.

از جمع تخلیه ۱۲ ماه، تخلیه سالانه منبع انتخابی حاصل می‌شود. در مورد تکمیل فرم‌های آماری، باید در نظر داشت که هر نوع منبع آماری یعنی قنات‌ها، چشمه‌ها و چاه‌های آرتزین به‌صورت مجزا در یک مجموعه آماری آورده شوند.

در بالای فرم آماری مانند سایر فرم‌ها، نام سازمان آب منطقه‌ای، سال آبی، نام و کد محدوده‌های مطالعاتی، نام منبع و دشت، نوع منبع انتخابی (چشمه، قنات یا چاه آرتزین) و در زیر فرم‌ها، نام مرکز اقدام کننده، نام و امضای تهیه کننده فرم و تاریخ تهیه نوشته می‌شود.

۸-۳-۲-۲- چگونگی محاسبه تخلیه ماهانه و تکمیل فرم آماری چاه بهره‌برداری انتخابی

بیش‌ترین منابع بهره‌برداری هر آبخوان را در اکثر دشت‌ها، چاه تشکیل می‌دهد، پس تعداد چاه‌های انتخابی معمولا بیش از سایر منابع و اهمیت آن‌ها از نظر محاسبه تخلیه آب زیرزمینی بیش‌تر است. برای محاسبه تخلیه ماهانه هر چاه، تعداد ساعت کارکرد چاه انتخابی برای هر ماه مشخص شده و در میزان آبدهی لحظه‌ای اندازه‌گیری شده آن ضرب می‌شود.

تخلیه ماهانه(مترمکعب)= تعداد روزهایی که چاه در آن ماه کار کرده × تعداد ساعت کارکرد روزانه × ۳/۶ × آبدهی لحظه‌ای (لیتر بر ثانیه)

در هر جدول آماری تخلیه ماهانه و سالانه چاه‌های انتخابی آبخوان هر دشت، یک مجموعه آماری را تشکیل می‌دهد. بدیهی است برای ماه‌هایی که چاه کار نکرده (پمپاژ نشده) خط تیره گذارده می‌شود. از جمع ۱۲ ماه، تخلیه سالانه چاه حاصل می‌شود. سایر موارد در تکمیل این فرم مشابه با فرم قبلی است.

omoorepeyman.ir

چنانچه در مسیر لوله آبده چاه کنتور نصب شده باشد با استخراج مقادیر تخلیه ماهانه از کنتور جدول مـذکور تنظـیم می‌شود. تعداد ساعات کارکرد ماهانه چاه نیز از مقدار برق یا سوخت مصرفی براساس توان پمپ مورد استفاده قابل تعیین است.

جدول ۸-۶- آمار تخلیه ماهانه و سالانه چشمه‌ها، قنوات و چاه‌های آرتزین انتخابی

وزارت نیرو

شرکت یا سازمان آب منطقه‌ای:

سال آبی:

نام محدوده مطالعاتی: ..... کد محدوده مطالعاتی:..... نام دشت: ..... نوع منبع انتخابی: ..... کد فرم: ۰۱۲ – ۲۶۰ – الف															
ردیف	**مختصات نقطه‌ای (U. T. M) X / Y**	**نام محل**	**تخلیه ماهانه و سالانه برحسب مترمکعب**												
			مهر	**آبان**	**آذر**	**دی**	**بهمن**	**اسفند**	**فروردین**	**اردیبهشت**	**خرداد**	**تیر**	**مرداد**	**شهریور**	**سالانه**

واحد اقدام کننده: نام و امضای تهیه‌کننده: تاریخ تهیه:

نام و امضای کنترل‌کننده:

omoorepeyman.ir

جدول ۸-۷- آمار تخلیه ماهانه و سالانه چاه‌های انتخابی بهره‌برداری

وزارت نیرو
شرکت یا سازمان آب منطقه‌ای:
سال آبی:

نام محدوده مطالعاتی: ..... کد محدوده مطالعاتی:..... نام دشت: ..... نوع منبع انتخابی: ..... کد فرم: ۰۱۳ - ۲۶۰ - الف														
ردیف	مختصات نقطه‌ای (U. T. M) X / Y	نام محل	تخلیه ماهانه و سالانه برحسب مترمکعب											
			مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
واحد اقدام کننده: نام و امضای تهیه‌کننده: تاریخ تهیه: نام و امضای کنترل‌کننده:															

۸-۳-۳- چگونگی محاسبه و تکمیل فرم ضریب ماهانه تخلیه منابع انتخابی

ضریب تخلیه ماهانه هر منبع انتخابی، از نسبت (تقسیم) تخلیه ماهانه بر تخلیه سالانه آن منبع به‌دست می‌آید. واضح است که ضریب تخلیه هر ماه کوچک‌تر از ۱ بوده و جمع ضرایب ۱۲ ماه یک منبع انتخابی (سالانه) باید برابر ۱ بشود. از ضرایب تخلیه ماهانه منابع انتخابی به منظور تخلیه از آب زیرزمینی سایر منابع بهره‌برداری کننده آبخوان‌ها که مشابه منبع انتخابی هستند، استفاده می‌شود. این ضرایب نیز در دو گروه آماری تنظیم شده‌است. جدول (۸-۸) مربوط به ضرایب ماهانه چشمه‌ها، قنات‌ها یا چاه‌های آرتزین یک آبخوان و جدول (۸-۹) مربوط به ضرایب ماهانه چاه‌های بهره‌برداری انتخابی یک آبخوان می‌باشد.

omoorepeyman.ir

جدول ۸-۸- ضریب تخلیه ماهانه چشمه‌ها، قنوات و چاه‌های آرتزین انتخابی

وزارت نیرو

شرکت یا سازمان آب منطقه‌ای:

سال آبی:

نام محدوده مطالعاتی: ..... **کد محدوده مطالعاتی:.....** **نام دشت: .....** **نوع منبع انتخابی: .....** **کد فرم: ۰۱۳ - ۲۶۰ - الف**															
ردیف	**مختصات نقطه‌ای (U. T. M) X / Y**	**نام محل**	**ضریب تخلیه ماهانه (نسبت تخلیه ماهانه به تخلیه سالانه)**												
			مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
واحد اقدام کننده: نام و امضای تهیه‌کننده: تاریخ تهیه:															
نام و امضای کنترل‌کننده:															

omoorepeyman.ir

جدول ۸-۹- ضریب تخلیه ماهانه چاه‌های انتخابی بهره‌برداری

وزارت نیرو

شرکت یا سازمان آب منطقه‌ای:

سال آبی:

نام محدوده مطالعاتی:	**کد محدوده مطالعاتی:**	**نام دشت:**	**کد فرم: ۰۱۵ - ۲۶۰ - الف**

ردیف	**مختصات نقطه‌ای (U. T. M)** X \ Y	**نام محل**	**ضریب تخلیه ماهانه (نسبت تخلیه ماهانه به تخلیه سالانه)**												**ملاحظات**
			مهر	**آبان**	**آذر**	**دی**	**بهمن**	**اسفند**	**فروردین**	**اردیبهشت**	**خرداد**	**تیر**	**مرداد**	**شهریور**	

واحد اقدام کننده: نام و امضای تهیه‌کننده: تاریخ تهیه: نام و امضای کنترل‌کننده:

omoorepeyman.ir

۸-۳-۴- چگونگی محاسبه تخلیه سالانه منابع بهره‌برداری کننده آب زیرزمینی

با استفاده از نتایج منابع انتخابی معرف بهره‌برداری، تخلیه سالانه سایر منابع بهره‌برداری کننده آب زیرزمینی را می‌توان دقیق‌تر محاسبه کرد. چنانچه سایر منابع یک بار در سال اندازه‌گیری شده باشد، ابتدا باید مشخص شود هر منبع بهره‌برداری کننده طبق آنچه در مبحث ضوابط انتخاب منابع انتخابی ذکر شد، مشابه با کدامیک از منابع انتخابی می‌باشد. در این حالت، با توجه به تاریخ اندازه‌گیری آبدهی پس از محاسبه تخلیه آن ماه از جدول ضرایب تخلیه، ضریب تخلیه ماه مورد نظر منبع انتخابی مشابه تعیین شده و با تقسیم تخلیه ماه اندازه‌گیری شده بر ضریب به‌دست آمده، کل تخلیه سالانه برای منبع غیرانتخابی محاسبه می‌شود که در حقیقت حاصل یک تناسب است که تخلیه ماه‌اندازه‌گیری شده ضرب در ۱ (ضریب سالانه) تقسیم بر ضریب ماه مذکور (اندازه‌گیری شده) می‌شود. برای روشن‌شدن مطلب، نمونه‌هایی برای قنات و چاه آورده شده است.

مثال ۱: قنات A به عنوان معرف گروهی قنات انتخاب شده است. پس از اندازه‌گیری آبدهی ماهانه سال آبی ۸۰- ۱۳۷۹، میزان تخلیه و ضریب تخلیه (نسبت تخلیه ماهانه به سالانه) آن به‌صورت جدول (۸-۱۰) بوده است:

جدول ۸-۱۰- تخلیه ماهانه و سالانه بر حسب هزار مترمکعب

(سال آبی ۸۰ – ۱۳۷۹)

قنات انتخابی A	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
تخلیه	۵۲/۶	۵۸/۱	۶۰/۴	۶۴/۴	۶۹/۱	۷۱/۴	۷۸/۵	۷۶/۱	۶۹/۹	۶۵/۲	۶۲/۰	۵۷/۳	۷۸۵/۰
ضریب	۰/۰۶۷	۰/۰۷۴	۰/۰۷۷	۰/۰۸۲	۰/۰۸۸	۰/۰۹۱	۰/۱۰۰	۰/۰۹۷	۰/۰۸۹	۰/۰۸۳	۰/۰۷۹	۰/۰۷۳	۱/۰

حال اگر قنات X که مشابه قنات انتخابی A می‌باشد، در اردیبهشت سال ۱۳۸۰ با آبدهی لحظه‌ای برابر ۱۰ لیتر بر ثانیه، اندازه‌گیری شده باشد، تخلیه ماهانه آن برحسب مترمکعب به شرح زیر خواهد بود:

تخلیه ماه اردیبهشت ۱۳۸۰ مترمکعب ۱۰ × ۳/۶ × ۲۴ × ۳۱ =۲۶۸۷۴

ضریب ماه اردیبهشت مربوط به قنات انتخابی (A) برابر ۰/۰۹۷ است، حال با یک تناسب تخلیه سالانه قنات X محاسبه می‌شود. (تخلیه اردیبهشت ضرب‌در ۱ تقسیم بر ضریب ۰/۰۹۷)

تخلیه قنات X در سال آبی ۸۰- ۱۳۷۹ متر مکعب $\frac{۲۶۷۸۴\times ۱}{۰/۰۹۷}$ =۷/۲۷۶۱۲۳

مثال ۲: چاه انتخابی B دارای میزان آبدهی، ساعت‌های کارکرد روزانه، تعداد روزهای بهره‌برداری و بالاخره تخلیه ماهانه و ضریب تخلیه محاسبه شده در سال ۱۳۷۹ به شرح جدول (۸-۱۱) است:

omoorepeyman.ir

جدول ۸-۱۱- کارکرد، تخلیه ماهانه و ضریب تخلیه چاه انتخابی (B) در سال ۱۳۷۹

	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	سالانه
آبدهی لحظه‌ای (لیتر بر ثانیه)	۳۰	۳۰	۳۰	۲۹	۲۸	۲۸	۲۷	۲۷	-	-	-	-	
ساعات کارکرد روزانه	۱۰	۱۶	۲۰	۲۲	۲۲	۲۲	۱۵	۸	-	-	-		
تعداد روزهای بهره‌برداری	۱۵	۲۵	۳۱	۳۱	۳۱	۳۰	۲۵	۱۰	-	-	-	-	۱۹۸
تخلیه ماهانه (هزارمترمکعب)	۱۶/۲۰	۴۳/۲۰	۶۶/۹۶	۷۱/۲۰	۶۸/۷۵	۶۶/۵۳	۳۶/۴۵	۷/۷۸	-	-	-	-	۳۷۷/۰۷
ضریب تخلیه	۰/۰۴۳	۰/۱۱۵	۰/۱۷۸	۰/۱۸۹	۰/۱۸۲	۰/۱۷۶	۰/۰۹۶	۰/۰۲۱	۰	۰	۰	۰	۱

اکنون اگر چاه Y که از نظر بهره‌برداری و سایر شرایط، مشابه با چاه انتخابی B بوده و یک‌بار در مرداد ماه سال ۱۳۷۹ آبدهی آن برابر با ۴۰ لیتر بر ثانیه اندازه‌گیری شده است، با در نظر گرفتن ضریب (نسبت) تخلیه مرداد ماه چاه انتخابی B میزان تخلیه ماه مرداد ۷۹ و تخلیه سال ۱۳۷۹ آن به شرح زیر است:

تخلیه چاه Y در مرداد ماه مترمکعب ۴۰ × ۳/۶ × ۲۲ × ۳۱ =۹۸۲۰۸

تخلیه چاه Y در سال ۱۳۷۹ متر مکعب (۱×۹۸۲۰۸) /(۰/۱۸۲)=۵۳۹۶۰۴

موارد گفته شده، برای تخلیه از آبخوانی است که آبدهی کلیه منابع آبی غیرانتخابی آن شامل چاه، قنات و چشمه یک‌بار در سال اندازه‌گیری شده باشند که مسلما اندازه‌گیری آبدهی یک‌بار در سال هم برای کلیه منابع مشکل است. چنانچه منابع غیرانتخابی یک دشت هر سال اندازه‌گیری نشود و آمار اندازه‌گیری آن‌ها مربوط به گذشته باشد در این حالت باید ابتدا مشخص شود، آبدهی اندازه‌گیری شده منابع انتخابی بین سال آماربرداری شده با سال مورد نظر (جدید) تغییر کرده یا بدون تغییر است. چنانچه بدون تغییر باشد می‌توان مثل مثال‌های گفته شده تخلیه سال مورد نظر کلیه منابع بهره‌برداری از آبخوان را برآورد کرد ولی اگر تفاوت کرده است، ابتدا باید ضریب تغییرات نیز مشخص شود و میزان تخلیه برآورد شده در این ضریب هم ضرب شود.

به عنوان مثال، چنانچه آمار اندازه‌گیری‌های آبدهی منابع بهره‌برداری کننده یک آبخوان مربوط به سال آبی ۷۵- ۱۳۷۴ باشد و مشخص شود میزان تخلیه قنات انتخابی A که در مثال ۱ به آن اشاره شد، نسبت به سال ۸۰- ۱۳۷۹ (سال مورد نظر) کاهش داشته و مقدار تخلیه فعلی (۸۰- ۱۳۷۹) برابر ۸۸ درصد (۰/۸۸) سال آماربرداری (۷۵- ۱۳۷۴) است، ضریب ۰/۸۸ نیز در محاسبه تخلیه قنات غیرانتخابی X که آبدهی لحظه‌ای آن در اردیبهشت سال ۱۳۷۵برابر ۱۰ لیتر بر ثانیه اندازه‌گیری شده، ضرب خواهد شد. این عملیات به صورت زیر است:

تخلیه قنات X در اردیبهشت ۱۳۸۰ ۱۰ × ۳/۶ × ۲۴ × ۳۱ × ۰/۸۸ =۲۳۵۷

تخلیه قنات X در سال آبی ۸۰ – ۱۳۷۹ (۱×۲۳۵۷) /(۰/۰۹۷)=۲۳۸۸۰۴

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

فصل ۹

وضعیت ذخیره آب زیرزمینی و تغییرات آن

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۹-۱- کلیات

بنا به تعریف ذخیره آب زیرزمینی، مقدار آبی است که طی زمان در آبرفت‌ها به‌صورت آبخوان‌های آبرفتی و در سازندهای سخت به‌صورت مخازن آب یا آبخوان‌های کارستی انباشته شده و به روش‌های معمولی قابل استخراج است. میزان ذخیره آب زیرزمینی، علاوه بر وجود عوامل تغذیه به گسترش ضخامت (ابعاد هندسی آبخوان) وضریب ذخیره آبخوان بستگی دارد. وضعیت ذخیره آب زیرزمینی را می‌توان در سه حالت ذخیره کل[1]، ذخیره پویا[2] و ذخیره ایستا[3] مورد مورد بررسی قرار داد.

ذخیره تجدید شونده یا پویا، آن بخش از ذخیره است که به‌طور متوسط در یک دوره هیدرولوژیکی تحت تاثیر عوامل تغذیه و تخلیه تجدید می‌شود. ذخیره ایستا بخشی از ذخیره است که تابع عوامل مختلف تغذیه و تخلیه آبخوان نبوده و طی سال‌های متمادی به حالت نسبتا ثابتی رسیده است. مجموع ذخیره ایستا و ذخیره پویا، «ذخیره کل» نامیده می‌شود. در این دستورالعمل ذخیره آب زیرزمینی برای آبخوان‌های آبرفتی و سازندهای سخت، به‌صورت مجزا شرح داده می‌شود.

۹-۲- وضعیت ذخیره آب زیرزمینی در آبخوان‌های آبرفتی

عوامل مختلفی موجب ذخیره آب در آبخوان‌های آبرفتی و تغییرات آن در طول زمان می‌شود و همان‌طور که گفته شد، بخشی از این ذخیره در هر سال تحت تاثیر عوامل تغذیه و تخلیه تجدید می‌شود.

۹-۲-۱- عوامل موثر در وضعیت ذخیره آبخوان آبرفتی

عوامل موثر در ذخیره آبخوان آبرفتی و تغییرات آن، شامل شرایط فیزیکی آبخوان و عوامل تغذیه کننده و تخلیه کننده آن است.

۹-۲-۱-۱- شرایط فیزیکی آبخوان آبرفتی

شرایط فیزیکی موثر در ذخیره آبخوان آبرفتی شامل گسترش و ضخامت یا به عبارت دیگر ابعاد هندسی آبخوان و ضریب ذخیره است. مسلما در شرایط یکسان، آبخوان با گسترش زیاد امکان ذخیره آب بیش‌تری را دارد. آبخوان‌ها معمولا از زیر به وسیله یک لایه ناتراوا یا کم تراوا، از بخش‌های جانبی ورودی توسط ارتفاعات و از ناحیه خروجی به وسیله ناحیه کویری، دریاچه، دریا و یا یک رودخانه بزرگ محدود می‌شوند.

1- Total Storage
2- Dynamic Storage
3- Static Storage

omoorepeyman.ir

ضخامت آبخوان یا لایه اشباع نیز مانند گسترش آن با میزان ذخیره نسبت مستقیم دارد. از جمله عوامل فیزیکی موثر در ذخیره که مربوط به ضرایب هیدرودینامیک آبخوان می‌شود، ضریب ذخیره است که میزان ذخیره آبخوان با آن رابطه مستقیم دارد.

۹-۲-۱-۲- عوامل موثر در تغییر ذخیره آبخوان

عوامل مختلفی می‌تواند در افزایش ذخیره یا کاهش آن موثر باشد. از جمله عوامل موثر در افزایش ذخیره آبخوان، تغذیه از سطح آبخوان شامل نفوذ بارش، جریان‌های سطحی، آب‌های برگشتی از مصارف شرب، صنعت و کشاورزی بوده و همچنین تغذیه جانبی از سمت سازندهای سخت نفوذپذیر ارتفاعات یا احتمالا ورودی از آبخوان آبرفتی دشت بالادست و بالاخره تغذیه از سنگ کف نفوذپذیر است.

از عوامل کاهش دهنده ذخیره آبخوان می‌توان به برداشت و تخلیه به وسیله چاه‌های بهره‌برداری، قنات‌ها و چشمه‌های آبرفتی، زهکشی، جریان خروجی جانبی و احتمالا سنگ کف آبخوان و بالاخره تبخیر از آب زیرزمینی اشاره کرد.

۹-۲-۲- چگونگی محاسبه یا برآورد ذخیره آبخوان آبرفتی و تغییرات آن

به‌طوری‌که در مقدمه گفته شد، ذخیره کل آبخوان شامل دو قسمت ذخیره پویا یا تجدید شونده و ذخیره ایستا است. برای محاسبه ذخیره آبخوان و تغییرات آن اطلاعات مختلفی نیاز است. در این دستورالعمل، محاسبه یا برآورد ذخیره از دیدگاه رفتارسنجی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۹-۲-۲-۱- برآورد ذخیره کل آبخوان آبرفتی

ذخیره کل آبخوان از حاصل‌ضرب گسترش یا وسعت آبخوان، متوسط ضخامت آن و میزان متوسط ضریب ذخیره آبخوان طبق معادله زیر به‌دست می‌آید:

$V=A.H.S$ در آبخوان تحت فشار (۹-۱)

$V=A.H.S_y$ در آبخوان آزاد (۹-۲)

در این معادله‌ها:

V= ذخیره کل آبخوان برحسب مترمکعب

A= مساحت آبخوان آبرفتی برحسب مترمربع

H= متوسط ضخامت آبخوان آبرفتی (منطقه اشباع) برحسب متر

S= متوسط ضریب ذخیره آبخوان (بدون بعد)

Sy= متوسط آبدهی ویژه که در آبخوان‌های آزاد تقریبا معادل ضریب ذخیره است.

مساحت آبخوان از روی نقشه‌ای که محدوده آبخوان بر روی آن مشخص شده با وسایل مختلفی اندازه‌گیری (پلانی‌متری) می‌شود. در حال حاضر که کلیه نقشه‌ها در محیط سامانه های اطلاعات جغرافیایی (GIS) تهیه و نگهداری

omoorepeyman.ir

می‌شوند، مساحت آبخوان به‌سادگی قابل اندازه‌گیری خواهد بود. در صورتی که نقشه کاغذی از محدوده آبخوان در اختیار باشد از طریق اسکن نمودن آن و سپس وارد کردن در محیط GIS این عملیات صورت می‌پذیرد.

ضخامت متوسط آبخوان با استفاده از نتایج مطالعات زمین‌شناسی، ژئوفیزیکی و حفاری‌های اکتشافی و متوسط‌گیری ارتفاع سطح ایستابی از روی نقشه تراز آب زیرزمینی مربوط به زمان حداکثر (بالاترین حد سطح آب) و نقشه سنگ‌کف تعیین می‌شود.

متوسط ضریب ذخیره یا آبدهی ویژه (S یا Sy) نیز با متوسط‌گیری از ضریب ذخیره حاصل از پمپاژ یا بررسی دانه‌بندی نمونه خاک چاه‌های حفاری شده حاصل می‌شود.

۹-۲-۲-۲- محاسبه یا برآورد ذخیره پویا (تجدیدشونده) و ذخیره ایستای آبخوان

ذخیره تجدید شونده یک آبخوان، از محاسبه مجموع تغذیه آبخوان در یک سال آبی حاصل می‌شود. چنانچه مجموع تغذیه آبخوان با مجموع تخلیه از آبخوان یکسان باشد، آبخوان دارای حالت متعادل بوده و با کسر ذخیره تجدیدشونده از کل ذخیره مقدار ذخیره ایستای آبخوان به‌دست می‌آید. اگر مقدار تغذیه بیش از تخلیه باشد، گرچه برای یک یا چند سال خاص موجب افزایش ذخیره کل می‌شود ولی با افزوده شدن به خروجی‌های طبیعی (زهکشی، تبخیر از آب زیرزمینی و خروجی جانبی) در طولانی مدت آبخوان به حالت تعادل نزدیک می‌شود.

اگر مجموع تخلیه و برداشت از آبخوان بیش از تغذیه آن باشد برای حفظ تعادل در آبخوان ابتدا از میزان زهکشی، خروجی جانبی و تبخیر آب زیرزمینی کاسته می‌شود. در صورت تداوم این شرایط در طولانی مدت، به تدریج ذخیره ایستای آبخوان کاهش می‌یابد.

وضعیت ذخیره آبخوان را می‌توان از روی آبنمود معرف تغییرات سطح آب زیرزمینی آبخوان نیز مشاهده کرد. در آبخوان‌هایی که میزان تغذیه و تخلیه سالانه یکسان است، متوسط سطح زیر شاخه بالارونده هیدروگراف یا آبنمود با سطح زیر بخش پایین‌رونده آن (فصل خشک) یکسان بوده و اگر مجموع تخلیه و برداشت بیش از تغذیه باشد در نوسان سطح آب، شاخه پایین رونده آبنمود طول بزرگ‌تری نسبت به بخش بالارونده آن دارد. به عبارت دیگر، سطح زیر شاخه پایین رونده بیش از سطح زیر شاخه بالارونده است. در این حالت گفته می‌شود، سطح آب آبخوان دارای افت می‌باشد.

شکل (۹-۱) هیدروگراف (آبنمود) معرف تغییرات سطح آب زیرزمینی آبخوان آبرفتی دارای افت سطح آب را برای یک‌سال آبی نشان می‌دهد.

برای به‌دست آوردن مقدار ذخیره تجدیدشونده (پویا) چون محاسبه مقادیر انواع تغذیه آبخوان مشکل است، می‌توان از هیدروگراف (آبنمود) معرف تغییرات سطح آب زیرزمینی استفاده کرد. برای این منظور، چنانچه ارتفاع شاخه بالارونده از روی نمودار یا آبنمود قرائت شده در مساحت آبخوان و متوسط ضریب ذخیره ضرب شود و مقدار تخلیه و برداشت در

omoorepeyman.ir

زمان بالارفتن سطح آب (دوره مرطوب) نیز به آن اضافه شود، مقدار ذخیره تجدید شونده به‌دست می‌آید. هرچند، محاسبه دقیق میزان تخلیه آسان نیست، ولی برآورد قابل قبولی از مقدار آن به‌ویژه برای دوره مرطوب امکان‌پذیر است.

$$dV=(A\times dH_{Re}\times S)+dQ \qquad (۳-۹)$$

در این فرمول:

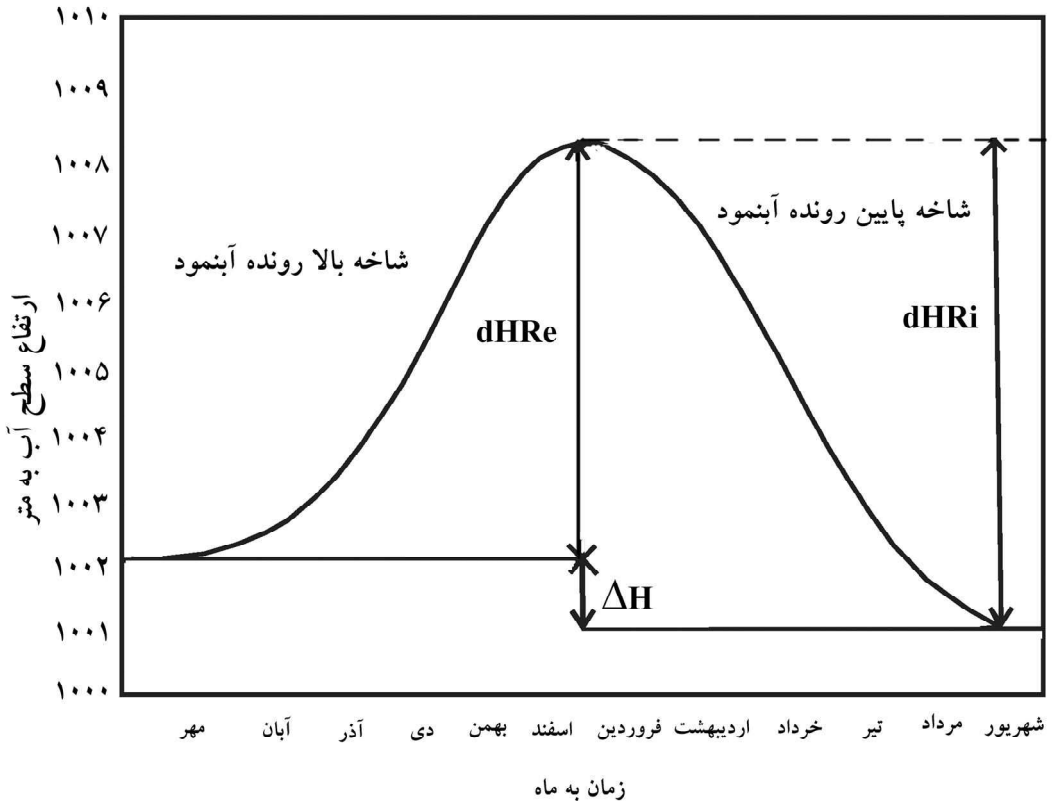
dV= ذخیره تجدیدشونده برحسب مترمکعب

A= مساحت آبخوان برحسب مترمربع

dH_{Re}= تغییر ارتفاع آبنمود معرف در دوره مرطوب یا تغذیه (شاخه بالارونده نمودار) برحسب متر

S= ضریب ذخیره متوسط آبخوان (بدون بعد)

dQ= مقدار تخلیه آبخوان (برداشت متوسط چاه، قنات، چشمه، زهکش، تبخیر از آب زیرزمینی) در دوره مرطوب (دوره شاخه بالارونده آبنمود) برحسب مترمکعب.



شکل ۹-۱- آبنمود معرف تغییرات سطح آب آبخوان آبرفتی دارای افت سطح آب

۹-۲-۲-۳- محاسبه تغییر ذخیره یا اضافه برداشت از ذخیره

مقدار اضافه برداشت از ذخیره، با ضرب مقدار افت سطح آب آبخوان برای یک سال آبی یا سیکل هیدرولوژی در مساحت و ضریب ذخیره آبخوان به این صورت به‌دست می‌آید:

omoorepeyman.ir

$$dH_{Re} - dH_{Di} = -\Delta H \qquad (۴-۹)$$

Re = تغذیه Di = تخلیه

dH_{Re}= میزان بالارفتن سطح آب زیرزمینی در دوره تغذیه یا مرطوب (شاخه بالارونده آبنمود) بر حسب متر

dH_{Di}= میزان پایین رفتن سطح آب زیرزمینی در دوره تخلیه یا خشک (شاخه پایین‌رونده آبنمود) بر حسب متر

ΔH= افت سطح آب زیرزمینی در یک‌سال آبی یا یک دوره طولانی مدت هیدرولوژیکی بر حسب متر

A= مساحت آبخوان بر حسب مترمربع

S یاSy = ضریب ذخیره متوسط یا متوسط آبدهی ویژه آبخوان (بدون بعد)

تغییرات ذخیره آبخوان را می‌توان برای یک‌سال آبی خاص و یا به طور متوسط برای یک دوره طولانی‌مدت که شامل سال‌های مختلف خشک، مرطوب و عادی است محاسبه کرد.

۹-۳- وضعیت ذخیره آب زیرزمینی و تغییرات آن در آبخوان‌های کارستی و درز و شکاف‌دار

ذخیره آب زیرزمینی و تغییرات آن علاوه بر آنچه در مورد آبخوان‌های آبرفتی گفته شد، به نوع و ضخامت خاک پوشاننده سطحی، چگونگی تخلیه، شدت عملکرد تکتونیک، چگونگی پیشرفت پدیده‌های کارستی اعم از سطحی و زیرزمینی و به‌طور خلاصه به شرایطی که تحت آن آبخوان کارستی تشکیل شده بستگی دارد. برای اطلاع بیش‌تر از جزییات وضعیت ذخیره و حجم آبخوان کارستی، به مرجع شماره ۵ (هیدروژئولوژی کارست) مراجعه شود.

۹-۳-۱- محاسبه ذخیره دینامیک آبخوان‌های کارستی

آبخوان‌های کارستی، اغلب آب‌های موجود در خود را از طریق چشمه‌ها تخلیه می‌کنند. آبدهی این چشمه‌ها و دامنه تغییرات آن به میزان پیشرفت پدیده‌های کارستی در این‌گونه آبخوان‌ها بستگی دارد. هرچه آبدهی چشمه بیش‌تر و دامنه تغییرات آبدهی آن بزرگ‌تر باشد، از پیشرفت پدیده کارست حکایت دارد. میزان ضریب تخلیه چشمه‌ها، نشانگر توانایی تخلیه آب زیرزمینی است که نتیجه خصوصیات هیدروژئولوژیک محیط یعنی تخلخل موثر و ضریب قابلیت انتقال آبخوان است. هرچه میزان ضریب تخلیه یا به عبارتی منحنی فروکش آبنمود چشمه دارای شیب کم‌تر باشد، دلالت بر ذخیره پویای زیادتر آبخوان دارد. چشمه‌های این نوع آبخوان‌ها اکثرا دائمی هستند. برعکس، وقتی‌که ضریب تخلیه زیاد باشد، منحنی فروکش چشمه دارای شیبی تند بوده و توانایی تاخیر آبخوان ضعیف است. ذخایر پویا در این حالت، موقتی بوده و خیلی سریع تخلیه می‌شود و به همین دلیل، چشمه‌های چنین آبخوان‌هایی موقتی می‌باشند. منحنی فروکش آبنمود چشمه‌های موجود در سیستم‌های کارستی توسعه یافته در بیش‌تر موارد بیش از یک ضریب تخلیه دارند و معمولا برای این‌گونه چشمه‌ها، چند ضریب تخلیه انتظار می‌رود. نمونه‌ای از رژیم خروجی چشمه‌های موجود در آبخوان‌های کارستی با چهار ضریب تخلیه در شکل (۹-۲) نشان داده شده است. ضریب تخلیه α_1، جریان خروجی از سامانه‌های

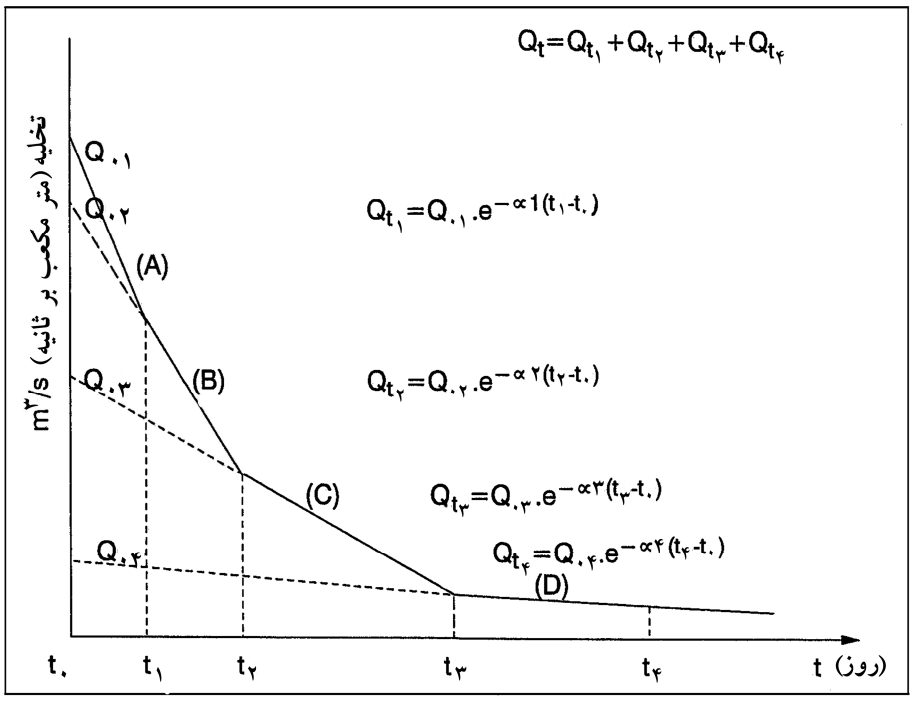
omoorepeyman.ir

مجاری، غارها و کانال‌های به شدت کارستی را مشخص می‌کند و در آن‌ها جریان متلاطم غالب است. ضریب تخلیه α_2، معرف خروج آب از سامانه درز و شکاف‌هایی است که به‌طور قابل توجهی تحت تاثیر پدیده انحلال (کارست) واقع شده‌اند. ضریب تخلیه α_3، تخلیه از سامانه شکاف‌های به‌هم پیوسته با ارتباط خوب را نشان می‌دهد که به‌طور جزیی کارستی شده‌اند و در نهایت ضریب تخلیه α_4، مشخص‌کننده مقدار خروجی از ذخایر آبی است که عمدتا در سامانه تخلخل شکافی، ناحیه خردشده، رسوبات ماسه‌ای و رسی نهشته شده در غارها و مجاری غیرفعال، آبخوان‌های محلی و تعدادی مجاری سیفونی ذخیره می‌شوند. مهم‌ترین ذخایر از نظر تامین دائمی آب، ذخایری هستند که به‌وسیله ضریب تخلیه α_4 مشخص می‌شوند.

با استفاده از منحنی‌های فروکش چشمه‌ها می‌توان ذخایر پویای آبخوان‌های کارستی را مشخص کرد. با کاربرد معادله عمومی روش مایه (E. Maillet , 1905) می‌توان نوشت:

$$Q_t = Q_0 e^{-\alpha t} \qquad (۵-۹)$$

یا:



شکل ۹-۲- منحنی فروکش یک چشمه با رژیم‌های مختلف تخلیه [۱۶]

$$Q_t = Q_0 e^{-\alpha(t-t_0)} \qquad (۶-۹)$$

مطابق شکل (۹-۳)، اجزای روابط بالا عبارتند از:

Q_t= آبدهی چشمه در طول دوره $t-t_0$ برحسب متر مکعب بر ثانیه

Q_0= آبدهی چشمه در زمان t_0 برحسب مترمکعب بر ثانیه

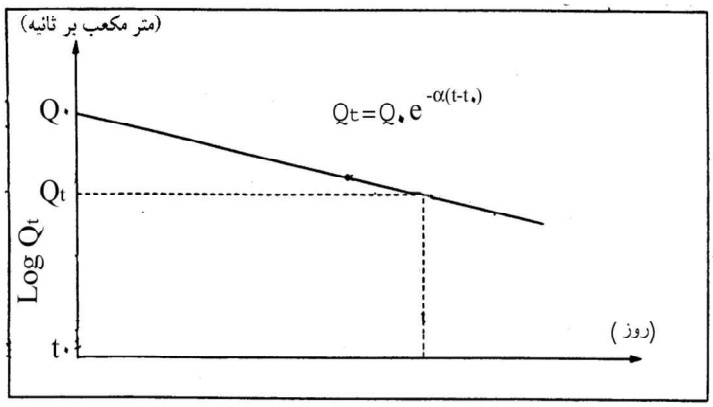
omoorepeyman.ir

t_0 = زمان شروع محاسبه تخلیه آب از آبخوان

t= زمان پایان دوره محاسبه

α= ضریب تخلیه آبخوان (ضریب فروکش)

e= پایه لگاریتم طبیعی



شکل ۹-۳- قسمتی از آبنمود جریان با منحنی فروکش در مقیاس نیمه لگاریتمی [۵]

بنابراین، ضریب تخلیه (α) توسط تانژانت زاویه بین خط مستقیم و محور افقی بیان می‌شود.

چنانچه از طرفین معادله $Q_t = Q_0 e^{-\alpha(t-t_0)}$ لگاریتم گرفته شود، ضریب تخلیه (α) محاسبه خواهد شد.

$$\mathrm{Log}\,Q_t = \mathrm{Log}\,Q_0 - 0/4343^{(t-t_0)\alpha} \qquad (۷-۹)$$

$$\alpha = \frac{\mathrm{Log}\,Q_0 - \mathrm{Log}\,Q_t}{0/4343^{(t-t_0)}} \qquad (۸-۹)$$

در بیش‌تر موارد، تخلیه آبخوان کارستی توسط منحنی‌های فروکشی مشخص می‌شود که ممکن است به صورت چندین خط مستقیم کوتاه با شیب‌های مختلف و ضرایب تخلیه مربوط (α_1، α_2، α_3 ،....و α_n) در دستگاه مختصات نیمه لگاریتمی به دست آید (شکل ۹-۲). مناسب‌ترین زمان برای این تجزیه و تحلیل و به‌دست آوردن مقدار ضریب تخلیه، زمانی است که ورودی آب به آبخوان عملا صفر است. در کشور ما، مناسب‌ترین زمان پس از بارش‌های بهاری‌خواهد بود.

حجم آب در کلیه آبخوان‌ها نسبت به زمان و مکان تغییر می‌کند. در فاصله زمانی dt، تفاضل حجم آب dV است و این حجم آب به جریان ورودی و خروجی آبخوان بستگی دارد، یعنی:

$$(Q_d - Q_i)dt = dV \qquad (۹-۹)$$

در این معادله

Q_d = جریان ورودی به آبخوان

Q_i = جریان خروجی از آبخوان (تخلیه آبخوان) می‌باشد.

omoorepeyman.ir

در طول فصل خشک (دوره فروکش)، جریان ورودی به آبخوان یعنی $Q_\alpha = 0$ است. در این صورت:

$$Q_i dt = -dV \qquad (۹-۱۰)$$

چون جریان خروجی آب برای یک فاصله زمانی معین (t) محاسبه می‌شود، پس $Q_i = Q_t$ و با توجه به معادله میلت[1] می‌توان نوشت.

$$Q_0 e^{-\alpha(t-t_0)}.dt = -dV \qquad (۹-۱۱)$$

پس از انتگرال‌گیری خواهیم داشت.

$$\int_{vt}^{0} dV = \int_{t}^{\infty} Q_0 e^{-\alpha(t-t_0)}.dt = 0 - V_t = \frac{1}{\alpha} Q_0 \left[e^{-\alpha(t-t_0)} \right]_t^{\infty} \qquad (۹-۱۲)$$

جریان خروجی آبخوان در مدت طولانی و به طور نامحدود در دوره فروکش به تخلیه کامل آبخوان منجر می‌شود. به‌عبارت دیگر، وقتی $t = \infty$ و $V = 0$ شود، انتگرال بالا به صورت زیر درمی‌آید.

$$-V_t = \frac{1}{\alpha} Q_0 \left[0 - e^{-\alpha(t-t_0)} \right] \qquad (۹-۱۳)$$

یا:

$$V_t = \frac{Q_0}{\alpha} e^{-\alpha(t-t_0)} \qquad (۹-۱۴)$$

چون $Q_0 e^{-\alpha(t-t_0)} = Q_t$ است، بنابراین حجم آبخوان کارستی در زمان t خواهد شد.

$$V_t = \frac{Q_t}{\alpha} \Rightarrow \alpha = \frac{Q_t}{V_t} \qquad (۹-۱۵)$$

میزان ضریب α با ذخیره دینامیک آبخوان (حجم بالای تراز آب چشمه) رابطه معکوس دارد. چون حجم آبخوان (V_0) در آغاز دوره فروکش (t_0) با آبدهی چشمه (آبدهی جریان خروجی) (Q_0) برابر است، بنابراین خواهیم داشت.

$$V_0 = \frac{86400 Q_0}{\alpha} \qquad (۹-۱۶)$$

(عدد ۸۶۴۰۰ تعداد ثانیه یک شبانه‌روز است.)

برای آبنمودهای با ضرایب تخلیه متفاوت خواهیم داشت:

$$V_0 = V_{01} + V_{02} + V_{03} + ... + V_{0n} \qquad (۹-۱۷)$$

$$V_0 = 86400 \left[\frac{Q_{01}}{\alpha_1} + \frac{Q_{02}}{\alpha_2} + \frac{Q_{03}}{\alpha_3} + ... \frac{Q_{0n}}{\alpha_n} \right] \qquad (۹-۱۸)$$

واحد V_0 مترمکعب است. بنابراین، با داشتن آبدهی چشمه‌ها در زمان‌های مختلف می‌توان حجم ذخایر دینامیکی آبخوان‌های کارستی را محاسبه کرد.

در ضمن ذخیره دینامیک را نیز می‌توان با استفاده از اندازه‌گیری تریتیوم (ایزوتوپ رادیواکتیو هیدروژن برای تعیین سن آب) و فرمول زیر محاسبه کرد [۴].

1- Maillet

omoorepeyman.ir

$$V=a_w \times Q \quad (۱۹-۹)$$

که در آن:

Q= آبدهی چشمه

a_w= سن آب

V= حجم ذخیره دینامیک

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

فصل ۱۰

تفاوت برخی مشخصات هیدرولیکی سامانه‌های آب زیرزمینی

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۱۰-۱- کلیات

تفاوت‌های اساسی مشخصات هیدرولیکی سامانه‌های آب زیرزمینی، بین آبخوان‌های آبرفتی و مخازن آب سازند سخت (آبخوان‌های درز و شکاف‌دار و کارستی) کاملا مشهود است، هرچند تفاوت‌هایی نیز در مشخصات هیدرولیکی آبخوان آزاد و تحت فشار، به ویژه در نوع آبرفتی آن‌ها مشاهده می‌شود. در جدول (۱۰-۱) تفاوت‌های اساسی در ویژگی‌های آبخوان آبرفتی با درز و شکاف‌دار و کارستی آورده شده است.

ویژگی‌هایی از قبیل تخلخل موثر[1]، همسانی[2]، همگنی[3]، رژیم جریان و قوانین حاکم بر آن، چگونگی ذخیره و تغذیه آبخوان و تغییرات کمی آب زیرزمینی، رفتار هیدرولیکی سامانه‌های آب زیرزمینی در آبخوان‌های مختلف را کنترل می‌کنند. هر یک از این ویژگی‌ها در آبخوان‌های مختلف تابع محیط حاکم بر آن آبخوان است.

۱۰-۲- بررسی تفاوت مشخصات هیدرولیکی آبخوان‌های آبرفتی و مخازن سازند سخت

ویژگی‌های هیدرولیکی بین آبخوان‌های آبرفتی با آبخوان‌های درز و شکاف‌دار و کارستی دارای تفاوت‌هایی است که در جدول (۱۰-۱) به آن‌ها اشاره شده و مهم‌ترین آن‌ها شرح داده می‌شود.

۱۰-۲-۱- تخلخل موثر

بنا به تعریف، به درصد فضاهای خالی موجود در واحد حجم سنگ یا خاک تخلخل گفته می‌شود و تخلخل مفید یا موثر(n_e)، حجم فضاهای خالی به هم پیوسته می‌باشد که آب تحت تاثیر شرایط گرانش در این فضاها جریان می‌یابد.

تخلخل کل در یک آبخوان از دو قسمت تشکیل شده، آبدهی ویژه یا تخلخل موثر که حجم آب زهکش شده تحت اثر نیروی ثقل بوده و بخش نگهداشت ویژه که حجم باقی‌مانده آب در بین دانه‌ها و ذرات است (بخشی از آب که تحت تاثیر نیروی ثقل خارج نمی‌شود).

$$n=S_y+S_r \qquad (۱۰-۱)$$

که در آن:

n= تخلخل کل

S_y= آبدهی ویژه که تقریبا برابر با تخلخل موثر است

S_r= ضریب نگهداشت ویژه

1- Effective Porosity
2- Isotropy
3- Homogeneity

omoorepeyman.ir

جدول ۱۰-۱- مقایسه ویژگی‌های آبخوان‌های آبرفتی با آبخوان‌های درز و شکاف‌دار و کارستی [۲۱]

ویژگی‌های آبخوان	نوع آبخوان		
	آبرفتی	درز و شکاف‌دار	کارستی
تخلخل موثر	از نوع تخلخل بین دانه‌ای	از طریق درزه‌ها، شکستگی‌ها و سطوح لایه‌بندی	ناشی از انحلال درزه و شکاف‌ها، سطوح لایه‌بندی و کانال‌های انحلالی و غارها
همسانی	بیش‌تر همسان	احتمالا ناهمسان	فوق‌العاده ناهمسان
همگنی	بیش‌تر همگن	کم‌تر همگن	غیرهمگن
رژیم جریان	لایه‌ای	ممکت است آشفته باشد	تقریبا آشفته
قانون دارسی	معمولا قانون دارسی کاربرد دارد	ممکن است قانون دارسی‌کاربرد نداشته باشد	معمولا قانون دارسی کاربرد ندارد
چگونگی ذخیره	در منطقه اشباع	در منطقه اشباع	در منطقه اشباع و اپی کارست (تهویه)
چگونگی تغذیه	پراکنده	پراکنده همراه با تغذیه نقطه‌ای	از کاملا پراکنده تا تغذیه نقطه‌ای
تغییرات بار هیدرولیکی نسبت به زمان	حداقل تغییرات	تغییرات تا حد متوسط	تغییرات متوسط تا زیاد

تخلخل کل در رسوبات دانه‌ریز مانند رس و سیلت زیاد است ولی آبدهی ویژه یا تخلخل موثر آن‌ها بسیار کم بوده و برعکس در رسوبات دانه درشت تخلخل موثر زیادتر می‌باشد. به عنوان مثال، تخلخل کل در رس حدود ۵۰ درصد است که به‌طور متوسط نزدیک به ۴۸ درصد آن نگهداشت ویژه (S_r) و تنها ۲ درصد آن آبدهی ویژه است. برعکس در شن یا ماسه درشت به‌ویژه با دانه‌بندی یکسان میزان آبدهی ویژه (S_y) یا تخلخل موثر بین ۲۰ تا ۳۵ درصد کل حجم نمونه را شامل می‌شود و نگهداشت ویژه بسیار کم است.

میزان تخلخل کل و تخلخل موثر (آبدهی ویژه) آبخوان‌های آبرفتی با آزمایش نمونه‌های آبرفت به روش‌های مختلف در آزمایشگاه و به‌طور تقریبی از نوسان سطح آب قابل اندازه‌گیری می‌باشد. در آبخوان‌های آزاد که آبدهی ویژه تقریبا برابر با ضریب ذخیره است از آزمایش پمپاژ چاه نیز قابل محاسبه می‌باشد. همان‌طور که ملاحظه شد، حدود تغییرات تخلخل موثر و آبدهی ویژه در آبرفت‌ها از کم‌تر از ۱ درصد تا بیش از ۳۰ درصد حجم آبرفت است [۲۵].

تخلخل موثر در آبخوان‌های درز و شکاف‌دار و کارستی، عمدتا منشا ثانوی داشته و به درزه‌ها، گسل‌ها و سطوح لایه‌بندی بستگی دارد. یادآوری این نکته لازم است که در سنگ‌های درز و شکاف‌دار، کارستیک و همچنین سنگ آهک مرجانی[1] تخلخل اولیه به شکلی محدود دیده می‌شود. عمده تخلخل موثر آبخوان‌های کارستیک از نوع تخلخل درزی ـ انحلالی است. حاصل انحلال، ایجاد سیماهای کارستی سطحی و عمقی مانند کارن‌ها، دولین‌ها، پانورها، حفره‌های فروکش، غارها و مجاری کارستی است. در آبخوان‌های کارستی، میزان تخلخل موثر را می‌توان با روش‌های مختلفی من‌جمله از روش تجزیه و تحلیل نوسان‌های سطح آب زیرزمینی در چاه‌های مشاهده‌ای منحنی‌های فروکش چشمه‌های کارستی، روش لرزه‌نگاری و همچنین چاه‌نگاری (چاه‌پیمایی) محاسبه کرد.

1- Reef

omoorepeyman.ir

مطالعات و تحقیقات انجام شده در مناطق کارستی جهان نشان می‌دهد که حدود تغییرات تخلخل موثر در این نواحی زیاد است. میانگین این تغییرات بین ۱ تا ۵ درصد و در برخی سنگ‌ها از جمله سنگ آهک توده‌ای و آهک مرجانی حتی به بیش از ۲۰ درصد هم می‌رسد [۲۱].

۱۰-۲-۲- همگنی و همسانی

توزیع فضایی یکنواخت ویژگی‌های آبخوان را «همگنی» و کیفیتی از آبخوان را که ویژگی‌های آن در تمام جهت‌ها یکسان باقی بماند، «همسانی» نامند [۱]. به طور کلی نسبت همگنی و همسانی در آبخوان‌های آبرفتی بیش‌تر است در حالی‌که آبخوان‌های کارستی کاملا غیرهمگن و غیرهمسان می‌باشند.

۱۰-۲-۳- جریان آب زیرزمینی و قوانین حاکم بر آن

جریان آب زیرزمینی در آبخوان‌های آبرفتی یا دانه‌ای از نوع لایه‌ای یا ورقه‌ای[1] بوده و خطوط جریان در طول مسیر تقریبا از یکدیگر متمایز هستند.

سرعت جریان در آبخوان‌های آبرفتی زیاد نبوده و معمولا کم‌تر از ۰/۰۰۱ متر بر ثانیه $(10^{-3}\,m/s)$ می‌باشد ولی به‌صورت نقطه‌ای ممکن است، بیش‌تر باشد [۲۱]. جریان آب در محیط متخلخل (آبخوان آبرفتی) تابع قانون دارسی است.

$$V = -K\frac{dh}{dL} \qquad (۲-۱۰)$$

که در آن:

V= سرعت جریان در محیط متخلخل،

K= هدایت هیدرولیکی[2] و

$\frac{dh}{dL}$= گرادیان هیدرولیکی[3] که dh، اختلاف بار هیدرولیکی در دو نقطه و dL، فاصله بین آن دو نقطه است.

سنگ‌های درز و شکاف‌دار که به‌صورت قابل توجهی تحت تاثیر انحلال قرار نگرفته‌اند، دارای تعداد زیادی درزه و شکاف با توزیع یکنواخت بوده و به‌طور مطلوب به یکدیگر مرتبط هستند. جریان آب زیرزمینی تقریبا مشابه با آبخوان‌های آبرفتی است که آن را جریان پخش شده (افشان[4]) نیز می‌نامند و معادلات دارسی برای آن‌ها کاربرد دارد.

در آبخوان‌های درز و شکاف‌داری که دارای تعداد زیادی درزه و شکاف با قابلیت انتقال زیاد و دارای مناطق یا زون‌های با جریان آب زیرزمینی قابل توجه باشند، خصوصیات جریان شبیه به آبخوان‌های کارستی می‌شود.

1- Laminar
2- Hydraulic Conductivity
3- Hydraulic Gradient
4- Diffuse Flow

omoorepeyman.ir

آب زیرزمینی در اغلب آبخوان‌های کارستی، داخل کانال‌ها، درزه و شکاف‌های بازی که توسط انحلال شکل گرفته‌اند، در حرکت می‌باشد. جریان در این‌گونه آبخوان‌ها از نوع مجرایی[۱] است و حالت جریان در آن‌ها از نوع آشفته[۲] می‌باشد. سرعت جریان در آبخوان‌های کارستی عموما بیش از ۰/۰۰۱ متر بر ثانیه است [۲۱].

با توجه به شعاع هیدرولیکی[۳]، شیب هیدرولیکی و زبری دیواره[۴]، سه نوع جریان در کانال‌های انحلالی ایجاد می‌شود که عبارتند از:

- جریان ورقه‌ای (لایه‌ای)
- جریان نیمه آشفته
- جریان آشفته

۱۰-۲-۴- ذخیره آب زیرزمینی

آب زیرزمینی در آبخوان‌های آبرفتی و عمده مخازن درز و شکاف‌دار، در ناحیه اشباع ذخیره می‌شود در حالی‌که در آبخوان‌های کارستی حجم قابل توجهی از آب در ناحیه غیراشباع یا منطقه تهویه[۵] که اپی کارست نامیده می‌شود، نیز ذخیره می‌شود.

برای آگاهی بیش‌تر از وضعیت ذخیره در آبخوان‌ها به مطالب ارائه شده در فصل هفتم مراجعه شود.

۱۰-۲-۵- تغذیه و تغییرات بار هیدرولیکی

تغذیه آبخوان‌های آبرفتی به کندی صورت می‌گیرد و بنابراین تغییرات سطح آب زیرزمینی عمدتا زیاد نیست و به‌ندرت به بیش از چند متر در یک دوره تغذیه می‌رسد. به عبارت دیگر، تغییرات بار هیدرولیکی نسبت به زمان اندک می‌باشد. درصورتی‌که در آبخوان‌های کارستی و درز و شکاف‌دار تغذیه سریع انجام می‌شود و سطح آب زیرزمینی در نتیجه یک بارش شدید ممکن است در مدت کوتاهی تا ده‌ها متر تغییر کند [۵].

چگونگی تغذیه در آبخوان‌های آبرفتی به‌صورت پراکنده[۶] بوده که از طریق خلل و فرج بین دانه‌ها از سطح آبخوان و بخشی نیز از جوانب صورت می‌گیرد. تغذیه آبخوان‌های کارستی ممکن است هم به‌صورت پراکنده از طریق درزه و شکاف‌ها و حفرات انحلالی و هم به‌صورت متمرکز یا نقطه‌ای[۷] انجام شود. تغذیه نقطه‌ای یک آبخوان کارستی بر میزان تخلیه و کیفیت آب آبخوان به شدت تاثیرگذار می‌باشد زیرا پس از تغذیه به شدت بر تخلیه آب (آبدهی چشمه‌ها) افزوده

1- Conduit Flow
2- Turbulent
3- Hydraulic Radius
4- Wall Roughness
5- Vadose Zone
6- Dispersed Recharge
7- Point Recharge

omoorepeyman.ir

شده و چون آب یک مسیر خاص را تا مظهر چشمه طی می‌کند برحسب جنس مسیر آب می‌تواند کیفیت آب بسیار مناسب یا به شدت نامناسب شود.

۱۰-۳- بررسی تفاوت‌های مشخصات هیدرولیکی آبخوان‌های آزاد و تحت فشار

تفاوت‌های بارز ویژگی‌های هیدرولیکی بین آبخوان‌های آزاد و تحت فشار مربوط به وضعیت پتانسیل یا سطح آب آن‌ها، چگونگی تغذیه و میزان ضریب ذخیره آبخوان است.

در آبخوان‌های آزاد، فشار در سطح ایستابی معادل فشار جو بوده و سطح آب زیرزمینی در منطقه اشباع در ارتباط با جو می‌باشد. در آبخوان‌های تحت فشار یا محصور، آب زیرزمینی تحت فشار بوده پس سطح پیزومتری که سطح پتانسیومتری نیز نامیده می‌شود معرف سطح آب در چاه حفر شده داخل آبخوان محصور است و چنانچه سطح پتانسیومتری بالاتر از سطح زمین باشد، آبخوان آرتزین نامیده می‌شود.

تغذیه در آبخوان‌های آزاد از طریق نفوذ از سطح آبخوان، جریان‌های زیرزمینی ورودی جانبی و در برخی با فشار رو به بالا از لایه‌های زیرین آبخوان (سنگ‌کف) است. در آبخوان‌های محصور (تحت فشار)، تغذیه محدود بوده و از ناحیه‌ای که آبخوان در سطح زمین رخنمون دارد که معمولا در ابتدای دشت واقع است، صورت می‌گیرد.

مقدار ضریب ذخیره در آبخوان‌های محصور (تحت فشار) بسیار کوچک و عمدتا از ۰/۰۰۵ کم‌تر است، در حالی‌که مقدار آبدهی ویژه در آبخوان‌های آزاد نسبت به آبخوان‌های تحت فشار بسیار بزرگ‌تر بوده و بین ۰/۰۲ تا ۰/۳۰ متغیر است.

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

فصل ۱۱

تعیین شکل هندسی و مرز آبخوان

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۱۱-۱- کلیات

برای تعیین شکل هندسی آبخوان‌ها باید گسترش آبخوان در سطح، وضعیت سنگ کف و حدود جانبی آن و همچنین ضخامت ناحیه اشباع آبخوان شناخته شود. در این فصل چگونگی تعیین شکل هندسی آبخوان‌های آبرفتی و سازندهای سخت که در برخی موارد تفاوت‌هایی دارند، شرح داده می‌شود.

۱۱-۲- تعیین شکل هندسی و مرز آبخوان‌های آبرفتی

تفاوت عمده در شکل هندسی آبخوان‌های آزاد و تحت فشار در ناحیه سطح آب آبخوان است. سطح آب در آبخوان آزاد از طریق فضاهای بین دانه‌های آبرفت با جو در ارتباط بوده ولی در نوع تحت فشار توسط لایه ناتراوایی این ارتباط قطع شده است. اکثر آبخوان‌های آبرفتی در ایران مجموعه‌ای از نوع آزاد و نشتی است زیرا در بسیاری دشت‌ها لایه‌های آبدار آبرفتی به‌وسیله لایه‌های کوچک با تراوایی کم‌تر از آبخوان اصلی جدا شده‌اند (آبخوان‌های نشتی) که معمولا مجموع آن‌ها به‌صورت یک آبخوان واحد مورد بررسی قرار می‌گیرد، به‌ویژه آن‌که اکثرا چاه‌های عمیق، این مجموعه را قطع کرده و مجزا نمودن تخلیه آبخوان‌ها تقریبا میسر نیست ولی به هر حال هر آبخوان باید مجزا مورد مطالعه قرار گیرد.

۱۱-۲-۱- گسترش و حدود جانبی آبخوان

حداکثر گسترش سطح آبخوان آبرفتی آزاد می‌تواند برابر با وسعت یک دشت آبرفتی باشد ولی در بیش‌تر دشت‌ها حدود آبخوان اصلی با وسعت دشت یکسان نبوده و کم‌تر از آن است. در دشت‌هایی که طبقات سنگی ارتفاعات با شیب ملایمی در زیر آبرفت فرورفته‌اند، بخش کوچکی از آبرفت حاشیه ارتفاعات مشابه ناحیه تهویه بالای آبخوان بدون آب بوده و تنها معبر جریان‌های زیرزمینی از سمت ارتفاعات به سوی سطح ایستابی آبخوان است. به این معنی که سطح آب زیرزمینی با فاصله کوتاهی از حد کوه و دشت شروع می‌شود. در حاشیه برخی دشت‌ها تعدادی آبخوان کوچک معلق بین آبخوان اصلی و ارتفاعات قرار دارند. این آبخوان‌های معلق حاشیه‌ای به علت بالا بودن سنگ کف غیرقابل نفوذ در حاشیه ارتفاعات مجزا از آبخوان اصلی در آبرفت داخل گودی‌های کوچک که در اثر چین‌خوردگی در سنگ کف به‌وجود آمده‌اند، ایجاد شده است.

آب زیرزمینی آبخوان‌های معلق، می‌تواند از طریق سرریز یا گسل و دره‌ها با آبخوان اصلی مربوط شود. تشخیص مرز آبخوان اصلی از آبخوان‌های کوچک معلق با استفاده از نتایج مطالعات اکتشافی (حفاری و ژئوفیزیک) همراه با بررسی تغییرات سطح آب چاه‌های مشاهده‌ای امکان‌پذیر است. سطح آب زیرزمینی در آبخوان‌های معلق عمدتا به سطح زمین نزدیک است در حالی‌که در شروع آبخوان اصلی، سطح آب نسبتا عمیق بوده و در جهت جریان آب زیرزمینی سطح آب به تدریج به سطح زمین نزدیک می‌شود. در نقشه‌های تراز آب زیرزمینی نیز، در حد بین آبخوان معلق حاشیه‌ای با آبخوان اصلی گرادیان هیدرولیکی شدید به چشم می‌خورد.

omoorepeyman.ir

آبخوان‌های آبرفتی در حدود جانبی خود می‌توانند دارای مرز نفوذپذیر (تراوا یا کم‌تراوا) یا نفوذناپذیر (ناتراوا) باشند. در مرز نفوذپذیر، آب با آبخوان تبادل می‌شود (اگر ارتفاعات مرز نفوذپذیر را تشکیل دهد، معمولا جریان از جانب سازند سخت به سوی آبخوان آبرفتی است) و درصورتی‌که نقشه تراز آب زیرزمینی آبخوان رسم شود، خطوط هم‌تراز تقریبا موازی با مرز نفوذپذیر خواهند بود. در حالی‌که در مرز نفوذناپذیر تبادل آب با آبخوان از این طریق وجود نداشته و خطوط هم‌تراز آب زیرزمینی بر مرز، عمود می‌شوند. مرز آبخوان‌های آبرفتی را در ناحیه خروجی در اکثر موارد یک ناحیه کویری، دریا و یا دریاچه تشکیل می‌دهد که حالت یک مرز نفوذپذیر (تراوا یا کم تراوا) را دارا هستند.

۱۱-۲-۲- تعیین نوع و توپوگرافی سنگ کف و ضخامت آبخوان

برای تعیین نوع و توپوگرافی سنگ کف آبخوان آبرفتی از مطالعات حفاری‌های اکتشافی و ژئوفیزیک استفاده می‌شود. در حفاری‌های اکتشافی با این شرط که حفر چاه تا رسیدن به سنگ کف ادامه داشته باشد، با بررسی نمونه‌های گرفته شده از اعماق مختلف چاه می‌توان به وضعیت دانه‌بندی آبخوان، تغییرات آن، تعداد لایه‌های آبدار، نوع و جنس سنگ کف پی برد. اگرچه از بررسی نتایج حفاری‌های اکتشافی، دقیق‌ترین اطلاعات فیزیکی آبخوان شامل ضخامت، دانه‌بندی آبرفت و تغییرات آن، جنس سنگ کف و حتی تعداد و نوع آبخوان‌های آزاد، نشتی و تحت فشار در یک دشت به‌دست می‌آید ولی چون به دلایل مختلف امکان حفاری اکتشافی برای کلیه نقاط آبخوان میسر نیست و تعداد آن‌ها محدود است، از مطالعات ژئوفیزیک نیز برای تعیین ضخامت آبخوان و توپوگرافی سنگ کف استفاده می‌شود. شرح روش‌های مختلف ژئوفیزیک، خارج از وظیفه این دستورالعمل می‌باشد [۲۸]. از جمله نقشه‌هایی که با مطالعات ژئوفیزیک و حفاری اکتشافی برای آبخوان تهیه می‌شود، نقشه تراز یا نقاط هم‌ارتفاع سنگ کف می‌باشد. چنانچه، نقشه تراز سنگ کف روی نقشه تراز سطح آب زیرزمینی در زمان حداکثر (زمانی که سطح آب به سطح زمین نزدیک‌تر است) قرار داده شود برای هر نقطه آبخوان با تفاضل ارتفاع مطلق سنگ‌کف از ارتفاع سطح آب زیرزمینی مقدار ضخامت آبخوان حاصل می‌شود.

از مجموع اطلاعات مربوط به گسترش و حدود آبخوان در سطح و جوانب، همراه با ضخامت آن، شکل هندسی آبخوان آبرفتی به‌دست می‌آید.

در مورد آبخوان‌های نشتی و تحت فشار، علاوه بر استفاده از نتایج ژئوفیزیک و حفاری‌های اکتشافی می‌توان از تغییر سطح آب چاه‌ها بین شروع برخورد به آب و خاتمه حفاری درباره حدود تقریبی آبخوان‌ها اطلاعاتی به‌دست آورد.

۱۱-۳- تعیین شکل هندسی و حدود آبخوان‌های کارستی و درز و شکاف‌دار

در تعیین شکل هندسی و حدود آبخوان کارستی باید دو مولفه ضخامت و گسترش سطحی و زیرسطحی آن شناخته شود. این دو مولفه به شرایط هیدرولوژیکی بستگی دارند و نسبت به زمان و مکان تغییر می‌کنند. به منظور شناخت دو مولفه مذکور می‌توان از روش‌های متفاوتی استفاده کرد که در زیر به شرح مختصری از آن‌ها اشاره می‌شود.

omoorepeyman.ir

۱۱-۳-۱- حفاری‌های اکتشافی

یکی از روش‌های تعیین ضخامت آبخوان، استفاده از نتایج حفاری‌های اکتشافی است. گمانه‌های اکتشافی از نوع مغزه‌گیری[1] به شرط این‌که از عمق کافی برخوردار باشند، بهترین روش اکتشاف برای دستیابی به ضخامت آبخوان‌های کارستی و درز و شکاف‌دار است. نتایج تحقیقات و مطالعات در اکثر نقاط جهان از جمله در کشور ما نشان می‌دهد که عمده پیشرفت پدیده کارست در شرایط معمولی تا اعماق بین ۳۰۰ تا ۴۰۰ متری می‌باشد. بنابراین، با حفر گمانه‌های مغزه‌گیری تا این اعماق و حتی بیش‌تر می‌توان به ضخامت این‌گونه آبخوان‌ها پی برد. علت فقدان پیشرفت پدیده کارست در اعماق بیش‌تر را می‌توان به بسته شدن درز و شکاف‌ها در این عمق ناشی از فشار طبقات سنگی بالا و همچنین افزایش درجه حرارت آب‌های فرورو که همراه با کاهش میزان حلالیت این آب‌هاست، دانست.

از چاه‌های اکتشافی معمولی که به منظور تعیین ضرایب هیدرودینامیک آبخوان‌های کارستی حفر می‌شود به شرطی‌که این قبیل چاه‌ها از عمق کافی برخوردار بوده و یا به سنگ کف غیرقابل نفوذ برخورد کرده باشند، می‌توان تا حدودی به ضخامت واقعی آبخوان‌های کارستی و درز و شکاف‌دار پی‌برد. قاعده کلی حفر چاه‌های اکتشافی در آبخوان‌های آبرفتی این است که حفر چاه تا رسیدن به سنگ‌کف ادامه داشته باشد درصورتی‌که در آبخوان‌های کارستی و درز و شکاف‌دار به علت این‌که عمدتا چین‌خورده می‌باشند رسیدن به سنگ کف در اکثر حفاری‌ها امکان‌پذیر نیست، زیرا ستون حفرشده در این نوع آبخوان‌ها معرف ضخامت ظاهری لایه‌های حفر شده است.

ضخامت آبخوان از تفاضل عدد مربوط به حداقل عمق سطح آب زیرزمینی از عمق کلی چاه اکتشافی به‌دست می‌آید. البته به شرط این‌که چاه اکتشافی فقط در آبخوان آزاد حفر شده و به سنگ کف برخورد کرده باشد از طریق حفاری‌های اکتشافی نیز می‌توان تا حدودی به گسترش زیر سطحی این‌گونه آبخوان‌ها پی برد.

۱۱-۳-۲- روش‌های ژئوفیزیکی و چاه‌پیمایی

با استفاده از تغییرات خصوصیات فیزیکی سنگ‌های کربناته مثل مقاومت مخصوص الکتریکی، سرعت سیر امواج و جرم مخصوص می‌توان به برخی از ویژگی‌های آبخوان‌های تشکیل شده در این نوع سنگ‌ها پی برد.

استفاده از برخی روش‌های چاه‌پیمایی نیز تا حدودی در تشخیص حدود مناطق کارستی و آبدار از مناطق غیرکارستی مفید خواهد بود. به‌عنوان مثال: با استفاده از نتایج لوگ جرم مخصوص (لوگ گاما - گاما) می‌توان به نواحی خرد شده و کارستیک که عمدتا مسیرهای جریان آب زیرزمینی را تشکیل می‌دهند، دست یافت. بنابراین لوگ گاما - گاما، حدود مناطق کارستی و درز و شکاف‌دار را از مناطق غیرکارستی تعیین می‌کند که در انتها به تعیین ضخامت آبخوان منجر خواهد شد. غیر از لوگ گاما - گاما، لوگ مقاومت الکتریکی نیز به عنوان مکمل روش الکتریکی در بررسی‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. با استفاده از لوگ قطرسنجی، ستونی از چاه که با پیشرفت پدیده‌های کارستی همراه است،

1- Core Drilling

omoorepeyman.ir

شناخته می‌شود که می‌توان با تلفیق نتایج حاصل از کاربرد دیگر روش‌های چاه‌نگاری (چاه‌پیمایی) ضخامت آبخوان را تعیین کرد. روش ویدئومتری نیز تا حدودی می‌تواند در تعیین ضخامت آبخوان‌های کارستی و درز و شکاف‌دار موثر باشد.

۱۱-۳-۳- تحلیل آبنمود چشمه‌ها و نتایج کاربرد ردیاب‌ها

با استفاده از تجزیه و تحلیل آبنمود، حجم ذخایر دینامیک چشمه‌های موجود در یک آبخوان کارستی محاسبه می‌شود. همچنین، در تعیین گسترش تقریبی محدوده حوضه آبریز چشمه‌ها نیز می‌توان از این تجزیه و تحلیل بهره برد. روش تجزیه و تحلیل آبنمود چشمه‌ها در بند ۹-۳ این دستورالعمل (وضعیت ذخیره آب زیرزمینی و تغییر آن در آبخوان‌های کارستی و درز و شکاف‌دار) آورده شده است.

با استفاده از نتایج بررسی‌های ردیابی در تعیین سن و حجم ذخیره دینامیک آبخوان که در فصل ۹ گفته شد نیز می‌توان مطابق حالت قبلی گسترش یا حدود آبخوان را برآورد کرد.

omoorepeyman.ir

فصل ۱۲

تهیه آبنمود معرف سری‌های زمانی

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۱۲-۱- کلیات

برای ورود به این بحث، باید برخی اصطلاحات مختص به آن تعریف شود.

- سری زمانی: سری زمانی مجموعه مرتب شده‌ای است از مشاهدات مربوط به یک صفت کمی در زمان‌های متوالی یا به عبارت دیگر مرتب شدن مشاهدات برحسب متغیر زمان می‌باشد.
- نوسان: حرکت به طرف بالا و پایین متوالی یک سری از اعداد یا مشاهدات کمی را نوسان گویند.
- دوره: بازگشت منظم و مرتب یک حالت از مشاهدات یا مقادیر قبلی در یک سری مرتب شده را دوره می‌نامند.
- آبنمود (هیدروگراف) معرف تغییرات سطح آب زیرزمینی: آبنمودی است که نوسان و تغییرات متوسط ارتفاع سطح آب زیرزمینی یا فشار پیزومتری یک آبخوان در طول زمان را نشان می‌دهد.

با توجه به تعاریف بالا مشاهدات کمی، عبارتند از مقادیر متوسط ارتفاع سطح آب مجموع چاه‌های مشاهده‌ای یا متوسط ارتفاع پیزومتری پیزومترهای یک آبخوان که با استفاده از این مقادیر، آبنمود معرف تغییرات سطح آب آبخوان تهیه می‌شود.

دوره نوسانات: فاصله زمانی نوسان سطح آب زیرزمینی آبخوان بین دو حالت حداقل یا حداکثر است که تقریبا برابر با یک سال آبی یا یک‌سال بوده و سری‌های زمانی شامل نمایش تغییرات سطح آب زیرزمینی در یک سال آبی یا چندسال آبی متوالی است.

آبنمود معرف برای آبخوان‌های آبرفتی قابل تهیه است، ولی برای آبخوان‌های کارستی به علت تغییرات زیاد در فواصل کم به ندرت قابل اجرا می‌باشد.

آبنمود معرف می‌تواند برای کل آبخوان یک‌جا و یا بر حسب شرایط هیدروژئولوژیکی برای بخش‌های همسان به‌طور مجزا تهیه شود. در ادامه روش تهیه آبنمود معرف تغییرات سطح آب زیرزمینی تشریح می‌شود.

۱۲-۲- بررسی و تکمیل آبنمود چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومترها

آبنمود یا نمودار تغییرات سطح آب هر یک از چاه‌های مشاهده‌ای یا پیزومترها که چگونگی رسم آن‌ها در فصل ۸ ارائه شد، قبل از استفاده برای تهیه آبنمود معرف باید بررسی شده و در صورت وجود ناهماهنگی و یا نبود اندازه‌گیری برای یک یا چند ماه به شرح زیر آن را اصلاح و تکمیل کرد.

۱۲-۲-۱- رفع ناهنجاری‌های اندازه‌گیری با استفاده از سابقه آماری

آبنمود چاه‌های مشاهده‌ای معمولا چگونگی تغییرات سطح آب زیرزمینی در چاه را به شکل مطلوب نشان می‌دهد. در چنین شرایطی، ناهنجاری‌های موجود (آنومالی) در اندازه‌گیری‌ها قابل رویت خواهد بود. اغلب این ناهماهنگی‌ها ناشی از خطاهای انسانی یا عوامل ابزاری هستند که در مراحل مختلف اندازه‌گیری، ثبت، انتقال و یا پردازش داده‌ها وارد بانک

omoorepeyman.ir

اطلاعاتی می‌شوند. رجوع به تاریخ و سابقه اندازه‌گیری‌ها در دوره‌های آماری قبل می‌تواند راهنمای رفع ناهنجاری‌ها و اصلاح آبنمود یک چاه مشاهده‌ای باشد.

۱۲-۲-۲- درون‌یابی اندازه‌گیری در دو مقطع زمانی برای تکمیل آبنمود

تغییرات سطح آب زیرزمینی در یک آبخوان برای دوره‌های زمانی مشخص، معمولا یکسان است. از این رو چگونگی تغییرات سطح آب زیرزمینی در چاه‌های مشاهده‌ای چنین آبخوانی مشابه هم می‌باشد هر چند دامنه تغییرات آن‌ها متفاوت است. در مناطق خشک و نیمه‌خشک مانند شرایط آب و هوایی حاکم بر اغلب آبخوان‌های کشور، معمولا نوسانات سطح آب آبخوان تابع تکرار دوره‌های منظم مرطوب و خشک سالانه است. به شکلی که می‌توان در سال‌های ترسالی، تکرار سینوسی آبنمود چاه‌ها را مشاهده کرد. عموما حداکثر ارتفاع آبنمود منطبق بر حداکثر زمان تغذیه در دوره مرطوب سال و حداقل آن مربوط به اواخر دوره خشک و بهره‌برداری زیاد آبخوان است. در صورت نبود اندازه‌گیری در چند ماه، می‌توان با دید کارشناسی و شناخت از منطقه، سطح آب زمان‌های فاقد اندازه‌گیری را از طریق درون‌یابی خطی (با فرض این‌که از روند خطی متابعت کند) با اتصال و ادامه منحنی آبنمود به‌دست آورد و آبنمود را تکمیل کرد.

۱۲-۲-۳- استفاده از روابط همبستگی در ترمیم کمبودهای آماری

معمولا در صورت عدم وجود عوامل غیرعادی تاثیرگذار بر سطح آب، در بین دو یا چند چاه مشاهده‌ای مجاور، چگونگی تغییرات سطح آب ماهانه از هم تبعیت می‌کند. در چنین شرایطی، همبستگی قابل قبولی بین ارقام این چاه‌ها وجود خواهد داشت و ضریب همبستگی و حدود اطمینان آن با افزایش دوره‌های مشترک آماری بالا می‌رود. با به‌دست‌آوردن رابطه همبستگی می‌توان با استفاده از تغییرات سطح آب یک چاه نسبت به ترمیم خلاهای آماری چاه مشابه اقدام کرد.

۱۲-۲-۴- استفاده از ضریب تغییرات ماهانه سطح آب برای تکمیل آمار

در صورت تشابه در تغییرات سطح آب چند چاه، می‌توان با استفاده از ضریب تغییرات ماهانه سطح آب چاه‌های مجاور و اعمال ضرایب مذکور برای چاه مشاهده‌ای فاقد آمار نسبت به ترمیم آمار ماهانه نظیر آن اقدام کرد. در این مورد اگر بتوان متوسط ضریب تغییرات دوره آماری طولانی مدت را اعمال کرد، نتایج دقیق‌تری به‌دست خواهد آمد.

۱۲-۲-۵- حذف ناهنجاری‌های غیرعادی

علاوه بر اشتباهات انسانی برخی ناهنجاری‌های آماری نتیجه عوامل دیگری مثل وقوع سیلاب در اطراف چاه و سایر پدیده‌های تاثیرگذار موضعی می‌باشد که لازم است این ناهنجاری‌های آماری از مجموع اندازه‌گیری‌ها حذف و در صورت امکان طبق آنچه در بالا گفته شد، ترمیم شوند. ضمن این‌که ممکن است، روند تغییرات یک چاه مشاهده‌ای با تغییرات سطح آب چاه‌های مشاهده‌ای مجاورش دارای تفاوت بارزی باشد (که این رژیم تغییرات متفاوت، نشان می‌دهد چاه مورد

omoorepeyman.ir

نظر احتمالا در یک آبخوان معلق یا حتی تحت فشار محدود حفر شده است). بنابراین، این چاه مشاهده‌ای به‌علت عدم هماهنگی اطلاعات آن با سایر چاه‌ها باید از نقشه تیسن و محاسبات آبنمود معرف آبخوان حذف شود. با توسعه روش‌های زمین آماری و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی روش‌های میان‌یابی در حال جایگزین شدن روش پلی‌گون تیسن است. البته این روش هنوز در مواقعی که تعداد چاه‌های مشاهده‌ای یا پیزومترها محدود است همچنان کاربرد وسیعی دارد.

۱۲-۳- تهیه نقشه شبکه تیسن چاه‌های مشاهده‌ای یا پیزومترها

پس از تعیین حدود آبخوان (براساس آنچه در فصل ۱۱ بیان شد) و با مشخص شدن تعداد چاه‌های مشاهده‌ای (برای آبخوان آزاد) یا پیزومترها (برای آبخوان تحت فشار) که در محدوده آبخوان قرار می‌گیرند، نقشه‌ای براساس روش تیسن[1] تهیه می‌شود. روش تیسن به این ترتیب است که چاه‌های مشاهده‌ای را طوری به یکدیگر مرتبط می‌کنند تا از ارتباط آن‌ها تعدادی مثلث، در حد امکان متساوی‌الاضلاع ایجاد شود. با رسم عمود منصف‌های اضلاع این مثلث‌ها چند ضلعی یا پلی‌گون‌هایی به‌دست می‌آید. هر چندضلعی، یک چاه مشاهده‌ای را در بر می‌گیرد و فرض بر این است که سطح هر چندضلعی در حوضه تاثیر تغییرات ارتفاع سطح آب چاه داخل آن قرار دارد.

موارد زیر باید در رسم شبکه تیسن رعایت شود:

- عمود منصف اضلاع مثلث باید به دقت رسم شود به‌طوری‌که پس از ایجاد پلی‌گون‌ها از هر راس یک پلی‌گون، فقط سه خط عبور کند.
- در چندضلعی‌هایی که به حدود آبخوان نزدیک هستند، بخشی از پلی‌گون که داخل آبخوان واقع شده است، به‌حساب می‌آید. به عبارت دیگر، حدود آبخوان به عنوان یک ضلع پلی‌گون محسوب می‌شود.
- چاه‌های واقع در دو طرف یک رودخانه نباید به یکدیگر وصل شوند زیرا معمولا سطح آب زیرزمینی در قعر رودخانه بالاتر از طرفین بوده و سطح آب هر چاه نماینده سمت خود است. بنابراین، رودخانه نیز مانند مرز عمل می‌کند و پلی‌گون‌های دو طرف آن مجزا از هم هستند. انجام این کار در مورد خشک‌رودها (مسیل‌ها) ضرورت ندارد.
- چنانچه، یک تپه از جنس مواد ناتراوا در وسط دشت وجود داشته باشد، اطراف آن حالت مرز را دارد ولی اگر جنس تپه نفوذپذیر بوده و تقریبا خصوصیات هیدروژئولوژیکی آبخوان با آن قابل تطبیق باشد، جزیی از گستره آبخوان تلقی شده و پلی‌گون‌بندی بدون در نظر گرفتن تپه صورت می‌گیرد.
- درصورتی‌که وجود گسل شرایط هیدروژئولوژیکی را در دو طرف آن تغییر داده باشد، گسل مانند مرز آبخوان عمل می‌کند و پلی‌گون‌ها برای دو طرف مجزا از هم تهیه می‌شود.

1- Thiessen Method

omoorepeyman.ir

- در حال حاضر، با توسعه سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی و کاربرد وسیع آن در مطالعات منابع آب و هیدرولوژی، پلی‌گون‌بندی تیسن و تهیه هیدروگراف معرف به‌سادگی در این سامانه‌ها صورت می‌گیرد.

۱۲-۴- محاسبه و رسم آبنمود معرف

گفته شد که آبنمود یا نمودار تغییرات هر چاه باید کنترل و در صورت نیاز تکمیل شود. برای محاسبه ارتفاع متوسط سطح آب آبخوان در هر ماه باید ارتفاع سطح آب تمام چاه‌ها در یک روز معین و ترجیحا پانزدهم ماه که تقریبا متوسط ارتفاع سطح آب زیرزمینی هر ماه است، انتخاب شود. مقدار ارتفاع سطح آب روز پانزدهم ماه هر چاه از روی آبنمود آن خوانده می‌شود. مساحت چندضلعی‌های دربرگیرنده چاه‌ها نیز باید اندازه‌گیری (پلانیمتری) شود، به‌طوری‌که از جمع مساحت مجموع چندضلعی‌ها، مساحت کل آبخوان به‌دست می‌آید. در تعیین مساحت پلی‌گون‌ها نیز می‌توان از سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی بهره جست.

چنانچه، تعداد پلی‌گون‌ها برابر n و مساحت آن‌ها به ترتیب a_1, a_2 تا a_n و مساحت کل آبخوان a باشد، بین آن‌ها رابطه زیر برقرار است.

$$a = a_1 + a_2 + a_3 + ... + a_n \qquad (۱-۱۲)$$

همچنین، اگر ارتفاع سطح آب چاه‌های واقع در n پلی‌گون برای هر ماه به ترتیب h_1, h_2, h_3 تا h_n و میانگین آن‌ها یعنی متوسط ارتفاع سطح آب آبخوان با h_m نشان داده شود، مقدار h_m (میانگین ارتفاع سطح آب آبخوان) برای هر ماه از رابطه ۱۲-۲ محاسبه می‌شود.

$$H_m = \frac{(h_1 \times a_1) + (h_2 \times a_2) + ...(h_n \times a_n)}{a} \qquad (۲-۱۲)$$

که در آن:

a= مساحت کل آبخوان

پس از به‌دست آوردن میانگین ارتفاع سطح آب آبخوان برای ماه‌های مختلف در طول مدت سال‌های دارای آمار سطح آب چنانچه روی یک محور مختصات که محور افقی آن زمان برحسب ماه و محور عمودی آن ارتفاع سطح آب با مقیاس مناسب برحسب متر باشد. مقادیر متوسط ارتفاع سطح آب زیرزمینی (H_m) ماه‌های مختلف آورده شود، تعدادی نقطه به‌دست می‌آید. از اتصال این نقاط هیدروگراف یا آبنمود معرف تغییرات ارتفاع سطح آب آبخوان به‌دست می‌آید.

براساس آنچه گفته شد، مراحل تهیه آبنمود معرف تغییرات سطح آب زیرزمینی به‌صورت خلاصه به شرح زیر است.

- بررسی هیدروگراف هر یک از چاه‌های مشاهده‌ای
- رفع خلاهای آماری موجود و تکمیل آن برای دوره زمانی مورد نظر
- رفع آنومالی‌ها و ناهماهنگی‌های ناشی از اثرات عوامل و خطاهای مختلف در مراحل برداشت، انتقال و ثبت داده‌ها

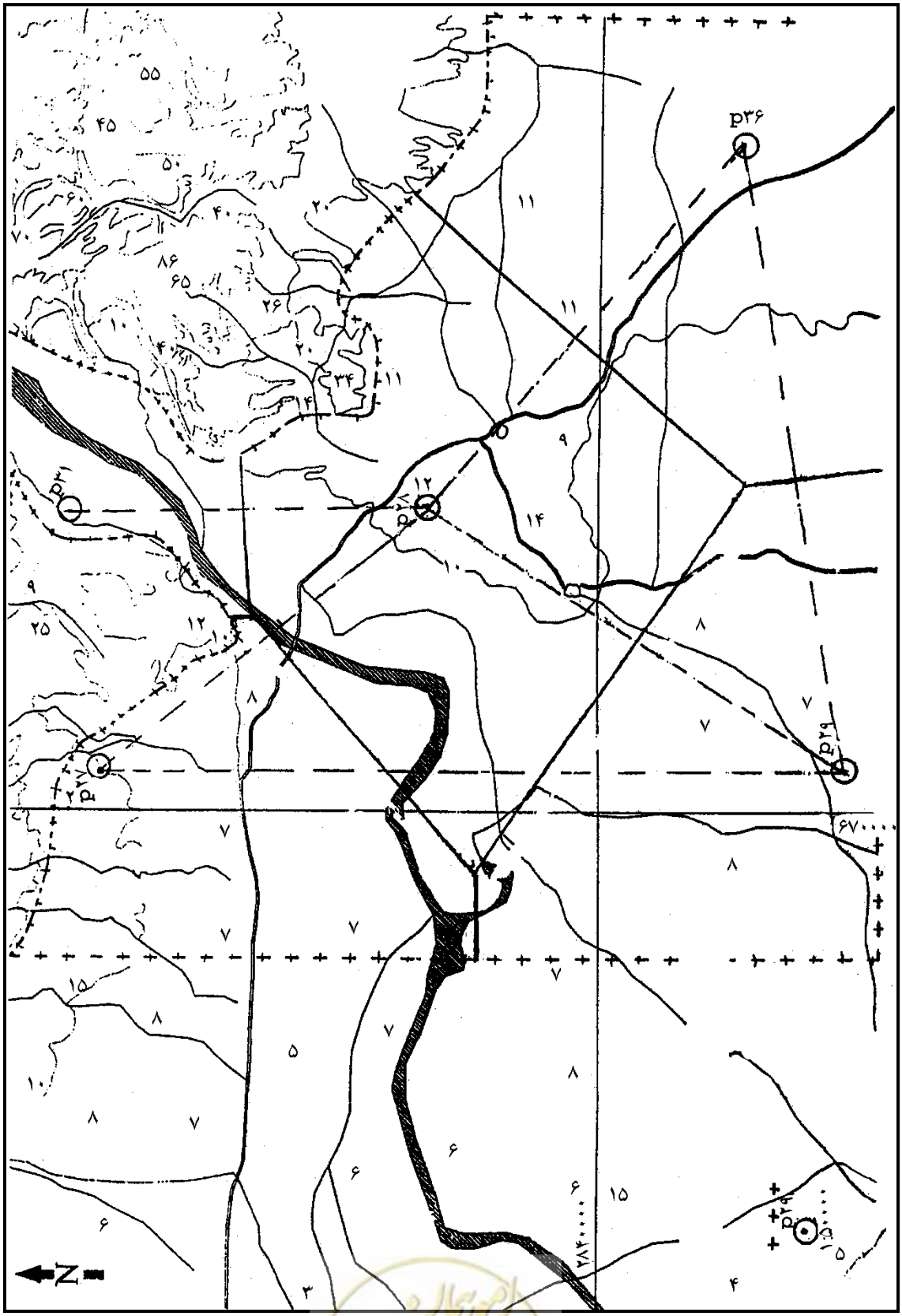
omoorepeyman.ir

- مشخص کردن محل چاه‌های مشاهده‌ای مورد نظر روی نقشه
- پلی‌گون‌بندی و مساحی آن‌ها
- استخراج ارتفاع سطح آب یا عمق سطح آب چاه‌ها برای زمان مورد نظر (پانزدهم هر ماه)
- انجام محاسبات آبنمود معرف

تهیه آبنمود معرف، نیازمند محاسبات پیچیده‌ای نبوده و می‌تواند به‌صورت دستی یا با استفاده از نرم‌افزارهای کامپیوتری انجام پذیرد.

رسم هیدروگراف با استفاده از یک برنامه ساده کامپیوتری و یا انجام محاسبات مستقیم از طریق تعریف روابط در صفحه گسترده‌هایی مانند اکسل (Excell) به راحتی میسر است. در این شرایط حتی می‌توان فقط به ورود داده‌های مربوط به عمق آب زیرزمینی چاه‌ها اکتفا کرد. خروجی به‌صورت جدول ارتفاع متوسط سطح آب ماهانه و نمودار مربوط است که نمونه کوچک آن برای آبخوان دشت سدیج که یک دشت کوچک در ساحل‌خلیج فارس می‌باشد در شکل (۱۲-۱) ارائه شده است.

omoorepeyman.ir



شکل ۱۲-۱- نقشه تیسن بخشی از آبخوان سدیج

omoorepeyman.ir

مهم‌ترین مرحله کار، استخراج ارقام سطح آب برای لحظه زمانی مورد نظر از هیدروگراف تک تک چاه‌ها است. این مرحله کار به‌صورت دستی، زمان‌بر و همراه با خطا بوده ولی برنامه‌های کامپیوتری این کار را به بهترین شکل انجام می‌دهند. نمونه چنین برنامه‌ای در نرم‌افزار آب زیرزمینی تحت ویندوز با عنوان "GWW" در بخش هیدروگراف برنامه گنجانیده شده است. در این برنامه، می‌توان با تعیین زمان مورد نظر، داده‌ها را برای همان لحظه زمانی از هیدروگراف چاه‌های مشاهده‌ای استخراج و در تهیه و ترسیم آبنمود معرف استفاده کرد.

به پیوست، روند محاسبه آبنمود معرف تغییرات سطح آب زیرزمینی بخشی از آبخوان دشت سدیج در سال آبی ۷۸-۱۳۷۷شامل نقشه تیسن، اطلاعات ورودی (جدول (۱۲-۱) مشخصات چاه‌های مشاهده‌ای و مساحت پلی‌گون‌ها، جدول (۱۲-۲) نتایج اندازه‌گیری عمق سطح آب زیرزمینی چاه‌های مشاهده‌ای)، اطلاعات خروجی (جدول (۱۲-۳) ارتفاع آب زیرزمینی چاه‌ها که از تفاضل عمق سطح آب از ارتفاع نقطه نشانه به دست آمده، جدول (۱۲-۴) حاصل‌ضرب ارتفاع آب چاه‌ها در مساحت چندضلعی‌ها، جمع آن‌ها و ارقام حاصل شده برای رسم آبنمود معرف) و هیدروگراف معرف رسم شده براساس این اطلاعات ارائه شده است.

جدول ۱۲-۱- مشخصات چاه‌های مشاهده‌ای و مساحت پلی‌گون‌های آبخوان سدیج

مشخصات چاه‌های مشا هده‌ای						
ردیف	نام چاه	شماره چاه	X	Y	ارتفاع نقطه نشانه (متر)	سطح پلی‌گون (کیلومتر مربع)
۱	سدیج ۱	P۲۷	۶۷۰۴۵۰	۲۸۴۵۲۲۵	۱۲/۷۸	۱۹/۶۳
۲	سدیج ۲	P۲۸	۶۷۳۲۰۰	۲۸۴۱۷۵۰	۸/۶۵	۲۲/۱۳
۳	سدیج ۳	P۲۹	۶۷۰۴۵۰	۲۸۳۷۴۵۰	۶/۲۱	۱۷/۱۳
۴	قندهار	P۳۶	۶۷۷۰۵۰	۲۸۳۸۵۲۳	۴/۷۴	۱۶/۵۰
					جمع سطح پلی‌گون	۷۵/۳۸

جدول ۱۲-۲- اندازه‌گیری سطح آب زیرزمینی چاه‌های مشاهده‌ای دشت سدیج در سال آبی ۷۸-۱۳۷۷

داده‌های ورودی												
عمق آب زیرزمینی (متر)												
۱۳۷۷				۱۳۷۸								
مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر
۹/۹۰	۹/۹۵	۹/۹۵	۹/۹۶	۹/۹۶	۹/۹۶	۹/۹۷	۹/۸۹	۹/۹۰	۹/۹۱	۹/۹۴	۹/۹۵	۹/۹۷
۵/۷۳	۵/۷۵	۵/۷۷	۵/۷۷	۵/۷۴	۵/۷۰	۵/۶۱	۵/۶۳	۵/۶۴	۵/۶۶	۵/۶۸	۵/۷۰	۵/۷۳
۴/۴۲	۴/۴۰	۴/۲۰	۴/۰۰	۳/۸۵	۳/۷۵	۳/۶۵	۳/۵۵	۳/۴۵	۳/۵۰	۳/۵۵	۳/۶۰	۳/۶۵
۲/۸۶	۲/۸۷	۲/۸۸	۲/۸۹	۲/۹۰	۲/۹۰	۲/۷۵	۲/۷۷	۲/۷۸	۲/۸۳	۲/۸۴	۲/۸۶	۲/۸۸

omoorepeyman.ir

جدول ۱۲-۳- ارتفاع آب زیرزمینی چاه‌های مشاهده‌ای دشت سدیج از سطح دریا

داده‌های محاسباتی (خروجی)												
ارتفاع آب زیرزمینی (نسبت به سطح دریا)												
۱۳۷۷						۱۳۷۸						
مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر
۲/۸۸	۲/۸۳	۲/۸۳	۲/۸۲	۲/۸۲	۲/۸۲	۲/۸۱	۲/۸۹	۲/۸۸	۲/۸۷	۲/۸۴	۲/۸۳	۲/۸۱
۲/۹۲	۲/۹۰	۲/۸۸	۲/۸۸	۲/۹۱	۲/۹۵	۳/۰۴	۳/۰۲	۳/۰۱	۲/۹۹	۲/۹۷	۲/۹۵	۲/۹۲
۱/۷۹	۱/۸۱	۲/۰۱	۲/۲۱	۲/۳۶	۲/۴۶	۲/۵۶	۲/۶۶	۲/۷۶	۲/۷۱	۲/۶۶	۲/۶۱	۲/۵۶
۱/۸۸	۱/۸۷	۱/۸۶	۱/۸۵	۱/۸۴	۱/۸۴	۱/۹۹	۱/۹۷	۱/۹۶	۱/۹۱	۱/۹۰	۱/۸۸	۱/۸۶

omoorepeyman.ir

جدول ۱۲-۴- حاصل‌ضرب ارتفاع آب زیرزمینی در مساحت پلی‌گون‌ها و محاسبه ارقام هیدروگراف معرف آبخوان سدیج

نام چاه		۱۳۷۷							۱۳۷۸						داده‌های محاسباتی (خروجی)
		مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	ارتفاع × سطح پلی‌گون
سدیج ۱		۵۶/۵۸	۵۵/۶۰	۵۵/۶۰	۵۵/۴۰	۵۵/۴۰	۵۵/۴۰	۵۵/۲۱	۵۶/۷۸	۵۶/۵۸	۵۶/۳۸	۵۵/۷۹	۵۵/۶۰	۵۵/۲۱	
سدیج ۲		۵۶/۵۸	۶۴/۱۴	۶۳/۷۰	۶۳/۷۰	۶۴/۳۶	۶۵/۲۸	۶۷/۲۴	۶۶/۸۰	۶۶/۵۷	۶۶/۱۳	۶۵/۶۹	۶۵/۲۵	۶۴/۵۸	
سدیج ۳		۳۰/۶۵	۳۱/۰۰	۳۴/۴۲	۳۷/۸۵	۴۰/۴۲	۴۲/۱۳	۴۳/۸۴	۴۵/۵۵	۴۷/۲۷	۴۶/۴۱	۴۵/۵۵	۴۴/۷۰	۴۳/۸۴	
قندهار		۳۰/۹۷	۳۰/۸۱	۳۰/۶۴	۳۰/۴۸	۳۰/۳۱	۳۰/۳۱	۳۲/۷۹	۳۲/۴۶	۳۲/۲۹	۳۱/۴۷	۳۱/۳۰	۳۰/۹۷	۳۰/۶۴	
جمع ارتفاع × سطح پلی‌گون		۱۸۲/۷۹	۱۸۱/۵۴	۱۸۴/۳۶	۱۸۷/۴۲	۱۹۰/۴۹	۱۹۳/۰۹	۱۹۹/۰۷	۲۰۱/۵۸	۲۰۲/۷۱	۲۰۲/۷۱	۱۹۸/۳۴	۱۹۶/۵۱	۱۹۴/۲۷	
رقوم هیدروگراف معرف		۲/۴۳	۲/۴۱	۲/۴۵	۲/۴۹	۲/۵۳	۲/۵۶	۲/۶۴	۲/۶۷	۲/۶۹	۲/۶۶	۲/۶۳	۲/۶۱	۲/۵۸	
ماه		۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

فصل ۱۳

نقش عوامل موثر بر آبخوان

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۱۳-۱- کلیات

واکنش آبخوان‌ها در برابر عوامل مختلف تاثیرگذار بر تغذیه و تخلیه در نهایت به‌صورت تغییرات و نوسانات سطح آب زیرزمینی تظاهر می‌کند. عوامل تاثیرگذار می‌تواند ناشی از اثر پدیده‌های طبیعی و یا نتیجه دخالت انسانی (عوامل مصنوعی) باشد. نوسانات سطح آب زیرزمینی که حاصل تاثیر این عوامل است، می‌تواند به‌صورت منظم یا غیرمنظم، شدید یا خفیف و در دوره‌های کوتاه یا بلندمدت بروز نماید.

آبخوان‌ها معمولا دارای نوسانات نسبتا منظم فصلی، ناشی از دوره مرطوب (تغذیه) و دوره خشک (تخلیه) در طول یک‌سال بوده و دامنه نوسانات به نسبت بین میزان تغذیه و تخلیه بستگی دارد.

تغییرات طولانی‌مدت نوسانات سطح آب آبخوان‌ها، حاصل از سال‌های متناوب خشک و تر (که در آن‌ها مقدار بارندگی از حد متوسط کم‌تر یا بیش‌تر است) بوده و دامنه تغییرات به مقدار عوامل تغذیه و تخلیه سال‌های مختلف بستگی دارد که معمولا حالت نامنظمی را داراست. در آبخوان‌هایی که میزان تغذیه برای سال‌های متمادی کم‌تر از مقدار برداشت و تخلیه است، نوسانات سطح آب زیرزمینی با یک حالت نزولی مداوم همراه می‌باشد. تغییرات کوتاه مدت، حاصل اثرات موضعی عوامل تخلیه مثل پمپاژ شدید یا تغذیه سریع (مانند اثر سیلاب‌ها) است که به‌صورت نوسانات نامنظم روزانه یا هفتگی خودنمایی می‌کند.

علاوه بر عوامل خارجی، خصوصیات درونی سامانه آب زیرزمینی نیز در رفتار آبخوان موثر خواهد بود. آبخوان‌های با گسترش و ضخامت کم یا با ضریب ذخیره و هدایت هیدرولیکی ناچیز نسبت به آبخوان‌های با حجم ذخیره زیاد یا ضرایب هیدرودینامیکی مناسب در برابر عوامل تغذیه یا تخلیه یکسان واکنش شدیدتری را به‌صورت نوسانات سطح آب نشان می‌دهند.

در بخشی از آبخوان که سطح آب زیرزمینی به سطح زمین نزدیک است به دلیل تبخیر و زهکشی مداوم از آب زیرزمینی دامنه نوسانات سطح آب نسبت به نواحی که سطح آب زیرزمینی عمیق‌تر است، کم‌تر می‌باشد. عوامل خارجی موثر بر رفتار آبخوان در دو گروه طبیعی و مصنوعی در زیر شرح داده می‌شود.

۱۳-۲- عوامل طبیعی موثر بر آبخوان

عمده‌ترین عوامل طبیعی تاثیرگذار بر آبخوان‌ها، عامل اقلیمی است. هر چند موارد دیگری مثل توپوگرافی، جنس و ساختمان زمین، خاک و پوشش گیاهی آن و غیره نیز تا حدودی می‌توانند تاثیرگذار باشند. تاثیر برخی عوامل بارز طبیعی بر آبخوان‌ها در جدول (۱۳-۱) مورد بررسی قرار گرفته است.

omoorepeyman.ir

۱۳-۲-۱- عوامل اقلیمی

موثرترین عامل اقلیمی تاثیرگذار بر آبخوان، بارش است ضمن این‌که عوامل دیگر اقلیمی مثل تبخیر و غیره نیز به‌صورتی اثر خود را نشان می‌دهند.

جدول ۱۳-۱- بررسی تاثیر عوامل بارز طبیعی بر آبخوان‌ها

نوع عامل تاثیرگذار	شرایط منطقه‌ای	وضعیت عمومی و مشخصات نوسانات سطح آب زیرزمینی
تبخیر و دما	شرایط اقلیمی فاقد انجماد	بالاآمدگی سطح آب زیرزمینی عمدتا در طول بارندگی است.
	انجماد پراکنده در ناحیه تهویه	بالاآمدگی سطح آب زیرزمینی عمدتا در فصل زمستان است.
	انجماد یکسان خاک سطحی	بالاآمدگی در فصل بهار کاملا مشخص است و تا فصل پاییز متوقف می‌شود.
	لایه‌های منجمد دائم	بالاآمدگی در فصل تابستان اتفاق می‌افتد.
بارندگی	منطقه دارای بارندگی زیاد	مقدار بارش بیش از تبخیر و تعرق است، سطح آب زیرزمینی باکم‌ترین تغییر در دما و بارندگی تغییر می‌یابد، نوسانات سطح آب‌زیرزمینی اندک است.
	منطقه دارای بارندگی متوسط	چون سطح آب زیرزمینی در عمق بیش‌تری نسبت به منطقه ۱ قرار گرفته، دامنه نوسانات سطح آب زیرزمینی مشخص و نسبتا زیاد است.
	منطقه دارای بارندگی اندک	تبخیر و تعرق عامل اصلی نوسانات سطح آب زیرزمینی است، در برخی آبخوان‌ها افت سطح آب زیرزمینی تداوم دارد.
زهکشی سطحی و درجه شیب حوضه	منطقه با زهکشی خوب (توپوگرافی کوهستانی)	رواناب زیاد و نفوذ به آب زیرزمینی کم است. دامنه نوسانات سطح آب همگن و زیاد می‌باشد.
	منطقه با زهکشی متوسط (مناطق مرتفع)	رواناب و نفوذ به آب زیرزمینی متوسط، دامنه نوسانات سطح آب زیرزمینی از منطقه ۱ کم‌تر و از منطقه ۳ بیش‌تر است.
	منطقه با زهکشی ضعیف (دشت پایین‌دست دره‌ها)	رواناب کم، نفوذ به آب زیرزمینی زیادتر، عمق سطح آب زیرزمینی پایین و تبخیر از بارندگی زیاد است، شوری آب زیرزمینی همگن و در مقایسه با مناطق ۱ و ۲ بیش‌تر می‌باشد.
ضخامت ناحیه تهویه	منطقه با ناحیه تهویه بیش‌تر از ۴ متر	دامنه نوسانات سطح آب نسبتا زیاد بوده به نسبت بین تغذیه و برداشت بستگی دارد، تبخیر و تعرق از آب زیرزمینی ناچیز است.
	منطقه با ناحیه تهویه بین ۰/۵ تا ۴ متر	دامنه نوسانات سطح آب زیرزمینی بیش‌تر از منطقه ۳ و کم‌تر از منطقه ۱ بوده، زهکشی بر تبخیر و تعرق غلبه دارد.
	منطقه با ناحیه تهویه کم‌تر از ۰/۵ متر	دامنه نوسانات سطح آب زیرزمینی اندک است، تبخیر و تعرق بر زهکشی غلبه دارد.

۱۳-۲-۱-۱- بارش

مهم‌ترین عامل تغذیه آبخوان‌ها، بارش است و حتی نوسانات سطح آب زیرزمینی با تغییرات بارندگی تقریبا هماهنگ می‌باشد. مقدار بارش، پراکندگی زمان بارش، شکل بارندگی، شدت و تداوم آن اثرات متفاوتی بر تغذیه آبخوان‌ها می‌گذارد. با افزایش مدت بارندگی تغذیه آبخوان نیز افزوده شده و به دنبال آن سطح آب زیرزمینی بالا می‌آید. بارندگی با شدت زیاد فرصت نفوذ یا تغذیه آبخوان را کاهش داده و آورد رودخانه‌ها را افزایش می‌دهد.

۱۳-۲-۱-۲- تبخیر و تعرق

تبخیر و تعرق از عوامل اقلیمی است که برعکس بارش با میزان تغذیه آبخوان نسبت عکس دارد یعنی در مناطقی که مقدار تبخیر و تعرق زیاد است، امکان تغذیه آبخوان از بارش کاهش می‌یابد. تبخیر و تعرق، خود به میزان دما، رطوبت و

omoorepeyman.ir

باد بستگی دارد. دمای زیاد موجب افزایش تبخیر از باران و کاهش نفوذ می‌شود و برعکس دمای کم با کاهش تبخیر، فرصت نفوذ از بارش را افزایش می‌دهد.

در مناطق با رطوبت بالا که معمولا مقدار بارش بیش از تبخیر و تعرق است، دامنه نوسانات سطح آب زیرزمینی اندک است ولی در مناطق با رطوبت کم‌تر که تبخیر و تعرق افزایش می‌یابد، دامنه نوسانات زیاد و مشخص‌تر خواهد بود.

شدت جریان باد ضمن این‌که سبب افزایش تبخیر و تعرق از خاک مرطوب (حاصل از بارش) و در بخشی از آبخوان که سطح آب زیرزمینی به سطح زمین نزدیک است، می‌شود. با کاستن ناگهانی فشار هوا در داخل چاه‌ها موجب بالا آمدن سریع سطح آب شده که بعد از توقف باد دوباره سطح آب چاه به حالت اولیه برمی‌گردد.

۱۳-۲-۱-۳- فشار اتمسفر

تغییرات فشار اتمسفر بر آبخوان‌های آزاد تاثیری ندارد ولی در چاه‌هایی که به‌صورت کامل در آبخوان تحت فشار حفر شده‌اند، نوسانات قابل توجهی ایجاد می‌کند. بین فشار اتمسفر و ارتفاع سطح آب این چاه‌ها رابطه معکوس برقرار است به این معنی که اضافه شدن فشار اتمسفر موجب پایین رفتن سطح پیزومتری می‌شود.

۱۳-۲-۲- جریان‌های سطحی

جریان‌های سطحی ضمن این‌که موجب تغذیه آبخوان‌ها می‌شوند. در برخی قسمت‌ها خود از آبخوان‌ها منشا می‌گیرند. به‌طور کلی در بیش‌تر مواقع تبادل آب بین رودخانه و آبخوان وجود دارد. عموما آبدهی پایه رودخانه‌ها را آب چشمه‌هایی که منشا آن‌ها مخازن آب در سازندهای سخت ارتفاعات است، تشکیل می‌دهد. رودخانه در نواحی بادزن‌های آبرفتی (مخروط‌افکنه‌ها) و ابتدای دشت معمولا تغذیه کننده آبخوان آبرفتی بوده و در انتهای دشت می‌تواند نقش زهکشی از آبخوان را داشته باشد. عواملی موجب تغییر در این دو نقش می‌شود، نوسانات سطح آب زیرزمینی از جمله این عوامل است. در زمان بالا بودن سطح آب آبخوان، بر طول زهکشی اضافه شده و زمان پایین رفتن سطح آب زیرزمینی بر طول ناحیه تغذیه آبخوان از رودخانه افزوده می‌شود. اثر بالا یا پایین بودن سطح آب در رودخانه، عکس حالت مذکور است. به‌عنوان مثال: در زمان سیلابی که سطح آب در رودخانه به‌صورت غیرعادی بالا می‌آید بر طول ناحیه تغذیه‌کننده رودخانه افزوده شده و به‌طور کلی در بیش‌تر شدن میزان تغذیه آبخوان از رودخانه تاثیر می‌گذارد. افت موضعی سطح آب زیرزمینی حاصل از پمپاژ شدید چاه‌های نزدیک رودخانه نیز شیب هیدرولیکی بین سطح آب رودخانه و آبخوان را افزایش داده موجب تغذیه بیش‌تر آبخوان می‌شود.

۱۳-۲-۳- زمین‌شناسی

میزان نفوذ و سرعت حرکت آب درون آبخوان‌ها و نوسانات دوره‌ای آن‌ها به نوع و تخلخل موثر سنگ تشکیل‌دهنده آبخوان بستگی دارد. از نظر تاثیر نوع سنگ‌های بلورین، آتشفشانی، کربناته، نهشته‌های یخچالی، آبرفت و غیره تفاوت‌های

omoorepeyman.ir

بارزی در میزان نفوذ به آبخوان و نوسانات سطح آب دوره‌ای برحسب مقدار تغذیه دارند. ضمن این‌که درز و شکاف‌ها در سازندهای سخت و دانه‌بندی آبرفت نیز در میزان نفوذ به آبخوان، موثر می‌باشد.

۱۳-۲-۴- توپوگرافی

کم و زیاد بودن شیب زمین، شرایط متفاوتی را از نظر فرصت نفوذ به آبخوان و زهکشی ایجاد می‌کند. شدت نوسانات سطح آب زیرزمینی در مناطق با توپوگرافی پرشیب (کوهستانی) و با زهکشی خوب بیش از مناطق کم‌شیب است.

۱۳-۲-۵- خاک و پوشش گیاهی

نوع و ضخامت خاک سطحی و چگونگی پوشش گیاهی آن بر تغذیه آبخوان و شرایط رطوبتی در خاک و هوا اثرات مستقیم دارد. خاک زراعی همراه با پوشش گیاهی موجب تاخیر در جریان سطحی و نگهداشت آب شده و در نتیجه فرصت نفوذ بارندگی و هر نوع آب سطحی را افزایش می‌دهد.

۱۳-۲-۶- تبخیر و تعرق از آبخوان

تبخیر و تعرق در بخش‌هایی از آبخوان که سطح آب زیرزمینی به سطح زمین نزدیک است، باعث خروج مقداری از آب آبخوان می‌شود و میزان آن با عمق سطح آب، درجه حرارت محیط و نوع پوشش گیاهی نسبت مستقیم دارد. در نواحی که سطح آب زیرزمینی به سطح زمین نزدیک است (عمق سطح آب کم‌تر از ۳ متر)، تبخیر و تعرق از آبخوان زیاد بوده ولی به علت گنجایش کم آبخوان برای دریافت تغذیه (و این‌که هر تغذیه سریعا به تبخیر و تعرق و زهاب تبدیل می‌شود) نوسانات سطح آب زیرزمینی زیاد نیست.

۱۳-۲-۷- زمین لرزه

مهم‌ترین اثرات زلزله، عبارت از نوسانات نامنظم سطح آب چاه‌ها تغییر در آبدهی چشمه‌ها و تا حدودی قنات‌ها، پیدایش چشمه‌های جدید و خروج آب و گل از زمین است. حرکات ناشی از زلزله در چاه‌های حفر شده در درون آبخوان‌های محصور، نوسان‌هایی در سطح آب ایجاد می‌کند که ناشی از تراکم و انبساط متناوب آبخوان محصور بر اثر عبور امواج زلزله بوده و اثرات آن حتی گاهی تا یک ساعت پس از وقوع زلزله مشاهده می‌شود.

۱۳-۲-۸- جزر و مد

جزر و مد دریاها و اقیانوس‌ها موجب ایجاد نوسان‌های سینوسی در سطح آب زیرزمینی آبخوان‌های ساحلی شده و با دور شدن از ساحل از تاثیر جزر و مد کاسته می‌شود.

omoorepeyman.ir

۱۳-۳- عوامل مصنوعی موثر بر آبخوان

این عوامل حاصل دخالت انسان بوده که عمده آن اثرات بهره‌برداری از آبخوان‌ها و مصرف آب می‌باشد.

۱۳-۳-۱- برداشت و تخلیه از آبخوان‌ها

مهم‌ترین عامل تخلیه از آبخوان‌ها که تاثیر آن در پایین رفتن سطح آب زیرزمینی نمایان می‌شود، برداشت و تخلیه توسط قنات، چشمه و به‌ویژه چاه است. آبخوان‌هایی که در سطح وسیعی مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند، دامنه نوسانات شدیدتری را بین زمان پمپاژ چاه‌ها و قطع آن که هم‌زمان با فصل بارندگی است، خواهند داشت. تداوم پمپاژ و برداشت زیاد، باعث پیدایش روند نزولی (افت) سطح آب زیرزمینی در آبخوان‌ها می‌شود.

۱۳-۳-۲- چگونگی مصرف آب (تغذیه حاصل از آبیاری، فاضلاب شهری و پساب صنعتی)

نوع و چگونگی مصارف آب، برعکس بهره‌برداری در تغذیه آبخوان‌ها موثر است. نوع مصرف شامل شرب، صنعت و کشاورزی، چگونگی دفع پساب‌ها و شیوه آبیاری، تفاوت‌هایی در میزان تغذیه آبخوان‌ها و افزایش سطح آب آن‌ها دارد. در نواحی که شهرسازی در سطح وسیعی افزایش می‌یابد و به‌خصوص اگر دفع پساب و آب مصرفی از طریق چاه‌های جذبی صورت بگیرد، موجب بالا آمدن سطح آب زیرزمینی آبخوان به‌صورت نقطه‌ای (محلی) شده و برخی مواقع مشکلاتی را از این نظر به‌وجود می‌آورد.

۱۳-۳-۳- احداث بندها و سدها

احداث بند و سد، علاوه بر تغییر در رژیم طبیعی تغذیه آبخوان‌ها موجب تغییرات قابل ملاحظه‌ای در نوسانات سطح آب آبخوان می‌شود. دامنه نوسانات به شکل استفاده از جریان تنظیم شده بستگی دارد که از نظر زمانی و مکانی، نوسانات طبیعی آبخوان را تحت تاثیر قرار می‌دهد.

۱۳-۳-۴- اجرای پروژه‌های تغذیه مصنوعی

اجرای پروژه‌های تغذیه مصنوعی به‌صورت نقطه‌ای در بالا آمدن سطح آب زیرزمینی موثر می‌باشد. دامنه نوسانات در منطقه تغذیه به میزان حجم تغذیه مصنوعی و خصوصیات هیدرودینامیک آبخوان بستگی دارد.

۱۳-۳-۵- دریاچه‌ها و مخازن مصنوعی

احداث دریاچه یا مخازن ذخیره آب در محدوده آبخوان‌ها، باعث افزایش تغذیه نقطه‌ای آبخوان شده و اثراتی مشابه با پروژه‌های تغذیه مصنوعی بر آبخوان دارد.

omoorepeyman.ir

۱۳-۳-۶- اجرای طرح‌های شبکه زهکشی مصنوعی آبخوان‌ها

زهکشی آبخوان‌ها از طریق طراحی زهکش‌های مختلف یا احداث چاه با هدف تثبیت سطح آب زیرزمینی از عوامل دیگری است که در کاهش سطح آب زیرزمینی موثر می‌باشد.

۱۳-۳-۷- بارهای خارجی

خاصیت قابلیت ارتجاع آبخوان‌های تحت فشار، باعث می‌شود که در صورت تغییر در بار[1] روی آن‌ها، تغییراتی نیز در سطح پیزومتری آبخوان مشاهده شود. افزایش بار، موجب فشرده شدن آبخوان و افزایش فشار پیزومتری می‌شود.

۱۳-۴- عوامل اختصاصی موثر بر آبخوان‌های کارستی

علاوه بر آنچه گفته شد، عوامل دیگری به‌خصوص بر آبخوان‌های کارستی و به‌ویژه در مورد انحلال سنگ‌ها موثر است.

۱۳-۴-۱- دمای محیط

دمای محیط، عامل مهمی در انحلال سنگ‌های آهکی بوده و میزان انحلال با دما نسبت عکس دارد. براساس نظر G. Castany یک لیتر آب با دمای صفر درجه سانتی‌گراد می‌تواند ۴ تا ۵ برابر آب با دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد و ۶ برابر آب با دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد، سنگ آهک را در خود حل کند. در ضمن، نتایج مشابهی نیز به وسیله A. Corbel (۱۹۵۹) به دست آمده است. نامبرده بعد از بررسی‌های مفصل نتیجه‌گیری کرد که فرآیند کارستی شدن در شرایط آب و هوای سرد با بارش غالبا به صورت برف سریع‌تر از مناطقی است که دارای آب و هوای گرم می‌باشد، به‌طوری‌که نرخ فرسایش اعم از مکانیکی و شیمیایی در کوه‌های کم ارتفاع با بارش ۱۰۰۰ تا ۱۶۰۰ میلی‌متر و در شرایط آب و هوای سرد برابر ۱۶۰ میلی‌متر در ۱۰۰۰ سال است و در همین مدت و در شرایط آب و هوای گرم این میزان ۱۰ برابر کم‌تر و فقط ۱۶ میلی‌متر است. در مناطق هموار با بارش ۳۰۰ تا ۳۵۰ میلی‌متر و آب و هوای سرد میزان فرسایش ۴۰ میلی‌متر در ۱۰۰۰ سال است و در رژیم آب و هوایی گرم این میزان فقط ۴ میلی‌متر در ۱۰۰۰ سال می‌باشد. بنابراین، بارش زیاد و دمای کم در قابلیت انحلال سنگ‌ها به صورت زیر موثر خواهد بود.

- انحلال سنگ را نسبت به هوازدگی و خورندگی حساس‌تر می‌سازد.
- تسهیلاتی را در فعالیت و تکثیر باکتری‌ها برای تجزیه کربوهیدرات و کربیدها فراهم می‌آورد و کمیت‌های زیادی از گاز کربنیک و انواع اسیدها را در آب تولید می‌کند.
- تسریع انتشار و انحلال [۵]

1- Loading

omoorepeyman.ir

۱۳-۴-۲- غلظت دی اکسید کربن (CO_2)

عامل اصلی انحلال‌پذیری کربنات کلسیم در آب، اسید کربنیک براساس رابطه زیر است.

$$CaCO_3 + H_2CO_3 \rightarrow Ca^{++} + 2HCO_3 \quad (۱-۱۳)$$

این واکنش دو طرفه بوده و انحلال‌پذیری سنگ آهک به غلظت H_2CO_3 بستگی دارد که خود نیز به غلظت دی‌اکسید کربن (CO_2) در آب وابسته است.

غنی شدن آب از CO_2، مستقیما روی سطح زمین و در افق خاک اتفاق می‌افتد. دی‌اکسید کربن در طی مراحل اکسایش موادآلی، با کمک میکروارگانیسم‌ها و توسط تنفس ریشه گیاهان تولید می‌شود. فرآیند انحلال کلسیت مستلزم مراحل متوالی زیر است.

- هیدراتاسیون CO_2 محلول در آب و تشکیل اسید کربنیک طبیعی
- انتقال اسید کربنیک به لایه مرزی و تفکیک یونی آن به شکل یون بی‌کربنات و یون هیدروژن
- انتقال یون هیدروژن به سطح جامدی که آن را جذب کند.
- واکنش یون هیدروژن با یون کربنات روی سطح بلور به شکل یون بی‌کربناتی که داخل لایه مرزی جای می‌گیرد.
- انتشار یون بی‌کربنات با عبور از لایه مرزی به محلول اصلی
- آزاد شدن یون کلسیم از سطح جامد
- انتشار یون کلسیم با عبور از لایه مرزی به محلول اصلی

واکنش‌های شیمیایی در سطح سنگ‌های کربناته پیچیده است. ابتدا یون هیدروژن باید جذب شود آن‌گاه در سطح بلور باید حرکت کرده و به نقطه‌ای برسد که با یون CO_2 واکنش انجام داده و به شکل یون HCO_3^- درآید. یون بی‌کربنات به علت پدیده انتشار باید از سطح بلور به داخل محلول رها شود. نبودن یون بی‌کربنات، به عدم تعادل بار الکتریکی محلی و در نتیجه آزاد شدن یون Ca^{++} به داخل محلول منجر می‌شود. این فرآیند شیمیایی می‌تواند در هر مرحله‌ای به پایان برسد و بنابراین نهایت ادامه آن فرآیند انحلال است [۵].

۱۳-۴-۳- نوع و حالت جریان

تشکیل مغاره‌ها و مجاری زیرزمینی نتیجه مستقیم انحلال شیمیایی است که در مرحله معینی این پدیده می‌تواند توسط عمل فرسایشی آب نیز تشدید شود. چنانچه سرعت آب افزایش یابد، کمیت ماده حل شده نیز فزونی خواهد یافت. طبق تجربیات J. R. Sweet وW. B. White (White 1977) ، اگر عدد رینولدز از ۲۵۰ به ۲۵۰۰۰ افزایش یابد نرخ انحلال تقریبا تا ۳ برابر افزایش خواهد یافت.

omoorepeyman.ir

جریان متلاطم کاملا توسعه یافته در سطح یک صفحه چرخان با عدد رینولدز حدود ۵۰۰۰۰ ظاهر می‌شود. به هرصورت واضح نیست که افزایش نرخ انحلال در آغاز تلاطم رخ دهد. گرچه افزایش سرعت آب و جریان متلاطم باعث افزایش فرآیند انحلال می‌شود، اما به نظرمی‌رسد که تغییر جریان از ورقه‌ای به متلاطم عامل اصلی بزرگ شدن مغاره‌هاست [۵].

۱۳-۴-۴- درجه خلوص سنگ

درجه خلوص سنگ، با پدیده انحلال رابطه مستقیم دارد. در ترکیب سنگ‌شناسی سازندهای قابل انحلال ناخالصی باعث کاهش میزان و سرعت انحلال می‌شود. به عنوان مثال: سنگ آهک سازند سروک نسبت به سنگ آهک سازند آسماری از درجه خلوص بیش‌تری برخوردار است و همین موضوع باعث شده که در شرایط مساوی، پدیده کارست در سنگ آهک سازند سروک نسبت به سازند آسماری پیشرفت بیش‌تری داشته باشد.

۱۳-۴-۵- زمین ساخت (تکتونیک)

حرکات زمین‌ساختی و عملکرد گسل‌های فعال، با زمین‌لرزه و زمین‌لغزش‌هایی همراه است که می‌تواند در رفتار آبخوان موثر باشد. چه بسا زمین لغزه‌ها و زمین لرزه‌هایی باعث تغییر رفتار آبخوان‌های کارستی از جمله تغییر جهت جریان، خشک شدن یا ظهور چشمه، افزایش درزها و شکستگی‌ها و نهایتا افزایش پدیده انحلال شوند.

omoorepeyman.ir

فصل ۱۴

تفسیر نتایج و پیش‌بینی وضعیت آینده

آبخوان

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۱۴-۱- کلیات

معمولا پیش‌بینی فرآیندهای هیدرولوژیکی براساس بررسی آماری نتایج ایستگاه‌های سنجش صورت می‌گیرد. به این ترتیب که اطلاعات به‌دست آمده، مورد تحلیل واقع شده و با استفاده از روش‌های مختلف تجربی و روابط مدون روند تغییرات برای آینده برآورد و پیش‌بینی می‌شود. نظر به این‌که عوامل اقلیمی مانند بارش از پدیده‌هایی هستند که عمدتا بدون دخالت انسان مستقیما نقش تاثیرگذار بر آبخوان دارند بنابراین پیش‌بینی تاثیر آن‌ها بر آبخوان‌ها تا حدودی می‌تواند قانونمند باشد. ولی باید توجه داشت که علاوه بر عوامل اقلیمی، دخالت انسان نیز به‌خصوص در ارتباط با بهره‌برداری از آبخوان‌ها در تغییرات وضعیت آب زیرزمینی بسیار موثر می‌باشد. به‌هرحال نهایتا نتایج کلیه عوامل موثر بر رفتارسنجی کمی آب‌های زیرزمینی به‌صورت نوسانات سطح آب زیرزمینی و تغییرات آبدهی منابع ظهور می‌کند.

نتایج حاصله هنگامی برای پیش‌بینی وضعیت آینده آبخوان‌ها دقت لازم را دارد که براساس مدیریتی صحیح اندازه‌گیری‌های شبکه‌های رفتارسنجی کمی آب زیرزمینی با دقت کافی و رعایت نظم در فواصل زمانی تداوم داشته باشد. مشخص است، هرچه اطلاعات برای زمان طولانی‌تری موجود باشد نتایج بررسی آن‌ها برای تعیین وضعیت آبخوان مطمئن‌تر خواهد بود.

۱۴-۲- تفسیر نتایج و پیش‌بینی وضعیت آینده آبخوان آبرفتی

با استفاده از نتایج واکنشی که آبخوان‌های آبرفتی نسبت به عوامل تغذیه و تخلیه به‌صورت نوسانات سطح آب زیرزمینی و تغییر در آبدهی‌ها نشان می‌دهند و همچنین با برقراری بیلان آب زیرزمینی و تهیه مدل ریاضی براساس این نتایج می‌توان وضعیت آینده آبخوان را پیش‌بینی کرد.

۱۴-۲-۱- بررسی تغییرات آبنمود معرف سطح آب

واکنش اصلی آبخوان نسبت به آثار عوامل مختلف تغذیه و تخلیه در تغییرات سطح آب زیرزمینی آن نمایان می‌شود. بنابراین با تحلیل آبنمود معرف تغییرات سطح آب زیرزمینی یک آبخوان می‌توان وضعیت پتانسیل آن را برآورد کرد.

هرچه اطلاعات اندازه‌گیری سطح آب زیرزمینی به‌صورت منظم برای زمانی طولانی شامل دوره‌های مختلف خشک و مرطوب بیش‌تر باشد، آبنمود به‌دست آمده قابلیت استفاده بیش‌تری را دارد. با استفاده از آبنمود معرف تغییرات سطح آب زیرزمینی از دو روش می‌توان وضعیت آبخوان را بررسی و پیش‌بینی کرد.

۱۴-۲-۱-۱- همبستگی بین نوسانات سطح آب و بارش

چنانچه در یک نمودار مشترک همراه با آبنمود معرف نوسانات سطح آب زیرزمینی یک آبخوان مقادیر بارش منطقه در زمان‌های مختلف نیز آورده شود، بدون در نظر گرفتن سایر عوامل در اکثر مواقع می‌توان بین نوسانات سطح آب

omoorepeyman.ir

زیرزمینی و تغییرات بارندگی همبستگی قابل قبول به‌دست آورد. در این حالت با توجه به مقایسه نوسانات سطح آب زیرزمینی نسبت به بارندگی‌های مختلف گذشته آبخوان می‌توان وضعیت تغییرات آینده آن را در برابر احتمال وقوع بارش‌های متفاوت و سال‌های ترسالی و خشکسالی پیش‌بینی کرد.

۱۴-۲-۱-۲- روندیابی تغییرات ارتفاع متوسط سطح آب زیرزمینی

آبنمود (هیدورگراف) معرف درازمدت آبخوان گویای واکنش آبخوان نسبت به تغییرات تغذیه و تخلیه در سال‌های خشک و مرطوب است. آبنمودی که روند تغییرات ارتفاع متوسط سطح آب را در طولانی مدت متعادل نشان دهد، عموما مشخص‌کننده پتانسیل آبخوان بوده و امکان توسعه بهره‌برداری از آن قابل پیش‌بینی است. چنانچه تغییرات ارتفاع متوسط سطح آب زیرزمینی در مجموع سال‌های مرطوب و متوسط متعادل ولی برای سال‌های خشک کاهنده (دارای افت سطح آب) باشد، نشانه این است که میزان برداشت از آبخوان به حداکثر ممکن رسیده و توسعه بهره‌برداری باید متوقف شود. آبنمودی که با تغییرات جزیی بین سال‌های مرطوب و خشک روند عمومی افت را در ارتفاع متوسط سطح آب زیرزمینی به‌صورت ممتد و برای فواصل درازمدت نشان دهد، مشخص کننده بهره‌برداری بی‌رویه بیش از تغذیه بوده و وضعیت بحرانی را از این نظر نشان می‌دهد. بنابراین، برای جلوگیری از شدت بحران از میزان بهره‌برداری فعلی آبخوان باید کاسته شود.

۱۴-۲-۲- بررسی روند تغییرات آبدهی منابع انتخابی معرف بهره‌برداری

تغییرات عوامل موثر بر تغذیه و تخلیه آبخوان‌ها معمولا بر آبدهی چاه‌های عمیق تاثیر زیادی ندارد مگر در طولانی‌مدت ولی بر آبدهی چاه‌های کم‌عمق و به‌ویژه قنات‌ها و چشمه‌های آبرفتی تاثیر آنی و محسوس دارد. با بررسی آبنمود تغییرات آبدهی قنات‌ها و چشمه‌های انتخابی و مقایسه این تغییرات با میزان بارش در دوره‌های مشابه می‌توان تا حدودی به وضعیت پتانسیل آبخوان پی برد. افزایش تدریجی آبدهی منابع انتخابی در درازمدت، نشانه تغذیه مناسب آبخوان و پتانسیل بالقوه آن برای توسعه بهره‌برداری است. برعکس، کاهش تدریجی آبدهی قنات‌ها و چشمه‌های انتخابی در درازمدت مشخص کننده تخلیه بیش از تغذیه آبخوان است و به‌خصوص زمانی که کاهش‌آبدهی زیاد بوده و برخی از قنات‌ها و چشمه‌ها به‌سوی خشک شدن پیش روند، نشانه وضعیت بحرانی آبخوان از نظر بهره‌برداری است. در مورد قنات‌ها این مساله قابل ذکر است که لایروبی و ادامه پیشکار قنات که موجب افزایش آبدهی می‌شود و یا احتمالا تخریب در بخشی از طول قنات که موجب کاهش آبدهی آن می‌شود، باید مد نظر قرار گیرد. به‌هرحال تغییرات آبدهی معمولا باید با تغییرات سطح آب زیرزمینی هماهنگی داشته باشد.

۱۴-۲-۳- بیلان و مدل آب زیرزمینی

هر چند با بررسی نتایج تغییرات سطح آب زیرزمینی و آبدهی منابع انتخابی وضعیت پتانسیل آبخوان به‌صورت کلی مشخص می‌شود ولی از نظر کمیت نمی‌تواند قابل پیش‌بینی باشد. با محاسبه و برقراری معادله بیلان آب زیرزمینی است که

omoorepeyman.ir

سهم هر یک از عوامل تغذیه‌کننده و تخلیه کننده آبخوان تعیین شده و با توجه به نتایج آن امکان توسعه بهره‌برداری آبخوان برای آینده به‌صورت کمی قابل ارائه است. به عنوان مثال: درصورتی‌که بیلان آب زیرزمینی یک آبخوان حالت متعادل را نشان دهد ولی حجم زیادی از تخلیه به‌صورت زهاب و تبخیر از آب زیرزمینی هدر رود، می‌توان با در نظر گرفتن شرایط مختلف منطقه از جمله مسایل زیست‌محیطی میزان توسعه بهره‌برداری از آبخوان را برای آینده تعیین کرد.

همان‌طور که گفته شد، دقت بیلان آب زیرزمینی به دقت اطلاعات به‌کاررفته به‌ویژه اندازه‌گیری‌های منظم شبکه‌های کمی و رفتار آبخوان بستگی دارد.

مطمئن‌ترین شیوه پیش‌بینی آینده آبخوان استفاده از مدل‌های ریاضی است. مدل ریاضی یک آبخوان که براساس اطلاعات دقیق رفتارسنجی کمی تاریخ گذشته آن تنظیم شده باشد (سوابق تاریخی) می‌تواند رفتار آینده آبخوان را تحت تاثیر برنامه‌های مختلف بهره‌برداری (سناریوها) و با توجه به دوره‌های خشکسالی، ترسالی و عادی (نرمال) پیش‌بینی کند. با بررسی رفتار متفاوت آبخوان در برابر سناریوهای مختلف بهره‌برداری آینده می‌توان مناسب‌ترین برنامه بهره‌برداری آینده آبخوان را از طریق مدل تعیین و پیشنهاد کرد. لازم به ذکر است که علی رغم قابلیت‌های مدل‌های ریاضی، استفاده از این مدل‌ها آخرین راه حل برای بررسی و پیش‌بینی وضعیت آینده آبخوان است.

۱۴-۳- تفسیر نتایج و پیش‌بینی وضعیت آینده آبخوان‌های کارستی و درز و شکاف‌دار

تفسیر نتایج رفتارسنجی کمی آبخوان در درازمدت از جمله بررسی روند تغییرات سطح آب چاه‌های مشاهده‌ای و تغییرات آبدهی چشمه‌ها و قنات‌ها در مقایسه با میزان بارش در دوره‌های مشابه و استفاده از روش‌های ردیابی و مدل‌های ریاضی راهکاری مناسب به منظور پیش‌بینی وضعیت آبخوان در آینده خواهد بود.

۱۴-۳-۱- بررسی روند تغییرات آبنمود چاه‌های مشاهده‌ای و آبنمود معرف

اندازه‌گیری دوره‌ای و منظم تغییرات سطح آب زیرزمینی در چاه‌های مشاهده‌ای، رسم آبنمود این چاه‌ها و تهیه هیدورگراف معرف آبخوان و مقایسه آن با میزان بارش همان دوره یکی از راه‌های بررسی وضعیت آبخوان است که از طریق آن می‌توان به چگونگی پاسخ‌گویی آبخوان در برابر عوامل تغذیه و تخلیه در یک دوره زمانی معین پی برد.

۱۴-۳-۲- بررسی روند تغییرات آبنمود چشمه‌ها

آبنمود چشمه‌ها، چگونگی تغذیه و تخلیه یک آبخوان کارستی را نشان می‌دهد که با استفاده از آن می‌توان به گسترش حوضه هیدروژئولوژیکی و همچنین چگونگی پیشرفت پدیده کارست با توجه به ضرایب تخلیه به‌دست آمده، پی‌برد. با کاربرد این آبنمودها، زمان مرگ چشمه‌ها (پایان ذخیره دینامیک آبخوان) به شرط این‌که هیچ‌گونه تغذیه‌ای

omoorepeyman.ir

صورت نگیرد، به‌دست می‌آید (برای اطلاعات بیش‌تر، به بند وضعیت ذخیره آب زیرزمینی و تغییرات آن مراجعه شود) که می‌تواند تا حدودی گویای وضعیت آینده آبخوان باشد.

۱۴-۳-۳- محاسبه بیلان

تعیین مولفه‌های بیلان و محاسبه آن، یکی از روش‌های ارزیابی ذخایر آب زیرزمینی است که در نهایت به تعیین‌حجم کسری یا مازاد آب منجر می‌شود. تعیین این مولفه مستلزم شناخت کلیه مولفه‌های ورودی و خروجی به آبخوان است و تعیین این مولفه‌ها کمک بزرگی است به شناخت وضعیت آبخوان با در نظر گرفتن فرضیاتی در مولفه‌های خروجی و ورودی، می‌توان وضعیت آینده آبخوان را پیش‌بینی کرد.

۱۴-۳-۴- آزمایش‌های ردیابی

آزمایش‌های ردیابی، یکی از ابزارهای مهم برای شناخت خصوصیات آبخوان‌های کارستی و درز و شکاف‌دار است. با استفاده از این آزمایش‌ها می‌توان به جهت جریان آب زیرزمینی، میزان جریان، سن آب، محل خروج و مرزهای‌حوضه آبریز پی برد. با استفاده از اندازه‌گیری اکسیژن ۱۸، دوتریوم و تریتیوم می‌توان به سن آب، حجم مخازن کارستی و حدود حوضه آبگیر آن‌ها دست یافت (برای کسب اطلاعات بیش‌تر به مرجع شماره ۱۴ مراجعه شود).

۱۴-۳-۵- مدل‌های ریاضی

همان‌طور که گفته شد، یکی از راه‌های بررسی وضعیت فعلی و پیش‌بینی آینده آبخوان‌ها استفاده از مدل‌های ریاضی است. به‌طور کلی، سه نوع مدل پیوسته[1]، مجزا[2] و تخلخل دوگانه[3] به منظور بررسی خصوصیات آبخوان‌های کارستی و درز و شکاف‌دار می‌تواند، مورد استفاده قرار گیرد. بررسی‌های هیدروژئولوژیکی در تعیین نوع مدل کاربردی برای منطقه تحت بررسی، می‌تواند راهگشا باشد.

مدل پیوسته آبخوان را در مقیاس کاری تقریبا محیطی متخلخل فرض می‌کند. در این مدل مجاری انحلالی و درز و شکاف‌های منفرد در مقایسه با حجم کل منطقه تحت مطالعه، اهمیت ندارد. معادلات کلاسیک حرکت آب زیرزمینی در مقیاس وسیع کاربرد داشته و خصوصیات هیدرولیکی درزه‌های منفرد نسبت به گسترش منطقه مورد مطالعه اهمیت ندارد.

در مدل مجزا، فرض بر این است که عمده آب زیرزمینی در مجاری انحلالی و درز و شکاف‌های مجزا حرکت می‌کند و خصوصیات هیدرولیکی خلل و فرج موجود در قالب سنگ مهم نمی‌باشد. اندازه‌گیری خصوصیات هیدرولیکی درز و شکاف‌های منفرد و مجاری انحلالی به منظور تعیین خصوصیات حرکت آب زیرزمینی استفاده می‌شود.

1- Continum
2- Discrete
3- Dual Porosity

omoorepeyman.ir

مدل تخلخل دوگانه جریان آب زیرزمینی، حالتی بین مدل پیوسته و مدل مجزا است. این مدل، خصوصیات جریان آب زیرزمینی را هم در مجاری انحلالی و درز و شکاف‌های منفرد و هم در خلل و فرج قالب سنگ تعیین می‌کند.

این سه مدل، ابزارهای مفیدی در فهم خصوصیات جریان آب زیرزمینی در آبخوان‌های کارستی و درز و شکاف‌دار هستند. داده‌های مورد نیاز این مدل‌ها از شبکه رفتارسنجی آب زیرزمینی در ناحیه مورد مطالعه به‌دست می‌آید. یادآوری این نکته لازم است که روش‌های صحرایی هیدروژئولوژیکی استاندارد در آبخوان‌های درز و شکاف‌دار و کارستی معتبر نیست زیرا این روش‌ها بر پایه مدل پیوسته بنا شده‌اند.

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

منابع و مراجع

۱- فنکاچ، هانس اولاف (مترجم: کمیته واژه‌های هیدروژئولوژی) ـ ۱۳۷۴ ـ فرهنگ هیدروژئولوژی ـ نشریه‌شماره ۱۷ طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور، تهران

۲- سازمان جهانی هواشناسی و یونسکو ـ ۱۳۶۹ ـ فرهنگ بین‌المللی هیدرولوژی (مترجم: کمیته واژه‌های آب) ـ نشریه شماره ۹ طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور، تهران

۳- کمیته کارست و سازندهای سخت ـ ۱۳۷۳ ـ فرهنگ کارست ـ سازمان تحقیقات منابع آب

۴- فرهنگ فنی آبیاری و زهکشی ـ ۱۳۵۴ ـ انتشارات وزارت نیرو

۵- میلانوویچ، پطر ـ ت. ـ مترجم عبدالوحید آغاسی، احمد افراسیابیان ـ ۱۳۷۴ ـ هیدروژئولوژی کارست ـ نشریه شماره ۱۸ طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور

۶- دستورالعمل تهیه هیدروگراف متوسط (واحد) با استفاده از روش تیسن ـ ۱۳۶۹ ـ مدیریت آب‌های زیرزمینی شماره مرکز اسناد- ۱۶۱ کد ۴۲۰-۶۰-۱۴۴

۷- دستورالعمل تعیین محل حفاری و نگهداری چاه‌های مشاهده‌ای ـ ۱۳۶۹ ـ مدیریت آب‌های زیرزمینی ـ شماره مرکز اسناد -۱۶۱ کد ۴۲۰-۳۱-۷۵

۸- دستورالعمل محاسبه تخلیه ماهانه و سالانه قنوات ـ دفتر برنامه‌ریزی و مطالعات منابع آب ـ مدیریت آب‌های زیرزمینی ـ شماره مرکز اسناد ۱۲۵- کد ۴۲۰-۵۷-۱۳۵

۹- دستورالعمل نام‌گذاری وحفاری چاه‌های آب ـ۱۳۷۴ـ نشریه شماره ۱۸۱ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی‌کشور

۱۰- دستورالعمل آزمایش‌های پمپاژ ـ پیش‌نویس استاندارد شماره ۱۷۹ ـ الف طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور

۱۱- دستورالعمل آماربرداری منابع آب (وسایل و روش‌های اندازه‌گیری)ـ نشریه شماره ۲۳۹ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

۱۲- دستورالعمل حفر و تجهیز پیزومترهای مرکب ـ نشریه شماره ۱۶۲ ـ دفتر امور فنی و تدوین معیارها

۱۳- دستورالعمل رفتارسنجی کیفی آب‌های زیرزمینی ـ نشریه شماره -۱۸۷ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی‌کشور

۱۴- دستورالعمل کاربرد روش‌های ردیابی در مطالعات کارست و سازندهای سخت ـ نشریه شماره ۵۴۶ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس‌جمهور

۱۵- تقسیم‌بندی و کد گذاری حوزه‌های آبریز و محدوده‌های مطالعاتی ـ نشریه شماره ۳۱۰ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس‌جمهور

۱۶- طرح شبکه بهینه سنجش منابع آب (فصل سوم آبهای زیرزمینی) ـ ۱۳۸۰ ـ مهندسین مشاور جاماب

۱۷- دستورالعمل‌های WMO

omoorepeyman.ir

۱۸- راهنمای مطالعات ژئوفیزیک در آب‌های زیرزمینی ـ ۱۳۷۴ ـ پیش‌نویس استاندارد شماره ۸۵- الف طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور

19- G. P. Jones - 1987 - Ground Water Monitoring and Management

20- R. H. Braun and A. A. Konplyastev 1977 – Ground Water Studies – an International Guide for Research and Practice - GB-1003-G7 1977-C3.

21- Fetter, C. W. 1994 - Applied Hydrogeology 3rd ed. , Prantice Hall Inc. , NJ.

22- David Todd - 1976 - Ground Water Hydrology - second Edition

23- EEA- European FreshWater Monitoring Network Design-10. Proposed Ground Water

24- Standard Guide for Design Of Ground Water Monitoring Systems in Karst and Fractured Rock Apuifers- Designation: D 5717-95-ASTM .

25- Delleur W - 1999 The Handbook of Ground Water Engineering, CRC Press. Boca Raton.

26- Ford, D. C. and Williams, P. W. - 1989 - Karst Geomorphology and Hydrology. Unwin Hyman, Ltd. , London.

27- Standard practice for Design and Installation of Ground water monitoring wells in Aquifer, Designation - 1996: D 5092-90, Anual Book of Astm standard

28- G. Castany - 1982 - Principes et methodes de L, Hydrogeologie – Dunod universite

omoorepeyman.ir

Islamic Republic of Iran
Vice Presidency For Strategic Planning and Supervision

Instruction of Ground Water Quantity Monitoring

No. 665

Office of Deputy for Strategic Supervision
Department of Technical Affairs

Ministry of Energy
Bureau of Engineering and Technical Criteria for Water and Wastewater

nezamfanni.ir

http://seso.moe.org.ir

2014

omoorepeyman.ir

این نشریه

با هدف بررسی و تعیین میزان اثرات عوامل مختلف در رفتار ابخوان‌ها تهیه گردیده است که در بررسی‌های کمی منابع آب زیرزمینی از جمله اندازه‌گیری‌های آبدهی نوسانات سطح آب زیرزمینی به‌منظور تعیین میزان تخلیه آبخوان‌ها و تغییرات حجم ذخیره آن‌ها در طول زمان کاربرد دارد.

omoorepeyman.ir