جمهوری اسلامی ایران

ریاست جمهوری

معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی

ضوابط طراحی سامانه‌های انتقال و توزیع آب شهری و روستایی

نشریه شماره ۳-۱۱۷

بازنگری اول

معاونت نظارت راهبردی

امور نظام فنی

nezamfanni.ir

وزارت نیرو

دفتر مهندسی و معیارهای فنی آب و آبفا

http://seso.moe.org.ir

۱۳۹۲

بسمه تعالی

معاون برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور

بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران	شماره: ۹۲/۱۱۸۳۱
	تاریخ: ۱۳۹۲/۰۲/۱۶

موضوع: ضوابط طراحی سامانه‌های انتقال و توزیع آب شهری و روستایی

به استناد ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه و ماده (۶) 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 ۳-۱۱۷ امور نظام فنی، با عنوان «**ضوابط طراحی سامانه‌های انتقال و توزیع آب شهری و روستایی - بازنگری اول**» از نوع گروه دوم ابلاغ می‌شود تا از تاریخ ۱۳۹۲/۰۷/۱ به اجرا درآید.

رعایت کامل مفاد این ضابطه از طرف دستگاه‌های اجرایی، مشاوران، پیمانکاران و سایر عوامل ذی‌نفع الزامی است. همچنین در پروژه‌هایی که با مشارکت بخش غیر دولتی در سرمایه‌گذاری اجرا می‌شوند، انتخاب حدود معیارها و ضوابطی که در این نشریه به صورت متغیر اعلام شده است، در حدود تعیین شده بر عهده دستگاه‌های اجرایی است.

با این ابلاغ، بخشنامه شماره ۲۱۷۷-۱/۱۹۰۴۵/۵۶ مورخ ۱۳۷۱/۱۱/۲۶ لغو می‌شود.

امور نظام فنی این معاونت، عهده‌دار پاسخگویی و اعلام اصلاحات در مفاد این نشریه خواهدبود.

بهروز مرادی

ش ش: ۹۴۱۰

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.

٤- 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**

بنام خدا

پیشگفتار اول

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

با در نظر گرفتن مراتب فوق و با توجه به شرایط اقلیمی و محدودیت منابع آب در ایران تهیه استاندارد در بخش آب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و از این‌رو امور آب وزارتنیرو با همکاری سازمان برنامه و بودجه اقدام به تهیه استانداردهای مهندسی آب نموده است.

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

– استفاده از تخصص‌ها و تجارب کارشناسان و صاحبنظران شاغل در بخش‌های عمومی و خصوصی

– استفاده از منابع و مآخذ معتبر و استانداردهای بین‌المللی

– بهره‌گیری از تجارب دستگاه‌های اجرایی، سازمان‌ها، نهادها، واحدهای صنعتی، واحدهای مطالعه، طراحی و ساخت

– ایجاد هماهنگی در مراحل تهیه، اجرا، بهره‌برداری و ارزشیابی طرح‌ها

– پرهیز از دوباره‌کاری‌ها و اتلاف منابع مالی و غیرمالی کشور

– توجه به اصول و موازین مورد عمل مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و سایر مؤسسات معتبر تهیه کننده استاندارد

امید است مجریان و دست‌اندرکاران بخش آب با به‌کارگیری استانداردهای یاد شده برای پیشرفت و خودکفایی این بخش از فعالیت‌های کشور تلاش نموده و صاحبنظران و متخصصان نیز با اظهار نظرهای سازنده در تکامل این استانداردها مشارکت نمایند.

کمیته تهیه کننده

اعضای کمیته فنی شماره ۵–۲ که در تهیه این استاندارد مشارکت داشته‌اند به ترتیب حروف الفبا به شرح زیر می‌باشد:

۱– آقای مهندس فرخ افرا	از مهندسین مشاور سختاب	فوق‌لیسانس راه و ساختمان
۲– آقای مهندس عنایت ثابتی	از سازمان برنامه و بودجه، مدیریت منابع آب	فوق‌لیسانس مهندسی بهداشت
۳– آقای مهندس عبدالحمید جوادی	از سازمان آب تهران	فوق‌لیسانس الکترومکانیک
۴– آقای دکتر علیرضا سرابی	از مهندسین مشاور بندآب	دکترای هیدرولیک
۵– آقای مهندس احمد عشقی	از مهندسین مشاور عمران محیط زیست	فوق‌لیسانس راه و ساختمان
۶– آقای مهندس محمد معین‌پور	از طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور	فوق‌لیسانس راه و ساختمان
۷– آقای دکتر محمدتقی منزوی	از دانشکده فنی دانشگاه تهران	دکترای هیدرولک

کمیته تصویب کننده

این استاندارد در دفتر تحقیقات و معیارهای فنی سازمان برنامه و بودجه با حضور آقای مهندس شفیعی‌فر و آقای مهندس تولایی و اعضای کمیته فنی شماره ۵–۲ مورد بررسی و پس از اعمال نظرات مورد تأیید قرار گرفت.

در اینجا از کلیه کارشناسان، متخصصین و ارگان‌هایی که در امر تهیه، نظرخواهی و تصویب این استاندارد طرح را یاری کرده‌اند سپاسگزاری می‌شود.

زمستان ۱۳۷۱

بسمه تعالی

پیشگفتار دوم

دسترسی به آب شرب بهداشتی یکی از مهمترین نیازهای بشری و حقوق شهروندی است. به‌همین دلیل تامین، انتقال، تصفیه و توزیع آب شرب بهداشتی به منظور رفع نیازهای آب مشترکین شهری و روستایی یکی از وظایف اولیه و اولویت‌های هر دولتی می‌باشد. طراحی و اجرای بهینه سامانه‌های آبرسانی نیازمند وجود استانداردها و ضوابط فنی دقیق و علمی است. به‌همین منظور استانداردهای مختلف بین‌المللی معیارهای فنی گوناگونی را در این زمینه ارائه نموده‌اند. در کشور ایران نیز نشریه ۳-۱۱۷ که در سال ۱۳۷۱ منتشر شد اولین گام برای تدوین استاندارد ملی در زمینه مبانی و ضوابط طراحی طرح‌های آبرسانی شهری به‌حساب می‌آمد. با گذشت دو دهه از انتشار آن نشریه و با توجه به تجارب بدست آمده از طراحی‌های انجام شده توسط مهندسین مشاور، لزوم استفاده بیش‌تر از آخرین پیشرفتها و تجارب بین‌المللی و همچنین لزوم تکمیل نقایص و کمبودهای نشریه قبلی از جمله مباحث مربوط به شبکه‌های آب روستایی، بازنگری در نشریه ۳-۱۱۷ را ضروری ساخته بود. نشریه حاضر به منظور بازنگری نشریه ۳-۱۱۷ و ایجاد هماهنگی در طراحی سامانه‌های آبرسانی شامل خطوط انتقال و شبکه‌های توزیع آب شهری و روستایی و تاسیسات جانبی مربوطه و هم‌چنین رعایت اصول، روش‌ها و تجارب ملی و با توجه به استانداردها و دستورالعمل‌های بین‌المللی تهیه و تدوین شده است.

با توجه به اهمیت مبحث فوق، امور آب وزارت نیرو در قالب طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور ، تهیه نشریه «ضوابط طراحی سامانه‌های انتقال و توزیع آب شهری و روستایی» را با هماهنگی دفتر نظام فنی اجرایی معاونت نظارت راهبردی رییس جمهور در دستور کار قرارداد و پس از تهیه، آن را برای تایید و ابلاغ به عوامل ذینفع نظام فنی اجرایی کشور به معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور (دفتر نظام فنی اجرایی) ارسال نمود که پس از بررسی، براساس ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه و آیین‌نامه استانداردهای اجرایی مصوب هیات محترم وزیران و طبق نظام فنی اجرایی کشور (مصوب شماره ۴۲۳۳۹/ت ۳۳۴۹۷ه مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیات محترم وزیران) تصویب و ابلاغ گردید.

این نشریه در برگیرنده ضوابط فنی و معیارهای طراحی سامانه‌های آبرسانی شامل خطوط انتقال و شبکه‌های توزیع آب با درنظر گرفتن تاسیسات مربوطه ازجمله مخازن ذخیره، شیرها، پمپها و لوله‌ها، ضوابط فنی انتخاب و اجرای لوله‌ها و آشنایی با سامانه‌های جنبی حفاظت در برابر خوردگی، پایش و اسکادا و ... می‌باشد که به منظور استفاده شرکت‌های آب و فاضلاب، مشاوران، پیمانکاران و سایر مراکز مرتبط تهیه شده است.

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 ابراهیم‌نیا و متخصصان همکار در امر تهیه و نهایی نمودن این نشریه، تشکر و قدردانی می‌نماید و از ایزد منان توفیق روزافزون همه‌ی 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

بهار ۱۳۹۲

تهیه و کنترل نشریه ضوابط طراحی سامانه‌های انتقال و توزیع آب شهری و روستایی (شماره ۳-۱۱۷)

مجری: شرکت مهندسین مشاور آبران

مولف اصلی: مسعود تابش	دانشکده مهندسی عمران دانشگاه تهران	دکترای مهندسی عمران (سیستم‌های منابع آب)

اعضای گروه تهیه‌کننده:

صدرالدین بلادی موسوی	شرکت مهندسین مشاور آبران	فوق‌لیسانس علوم اجتماعی
مسعود تابش	دانشکده مهندسی عمران دانشگاه تهران	دکترای مهندسی عمران (سیستم‌های منابع آب)
زهره جوادی	شرکت مهندسین مشاور آبران	فوق‌لیسانس مهندسی بهسازی محیط
بیتا خویی	شرکت مهندسین مشاور آبران	لیسانس مهندسی بهداشت محیط
علی ربوبی خبوشانی	شرکت مهندسین مشاور آبران	فوق‌لیسانس راه و ساختمان
محمدعلی کرمانشاچی	شرکت مهندسین مشاور آبران	فوق‌لیسانس مهندسی برق
عبدالمهدی میرسپاسی	شرکت مهندسین مشاور آبران	دکترای مهندسی عمران محیط زیست
حمیدرضا هنری	شرکت مهندسین مشاور آبران	فوق‌لیسانس مهندسی بهسازی محیط

اعضای گروه نظارت:

پیمان اربابها	شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور	فوق‌لیسانس مهندسی عمران
ابوالقاسم توتونچی	شرکت مهندسین مشاور ایراناب	فوق‌لیسانس راه و ساختمان
مینا زمانی	طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور- وزارت نیرو	لیسانس مهندسی شیمی
حسن مهرابلی	کارشناس آزاد	فوق‌لیسانس مهندسی صنایع

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

نعمت‌الله الهی‌پناه	شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور	فوق‌لیسانس هیدرولوژی
سایه ایمانزاده	وزارت نیرو	لیسانس مهندسی عالی آب و فاضلاب
ابوالقاسم توتونچی	شرکت مهندسین مشاور ایراناب	فوق‌لیسانس راه و ساختمان
علیرضا تولایی	کارشناس آزاد	فوق‌لیسانس راه و ساختمان
عباس حاج‌حریری	شرکت آب و فاضلاب استان تهران	فوق‌لیسانس مدیریت صنایع
مینا زمانی	طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور- وزارت نیرو	لیسانس مهندسی شیمی
حسن صادقپور	شرکت تهران میراب	فوق‌لیسانس مهندسی عمران
حسین عطایی‌فر	شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور	فوق‌لیسانس مهندسی بهداشت محیط
سید احمد علوی	شرکت مدیریت منابع آب ایران	فوق‌لیسانس تبدیل انرژی
مجتبی فاضلی	دانشگاه صنعت آب و برق	دکترای مهندسی محیط زیست

اعضای گروه هدایت و راهبردی:

خشایار اسفندیاری	رییس گروه امور نظام فنی
فرزانه آقارمضانعلی	رییس گروه امور نظام فنی
ساناز سرافراز	کارشناس منابع آب امور نظام فنی

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
مقدمه	**۱**
فصل اول - بررسی نیاز آبی	**۳**
۱-۱- کلیات	۵
۱-۲- پیش‌نیازهای طراحی و مطالعات پایه	۵
۱-۲-۱- شناخت منطقه	۵
۱-۲-۲- مطالعات هواشناسی و اقلیم منطقه	۷
۱-۲-۳- مطالعات زمین‌شناسی	۱۰
۱-۲-۴- مطالعات هیدرولوژی و هیدروژئولوژی	۱۰
۱-۳- مبانی طرح	۱۱
۱-۳-۱- دوره طرح	۱۱
۱-۳-۲- برآورد جمعیت	۱۲
۱-۴- مصرف سرانه آب	۱۵
۱-۴-۱- تعریف نیازهای آبی شهر و روستا	۱۵
۱-۴-۲- نحوه تعیین مصرف سرانه آب	۱۸
۱-۴-۳- نوسانات زمانی تقاضا و عوامل موثر در آن	۲۲
۱-۵- نیازهای جنبی	۲۴
۱-۵-۱- آب مورد نیاز آتش‌نشانی	۲۴
۱-۵-۲- آب مورد نیاز شستشو و گندزدایی شبکه	۲۴
۱-۶- مدیریت آب	۲۵
۱-۶-۱- مدیریت تامین	۲۵
۱-۶-۲- مدیریت توزیع	۲۵
۱-۶-۳- مدیریت تقاضا	۲۵
فصل دوم - منابع تامین آب شهر و روستا	**۲۷**
۲-۱- انواع منابع آب	۲۹
۲-۲- ویژگی‌های منابع تامین آب	۲۹
فصل سوم- مبانی طراحی و اجزای اصلی سامانه‌های آبرسانی	**۳۳**
۳-۱- تعریف سامانه آبرسانی	۳۵
۳-۲- تاسیسات آبگیری از منابع سطحی	۳۵

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۳-۳- تاسیسات آبگیری از منابع زیرزمینی	۳۵
۳-۴- خطوط انتقال آب خام و آب تصفیه‌شده	۳۵
۳-۴-۱- مبانی فنی طراحی	۳۵
۳-۵- تلمبه‌خانه‌ها	۳۷
۳-۶- تجهیزات و تاسیسات تنظیم فشار	۳۷
۳-۷- تجهیزات و تاسیسات کنترل ضربه قوچ	۳۷
۳-۸- مخازن	۳۸
۳-۸-۱- مخازن زمینی	۳۸
۳-۸-۲- مخازن هوایی	۴۲
فصل چهارم- نکاتی اجمالی در مورد تصفیه‌خانه آب	**٤٥**
۴-۱- معیارهای قابل بررسی برای جانمایی تصفیه‌خانه آب در سامانه‌های آبرسانی	۴۷
۴-۲- معیارهای تعیین ظرفیت تصفیه‌خانه آب	۴۸
۴-۳- نکات قابل توجه به‌منظور هماهنگی تصفیه‌خانه‌ها و سایر تاسیسات طرح آبرسانی از نظر کمی، کیفی و هیدرولیکی	۴۸
فصل پنجم- مبانی طراحی سامانه توزیع	**۵۱**
۵-۱- تعریف شبکه توزیع	۵۳
۵-۲- انواع شبکه توزیع آب از نظر آرایش خطوط لوله و هیدرولیک	۵۳
۵-۲-۱- منطقه‌بندی شبکه توزیع از نظر فشار و مساحت زیرپوشش و تعداد انشعابات	۵۳
۵-۳- هیدرولیک شبکه توزیع آب و مبانی فنی طراحی	۵۵
۵-۳-۱- بده (دبی)	۵۵
۵-۳-۲- فشار آب در شبکه	۵۵
۵-۳-۳- سرعت آب در شبکه توزیع	۵۶
۵-۳-۴- انتخاب قطر لوله	۵۶
۵-۳-۵- ضریب زبری	۵۶
۵-۴- کیفیت و پایش‌های لازم آب تولید شده	۵۷
۵-۵- اجزای اصلی شبکه توزیع	۵۷
۵-۵-۱- خطوط اصلی و فرعی توزیع آب، خطوط کمربندی	۵۷
۵-۵-۲- مخازن زمینی و هوایی	۵۸
۵-۵-۳- سیستم‌های تامین فشار	۵۸

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۵-۵-۴- انشعاب‌ها	۵۹
۵-۵-۵- تاسیسات و تجهیزات جنبی	۶۰
فصل ششم - سایر ضوابط طراحی و ملاحظات فنی	**٦٥**
۶-۱- کلیات	۶۷
۶-۲- حفاظت در مقابل آلودگی	۶۷
۶-۳- رعایت ضوابط و نکات فنی	۶۷
۶-۴- تجهیزات مورد استفاده در خطوط انتقال و شبکه‌های توزیع	۶۷
۶-۴-۱- لوله‌ها	۶۸
۶-۴-۲- شیرها	۷۰
۶-۴-۳- سامانه اندازه‌گیری جریان	۷۷
۶-۵- نحوه اجرای خطوط لوله	۷۷
۶-۵-۱- استانداردها	۷۷
۶-۵-۲- بسترسازی و خاکریزی	۷۸
۶-۵-۳- عمق پوشش روی لوله	۷۸
۶-۵-۴- تکیه‌گاه	۷۸
۶-۵-۵- جدا کردن خطوط لوله آب، فاضلابروها و مجاری فاضلاب و آب‌های سطحی	۷۸
۶-۵-۶- نصب موازی لوله‌های آب و مجاری فاضلاب	۷۸
۶-۵-۷- سایر موارد	۸۰
۶-۶- سامانه حفاظتی مقابله با خوردگی	۸۰
۶-۶-۱- ضوابط طراحی سیستم‌های حفاظت کاتدی	۸۰
۶-۷- سامانه گندزدایی	۸۳
۶-۸- سامانه‌های کنترل و اسکادا (پایش و فرمان از دور)	۸۴
فصل هفتم - معرفی نرم‌افزارهای طراحی شبکه توزیع و خطوط انتقال	**۸۷**
۷-۱- نرم‌افزارهای تحلیل هیدرولیکی شبکه توزیع	۸۹
۷-۲- نرم‌افزارهای تحلیل هیدرولیکی جریان ناماندگار در خطوط انتقال	۹۰
پیوست ۱- اقلیم‌نماها و عمق یخبندان‌ها	**۹۱**
پیوست ۲- روش‌های برآورد و پیش‌بینی جمعیت	**۱۰۳**
پیوست ۳- پرسشنامه‌های جمع‌آوری اطلاعات مصرف آب	**۱۱۳**

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
پیوست ٤- مثال عددی	**۱۱۷**
پیوست ٥- شاخص‌های کیفیت آب	**۱۲۰**
پیوست ٦- مثال‌های نمونه برای روش‌های SAW و AHP	**۱۲۹**
پیوست ۷- خلاصه ضوابط طراحی سامانه‌های کنترل و اسکادا در سامانه‌های آبرسانی	**۱۳٥**
منابع و مراجع	**۱٤۷**

فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱- نقشه تقسیمات اقلیمی ایران	۸
شکل ۳-۱- نمونه‌ای از نوسانات ساعتی مصرف	۳۹
شکل پ.۱-۱- نمودار اقلیم نمای دومارتن	۹٥
شکل پ.۱-۲- اقلیم‌نمای آمبرژه	۹۶
شکل پ.۱-۳- محاسبه ضریب اصلاح فرمول برگرن	۹۷
شکل پ.۱-۴- متوسط ظرفیت انتقال حرارتی برای خاک‌های رسی و گل و لای (سیلت) در دو حالت یخزدگی و یخ‌نزدگی	۹۸
شکل پ.۱-٥- متوسط ظرفیت انتقال حرارتی برای خاک‌های گرانولی در دو حالت یخزدگی و یخ‌نزدگی	۹۹
شکل پ.۱-۶- متوسط ظرفیت انتقال حرارتی برای خاک‌های نباتی در دوحالت یخزدگی و یخ‌نزدگی	۱۰۰
شکل پ.۱-۷- برآورد عمق یخبندان براساس روش (Thaw Index)	۱۰۲
شکل پ.٥-۱- نمودار تعیین کیفیت آب بر اساس پارامتر نیترات	۱۲۳
شکل پ.٥-۲- نمودار تعیین کیفیت آب بر اساس پارامتر فسفات	۱۲۴
شکل پ.٥-۳- نمودار تعیین کیفیت آب بر اساس پارامتر فیکال کلیفرم	۱۲۴
شکل پ.٥-۴- نمودار تعیین کیفیت آب بر اساس پارامتر کدورت	۱۲٥
شکل پ.٥-٥- نمودار تعیین کیفیت آب بر اساس پارامتر اکسیژن محلول	۱۲٥
شکل پ.٥-۶- نمودار تعیین کیفیت آب بر اساس پارامتر pH	۱۲۶
شکل پ.٥-۷- نمودار تعیین کیفیت آب بر اساس کل مواد جامد	۱۲۶
شکل پ.٥-۸- نمودار تعیین کیفیت آب بر اساس کل B.O.D.	۱۲۷
شکل پ.٥-۹- نمودار تعیین کیفیت آب بر اساس شاخص شولر	۱۲۸
شکل پ.۶-۱- نمایش رویکرد روش سلسله مراتبی	۱۳۱

فهرست جدول‌ها

عنوان	صفحه
جدول ۱-۱-الف- تطبیق تقسیم‌بندی اقلیمی روش آمبرژه و نقشه تقسیمات اقلیمی ایران	۸
جدول ۱-۱-ب- تطبیق تقسیم‌بندی اقلیمی روش دومارتن و نقشه تقسیمات اقلیمی ایران	۹
جدول ۱-۲- تعیین عمق یخبندان با توجه به اقلیم منطقه	۹
جدول ۱-۳- دوره طرح و مرحله‌بندی زمانی عملیات اجرایی برای تاسیسات مختلف سامانه‌های آبرسانی	۱۲
جدول ۱-۴- حداقل درصد نمونه‌گیری لازم جهت اطلاعات مربوط به مشترکین	۱۸
جدول ۱-۵- مصارف توصیه شده برای دام‌ها و طیور	۱۹
جدول ۱-۶- مقدار مصرف سرانه خانگی برحسب جمعیت (بدون فضای سبز و دام و طیور)	۲۰
جدول ۱-۷- مصرف متوسط روزانه آب فضای سبز (بر حسب لیتر بر روز بر مترمربع)	۲۱
جدول ۱-۸- ضریب حداکثر روزانه (C_1) در مناطق مختلف آب و هوایی کشور	۲۳
جدول ۱-۹ ضریب حداکثر ساعتی (C_2) در جمعیت‌های مختلف	۲۳
جدول ۲-۱- مشخصه‌های بارز منابع آب‌های زیرزمینی و سطحی	۳۰
جدول ۲-۲- مشخصه های بارز منابع آب‌های شور	۳۰
جدول ۳-۱- نمونه‌ای از مقادیر نوسانات ساعتی مصرف در شبانه‌روز	۳۹
جدول ۳-۲- حجم ذخیره آتش‌نشانی برحسب نوع بافت شهری و تراکم در محدوده تحت پوشش هر مخزن	۴۰
جدول ۳-۳- زمان متعارف برای اطلاع رسانی و انجام تعمیرات	۴۱
جدول ۵-۱- بده و زمان مورد نیاز اطفای حریق برحسب نوع بافت شهری زیر پوشش مخازن	۶۱
جدول ۶-۱- امتیازبندی انتخاب نوع و جنس لوله‌ها	۶۹
جدول ۶-۲- راهنمای تعیین قطر شیر هوا	۷۲
جدول ۶-۳- راهنمای تعیین قطر شیر تخلیه در خطوط انتقال آب	۷۳
جدول ۶-۴- تاثیر pH خاک بر روی خوردگی ساختارهای مدفون	۸۲
جدول ۶-۵- وضعیت خورندگی الکترولیت (خاک)	۸۲
جدول ۶-۶- تاثیر پتانسیل Redox (اختلاف پتانسیل الکتریکی بین خاک و لوله) بر روی سازه‌های فولادی مدفون زیر خاک	۸۲
جدول پ.۱-۱- اقلیم نمای دومارتن	۹۳
جدول پ.۱-۲- میزان n پیشنهادی باتوجه به وضعیت سطح برای شرایط یخبندان	۱۰۱
جدول پ.۱-۳- میزان n پیشنهادی با توجه به وضعیت سطح برای شرایط گداختگی	۱۰۱
پرسشنامه ۱- جمع‌آوری اطلاعات مصرف آب شهری	۱۱۵
پرسشنامه ۲- جمع‌آوری اطلاعات مصرف آب روستایی	۱۱۶
جدول پ.۵-۱- تعیین خصوصیت آب از نظر رسوب دهی و خورندگی با توجه به شاخص لانژلیه	۱۲۱
جدول پ.۵-۲- تعیین خصوصیت آب از نظر رسوب دهی و خورندگی با توجه به شاخص پایداری رایزنر (RSI)	۱۲۲
جدول پ.۵-۳- درصد وزنی شاخص‌های کیفیت آب	۱۲۳
جدول پ.۵-۴- معیار کلی تعیین کیفیت آب بر اساس اندازه‌گیری شاخص های کیفیت	۱۲۳
جدول پ.۵-۳- طبقه بندی آب آشامیدنی براساس شاخص شولر	۱۲۷
جدول پ.۶-۱- روش مقایسه زوجی	۱۳۲

مقدمه

آب مهم‌ترین سرمایه ملی است که جایگزینی برای آن وجود ندارد و امروزه صرفه‌جویی و استفاده بهینه از منابع آبی ضرورت بسیار دارد. نظر به این‌که آب از اهمیت حیاتی برای هر جامعه برخوردار است، طرح‌های آبرسانی نیز به تبع آن از اهمیت شایانی برخوردار بوده و از جمله طرح‌های با اولویت اول هر منطقه می‌باشند.

به‌منظور یکسان‌سازی و ارتقای سطح کیفی طرح‌های آبرسانی توام با حداقل ساختن هزینه‌ها و مسایل اقتصادی، استفاده از ضوابط، معیارها و استانداردهای مرتبط، اجتناب‌ناپذیر و ضروری است. بدیهی است این ضوابط و استانداردها نیز همگام با گذشت زمان و ارتقای سطح دانش و زندگی، نیاز به بازنگری و به‌روزرسانی دارد. در این راستا، نشریه ۳-۱۱۷ وزارت نیرو، تحت عنوان «مبانی و ضوابط طراحی طرح‌های آبرسانی شهری»، براساس آخرین منابع و مآخذ معتبر و استانداردهای بین‌المللی، کلیه نشریات و استانداردهای تهیه شده مربوط به صنعت آب کشور و همچنین با استناد به تجارب کارشناسان و صاحبنظران این بخش و توجه به شرایط اقلیمی و محدودیت منابع آب در ایران مورد بازنگری قرار گرفته است و تحت عنوان «ضوابط طراحی سامانه‌های انتقال و توزیع آب شهری و روستایی» برای استفاده کلیه دست اندرکاران بخش آب ارائه شده است.

در این راستا ضروری است پروژه‌های تحقیقاتی لازم در رابطه با شاخص‌ها و ضرایب ارائه شده در استاندارد موجود از جمله سرانه‌های آب، ضرایب حداکثر و اثرات تغییر قیمت آب انجام شود تا بتوان نتایج آنها را مبنای تجدیدنظرهای آتی این استاندارد قرار داد.

- هدف

هدف از تهیه این نشریه، بازنگری و تکمیل نشریه ۳-۱۱۷ و ارائه ضوابط طراحی سامانه‌های انتقال و توزیع آب شهری و روستایی است.

- دامنه کاربرد

دامنه کاربرد این ضوابط در مورد تعیین مبانی مطالعات آبرسانی اعم از مطالعات شناخت منطقه، دوره طرح، بررسی و پیش‌بینی جمعیت، برآورد و پیش‌بینی مصارف سرانه و تعیین نیازهای آبی و همچنین طراحی کلیه طرح‌های آبرسانی شامل خطوط انتقال آب خام یا تصفیه شده، خطوط جمع‌آوری آب چاه‌ها، خطوط انتقال بین مخازن، انواع مخازن زمینی و هوایی، شبکه‌های توزیع و سایر سامانه‌های جانبی آب (خارج از ساختمان) می‌باشد.

تبصره ۱: ضوابط مربوط به تعیین مبانی طرح، درخصوص طرح‌های فاضلاب شهری و روستایی (تا جایی که مربوط به تعیین و تفکیک مصارف سرانه آب است) و طرح‌های تامین آب نیز کاربرد دارد.

تبصره ۲: در تعیین مصارف سرانه، دامنه کاربرد این ضوابط محدود به تعیین مصرف سرانه خانگی، عمومی، فضای سبز عمومی (درمناطقی که هنوز از آب شبکه توزیع برای این مصارف استفاده می‌شود)، تجاری و صنعتی (صنایع و کارگاه‌های کوچک) در شهرها و روستاها در وضعیت موجود و پیش‌بینی این مصارف تا افق طرح جهت استفاده در طراحی سامانه‌های آب و فاضلاب است. شهرک‌های صنعتی در دامنه کاربرد این نشریه نیست.

تبصره ۳: در مورد سامانه‌هایی که دارای نشریه، ضوابط و معیارهای طراحی جداگانه هستند، نظیر تصفیه‌خانه و تلمبه‌خانه‌ها و ...، به‌دلیل جلوگیری از تکرار مطالب، صرفا به نشریه یا استاندارد مربوطه اشاره شده است تا در طراحی‌ها ملاک عمل قرار گیرد.

تبصره ۴: کلیه پیش‌نیازها و ضوابط طراحی اشاره شده در این نشریه به‌صورت کلی و با توجه به حداقل‌های لازم ارائه شده است و طراح باید شرایط خاص محلی را به‌منظور بالا بردن کیفیت طراحی در نظر گیرد.

تبصره ۵: باید در انجام طراحی‌ها، کلیه ضوابط ارائه شده دراین نشریه، با دیدگاه وسیع‌تری به‌منظور بهره‌برداری بهینه در نظر گرفته شوند.

فصل ۱

بررسی نیاز آبی

۱-۱- کلیات

یکی از اساسی‌ترین بخش‌ها در طرح‌های آب و فاضلاب شهری و روستایی مبانی طرح است که شامل شناخت منطقه، دوره طرح، جمعیت و مصرف سرانه آب می‌باشد. با توجه به این‌که پیش‌بینی ظرفیت تاسیسات در طرح‌های آب و فاضلاب بستگی کامل به انتخاب دقیق مبانی طرح دارد، دقت در انتخاب این مبانی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این فصل مبانی اصلی و عوامل موثر در برآورد نیاز آبی شهری و روستایی مورد بررسی قرار گرفته است. در این رابطه موارد زیر قابل ذکر است:

- اساس پیش بینی جمعیت آینده مناطق مورد مطالعه، آخرین سرشماری عمومی نفوس و مسکن است. در مواردی که پیش‌بینی طرح‌های هادی، جامع و تفصیلی مصوب در محدوده زمانی طرح موجود باشد، اولویت در محدوده زمانی طرح‌های فوق با مبانی این طرح‌ها است.
- در تعیین دوره طرح عوامل زیادی (به خصوص عامل اقتصادی) نقش دارند. در این قسمت پس از برشمردن عوامل موثر، حدود و ارقامی که در شرایط متعارف می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد ذکر شده است. سپس در مورد مرحله‌بندی اجرای کار در دوره طرح و عوامل موثر در آن بحث و مقادیر لازم ارائه شده است.
- تعیین و انتخاب مصرف سرانه آب یکی از مهم‌ترین عوامل جهت طراحی سامانه های آب و فاضلاب است. این ضوابط به منظور یکنواخت کردن نحوه مطالعه و مشخص کردن حداقل بررسی های لازم جهت تعیین مصرف سرانه آب و ضرایب مربوطه تهیه شده و حدود متعارف در هر مورد نیز ذکر شده است. حدود مقادیر و ضرایب ارائه شده، با توجه به ارقام منعکس شده در گزارش های مطالعاتی موجود، منابع بین‌المللی و تجربیات صاحب نظران و کارشناسان کشور تعیین شده است.
- درصورتی‌که اندازه‌گیری‌ها و یا شرایط محلی در مواردی خاص و در منطقه‌ای محدود از یک شهر یا روستا، اعدادی خارج از حدود ذکر شده را نشان دهد، مشاور می‌تواند ضمن ارائه دلایل کافی و تایید کارفرما، از اعداد به‌دست آمده استفاده و یا آنها را غیرقابل استناد اعلام کند.
- تعیین مصرف آب کارخانجات بزرگ و متوسط، جنگل‌کاری‌ها و فضای سبز، مصارف کشاورزی، دامداری‌ها و مرغداری‌های صنعتی و همچنین مصارف آب مناطقی که از شبکه آب آشامیدنی استفاده نمی‌کنند، خارج از حدود این ضوابط بوده و باید به طور جداگانه مورد بررسی قرار گیرند. اما در طرح‌های تامین آب ممکن است برحسب شرح خدمات، موارد یادشده در برآورد کل نیاز آبی در نظر گرفته شود.
- درصورتی‌که به‌دلیل کمبود منابع آب و مشکلات فنی و اقتصادی، توزیع آب به‌صورت متناوب صورت گیرد یا آب موجود در شبکه برای شرب مناسب نباشد، طراح باید نسبت به اصلاح سرانه مصرف حال و آینده اقدام کند.

۱-۲- پیش‌نیازهای طراحی و مطالعات پایه

۱-۲-۱- شناخت منطقه

در انجام هرگونه طرح مطالعاتی، بررسی منطقه و شناخت آن از اهمیت شایانی برخوردار است. به‌عبارت دیگر هرچه اطلاعات مربوط به شناخت منطقه کامل‌تر و دقیق‌تر تهیه شود، اصول و مبانی طرح مناسب‌تر بوده و اجرای طرح با مشکلات کم‌تری مواجه

خواهد بود. لذا به‌منظور شناخت منطقه، ضمن درخواست از کارفرما و پیگیری از کلیه سازمان‌ها و ارگان‌های ذیربط جهت دریافت آمار، نقشه‌ها و اطلاعات مورد نیاز، بازدیدهای مکرر محلی نیز ضروری است.

در مطالعات مربوط به شناخت منطقه، موارد زیر باید بررسی شود:

- موقعیت جغرافیایی و طبیعی منطقه
- اطلاعات توپوگرافی منطقه
- نقشه‌های مورد نیاز (با مقیاس مناسب برحسب مورد)
- تقسیمات سیاسی منطقه مورد مطالعه
- شناخت تاریخچه پیدایش شهر یا روستا (درصورت وجود)
- بررسی جهات و محدودیت‌های توسعه
- بررسی و تجزیه و تحلیل مطالعات مربوط به طرح‌های هادی، جامع و تفصیلی منطقه (درصورت وجود)
- شناخت منطقه از نظر آثار فرهنگی، مذهبی و تاریخی واقع در محدوده طرح و استعلام حریم‌های مربوطه از سازمان‌های اوقاف، امور خیریه، میراث فرهنگی و غیره
- بررسی و تجزیه و تحلیل سایر طرح‌های عمرانی انجام یافته و یا دردست مطالعه و یا پیش‌بینی شده در منطقه
- دریافت خلاصه‌ای از برنامه‌ریزی‌های انجام شده درخصوص توسعه امکانات رفاهی، آموزشی، جلب گردشگران، راه و ترابری و استعلام حریم‌های مربوطه و بررسی امکانات بالفعل و بالقوه منطقه از جنبه‌های مختلف
- بررسی وضعیت موجود تاسیسات زیرزمینی (مترو، گاز، برق، مخابرات، فاضلاب و ...) درصورت وجود، امکانات توسعه و انتقال انرژی (از قبیل خطوط انتقال برق، خطوط انتقال گاز و غیره) و استعلام حریم های مربوطه
- شناخت منطقه از نظر اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و ...
- بررسی شهرک‌های صنعتی و صنایع عمده که آبرسانی به آنها در محدوده طرح قرار می‌گیرد.

در عین حال در مطالعات شناخت باید درخصوص مسایل زیست محیطی منطقه و توجیه فنی اقتصادی طرح نیز، در حد مطالعات مرحله اول، مدارک و مستندات موجود بررسی شود. مواردی که بررسی آن در این بخش ضرورت دارد عبارتند از:

- بررسی وضعیت کمی و کیفی منابع آبی موجود و امکان‌سنجی آلودگی منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی و یا سایر منابع آبی منطقه
- بررسی نحوه دفع فاضلاب منطقه
- بررسی و شناخت مناطق حفاظت شده در منطقه مورد مطالعه (در صورت وجود)
- توجیه فنی، اقتصادی و زیست محیطی طرح در حد مطالعات مرحله اول (در حد کلیات و با توجه به اطلاعات موجود)
- پیش‌بینی و پیشنهاد انجام مطالعات ارزیابی زیست محیطی به موازات مطالعات مرحله اول و به منظور اخذ مجوز زیست محیطی طرح توسط کارفرما در راستای اجرای مفاد قوانین برنامه‌های پنج ساله توسعه کشور

تبصره ۱: انجام آزمایش‌های کیفی از منابع تامین آب و مطالعات زیست محیطی طرح، به موازات مرحله اول ضروری است.

تبصره ۲: در زمان انجام مطالعات مرحله اول، توصیه می‌شود اقدامات لازم به‌منظور تهیه شرح خدمات مطالعات پایه مورد نیاز از قبیل مطالعات ژئوتکنیک منطقه، نقشه‌برداری و نقشه‌های کاداستر، صورت گیرد.

۱-۲-۲- مطالعات هواشناسی و اقلیم منطقه

۱-۲-۲-۱- مطالعات هواشناسی

در انجام مطالعات آبرسانی دستیابی به اطلاعات و داده‌های هواشناسی منطقه یکی از مهم‌ترین بخش‌های مطالعات است. در انجام مطالعات هواشناسی منطقه باید موارد زیر انجام شود:

- انتخاب ایستگاه هواشناسی: بررسی دقیق درخصوص موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی اعم از سینوپتیک و کلیماتولوژی موجود در منطقه مورد مطالعه و در نهایت انتخاب ایستگاه یا ایستگاه‌های هواشناسی مناسب و مرجع باتوجه به نزدیکی طولی و ارتفاعی ایستگاه‌ها که بتواند اطلاعات جامعی را دراختیار قراردهد. هرچه محدوده طرح وسیع‌تر باشد باید از ایستگاه‌های بیش‌تری در منطقه مورد مطالعه استفاده شود. درخصوص روستاها و شهرهای کوچک بررسی یک ایستگاه هواشناسی که اطلاعات کامل‌تر و نزدیک‌تر به منطقه را داشته باشد کفایت می‌کند. درصورتی‌که مشخصات ارتفاعی یا اقلیمی تنها ایستگاه‌های هواشناسی موجود با محدوده طرح تطابق نداشته باشد لازم است از روش‌های موجود نسبت به یکسان‌سازی اطلاعات با منطقه طرح استفاده کرد.
- دریافت اطلاعات هواشناسی طی سال‌های موجود از ایستگاه یا ایستگاه‌های هواشناسی مربوطه
- دسته‌بندی، تجزیه و تحلیل و نتیجه‌گیری از اطلاعات اخذ شده

توجه: بدیهی است هرچه مدت دوره اطلاعات کسب شده بیش‌تر باشد، تجزیه و تحلیل مربوط به اطلاعات هواشناسی و تعیین اقلیم، دقیق‌تر و قابل استنادتر خواهد بود.

تبصره ۱: اطلاعات هواشناسی لازم درخصوص طرح‌های آبرسانی شامل اطلاعات کامل مربوط به تغییرات دمای منطقه (حداکثر مطلق، حداقل مطلق، حداکثر، حداقل و متوسط درجه حرارت)، بارندگی (حداکثر، حداقل و متوسط ماهانه و سالانه)، رطوبت نسبی (حداکثر، حداقل و متوسط)، تعداد روزهای یخبندان (حداکثر، حداقل و متوسط)، تعیین عمق یخبندان و تعداد ساعات آفتابی (حداکثر، حداقل و متوسط) می‌باشد.

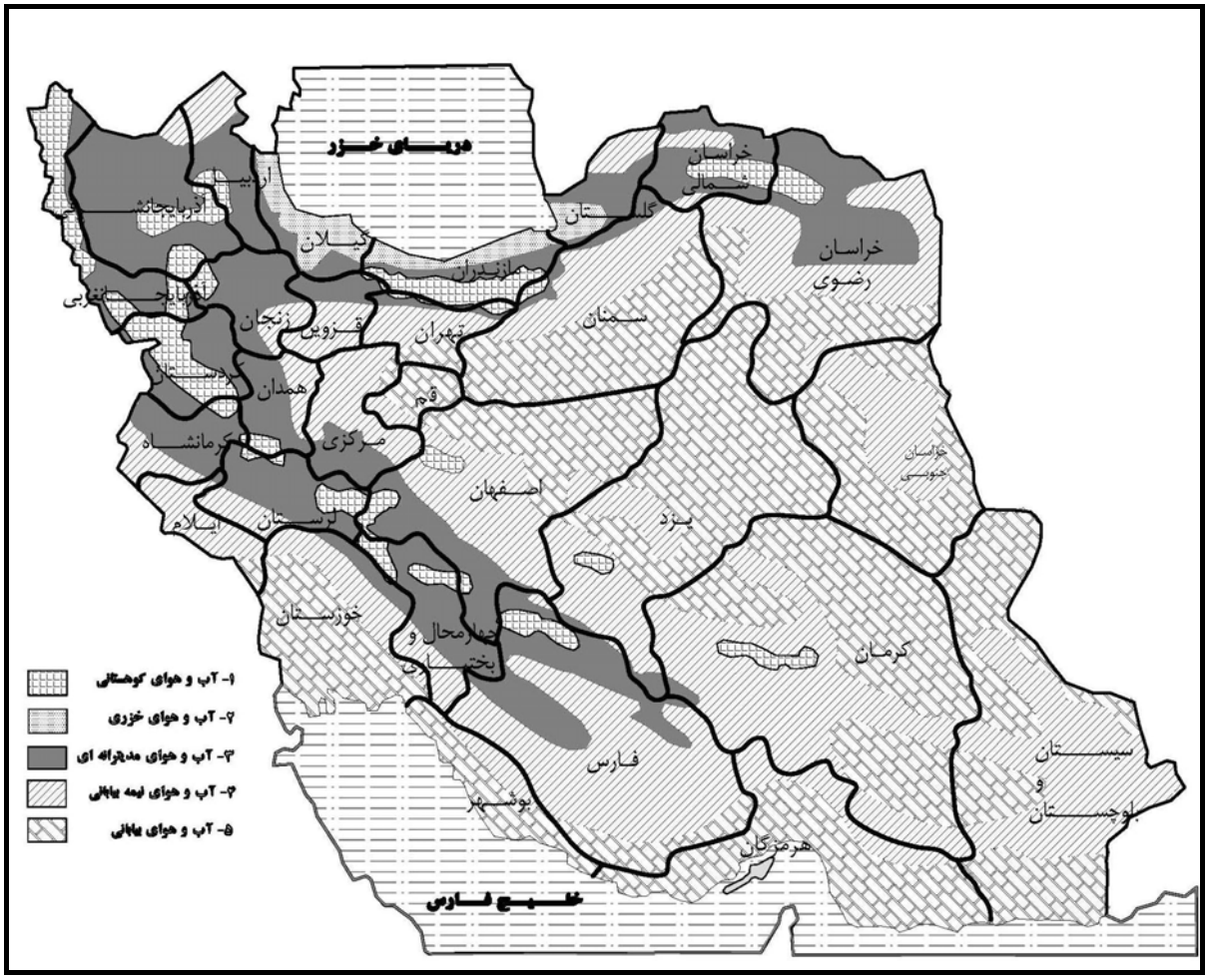
تبصره ۲: درخصوص طرح‌هایی که تامین آب نیز در شرح خدمات مطالعات گنجانده شده (یا طرح‌های جمع‌آوری و دفع فاضلاب)، باید پارامترهای تبخیر، رواناب، نفوذ و باد نیز دریافت و تجزیه و تحلیل شوند.

۱-۲-۲-۲- تعیین اقلیم

به‌منظور تعیین اقلیم منطقه درصورتی‌که اطلاعات پایه هواشناسی در ایستگاه‌های نزدیک منطقه موجود باشد باید از اقلیم‌نماهای معتبر، از جمله اقلیم‌نماهای دومارتن و آمبرژه که امروزه بیش‌تر مطرح می‌باشند، استفاده شود. بهتر است هر دو روش در انجام مطالعات به‌کار رفته و با یکدیگر مقایسه شوند.

درصورتی‌که اطلاعات پایه هواشناسی به هر دلیلی در منطقه مورد مطالعه موجود نباشد می‌توان از نقشه اقلیم‌شناسی ایران تهیه شده توسط سازمان هواشناسی کشور که در شکل (۱-۱) ارائه شده استفاده شود. لازم به ذکر است نقشه مذکور براساس اقلیم ایران تهیه شده است و با اقلیم‌نمای آمبرژه و دومارتن کاملا همخوانی ندارد. لذا به‌منظور برقراری ارتباط بین این اقلیم‌نماها و نقشه مذکور که کل ایران را به ۵ منطقه آب و هوایی تقسیم نموده، جدول (۱-۱) ارائه شده است.

تبصره: در تعیین اقلیم، تعداد ایستگاه‌های هواشناسی مورد استفاده و دوره آماری به‌کارگرفته شده تاثیر گذار است و ممکن است با تغییر در تعداد ایستگاه و یا سال‌های آماری، اقلیم نیز مختصر تغییری داشته باشد. لذا تعیین اقلیم از روش آمبرژه و دومارتن و تعمیم آن به اقلیم ایران با استفاده از جدول (۱-۱) ممکن است در برخی مواقع با تناقضاتی مواجه شود که در این صورت باید از قضاوت مهندسی استفاده کرد.



شکل ۱-۱- نقشه تقسیمات اقلیمی ایران

جدول ۱-۱-الف- تطبیق تقسیم‌بندی اقلیمی روش آمبرژه و نقشه تقسیمات اقلیمی ایران

اقلیم آمبرژه	مناطق آب و هوایی ایران
ارتفاعات	۱ (کوهستانی)
خیلی مرطوب نوع الف، خیلی مرطوب نوع ب، مرطوب سرد	۲ (خزری)
مرطوب معتدل، نیمه مرطوب سرد	۲ (خزری)
نیمه خشک سرد، نیمه مرطوب معتدل	۳ (مدیترانه‌ای)
نیمه خشک معتدل، خشک معتدل، مدیترانه‌ای	۳ (مدیترانه‌ای)
خشک سرد	۱ (کوهستانی) یا ۴ (نیمه بیابانی)
بیابانی گرم معتدل	۴ (نیمه بیابانی)
خشک معتدل، خشک گرم خفیف، بیابانی معتدل، بیابانی گرم خفیف	۵ (بیابانی)
بیابانی گرم معتدل، بیابانی گرم شدید	۵ (بیابانی)
خشک و نیمه خشک	۵ (بیابانی)
بیابانی و خشک	۵ (بیابانی)

جدول ۱-۱-ب- تطبیق تقسیم‌بندی اقلیمی روش دومارتن و نقشه تقسیمات اقلیمی ایران

اقلیم دومارتن	مناطق آب و هوایی ایران
خیلی مرطوب نوع الف، خیلی مرطوب نوع ب، مرطوب	۱ (کوهستانی) یا ۲ (خزری)
نیمه مرطوب	۱ (کوهستانی) یا ۳ (مدیترانه‌ای)
مدیترانه‌ای	۳ (مدیترانه‌ای)
نیمه خشک	۴ (نیمه بیابانی)
خشک	۵ (بیابانی)

۱-۲-۲-۳- عمق یخبندان

با توجه به این‌که عمل یخ زدن آب و ذوب شدن آن باعث شل شدن خاک می‌شود و نیز برای جلوگیری از یخ زدن آب درون لوله‌ها، باید عمق یخبندان در طراحی‌ها ملاک عمل قرار گیرد. در طراحی سامانه‌های آبی جهت تعیین عمق یخبندان با توجه به مرحله مطالعاتی و اطلاعات و آمار در دسترس، لازم است یکی از روش‌های زیر ملاک عمل قرار گیرد:

- بررسی مطالعات ژئوتکنیک سایر طرح‌های مطالعه شده در منطقه و استخراج عمق یخبندان از این گزارش‌ها.
- در مطالعات مرحله اول که صرفا اطلاعات پایه هواشناسی موجود می‌باشد برای تعیین عمق یخبندان از روش‌های «Fair & Gayer» و یا «Thaw Index» استفاده و بدترین شرایط در طراحی‌ها لحاظ شود.
- در مطالعات مرحله دوم (درصورت وجود نتایج مطالعات ژئوتکنیک منطقه) بهتراست عمق یخبندان با استفاده از فرمول اصلاح شده «Modified Berggren» نیز کنترل شود. فرمول‌های مربوط به عمق یخبندان در پیوست ۱ ارائه شده است.
- در مناطق دور افتاده که امکان دسترسی به هیچ یک از اطلاعات پایه جهت تعیین عمق یخبندان وجود ندارد، با توجه به اقلیم منطقه جدول (۱-۲) برای تعیین عمق یخبندان ملاک عمل قرارگیرد.

جدول ۱-۲- تعیین عمق یخبندان با توجه به اقلیم منطقه [٦]

اقلیم منطقه مورد مطالعه	عمق یخبندان (متر)
معتدل	۰/۶ الی ۱/۰
سردسیر	۱ الی ۱/۵
بسیار سردسیر	۱/۵ الی ۲

توجه: در طراحی خطوط آبرسانی، علاوه بر عمق یخبندان، عمق کارگذاری لوله و حداقل پوشش خاک نیز با توجه به پارامترهای مختلف نظیر قطر لوله، بارهای وارده بر لوله و غیره تعیین می‌شود.

تبصره ۱: توصیه می‌شود در شرح خدمات ژئوتکنیک، تعیین عمق یخبندان نیز اضافه شود.

تبصره ۲: توصیه می‌شود درصورت وجود ایستگاه‌های مراکز تحقیقات کشاورزی در منطقه مورد مطالعه، اطلاعات مربوط به عمق یخبندان دریافت شود.

۱-۲-۳- مطالعات زمین‌شناسی

به‌منظور انجام مطالعات زمین‌شناسی در طرح‌های آبرسانی توصیه می‌شود در صورت امکان موارد زیر در صورت وجود اطلاعات مدنظر قرار گیرد:

- تهیه عکس‌های هوایی، نقشه‌های زمین‌شناسی و توپوگرافی پهنه مطالعاتی
- معرفی کلی زمین‌شناسی منطقه و استقرار آن در محدوده پهنه‌بندی زمین‌شناسی ایران
- معرفی اجمالی سازندهای زمین‌شناسی از قدیم به جدید
- معرفی واحدهای سنگ شناسی (لیتولوژیکی) مجاور محدوده مطالعاتی طرح
- معرفی مقاومت واحدهای لیتولوژیکی مجاور محدوده طرح و تاسیسات آبرسانی برحسب تفکیک آنها به چهار رده (خاک، دج، سنگ سوزا، سنگ غیرسوزا) و تعیین درصد سنگ در عملیات اجرایی و پیشنهادات لازم درخصوص نحوه حفر براساس ویژگی مقاومتی سنگ‌ها
- بررسی و معرفی گسل‌های اصلی و فرعی در معرض (مجاور) تاسیسات آبرسانی طرح، پیشینه لرزه‌ای آنها، فاصله، حریم گسل‌ها و پیشنهادات اجرایی لازم درخصوص پایداری در برابر شتاب لرزه‌ای به‌ویژه مقاومت مصالح در برابر رخدادهای احتمالی
- ارائه بهترین جانمایی تاسیسات طرح باتوجه به استانداردها و آیین‌نامه‌های موجود در زمینه طراحی لرزه‌ای سازه‌های آبی در ایران
- بررسی اجمالی ساختارهای دامنه‌ای نظیر رانش، لغزش، خزش، راک فال، واریزه‌ها و تالوس‌ها و تاثیرات آن بر طرح
- تعیین تاسیسات آبرسانی بر روی نقشه‌های توپوگرافی و زمین‌شناسی منطقه
- بررسی اجمالی منابع قرضه
- پیشنهاد مطالعات تعیین پارامترهای ژئوتکنیکی – هیدروژئولوژیکی جهت طراحی قسمت‌های مختلف پروژه
- بررسی ویژگی‌های شیمیایی، فرسایش، نفوذپذیری، انحلال و هوازدگی سنگ‌ها در مسیرهای خطوط انتقال آب، تاسیسات، مخازن و سازه‌های وابسته از طریق بازدید میدانی

۱-۲-٤- مطالعات هیدرولوژی و هیدروژئولوژی

در طرح‌های انتقال و توزیع آب شهری و روستایی صرفا با دید تکمیل گزارش شناخت منطقه باید نسبت به تهیه گزارشی اجمالی از منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی موجود درمنطقه مورد مطالعه اقدام کرد. این گزارش براساس مدارک و اطلاعات موجود در منطقه، نظیر نقشه‌های حوضه‌های آبریز، داده‌های ایستگاه‌های هیدرومتری موجود در منطقه (درصورت وجود)، بررسی سایر مطالعات انجام شده درخصوص تامین آب منطقه (درصورت وجود) یا با استفاده از اطلس منابع آب ایران تهیه و تدوین شود. در این بخش از مطالعات باید به ارائه اطلاعات موجود درخصوص منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی منطقه مورد مطالعه پرداخته شود. در طرح‌های آبرسانی که مطالعات تامین آب نیز در شرح خدمات مشاور باشد مطالعات مذکور باید اختصاصی‌تر و خاص منطقه مورد مطالعه صورت پذیرد.

۱-۳- مبانی طرح

۱-۳-۱- دوره طرح

۱-۳-۱-۱- تعریف و انتخاب دوره طرح

نظر به‌این‌که جمعیت و مقدار مصرف آب در شهرها و روستاها معمولا در حال افزایش بوده و از طرفی منابع تامین آب و سرمایه‌گذاری‌ها و امکانات مالی و اجرایی محدود است، در طرح‌های آب، زمان مناسبی انتخاب می‌شود تا شرایط و نیازمندی‌های آن زمان در تعیین مبانی طراحی ملاک عمل قرار گیرد. دوره طرح دوره زمانی است که طراحی هر قسمت از تاسیسات شهری و روستایی آب برای آن دوره پیش‌بینی می‌شود. این دوره از زمان شروع بهره‌برداری تا دستیابی به شرایط پیش‌بینی شده تعریف شده است.

انتخاب دوره طرح تابع عوامل و شرایط زیادی است، لذا ارائه عدد دقیقی برای آن مقدور نیست. در شرایط ایران می‌توان ۱۵ تا ۳۰ سال را مبنای دوره طرح قرار داد مگر آن که شرایط خاص ناحیه‌ای و سایر عوامل موثر در دوره طرح، اعدادی خارج از حدود ذکر شده را مشخص کند که با ارائه دلایل کافی و تایید کارفرما قابل اعمال خواهد بود.

۱-۳-۱-۲- عوامل موثر در دوره طرح

عوامل زیر در انتخاب دوره طرح موثر هستند:

- محدودیت‌های منابع تامین آب و سرمایه
- هزینه طرح و مسایل اقتصادی (اصلی‌ترین عامل محدود کننده است)
- نرخ بهره
- ملاحظات فنی و اجرایی
- عمر مفید اجزای اصلی تاسیسات مورد طراحی با درنظر گرفتن کیفیت اجزا، تجهیزات و کالاهای مورد استفاده و کیفیت بهره‌برداری و امکان تامین وسایل یدکی مورد نیاز (افزایش آن سبب افزایش دوره طرح می‌شود)
- نرخ انتخاب شده برای رشد سالانه جمعیت (بالا بودن آن موجب کوتاهی دوره طرح می‌شود)
- طرح های توسعه شهری و روستایی از قبیل طرح های جامع، هادی و تفصیلی (در صورت همخوانی از نظر زمانی و طول دوره طرح)
- امکان توسعه تاسیسات (سهولت آن سبب کاهش دوره طرح می‌شود)
- کیفیت بهره‌برداری و نگهداری و تعمیرات

۱-۳-۱-۳- مرحله‌بندی عملیات اجرایی در دوره طرح

دوره طرح هر یک از تاسیسات آب شهری را می‌توان حسب مورد با توجه به مسایل اقتصادی و یا محدودیت‌های مالی و اجرایی با نظر کارفرما در صورت تامین شرایط زیر به چند مرحله اجرایی تقسیم کرد.

- تاسیسات مورد نظر قابل تقسیم به چند مرحله اجرایی بوده و تاسیسات اجرا شده در پایان هر مرحله به تنهایی قابل بهره‌برداری باشند.

- اجرای مراحل بعدی باعث تغییرات اساسی در تاسیسات ایجاد شده مراحل قبلی یا توقف بهره‌برداری نشود.
- هزینه اضافی ناشی از اجرای چند مرحله‌ای هر قسمت از تاسیسات قابل توجیه باشد.
- مرحله‌بندی موردنظر و زمان‌های بهره‌برداری از هر مرحله جوابگوی نیازمندی‌ها و محدودیت‌ها باشد.
- فاصله زمانی بهره‌برداری بین دو مرحله متوالی حداقل پنج سال باشد.
- مراحل مختلف طرح باید به‌گونه‌ای اجرا شود که در زمان مقرر، بهره‌برداری از آنها شروع شده و در هیچ زمانی طرح دچار کمبود آب و نارسایی فشار نشود.

تبصره: اراضی مورد نیاز باید برای تمام دوره طرح پیش‌بینی و استملاک شود.

در جدول (۱-۳) حدود متعارف دوره طرح جهت تاسیسات مختلف ارائه شده است.

جدول ۱-۳- دوره طرح و مرحله‌بندی زمانی عملیات اجرایی برای تاسیسات مختلف سامانه‌های آبرسانی

نوع تاسیسات		دوره طرح (سال)	مرحله‌بندی	
			ساختمانی	تجهیزاتی
تاسیسات برداشت آب	سطحی	۳۰-۱۵	۱	۲ تا ۳
	زیرزمینی	۳۰-۱۵	۲ تا ۳	۲ تا ۳
خطوط انتقال		۳۰-۱۵	۱ تا ۲*	۲ تا ۳
تونل‌های آبرسانی		=< ۲۵	۱	۱
تصفیه‌خانه‌های آب		۳۰-۱۵	۱ تا ۲	۱ تا ۲
مخازن		۳۰-۱۵	۲ تا ۳	۲ تا ۳
ایستگاه‌های پمپاژ		۳۰-۱۵	۱	۲ تا ۳
شبکه توزیع آب		۳۰-۱۵	**	**

* در تعیین قطر خطوط انتقال و مرحله‌بندی اجرای آن (در اقطار بالا- بیش از ۱۰۰۰ میلی‌متر) عوامل موثر از قبیل تخصیص آب، هزینه‌های سرمایه‌گذاری، بررسی دقیق فنی و اقتصادی از روش ارزش فعلی و غیره درنظر گرفته شود.

** در خصوص شبکه توزیع آب مرحله‌بندی عملیات اجرایی با توجه به توسعه شهر انجام می‌شود.

تبصره ۱: برای روستاها به‌صورت تکی، استفاده از مقادیر حداقل مندرج در جدول (۱-۳) توصیه می‌شود.

۱-۳-۲- برآورد جمعیت

منبع اصلی برای پیش‌بینی جمعیت آینده شهرها و روستاها سرشماری‌های عمومی نفوس و مسکن می‌باشد که از آخرین سرشماری به عنوان جمعیت پایه استفاده می‌شود. در این نشریه اصول اساسی و موارد ضروری پیش‌بینی جمعیت بیان شده و روش‌های نظری برآورد و پیش‌بینی جمعیت در پیوست ۲ و مراجع مربوطه ارائه شده است.

۱-۳-۲-۱- منابع اصلی برآورد جمعیت

منابع اصلی برآورد جمعیت عبارت است از:

- سرشماری‌های عمومی نفوس و مسکن

- آمارگیری‌های جمعیتی مرکز آمار ایران و سایر منابع معتبر و رسمی از جمله «ذیج حیاتی»۱ مراکز بهداشتی و درمانی مناطق روستایی برای روستاها (در صورت وجود)
- طرح‌های هادی، جامع و تفصیلی شهر به شرط این‌که در محدوده زمانی مورد نظر طرح‌های آبرسانی بوده و اطلاعات پایه آن از آخرین سرشماری عمومی نفوس و مسکن بهره برده باشد. جمعیت مندرج در طرح‌های جامع و تفصیلی در محدوده زمانی این طرح‌ها اولویت داشته و برای مقاطع زمانی پس از آن از روش‌های علمی مستند به نتایج سرشماری‌ها استفاده می‌شود.

۱-۳-۲-۲- عوامل موثر در برآورد جمعیت

عوامل موثر در برآورد جمعیت آینده عبارتند از:

الف- روند رشد جمعیت شهر در سال‌های گذشته

ب- طرح‌های عمرانی و توسعه صنعتی پیش‌بینی شده برای آینده

ج- تنگناهای موجود در برابر توسعه آینده شهر (از قبیل محدودیت منابع آب و زمین قابل استفاده)

د- روند مهاجرت

هـ- جمعیت فصلی و شناور

و- برنامه‌های بلند مدت سایر ارگان‌ها در منطقه طرح

ز- شرایط جغرافیایی، اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی

۱-۳-۲-۳- موارد ضروری برای برآورد جمعیت

- بررسی روند رشد جمعیت از سال ۱۳۳۵ تاکنون با توجه به منابع مرکز آمار ایران و بر اساس آخرین تقسیمات کشوری

تبصره ۱: درصورتی‌که محدوده سیاسی تغییر پیدا کرده باشد، جمعیت سرشماری‌های گذشته با توجه به آخرین محدوده بازسازی شود.

تبصره ۲: برای برآورد جمعیت در روستاها، درنظر گرفتن متوسط رشد جمعیت در حداقل سه دهه گذشته (درصورت وجود) ضروری است.

- برای پیش‌بینی‌های میان مدت و بلند مدت (بالاتر از ۱۰ سال) در شهرها و روستاهای بالای ۲۰۰۰ نفر باید از روش مولفه‌ای سنی و جنسی (روش ترکیبی) استفاده شود.

تبصره: در صورت عدم وجود اطلاعات کافی به منظور برآورد جمعیت به روش ترکیبی، با ارائه دلائل باید از سایر روش‌ها استفاده شود.

- پیش‌بینی‌ها باید به صورت ۵ ساله تا افق طرح صورت گیرد.
- توصیه می‌شود با توجه به پدیده شکوفایی جمعیت، رشد طبیعی جمعیت از سال ۱۳۸۵ حداکثر تا سال ۱۴۰۰ مساوی یا بیش‌تر از رشد طبیعی جمعیت منطقه مورد مطالعه در دهه ۸۵-۱۳۷۵ درنظر گرفته شده و بعد از آن رشد کاهش یابد. در غیر این صورت باید توجیه منطقی وجود داشته باشد.

۱- ذیج حیاتی صفحه‌ای است برای نمایش پویای تولد و مرگ و فعالیت‌های تنظیم خانواده در خانه‌های بهداشت، که به‌وسیله آن اطلاعات بالا برای جمعیت تحت پوشش، ثبت، جمع‌آوری و طبقه‌بندی می‌شود.

- به‌غیر از شهرها و روستاهای مجاور کلان شهرها یا شهرهای تازه تاسیس، متوسط رشد جمعیت شهر یا روستا باید با نرخ رشد طبیعی جمعیت آن تفاوت زیادی نداشته باشد. درغیر این صورت، توجیه منطقی لازم است.
- طرح‌های عمرانی و توسعه صنعتی، گردشگری و زیارتی پیش‌بینی شده برای آینده، با توجه به تاثیر آنها بر روند مهاجرت در نظر گرفته شود.
- تاثیر محدودیت‌های توسعه نظیر منابع آبی و زمین قابل استفاده که ممکن است باعث محدودیت در افزایش جمعیت شود، در پیش‌بینی جمعیت مورد توجه قرار گیرد.
- برخی از شهرها در ماه‌ها یا روزهایی از سال به‌دلایل سیاحتی یا زیارتی پذیرای جمعیت زیادی می‌شوند. در این خصوص طراح باید ضمن مطالعه و بررسی، درصورتی‌که افزایش جمعیت موقت قابل توجه باشد، آن را به عنوان جمعیت شناور لحاظ کند.

تبصره: در موارد خاص در صورتی که جمعیت شناور در زمانی غیر از زمان حداکثر مصرف وجود داشته باشد و میزان مصرف مربوطه بالاتر از زمان حداکثر مصرف باشد، باید عدد جدید مبنای طراحی در نظر گرفته شود.

- تراکم جمعیت (برحسب نفر در هکتار) مبتنی بر طرح جامع یا هادی است. در صورت عدم وجود طرح‌های مذکور، درحالتی‌که جمعیت کم‌تر از ۵۰ هزار نفر باشد، از تراکم جمعیت یکسان استفاده شود.

در رابطه با تراکم جمعیت موارد زیر توصیه می‌شود:

- پس از برآورد جمعیت در شهرها و روستاهای مورد مطالعه، طراح به‌منظور طراحی سیستم شبکه توزیع و مخازن ذخیره باید نسبت به تراکم‌بندی محدوده مورد مطالعه اقدام کند. به‌این منظور عوامل موثر در تراکم‌بندی عبارتند از: جمعیت منطقه مورد مطالعه در وضعیت موجود تا افق طرح، سیاست‌گزاری‌های وزارت مسکن و شهرسازی درخصوص منطقه مورد مطالعه (بررسی طرح‌های هادی و جامع یا تفصیلی در صورت وجود).
- اگر چنانچه مطالعات طرح هادی، جامع یا تفصیلی در منطقه مورد مطالعه وجود داشته باشد طراح موظف است ضمن اخذ مدارک مربوطه و بررسی آن اطلاعات مورد نیاز را جمع آوری کند.
- درصورتی که زمان مطالعات طرح‌های شهرسازی با مطالعات طرح‌های عمرانی هم‌زمانی نداشته باشد، توصیه می‌شود تاحد امکان ضمن برگزاری جلساتی با مشاوران شهرساز، خط مشی کلی توسعه منطقه و محدودیت‌های لحاظ شده از نظر مشاور شهرساز (نظیر حداکثرمجاز تراکم ناخالص) اخذ شود و با توجه به منطقه‌بندی و تراکم‌بندی صورت پذیرفته توسط مشاور شهرساز، نسبت به پیش‌بینی تراکم‌های شهری تا افق طرح اقدام شود. طراح به منظور پیش‌بینی تراکم‌های شهری باید ضمن رعایت ضوابط و محدودیت‌های موجود در طرح‌های شهرسازی، موقعیت هر منطقه را از نظر نحوه امکان توسعه (افقی، عمودی، ترکیبی) مشخص کند. این کار با بررسی نقشه‌های وضعیت موجود و بازدیدهای محلی امکان‌پذیر است.
- درصورتی که محدوده شهر یا روستا پاسخگوی جمعیت پیش‌بینی شده تا افق طرح نباشد (با توجه به رعایت حداکثر تراکم ناخالص شهرساز) باید با توجه به جمعیت و تراکم ناخالص مجاز، سطح مورد نیاز برای توسعه، محاسبه شده و با توجه به جهات و محدودیت‌های توسعه، نسبت به پیش‌بینی فضای قابل توسعه و پخش جمعیت اقدام شود.

- درصورتی که مطالعات شهرسازی در منطقه مورد مطالعه انجام نشده باشد، برای روستاها می‌توان از یک تراکم ناخالص استفاده کرد. درخصوص شهرهای با جمعیت افق کمتر از ۵۰ هزار نفر نیز می توان با توجه به بازدید محلی، بررسی نقشه‌های وضع موجود و درصورت یکنواختی توزیع جمعیت، یک تراکم ناخالص لحاظ شود.
- اگر چنانچه در شهرهای کم‌تر از ۵۰ هزار نفر با توجه به بازدیدهای محلی مشخص شود که وضعیت توزیع جمعیت به‌صورت یکنواخت نیست، توصیه می‌شود با توجه به وضعیت موجود، از دو یا سه تراکم ناخالص استفاده شود (تراکم زیاد، متوسط و کم).
- درصورتی‌که طبق بازدیدهای محلی مشخص شود که در منطقه مورد مطالعه و در وضعیت موجود، تراکم از یکنواختی چندانی برخوردار نیست، توصیه می‌شود علاوه بر بازدیدهای محلی و بررسی نقشه‌های موجود، از اطلاعات بلوک‌های آماری و نقشه‌های مربوطه (تهیه شده در مرکز آمار ایران) نیز درصورت وجود و امکان، استفاده شود.
- در مطالعات مربوط به تراکم‌ها، طراح باید به زمین‌های ذخیره شهری یا روستایی نیز توجه کند.
- توصیه می‌شود درصورت امکان کارفرمایان پس از انجام مطالعات جمعیتی و تراکم‌های شهری توسط مشاور، نتیجه مطالعات را به ارگان‌های ذیربط نظیر استانداری، فرمانداری، شهرداری، بخشداری، دهداری و غیره ارائه نموده و آن را نهایی کند.
- در شهرها یا شهرک‌های تازه تاسیس که بر مبنای رعایت الگوهای شهرنشینی دارای طرح تفصیلی با کاربری مشخص اراضی وجود دارد، لازم است طراح با توجه به جانمایی محل‌های مسکونی و سایر کاربری‌های خدماتی، به‌جای استفاده از تراکم ناخالص، از تراکم خالص شهری به‌عنوان مبنای طراحی استفاده کند.

۱-۳-۲-٤- موارد موثر در دقت برآورد جمعیت

رعایت موارد زیر باعث دقت بیش‌تر برآورد جمعیت می‌شود:

- بررسی بعد خانوار
- بررسی برخی از شاخص‌های اجتماعی اقتصادی از جمله نسبت جنسی، میزان شهرنشینی، حاشیه‌نشینی و جمعیت شناور، فعالیت، اشتغال و بیکاری، باسوادی و ...
- مقایسه شاخص‌های جمعیتی کشور، استان و شهرستان با شاخص‌های جمعیتی منطقه مورد مطالعه

۱-٤- مصرف سرانه آب

میانگین مصرف روزانه آب هر نفر در طول یک سال را مصرف سرانه آب می‌نامند.

۱-٤-۱- تعریف نیازهای آبی شهر و روستا

اولین قدم در طراحی سامانه‌های آب شهری و روستایی، تعیین مقدار آب مورد نیاز است که بر مبنای مصارف سرانه آب و جمعیت تعیین و مقدار آن از زمان شروع تا انتهای دوره طرح، به‌صورت دوره‌های پنج‌ساله محاسبه می‌شود. مصارف آب شهری شامل مصارف

خانگی، عمومی، تجاری، صنعتی و آب به‌حساب نیامده می‌باشد. در مناطقی که از آب شبکه توزیع برای آبیاری فضای سبز استفاده می‌شود مصارف فضای سبز عمومی نیز جزو مصارف آب قرار می‌گیرد.

مصرف سرانه آب به عوامل زیادی بستگی دارد که مهم‌ترین آنها عبارتند از: عادات و فرهنگ مردم، وضعیت اقتصادی و سطح زندگی، میزان صنعتی بودن، امکانات مراکز عمومی، شرایط آب و هوایی، نحوه آبرسانی (وجود شبکه و نوع آن)، وجود یا عدم وجود کنتور، نحوه دفع فاضلاب، میزان و کیفیت منابع آب قابل دسترس، قیمت آب، فشار هیدرولیکی (بهره‌برداری) در شبکه توزیع و ...

در روستاها معمولا سرانه آب کم‌تر از شهرها است که این امر به‌دلیل وضعیت اقتصادی، اجتماعی و سطح زندگی و وجود تعداد کم‌تر مراکز عمومی، تجاری و صنعتی است. در روستاهایی که دام‌های خانگی دارند و این دام‌ها از آب شرب استفاده می‌کنند مقدار مصارف خانگی بالاتر است. دامداری‌ها و مراکز پرورش طیور در روستاها بیش‌تر از منابع خصوصی مانند چاه استفاده می‌کنند و فقط بخشی از مصارف آنها (مصارف شرب و بهداشتی) از منابع آب شرب تامین می‌شود که جزء مصارف غیرخانگی در نظر گرفته می‌شود.

۱-٤-۱-۱- مصارف خانگی

مصارف خانگی شهری و روستایی شامل مصارف آشامیدن، پخت و پز، شستشوها، مصارف بهداشتی و وسایل تهویه، فضای سبز خانگی و از این قبیل می‌باشد. مصارف خانگی روستایی علاوه بر موارد بالا شامل مصارف آب دام و طیور خانگی نیز می‌شود. میانگین روزانه مصارف فوق در طول یک سال برای هر نفر، متوسط مصرف سرانه خانگی نامیده می‌شود.

در صورتی که بحث جداسازی شبکه‌های آب شرب مطرح باشد، باید مطالعات جداگانه‌ای در خصوص تعیین سهم مصارف شرب انجام پذیرد.

۱-٤-۱-۲- مصارف عمومی

مصارف عمومی شامل مصارف ادارات و موسسات عمومی، مراکز درمانی و آموزشی، اماکن مذهبی، حمام‌ها، مراکز ورزشی و هنری، آتش‌نشانی و از این قبیل می‌باشد. میانگین روزانه مصارف بالا در طول یک سال به ازای هر نفر از جمعیت شهر یا روستا، متوسط مصرف سرانه عمومی نامیده می‌شود.

۱-٤-۱-۳- مصارف تجاری و صنعتی

مصارف تجاری و صنعتی شامل مصارف مراکز تجاری و صنعتی کوچک از قبیل مغازه‌ها، مراکز خرید و کارگاه‌های کوچک واقع در محدوده شهرها و روستاها می‌باشد. میانگین روزانه مصارف فوق در طول یک سال به ازای هر نفر از جمعیت شهر یا روستا، متوسط مصرف سرانه تجاری و صنعتی نامیده می‌شود. صنایع بزرگ در شهرها و دامپروری‌ها در روستاها معمولا به‌طور مستقل آب مورد نیاز خود را تامین می‌کنند و فقط بخشی از مصارف آنها (شرب و بهداشتی) که از شبکه توزیع آب استفاده می‌شود، باید درنظر گرفته شود.

تبصره: در موارد خاصی که صنایع بزرگ و مراکز تجاری عمده در حاشیه شهرها (داخل محدوده شهری) وجود داشته باشند و از شبکه توزیع آب استفاده نمایند، لازم است در طراحی‌ها مصارف آنها به صورت موضعی دیده شود، ولی در مصارف سرانه صنعتی و تجاری لحاظ نشود. بدیهی است این مصارف در محاسبه نیاز آبی کل در نظر گرفته می‌شود.

۱-٤-۱-٤- مصارف فضای سبز عمومی

مصارف فضای سبز عمومی شامل مصارف پارک‌ها، فضای سبز خیابان‌ها و میادین و جنگل‌کاری‌ها می‌باشد. میانگین روزانه مصارف بالا در طول یک سال به ازای هر نفر از جمعیت شهر یا روستا، متوسط مصرف سرانه فضای سبز عمومی نامیده می‌شود. این مصارف فقط برای شهرها و روستاهایی در نظر گرفته می شود که هنوز از آب تصفیه شده برای آبیاری بخشی از فضای سبز عمومی استفاده می‌کنند. بدیهی است با توجه به سیاست اصلاح الگوی مصرف، این مناطق باید طبق برنامه زمان‌بندی آب غیرشرب را جایگزین آب شرب کنند که دراین صورت این نوع مصارف به صفر رسیده و نباید در سرانه مصارف لحاظ شوند.

۱-٤-۱-٥- آب به‌حساب نیامده (بدون درآمد)

اختلاف تولید آب و کلیه مصارف اندازه‌گیری شده، آب به‌حساب نیامده نام دارد. آب به‌حساب نیامده به دو بخش تلفات ظاهری (غیرفیزیکی) و تلفات واقعی (فیزیکی) تقسیم می‌شود. تلفات ظاهری آبی است که به مصرف رسیده است ولی به‌دلیل خطاهای مدیریتی، بهره‌برداری، پرسنلی، ابزار اندازه‌گیری و مصارف غیرمجاز، اندازه‌گیری نشده و درآمد آن توسط شرکت‌های بهره‌بردار دریافت نمی‌شود. تلفات واقعی عبارت است از آبی که از طریق نشت از تلمبه‌خانه‌ها، مخازن و سرریز آنها، خط انتقال بین مخازن و شبکه توزیع (شامل لوله‌های اصلی، لوله‌های فرعی، انشعابات و اتصالات و شیرها) قبل از رسیدن به‌دست مصرف کننده از سامانه خارج شده و بهای آن نیز توسط شرکت‌های آب و فاضلاب دریافت نمی‌شود. میانگین روزانه آب به‌حساب نیامده در طول یک سال به ازای هر نفر از جمعیت شهر یا روستا، متوسط سرانه آب به‌حساب نیامده نامیده می‌شود.

۱-٤-۱-٦- مصرف کل

مصرف کل شامل مجموع مصارف خانگی، صنعتی و تجاری، عمومی، فضای سبز عمومی به اضافه آب به‌حساب نیامده است. میانگین روزانه مصرف کل در طول یک سال به ازای هر نفر از جمعیت شهر یا روستا، متوسط مصرف سرانه نامیده می‌شود.

تبصره: در محاسبه میزان کل برداشت آب از منابع استحصال باید تلفات آب در خطوط انتقال آب و تاسیسات تصفیه‌خانه و قبل از آن نیز مدنظر قرارگیرد. این مقدار حداکثر ۲ تا ۵ درصد متوسط مصرف در نظر گرفته می‌شود. در صورت تامین آب از طریق منابع زیرزمینی دوردست که نیازی به تصفیه متعارف ندارد، مقدار تلفات خط انتقال با توجه به بررسیهای میدانی تعیین شود.

۱-٤-۱-۷- حداکثر مصرف روزانه

حداکثر مصرف روزانه عبارت است از میزان مصرف کل شهر یا روستا در روزهایی از سال که به‌علت شرایط آب و هوایی، گردشگری، مناسبات مذهبی و فرهنگی و غیره، مقدار آن به حداکثر می‌رسد.

۱-٤-۱-۸- حداکثر مصرف ساعتی

حداکثر مصرف ساعتی عبارت است از میزان بیش‌ترین مصرف لحظه‌ای شهر یا روستا در ساعتی از روز حداکثر مصرف.

۱-٤-۱-۹- ضریب حداکثر روزانه

ضریب حداکثر روزانه عبارت است از حاصل تقسیم حداکثر مصرف روزانه به متوسط مصرف روزانه.

۱-٤-۱-۱۰- ضریب حداکثر ساعتی

ضریب حداکثر ساعتی عبارت است از حاصل تقسیم حداکثر مصرف ساعتی به متوسط مصرف ساعتی در روز حداکثر مصرف در سال. مقدار متوسط مصرف ساعتی در روز حداکثر مصرف در سال از رابطه زیر به‌دست می‌آید.

(۱-۱) متوسط مصرف ساعتی در روز حداکثر مصرف = حداکثر مصرف روزانه ÷ ۲۴

۱-٤-۲- نحوه تعیین مصرف سرانه آب

جهت تعیین مصرف سرانه لازم است مراحل زیر انجام شود:

۱-٤-۲-۱- جمع‌آوری آمار و اطلاعات تولید و مصرف

آمار و اطلاعات میزان تولید و مصارف کل آب به تفکیک از گذشته تا زمان انجام مطالعات از امور مشترکین و ادارات مربوطه تهیه شود.

۱-٤-۲-۱-۱- مصارف خانگی

جهت جمع‌آوری آمار و اطلاعات در مورد مصارف خانگی اقدامات لازم با توجه به موارد زیر انجام شود:

الف- تقسیم‌بندی شهر به مناطق مختلف با توجه به بافت شهری و صنعتی از قبیل تراکم، سطح زندگی (یادآور می‌شود بافت روستاها معمولا یکسان است).

ب- انتخاب درصد مناسبی از مشترکین در هر منطقه (براساس جدول ۱-۴) و جمع‌آوری اطلاعات مربوط به مصرف، جمعیت مصرف‌کننده آب، سطح زیربنا، مساحت فضای سبز و غیره (مطابق پرسشنامه‌های شهری و روستایی ارائه شده در پیوست ۳).

جدول ۱-٤- حداقل درصد نمونه‌گیری لازم جهت اطلاعات مربوط به مشترکین [۲۳]

جمعیت (هزار نفر)	< ۵	۱۰-۵	۲۵-۱۰	۵۰-۲۵	۱۰۰-۵۰	۲۵۰-۱۰۰	۵۰۰-۲۵۰	> ۵۰۰
حداقل مشترکین برای نمونه گیری (٪)	۲۵-۲۰	۲۰-۱۵	۱۵-۱۰	۱۰-۵	۵-۲/۵	۲/۵-۱/۵	۱/۵-۱	۱

تذکر۱: توصیه می شود استفاده از جدول (۱-۴) فقط منوط به شهرها و روستاهایی شود که فاقد آمار و اطلاعات مدون هستند.

تذکر ۲: اعداد مندرج در جدول (۱-۴) به منزله یک راهنما برای طرح‌های آب و فاضلاب می‌باشد و در امور مطالعاتی و پژوهشی لازم است براساس اصول علم آمار با توجه به میزان دقت و محدوده قابل اطمینان، کفایت داده‌ها بررسی شده و در صورت نیاز، نمونه‌های بیش‌تری انتخاب شود. برای آشنایی بیش‌تر به نشریه ۳۰۸ مراجعه شود. بدیهی است پراکندگی انتخاب نمونه‌ها براساس روش‌های آماری متداول انجام می‌شود.

ج- دریافت فایل رایانه‌ای مصارف مشترکین خانگی به‌صورت دوره‌ای از امور مشترکین و استخراج آمار مصرف در مورد اماکنی که به‌عنوان نمونه انتخاب شده‌اند.

د- جمع‌آوری آمار و اطلاعات مربوط به بخشی از جمعیت در زمان مطالعه طرح که به علت نداشتن انشعاب به‌صورت غیرمستقیم از شبکه استفاده می‌کنند و همچنین اطلاعات مربوط به انشعابات غیرمجاز (درصورت انجام مطالعات آب به‌حساب نیامده).

هـ- جمع‌آوری اطلاعات مربوط به دام و طیور.

تذکر ۱: مجوز استفاده از آب شرب برای دام و طیور و حداکثر تعداد دام و طیور که مصارف آنها در طرح درنظر گرفته می‌شود توسط کارفرما و با هماهنگی سیاست‌گزاران وزارت نیرو تعیین می‌شود.

تذکر ۲: در روستا درصورتی‌که اطلاعات مصارف به‌صورت رایانه‌ای وجود داشته باشد، چون مصارف دام‌های خانگی هم جزو مصارف خانگی است، سرانه خانگی که از این طریق به‌دست می‌آید شامل دام هم می‌شود. در روستاهایی که اطلاعات به‌صورت رایانه‌ای موجود نیست و یا کنتور ندارند می‌توان مصارف دام (به تعداد متعارف) را با توجه به جدول (۱-۵) و مصارف خانگی بدون دام را با توجه به بند ۱-۴-۲-۳-۱ درنظر گرفت.

جدول ۱-۵- مصارف توصیه شده برای دام‌ها و طیور

نوع دام	مصرف آب (لیتر بر روز)
گاو و اسب و قاطر	۴۰-۶۰ (برای هر راس)
گوسفند و بز	۱۰-۱۵ (برای هر راس)
طیور (مرغ خانگی، بوقلمون، ...)	۱۰-۲۰ (برای هر ۱۰۰ قطعه)

تذکر ۳: مصارف دامداری‌ها و مرغداری‌های صنعتی محدوده شهرها و روستاها نباید در سرانه صنعتی لحاظ شده و باید به‌صورت جداگانه در تامین آب در نظر گرفته شود.

تبصره: درصورتی‌که در کنار آمار مصارف امور مشترکین اطلاعاتی نظیر تعداد واحد مسکونی، نتایج مطالعات آب بدون درآمد و همچنین مساحت فضای سبز خانگی در آن شهر یا شهرهای مشابه مشخص باشد، می‌توان بدون تکمیل پرسشنامه اقدام به تعیین مصرف سرانه کرد.

تذکر۴: درصورتی‌که از فایل رایانه‌ای امور مشترکین جهت تعیین مصرف سرانه خانگی استفاده شود رعایت نکات زیر دارای اهمیت است:

- ارقام اخذ شده از امور مشترکین باید در یک توزیع نرمال دسته‌بندی شده و از تاثیر مصارف مشترکینی که خارج از محدوده هستند (از جمله کنتورهای خراب) جلوگیری شود.
- پس از دسته‌بندی اطلاعات، جهت دستیابی به سرانه خانگی، باید مقدار مصرف مربوط به جمعیت تحت پوشش آن دسته از مشترکینی که حذف شده‌اند سرشکن شود.
- به‌منظور آماده‌سازی اطلاعات قبل از دسته‌بندی، مصارف تکراری برای هر انشعاب کنترل و در صورت وجود، حذف شود.

۱-٤-۲-۱-۲- مصارف غیرخانگی

اطلاعات مربوط به مصارف غیرخانگی شامل مصارف عمومی، تجاری و صنعتی و فضای سبز عمومی از کلیه منابع ممکن از جمله فایل رایانه‌ای امور مشترکین براساس کدهای مربوطه جمع‌آوری شود.

۱-٤-۲-۱-۳- تولید و مصرف کل

لازم است آمار و اطلاعات موجود در مورد تولید و مصرف کل در تمام فواصل زمانی موجود و همچنین اطلاعات اندازه‌گیری‌های ساعتی از آب مصرفی شهر حداقل در یک دوره یک ساله (درصورت وجود) جمع‌آوری شود.

۱-٤-۲-۲- تعیین میزان مصرف کل آب (نیاز آبی)

پس از جمع‌آوری آمار و اطلاعات، لازم است موارد زیر تعیین شود:

الف- متوسط مصرف سرانه خانگی، متوسط فضای سبز خانگی (با توجه به آمار موجود) و مصرف سرانه فضای سبز خانگی

ب- متوسط مصرف سرانه عمومی و تجاری و صنعتی

ج- متوسط مصرف سرانه فضای سبز عمومی

د- میزان آب به‌حساب نیامده (با توجه به آمار موجود)

هـ- میزان مصرف سرانه کل آب

و- حداکثر مصرف روزانه و ساعتی و در نتیجه ضرایب C_1 و C_2 (درصورت موجود بودن آمار مصرف روزانه و ساعتی)

۱-٤-۲-۳- پیش‌بینی مصرف سرانه کل آب در انتهای دوره طرح

۱-٤-۲-۳-۱- پیش‌بینی مصرف سرانه خانگی (بدون فضای سبز)

در طرح‌های آبرسانی تفکیک مصارف فضای سبز خانگی از سایر مصارف خانگی ضرورت چندانی ندارد و فقط در طرح‌های فاضلاب این امر ضرورت می‌یابد. در مواردی که اطلاعات کافی در دسترس نباشد و یا امکان تکمیل پرسشنامه مصارف خانگی وجود نداشته باشد می‌توان محدوده ۷۵ تا ۱۵۰ لیتر بر نفر بر شبانه روز را به‌عنوان حدود بالا و پایین متوسط سرانه خانگی (بدون فضای سبز و دام و طیور) مدنظر قرار داد و براساس جدول (۱-۶) برحسب جمعیت، مقدار مصرف سرانه خانگی را برآورد کرد.

جدول ۱-٦- مقدار مصرف سرانه خانگی برحسب جمعیت (بدون فضای سبز و دام و طیور)

جمعیت (هزار نفر)	مقدار مصرف سرانه خانگی* (لیتر بر نفر بر روز)
روستاها	۹۰-۷۵
شهرهای کم‌تر از ۲۰	۱۱۰-۷۵
۱۰۰-۲۰	۱۳۰-۱۰۰
۵۰۰-۱۰۰	۱۴۰-۱۲۰
> ۵۰۰	* ۱۵۰-۱۳۰

* درصورتی‌که اعداد پیش‌بینی شده برای مصرف خانگی (بدون فضای سبز و دام و طیور) خارج از این محدوده باشد، ابتدا باید، علل این مساله مشخص و سپس تصمیم مقتضی با تحلیل کارشناسی و نظر کارفرما اتخاذ شود.

تذکر: در انتخاب عدد مصرف سرانه خانگی از بین محدوده ارائه شده در جدول (۱-۶) باید شرایط اقلیمی نیز درنظر گرفته شود.

به‌طور کلی در پیش‌بینی میزان مصرف سرانه خانگی (بدون فضای سبز) در آینده، علاوه بر تعداد جمعیت عوامل زیر موثر هستند:

الف- ارقام اندازه‌گیری شده فعلی

ب- رشد مصرف در گذشته و تخمین رشد آتی با توجه به سطح رفاهی مردم در آینده

ج- سهولت تامین آب و دسترسی به منابع آب

د- آب و هوا و اقلیم منطقه

هـ- فشار آب در شبکه توزیع

و- نوع مسکن

ز- نحوه دفع فاضلاب

ح- سیاست‌ها و برنامه‌ریزی‌های مدیریت مصرف و تقاضا

ط- قیمت آب

۱-٤-۲-۳-۲- پیش‌بینی مصرف سرانه فضای سبز خانگی و عمومی

با توجه به‌این‌که به‌دلیل رعایت الگوی مصرف و کاهش آن استفاده از آب شبکه توزیع برای مصارف فضای سبز عمومی مجاز نیست، مناطقی که هنوز از آب شبکه توزیع به‌این منظور استفاده می‌کنند موظف هستند تا سال ۱۳۹۵ این مصارف را به صفر برسانند.

به‌منظور برآورد میزان سرانه فضای سبز عمومی (در مناطقی که هنوز این مصارف وجود دارد) و سرانه فضای سبز خانگی به طریق زیر عمل می‌شود:

- سطح متوسط فضای سبز داخل خانه‌ها و فضای سبز عمومی با توجه به وضع فعلی و طرح‌های تفصیلی آینده و امکانات منابع آب و زمین قابل پیش‌بینی است.
- مصارف متوسط روزانه فضای سبز با توجه به اندازه‌گیری‌های محلی و کاربرد روابط تجربی تعیین می‌شود و درصورت عدم دسترسی به این اطلاعات، می‌توان از جدول (۱-۷) استفاده کرد.
- با توجه به ارائه دامنه تغییرات برای اعداد جدول (۱-۷)، انتخاب عدد برای هر منطقه با توجه به شرایط منطقه از نظر بارندگی، درجه حرارت، نوع گیاه، سیستم و دوره آبیاری انجام می‌شود.

محاسبه سرانه آب مورد نیاز فضای سبز با توجه به سرانه فضای سبز و میزان آب مصرفی آن انجام می‌شود.

جدول ۱-۷- مصرف متوسط روزانه آب فضای سبز (بر حسب لیتر بر روز بر مترمربع)

منطقه آب و هوایی*	مقدار
۱	۱/۵ تا ۲/۵
۲	۰ تا ۱/۵
۳	۲/۵ تا ۵/۵
۴	۴ تا ۶/۵
۵	۵ تا ۷

* مناطق آب و هوایی در شکل (۱-۱) مشخص شده است.

توجه: تعیین مصارف فضای سبز عمومی در مطالعات تامین آب به‌دلیل برنامه‌ریزی منابع تامین آب منطقه ضروری است.

۱-٤-۲-۳-۳- پیش‌بینی مصرف سرانه عمومی

متوسط مصرف سرانه عمومی با توجه به مقادیر اندازه گیری شده در زمان مطالعه طرح و سال های قبل از آن و همچنین با توجه به بافت مناطق مختلف شهر و روستا در انتهای دوره طرح محاسبه می‌شود. این مقدار برای ایران در انتهای دوره طرح معادل ۵ تا ۱۵ درصد مصرف سرانه خانگی پیش‌بینی می‌شود. بدیهی است مصارف سرانه عمومی در مناطق روستایی کم‌تر از مناطق شهری است.

۱-٤-۲-۳-٤- پیش‌بینی مصرف سرانه تجاری و صنعتی محدوده شهرها و روستاها

متوسط مصرف سرانه تجاری و صنعتی نیز با توجه به اندازه‌گیری‌های زمان مطالعه طرح و سال‌های قبل براساس فایل امور مشترکین و همچنین درجه تجاری و صنعتی بودن منطقه در انتهای دوره طرح محاسبه می شود. این مقدار برای ایران در افق طرح معادل ۵ تا ۲۰ درصد مصرف سرانه خانگی پیش‌بینی می‌شود.

۱-٤-۲-۳-٥- پیش‌بینی مقدار سرانه آب به‌حساب نیامده (بدون درآمد)

مقدار کل آب به‌حساب نیامده به کیفیت مدیریت و بهره‌برداری، خطای پرسنلی و ابزار اندازه‌گیری، کیفیت مصالح مصرفی و اجرای شبکه، فشار آب، کیفیت بهره‌برداری از شبکه، طول عمر تاسیسات، فناوری و ... بستگی دارد. مقدار متوسط سرانه آب به‌حساب نیامده برای افق طرح نباید بیش از ۱۵ درصد متوسط مجموع مصارف خانگی، عمومی، تجاری و صنعتی منظور شود.

تبصره: درصورتی که میزان هدررفت آب در شبکه موجود بیش‌تر از مقدار حداکثر فوق باشد، باید با اتخاذ روش‌های مناسب با توجه به راهکارهای اجرایی کاهش آب به‌حساب نیامده (مندرج در نشریه ۳۰۸ طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور)، میزان آن را حتی‌الامکان کاهش داده و در افق طرح، مقدار پیش‌بینی شده در محدوده توصیه شده بالا را در محاسبات منظور کرد.

۱-٤-۲-۳-٦- پیش‌بینی مصرف سرانه کل

با توجه به مجموع مصارف آب و مقدار آب به‌حساب نیامده، مصرف سرانه کل قابل محاسبه خواهد بود.

تبصره: درصورتی‌که به‌دلیل کمبود آب، ملاحظات محلی، فنی و اقتصادی، قسمتی از مصارف سرانه کل آب از منابعی غیر از شبکه آب آشامیدنی شهری و روستایی تامین شود، لازم است این امر در پیش‌بینی مصرف سرانه مد نظر قرار گیرد.

۱-٤-۳- نوسانات زمانی تقاضا و عوامل موثر در آن

۱-٤-۳-۱- تعیین ضریب حداکثر روزانه (C_1)

ضریب حداکثر روزانه به عوامل زیادی از جمله عادات مردم در مصرف آب، اقلیم منطقه و مناسبتهای خاص زمانی بستگی دارد و معمولا به‌صورت درصدی از متوسط مصرف روزانه بیان می‌شود. درصورتی که طرح اصلاح و توسعه مورد نظر باشد، ضریب C_1 براساس اندازه‌گیری‌های انجام شده در زمان مطالعه طرح انتخاب می‌شود. درصورتی که این امکان وجود نداشته باشد می‌توان از اندازه‌گیری‌های انجام شده در شهرهای مشابه استفاده کرد. در غیر این‌صورت با توجه به نوع اقلیم می‌توان از جدول (۱-۸) استفاده

کرد. مناطق آب و هوایی در نقشه شکل (۱-۱) مشخص شده است. سپس با توجه به مقدار ضریب C_1، مصرف سرانه (بدون آب به‌حساب نیامده) و جمعیت، حداکثر مصرف روزانه (بدون آب به‌حساب نیامده) تعیین می‌شود. لازم به ذکر است که ضریب حداکثر روزانه در مصرف سرانه کل بدون آب به‌حساب نیامده دخالت داده می‌شود و آب به‌حساب نیامده شامل این ضریب نمی‌شود.

جدول ۱-۸- ضریب حداکثر روزانه (C_1) در مناطق مختلف آب و هوایی کشور

منطقه آب و هوایی	ضریب C_1
۱	۱/۴ تا ۱/۸
۲	۱/۳ تا ۱/۶
۳	۱/۴ تا ۱/۹
۴	۱/۵ تا ۱/۹
۵	۱/۶ تا ۲

۱-٤-۳-۲- پیش‌بینی ضریب حداکثر مصرف ساعتی (C_2)

یکی از عوامل موثر مهم در تعیین ضریب حداکثر ساعتی، جمعیت است. در مناطق شهری معمولا مقدار سرانه مصرف آب بیش‌تر و ضریب حداکثر ساعتی کم‌تر و در مناطق روستایی، مقدار سرانه مصرف آب کم‌تر و ضریب حداکثر ساعتی بیش‌تر است. درصورتی‌که طرح اصلاح و توسعه مورد نظر باشد، ضریب C_2 براساس اندازه‌گیری‌های ۲۴ ساعته از خروجی هر مخزن قابل محاسبه است. درحالتی‌که این امکان وجود نداشته باشد و یا اندازه‌گیری‌های شهرهای مشابه در دست نباشد، می‌توان پس از منطقه‌بندی و مشخص کردن جمعیت تحت پوشش هر مخزن، مقدار C_2 را از جدول (۱-۹) تعیین کرد. سپس با توجه به مقدار حداکثر مصرف روزانه (بدون آب به‌حساب نیامده) و ضریب C_2، مقدار حداکثر مصرف ساعتی (بدون آب به‌حساب نیامده) تعیین می‌شود.

تبصره ۱: در کلیه موارد بالا درصورتی‌که در حالات خاص، اعداد پیش‌بینی شده خارج از مقادیر حداقل و حداکثر تعیین شده باشد، ابتدا باید علل این مساله مشخص و سپس با تحلیل کارشناسی و نظر کارفرما تصمیم مقتضی اتخاذ شود.

جدول ۱-۹ ضریب حداکثر ساعتی (C_2) در جمعیت‌های مختلف

جمعیت تحت پوشش مخزن (هزار نفر)	ضریب C_2
کوچک‌تر از ۵	۳ تا ۲
۵ تا ۲۰	۱/۸ تا ۲
بزرگ‌تر از ۲۰ تا ۱۰۰	۱/۶ تا ۱/۸
بزرگ‌تر از ۱۰۰ تا ۳۰۰	۱/۴ تا ۱/۶
بزرگ‌تر از ۳۰۰*	۱/۲ تا ۱/۴

* تذکر: توصیه می‌شود جمعیت تحت پوشش هر مخزن از سیصد هزار نفر تجاوز نکند.

تبصره ۲: ضرایب حداکثر مصرف روزانه و ساعتی باید در مصرف سرانه کل بدون آب به‌حساب نیامده ضرب شود.

تبصره ۳: در تعیین حداکثر مصارف روزانه و ساعتی کل، باید مقدار آب به‌حساب نیامده در نظر گرفته شود.

تبصره ۴: برای روستاهایی که مجوز درنظر گرفتن مصارف دام و طیور به تعداد معین در مصرف سرانه خانگی از سوی وزارت نیرو صادر شده باشد، در محاسبه حداکثر مصارف روزانه و ساعتی نباید مقدار مصارف دام و طیور در ضرایب C_1 و C_2 ضرب شود و

همانند مقدار آب بحساب نیامده، باید مقدار کل مصرف دام و طیور در محاسبه مقادیر حداکثر مصارف روزانه و ساعتی کل درنظر گرفته شود.

تبصره ۵: در جوامع با جمعیت کم‌تر از ۲۰۰۰ نفر که همزمانی مصرف نمود پیدا می‌کند، ممکن است اعداد جدول (۱-۹) صادق نباشد. لذا باید علاوه بر محاسبه مصرف حداکثر ساعتی به روش معمول، نتایج روش واحد مصرف شیر[1] نیز محاسبه و عدد بزرگ‌تر منظور شود.

در پیوست ۴ یک مثال نمونه در مورد محاسبه نیازهای آبی ارائه شده است.

۱-۵- نیازهای جنبی

۱-۵-۱- آب مورد نیاز آتش‌نشانی

آب مورد نیاز آتش‌نشانی براساس تعریف، یکی از اجزای مصارف عمومی است که مقدار کل آن قابل ملاحظه نیست ولی مصرف لحظه‌ای آن در زمان اطفای حریق زیاد است. با توجه به این‌که این مصرف عملا اندازه‌گیری نمی‌شود، مقدار آن در عدد آب به‌حساب نیامده محسوب می‌شود. همان‌گونه که در تعیین اجزای سرانه آب ذکر شد، اطلاعات مربوط به مصارف عمومی از جمله آب مورد نیاز آتش‌نشانی از گذشته تا زمان مطالعه طرح از امور مشترکین شرکت آب و فاضلاب و سازمان آتش‌نشانی منطقه مورد مطالعه قابل دسترسی است. با درنظر گرفتن جمعیت تحت پوشش، میزان مصارف عمومی از گذشته تا زمان مطالعه طرح مشخص می‌شود و با توجه به روند افزایش مصارف عمومی در گذشته و بررسی میزان توسعه امکانات منطقه، مصارف عمومی در آینده قابل پیش‌بینی خواهد بود. میزان آب مورد نیاز آتش‌نشانی در تعیین حجم مخازن آب و نیز در تعیین قطر لوله‌ها در شبکه توزیع آب حایز اهمیت است که در بخش‌های ۳-۸-۱-۱-۱ و ۵-۵-۵-۱ به آن پرداخته شده است.

۱-۵-۲- آب مورد نیاز شستشو و گندزدایی شبکه

شستشوی شبکه‌های توزیع آب پس از اجرا و قبل از شروع بهره‌برداری و در مواقع بحرانی انجام می‌شود. علاوه بر آن، در مواردی که انتهای خطوط بسته باشد (شبکه‌های شاخه‌ای) و یا زمان ماند آب در لوله زیاد باشد، شستشوی برنامه‌ریزی شده شبکه سبب افزایش کیفیت آب خواهد شد.

گندزدایی خطوط انتقال و شبکه توزیع پس از اجرای خطوط اجرا شده جدید، هنگام بروز حوادث و شکستگی‌ها، زمانی که امکان آلودگی در منابع تامین و یا مخازن ذخیره وجود داشته باشد و نیز هنگام شیوع بیماری‌های مرتبط با آب، ضروری است. نحوه شستشو و گندزدایی در نشریه ۲۶۸– الف (دستورالعمل شستشو و گندزدایی تاسیسات آب) ارائه شده است.

براساس دستورالعمل نشریه ۳۰۸- الف، حدود ۱ تا ۲ درصد مصارف کل آب، جهت نیازهای جنبی در نظر گرفته می‌شود که این مقدار، آب مورد نیاز شستشو و گندزدایی را نیز تامین می‌کند.

1- Unit Fixture

۱-٦- مدیریت آب

به فرآیندی از برنامه ریزی، ساماندهی، هدایت و کنترل جهت ایجاد تعادل و توازن بین نیازهای آبی و هزینه های مربوط، مدیریت آب در سطح کلان گفته می‌شود. مدیریت آب به سه بخش مدیریت تامین، توزیع و مدیریت تقاضا تقسیم می‌شود.

۱-٦-۱- مدیریت تامین

به مجموعه فعالیت‌هایی که جهت شناسایی، توسعه و استخراج آب از منابع جدید یا منبع آب بازچرخانی به شیوه‌های اقتصادی و مهندسی انجام می‌شود مدیریت تامین گفته می‌شود.

۱-٦-۲- مدیریت توزیع

به مجموعه فعالیت‌هایی که برای رساندن آب به مقدار کافی، فشار مناسب و کیفیت استاندارد به‌دست مصرف کنندگان از محل مخزن ذخیره تا نقطه مصرف انجام می‌شود مدیریت توزیع گفته می‌شود.

تذکر: مدیریت آب بدون درآمد (آب به‌حساب نیامده) نیز به‌دلیل افزایش آب قابل دسترس و همچنین اضافه کردن ظرفیت عرضه، زیرمجموعه مدیریت تامین و توزیع آب می‌باشد. مدیریت آب بدون درآمد به فرآیندی از برنامه‌ریزی، سازماندهی و کنترل جهت کاهش و منطقی‌سازی مقدار آب بدون درآمد گفته می‌شود.

۱-٦-۳- مدیریت تقاضا

به فرآیندی از برنامه‌ریزی، سازماندهی، هماهنگی و کنترل جهت شناسایی شیوه‌های مصرف و ابزارهای موجود برای کنترل سطوح و کاهش مصرف آب، مدیریت تقاضا گفته می‌شود. از جمله اقدامات قابل انجام برای مدیریت تقاضا، استفاده از شیرهای کاهنده مصرف، برنامه‌های آموزشی، فرهنگی و تبلیغاتی و همچنین افزایش قیمت آب می‌باشد که با توجه به درجه تاثیر هریک، توسط تصمیم‌گیرندگان مورد استفاده قرار می‌گیرد. نتیجه این امر، انجام صرفه جویی و کنترل مصرف (تقاضا) و یا محافظت آب[1] می‌باشد.

همان‌گونه که اشاره شد با توجه به کمبود شدید منابع آب موجود قابل دسترس و رشد جمعیت و نیازهای آبی در افق طرح، درصورتی‌که نرخ رشد مصرف به روال عادی افزایش یابد، احتمال دارد نیاز آبی پایان طرح با توجه به منابع آب موجود، قابل دسترسی نباشد و بحران کمبود آب ایجاد شود. در این شرایط کارفرما باید با انجام سلسله اقداماتی جهت مدیریت تقاضا، نرخ رشد تقاضا در آینده را تا حد ممکن کاهش داده و اختلاف بین نیاز آبی و منابع موجود را به کم‌ترین حد ممکن برساند تا از شدت بحران کاسته شود.

1- Water Conservation

فصل ۲

منابع تامین آب شهر و روستا

۲-۱- انواع منابع آب

منابع آب قابل دسترس عبارتند از: آب‌های سطحی (رودخانه، برکه، دریاچه، دریا و اقیانوس) و آب‌های زیرزمینی (چاه، چشمه و قنات) و آب باران.

منابع آب متعارف که برای مصارف شرب، بهداشتی و صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرند عبارتند از: رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و منابع آب زیرزمینی که دارای آلاینده‌های متعارف بوده و با استفاده از فرآیندهای متعارف، مورد تصفیه و یا گندزدایی قرار می‌گیرند.

منابع غیرمتعارف که در برخی نقاط کشور بالاجبار از آنها استفاده می‌شود عبارتند از: آب‌های شور، لب شور، آب باران و حتی استفاده از پساب حاصل از تصفیه فاضلاب که در ایران بیش‌تر برای مصارف آبیاری فضای سبز و مصارف کشاورزی و بعضی در برخی صنایع مورد استفاده قرار می‌گیرد.

به‌طور کلی مهم‌ترین مواردی که در تعیین منبع تامین آب شهر یا روستا باید مورد بررسی قرارگیرد به‌شرح زیر است:

- کمیت منابع آب و نوسانات آن طی چندین دوره آبی به‌همراه بررسی حقابه‌ها
- کیفیت منابع آب و نوع تصفیه مورد نیاز
- فاصله منبع تا محل مصرف
- توپوگرافی مسیر انتقال آب
- اختلاف ارتفاع منبع تامین آب و محل مصرف یا مخازن ذخیره
- تحت پوشش قراردادن تعداد بیش‌تری از اجتماعات
- سهولت دسترسی
- نوع سیستم انتقال (ثقلی - پمپاژ)
- مقایسه اقتصادی

یادآوری ۱: در تصمیم‌گیری نهایی انتخاب منبع تامین آب، مقایسه فنی و اقتصادی ضروری است.

یادآوری ۲: در مورد انتخاب بهترین منبع تامین آب شهر یا روستا، استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی AHP[1] (که یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است) پیشنهاد می‌شود. برای آشنایی بیش‌تر به پیوست ۶ مراجعه شود.

یادآوری ۳: در شهرها یا روستاهایی که تامین آب از منابع مختلف سطحی و زیرزمینی انجام می‌شود که از نظر کیفی با هم تفاوت دارند (ولی در هرحال در حد استاندارد هستند)، توصیه می‌شود در حد امکان موضوع اختلاط این آبها با هم و ارائه آب با کیفیت یکسان به مشترکان مدنظر قرار گیرد.

۲-۲- ویژگی‌های منابع تامین آب

ویژگی‌های بارز منابع عمده تامین آب (آب‌های سطحی و زیرزمینی) در جدول (۲-۱) ارائه شده است.

تذکر: ویژگی‌های مندرج در این جدول مربوط به سفره‌های عمیق زیرزمینی و بهسازی شده می‌باشد.

1- Analytic Hierarchy Process

ویژگی‌های بارز منابع تامین آب غیر متعارف (آب باران، آب‌های شور و لب شور) عبارت است از:

- آب باران (برای مناطق کم جمعیت یا در مناطقی که آب شیرین در دسترس نیست) که دارای ذرات معلق، املاح بسیار جزیی، آلودگی میکروبی (کم، به شرط رعایت اصول بهسازی در جمع‌آوری) و نیازمند گندزدایی می‌باشد.
- ویژگی آب‌های شور و لب شور براساس میزان کل جامدات محلول به شرح جدول (۲-۲) است.

جدول ۲-۱- مشخصه‌های بارز منابع آب‌های زیرزمینی و سطحی

ردیف	شرح	آب‌های سطحی	آب‌های زیرزمینی
۱	اشکال قابل دسترسی	برکه‌ها، رودخانه‌ها و دریاچه‌ها و مخازن ذخیره مصنوعی	قنات، انواع چاه، چشمه
۲	کمیت	- وسیع بودن دامنه تغییرات با توجه به بارندگی‌های فصلی - برای شهرهای بزرگ، شهرک‌های صنعتی و مصارف کشاورزی مناسب‌تر هستند	- محدود بودن دامنه تغییرات - برای تامین آب شهرهای کوچک و روستاها مناسب‌تر هستند
۳	کیفیت: - میزان مواد معلق - کل جامدات محلول - اکسیژن محلول - کدورت - سختی - pH - مواد معدنی - مواد آلی - آلودگی میکروبی - آلودگی بیولوژیکی	 زیاد (محدوده تغییرات زیاد) کم (قابل تغییر) زیاد زیاد (محدوده تغییرات وسیع) کم (قابل تغییر) ۶/۵ تا ۸/۵ کم نسبتا زیاد (محدوده تغییرات وسیع) زیاد (محدوده تغییرات وسیع) زیاد (محدوده تغییرات وسیع)	 بسیار جزیی زیاد (قابل تغییر) کم بسیار جزیی زیاد (قابل تغییر) ۶/۹ تا ۷/۹ زیاد کم جزیی بسیار جزیی
۴	نیاز به تصفیه	تصفیه متعارف (درصورت لزوم، تصفیه خاص)	در اکثر مواقع صرفا گندزدایی (درصورت لزوم، تصفیه خاص)

جدول ۲-۲- مشخصه های بارز منابع آب‌های شور

نوع آب	میزان کل جامدات محلول (میلی گرم بر لیتر)
قابل شرب	کم‌تر از ۱۵۰۰
لب شور	۱۵۰۰-۶۰۰۰
شور	۶۰۰۰-۱۵۰۰۰
خیلی شور	۱۵۰۰۰-۵۰۰۰۰

در بررسی کیفی منابع تامین آب باید به‌ترتیب زیر اقدام شود:

- درخصوص منابع تامین آب موجود باید نتایج آزمایش‌های دوره‌ای انجام شده طی ماه‌ها و سال‌های متوالی از ارگان‌های مربوط اخذ و مورد بررسی قرار گیرد.
- اگر آزمایش‌های دوره‌ای در مورد منابع آب موجود انجام نشده باشد و یا نتایج آن موجود نباشد و همچنین درخصوص طرح‌هایی که تامین آب یا تصفیه آب نیز در شرح خدمات گنجانده شده است، درصورت عدم وجود آزمایش‌های کیفی از کلیه منابع آب (به تعداد و تناوب قابل قبول)، مشاور باید پیشنهاد کند تا آزمایش‌های کیفی آب باتوجه به نوع منابع (حداقل در یک دوره ۶ الی ۱۲ ماه به‌صورت ماهانه، در حد امکان در یک سیکل هیدرولوژیکی) صورت پذیرد تا همراه با تحلیل کارشناسی در مطالعات مرحله دوم، نتایج آزمایش‌ها موجود بوده و در طراحی‌ها مدنظر قرارگیرد.

- آزمایش‌های مورد نیاز برای منابع آب زیرزمینی عبارتند از آزمایش‌های فیزیکی، شیمیایی متداول، شیمیایی خاص (فلزات سنگین، دترجنت و عناصر جزیی)، سموم، میکروبی و رادیواکتیو
- آزمایش‌های مورد نیاز برای منابع آب سطحی عبارتند از آزمایش‌های فیزیکی، شیمیایی متداول، شیمیایی خاص (فلزات سنگین، دترجنت و عناصر جزیی)، سموم، بیولوژیکی، میکروبی، رادیواکتیو و جارتست (برای تعیین نوع و مقدار ماده منعقد کننده)
- آزمایش‌های فیزیکی، شیمیایی، میکروبی، بیولوژیکی و جارتست باید هر ماهه در یک دوره یک ساله انجام شود. آزمایش‌های فلزات سنگین بسته به نوع منبع آب، روند آلودگی و ساختار زمین در حوضه آبریز، بین دو تا چهار مرتبه در یک دوره یک ساله تکرار شود. آزمایش رادیواکتیو حداقل یکبار درصورت امکان انجام شود.

پس از دریافت و یا تهیه نتایج آزمایش‌ها، باید کیفیت آب از همه جهت مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرارگیرد. در دسته‌بندی کیفی آب‌ها از روش‌های مختلفی استفاده می‌شود که دیاگرام شولر، شاخص رایزنر و لانژلیه (به‌منظور مشخص کردن خاصیت رسوب‌دهی و خورندگی آب‌ها) و محاسبه شاخص کیفیت آب[1] (W.Q.I) از جمله این روش‌ها می‌باشند. برای آشنایی بیش‌تر با شاخص‌های کیفیت آب به پیوست ۵ مراجعه شود.

تبصره: به‌منظور بررسی کیفی منابع آب، مقایسه کیفی منابع با استانداردهای سازمان بهداشت جهانی و استانداردهای ملی ایران (از جمله استاندارد ۱۰۵۳) و درصورت لزوم سایر استانداردهای مربوطه الزامی است.

در بررسی کمی منابع آب باید موارد زیر ملاک عمل قرار گیرد:

- درخصوص منابع تامین آب موجود، باید نتایج مطالعات تامین آب منطقه (درصورت وجود) مورد بررسی قرار گیرد و همچنین اطلاعات و آمار تولید آب شهر یا روستا از شرکت آب و فاضلاب شهری یا روستایی و یا سایر ارگان‌هایی که وظیفه آبرسانی منطقه مورد مطالعه را برعهده دارند، اخذ شود. در مورد منابع آب زیرزمینی براساس نوع منبع، اطلاعاتی نظیر میزان حداکثر مجاز و میزان فعلی برداشت آب، حقابه‌های چشمه‌ها و نوسانات فصلی آنها اهمیت دارد. درعین حال در مورد چاه‌ها باید آزمایش‌های پمپاژ چاه‌ها نیز درصورت وجود، اخذ و مورد بررسی قرار گیرد و درصورت عدم وجود، براساس اندازه‌گیری‌های میدانی عمل شود. سطح آب‌های زیرزمینی منطقه و اطلاعات مربوط به سفره آب‌های زیرزمینی منطقه نیز درصورت وجود باید مورد بررسی قرار گیرد.
- درخصوص منابع آب‌های سطحی نیز، آمار مربوط به میزان گذر حجمی آب رودخانه، باید طی دوره‌های مختلف آماری اخذ شده و مورد بررسی قرارگیرد.
- درصورت تامین آب شرب از هر نوع منبع (اعم از سد، رودخانه و آب زیرزمینی) باید میزان تخصیص آب از سوی وزارت نیرو مدنظر قرارگیرد.
- درصورت تامین آب از سدهای دردست احداث به‌دلیل احتمال بروز پدیده یوتریفیکاسیون و لایه بندی حرارتی آب در دریاچه سد، توصیه می‌شود طراح پیشنهادات لازم برای برداشت آب از لایه‌ها و ترازهای مختلف دریاچه سد را به مشاور سدسازی ارائه دهد. ضمنا پیشنهاد می‌شود طراح به مشاور سدسازی توصیه کند تمهیدات لازم جهت پایش کیفی آب در ترازهای مختلف دریاچه سد را درنظر بگیرد.

1- Water Quality Index

- در طرح‌هایی که مطالعات تامین آب از منابع آب سطحی نیز مدنظر است و آمار و اطلاعات دقیقی از میـزان گـذرحجمی رودخانه در دسترس نبوده و یا ایستگاه‌های هیدرومتری در منطقه موجود نباشد، یا با توجه به گستردگی و شرایط منطقـه به تعداد کافی ایستگاه هیدرومتری وجود نداشته باشد، طراح باید پیشنهاد لازم درخصوص احداث ایستگاه هیدرومتری بـه تعداد کافی را به کارفرما ارائه و برای نتیجه‌گیری باید از ایستگاه‌های هیدرومتری مجـاور و روش‌هـای غیـر مسـتقیم در تعیین آبدهی استفاده کند.
- بدیهی است هرچه تعداد ایستگاه‌های هیدرومتری بیش‌تر بوده و آمار و اطلاعات آن در دوره هـای زمـانی طـولانی‌تـری موجود باشد نتیجه‌گیری بهتری در انتخاب منبع آبی و یا قابلیـت آبـدهی آن انجـام خواهـد شـد. درصـورت عـدم وجـود اطلاعات کافی و قابل اطمینان، وجود حداقل یک دوره ده ساله آماربرداری در ایستگاه‌های مجاور الزامی است.
- دریافت اطلاعات حقابه آب‌های سطحی بسیار ضروری است.

فصل ۳

مبانی طراحی و اجزای اصلی سامانه‌های آبرسانی

۳-۱- تعریف سامانه آبرسانی

سامانه آبرسانی عبارت است از کلیه تاسیساتی که آب را از منبع تامین به تصفیه خانه یا مخازن ذخیره یا مخازن تامین فشار و سپس به مصرف‌کننده منتقل می‌کند. سامانه آبرسانی شامل تاسیسات و اجزای زیر است که یک طرح آبرسانی بسته به نوع و محل منابع آب ممکن است شامل تمامی و یا بخشی از این تاسیسات باشد.

۳-۲- تاسیسات آبگیری از منابع سطحی

این تاسیسات شامل آبگیری از رودخانه، برج آبگیر از دریاچه، تجهیزات هیدرومکانیکال، برقی، کنترلی و تجهیزات آشغال‌گیری برداشت آب و نیز تجهیزات دانه‌گیری است. مبنای طراحی این تاسیسات براساس تعیین ظرفیت برداشت در دوره طرح بر مبنای حداکثر نیاز آبی روزانه و یا میزان تخصیص آب است. بنابراین ساختمان کلیه تجهیزات باید براساس این ضابطه و سایر ضوابط مربوط به تجهیزات انتقال و پمپاژ انتخاب شوند ولی تجهیزات می‌توانند به‌تدریج و برحسب نیاز نصب شوند. برای آشنایی با مبانی و ضوابط طراحی این تاسیسات به استانداردهای مربوطه مراجعه شود.

۳-۳- تاسیسات آبگیری از منابع زیرزمینی

این تاسیسات شامل تجهیزات استحصال آب از چاه‌ها، چشمه‌ها و قنوات، نظیر الکتروپمپ‌ها، لوله‌ها، شیرآلات و متعلقات مختلف و تجهیزات اندازه‌گیری برقی و کنترلی می‌باشد. مبانی طراحی این تاسیسات عبارت است از: تعیین ظرفیت استحصال براساس نتایج آزمایش‌های پمپاژ و یا اندازه‌گیری بده آنها در سال‌های پرآبی و کم آبی، بررسی پروانه و مجوز بهره‌برداری، حداکثر نیاز آبی روزانه، زمان پمپاژ در شبانه روز، ضوابط فنی در انتخاب تجهیزات پمپاژ. برای آشنایی با مبانی و ضوابط طراحی این تاسیسات به استانداردهای مربوطه مراجعه شود.

۳-٤- خطوط انتقال آب خام و آب تصفیه‌شده

خطوط انتقال، آب خام یا آب تصفیه‌شده را از محل تاسیسات آبگیری یا تصفیه‌خانه یا مخازن تعادل به مخازن ذخیره در نقاط مصرف منتقل می‌کند.

۳-٤-۱- مبانی فنی طراحی

مبانی طراحی خطوط انتقال عبارت است از: تعیین ظرفیت انتقال در دوره طرح بر مبانی حداکثر نیاز آبی روزانه و یا میزان تخصیص، نحوه انتقال ثقلی یا پمپاژ، جنس مناسب لوله با توجه به مطالعات مختلف از قبیل توپوگرافی مسیر، شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک مسیر خط انتقال، زلزله خیز بودن، رانش و لغزنده بودن زمین، مسایل هیدرولیکی به‌خصوص بروز جریان ناپایدار و در نظر گرفتن سایر ضوابط فنی. در این بخش اهم ضوابط لازم به شرح زیر ارائه می‌شود:

۳-٤-۱-۱- بده (دبی طراحی)

خطوط انتقال براساس بده حداکثر مصرف روزانه و یا رژیم پمپاژ برای انتقال حداکثر مصرف روزانه طراحی می‌شوند.

۳-٤-۱-۲- فشار آب

فشار آب در خطوط انتقال آب به عوامل هیدرولیکی از قبیل اختلاف ارتفاع در طول مسیر، افت فشار خط، فشار دینامیکی پمپاژ (در خطوط انتقال غیرثقلی)، تغییرات فشار ناشی از قطع ناگهانی جریان (ضربه قوچ) و فشار اسمی خط لوله بستگی دارد.

۳-٤-۱-۲-۱- حداکثر فشار مجاز

با توجه به این‌که اضافه شدن فشار در خطوط انتقال موجب افزایش نشت و حوادث می‌شود، باید دیدگاه کلی در طراحی خطوط انتقال به‌صورتی باشد که با درنظر داشتن جنبه‌های فنی و اقتصادی، فشار در نقاط مختلف، با رعایت مقادیر حداقل لازم با توجه به پروفیل هیدرولیکی مسیر، کم‌ترین مقدار ممکن باشد. در هر صورت حداکثر فشار (با احتساب فشارهای ناگهانی ناشی از جریان ناپایدار) در کلیه نقاط خطوط انتقال نباید از ۹۰٪ فشار اسمی لوله و شیرآلات تجاوز کند.

۳-٤-۱-۲-۲- حداقل فشار مجاز

در طراحی خطوط انتقال، حداقل فشار مجاز باید به‌گونه‌ای باشد که با توجه به پروفیل هیدرولیکی مسیر، هیچ‌گاه خط شیب هیدرولیکی، خط پروفیل لوله را قطع نکند. با این‌حال با توجه به وجود خطاهای احتمالی در عملیات اجرایی یا نقشه‌برداری، لازم است در هیچ کجای مسیر خط انتقال، فشار کم‌تر از ۵ متر (۰/۵ بار) نشود. درخصوص حداقل فشارهای ایجاد شده در اثر ضربه قوچ، با توجه به تراز ارتفاعی قرارگیری محل طرح از سطح دریا و سایر روابط ترمودینامیکی، مقدار فشار حداقل باید به‌گونه‌ای باشد که موجب بخار شدن سیال عبوری از مقطع مورد نظر نشود. متذکر می‌شود موضوع حداقل فشار باید در خصوص کارکرد صحیح شیرهای تخلیه هوا به علت کاهش فشار نیز کنترل شود.

۳-٤-۱-۳- سرعت آب

به‌منظور جلوگیری از افت فشار بیش از حد ناشی از اصطکاک زیاد، حفظ آب‌بندی لوله‌ها و متعلقات و کاهش تنش در محل اتصالات و جلوگیری از افزایش افت دینامیکی پمپاژ، جلوگیری از افزایش دامنه نوسانات فشار مثبت و منفی ناشی از قطع ناگهانی جریان آب، حداکثر سرعت مجاز در خطوط انتقال با توجه به نکات فوق و رعایت مسایل فنی و اقتصادی ۱/۶ متر بر ثانیه توصیه می‌شود. به‌منظور جلوگیری از رسوب‌گذاری در لوله‌ها و تغییر شرایط کیفی آب از جمله بو و مزه، حداقل سرعت آب در خطوط انتقال آب شرب ۰/۳ متر بر ثانیه توصیه می‌شود.

تبصره: حداقل سرعت در خطوط انتقال آب خام در صورتی که برای آن پیش رسوبگیری در نظر گرفته شده باشد، برابر ۰/۶ متر بر ثانیه توصیه می‌شود. در غیر این‌صورت مقدار حداقل سرعت ۰/۹ متر بر ثانیه در نظر گرفته شود.

درهرحال در خطوط انتقال آب ثقلی سرعت حداکثر آب در لوله و شیرآلات نباید از ۳ متر بر ثانیه تجاوز کند. استفاده از سرعت‌های بالا تا سقف سرعت حداکثر باید با بررسی تمام جوانب فنی و اقتصادی برای انواع لوله‌ها توجیه شود.

۳-٤-۱-٤- انتخاب قطر لوله

قطر خط لوله انتقال با توجه به بده و محدودیت سرعت و فشار، تعیین می‌شود. در خصوص خطوط انتقال غیرثقلی به‌منظور صرفه‌جویی اقتصادی، قطر لوله با توجه به مقایسه هزینه‌های تهیه و اجرای لوله و هزینه پمپاژ با یکدیگر انتخاب می‌شود. همچنین پس از تعیین هزینه‌های جاری و بهره‌برداری و نگهداری و تبدیل آن به ارزش فعلی و مقایسه ارزش فعلی سرمایه‌گذاری‌ها برای اقطار مختلف، قطر مناسب تعیین می‌شود.

۳-۵- تلمبه‌خانه‌ها

درصورت قرارگرفتن نقاط مصرف در تراز بالاتر یا مساوی نسبت به منبع تامین آب یا تصفیه‌خانه، ضروری است از تلمبه‌خانه‌ها برای انتقال آب استفاده شود. مبانی طراحی تلمبه‌خانه‌ها عبارت است از: تعیین ظرفیت پمپاژ در دوره طرح بر مبنای تامین حداکثر نیاز آبی روزانه، نوع الکتروپمپ‌ها، تعداد الکتروپمپ جهت سرویس‌دهی در دوره‌های مختلف طرح، زمان پمپاژ، ظرفیت پمپاژ و ارتفاع پمپاژ هر الکتروپمپ، نقطه کارکرد الکتروپمپ‌ها در حالت ارتباط داشتن بین الکتروپمپ‌ها در مجموع و به صورت انفرادی (کوپلاژ) و کنترل راندمان آن در ظرفیت‌های مختلف، محاسبات و تحلیل شرایط بروز جریان ناپایدار و تاثیر آن در انتخاب سیستم حفاظتی آن، نوع و مشخصات و ظرفیت سیستم حفاظتی ایستگاه پمپاژ، نوع و مشخصات فنی تجهیزات الکترومکانیکال و سیستم کنترل آن. برای آشنایی با مبانی و ضوابط طراحی این تاسیسات به استانداردهای مربوطه مراجعه شود.

تبصره: اگر در یک طرح چندین ایستگاه پمپاژ لازم باشد، همسان‌سازی آنها برای سهولت در بهره‌برداری توصیه می‌شود.

۳-٦- تجهیزات و تاسیسات تنظیم فشار

به منظور کاهش بروز حوادث و هدررفت آب در خطوط انتقال و نیز افزایش قابلیت اطمینان خط انتقال، از تجهیزات و تاسیسات تنظیم فشار نظیر شیرهای فشارشکن، مخازن و حوضچه‌های فشارشکن و سایر تجهیزات کاهنده فشار استفاده می‌شود. طراحی و انتخاب تجهیزات و تاسیسات تنظیم فشار براساس اختلاف ارتفاع استاتیکی، محاسبات هیدرولیکی خط انتقال یا تلمبه‌خانه، توجه به پروفیل مسیر خط لوله، پروفیل هیدرولیکی، نقاط بحرانی و نیز ظرفیت انتقال و میزان کاهش فشار صورت می‌گیرد.

۳-۷- تجهیزات و تاسیسات کنترل ضربه قوچ

در اثر قطع ناگهانی جریان پمپاژ به دلیل قطع برق یا باز و بسته کردن سریع شیرهای قطع و وصل در طول خط (علیرغم طولانی بودن زمان باز و بسته کردن شیرها)، جریان ناپایدار بروز نموده و در نتیجه باعث ایجاد تغییرات فشار آب در خط لوله می‌شود که باید توسط تجهیزات و تاسیسات کنترل ضربه قوچ آن را مهار کرد. طراحی و انتخاب تجهیزات و تاسیسات کنترل جریان‌های ناپایدار براساس محاسبات و تحلیل شرایط بروز جریان ناپایدار با استفاده از نرم‌افزارهای مناسب در این خصوص می‌باشد. همچنین مبانی طراحی، شامل ظرفیت خط انتقال، سرعت جریان، سرعت موج در لوله، مشخصات خط انتقال از قبیل جنس، ضخامت و قطر لوله و

زمان انجام تغییر جریان می‌باشد. برای محاسبات جریان ناپایدار و انتخاب تجهیزات مناسب، استفاده از نشریه شماره ۵۱۷ (دستورالعمل انتخاب و طراحی تجهیزات کنترل ضربه قوچ در تاسیسات آبرسانی شهری) الزامی است.

۳-۸- مخازن

هدف از احداث مخازن، تامین ذخیره مورد نیاز برای اهداف مختلف از جمله ایجاد تعادل بین ورودی و خروجی آب، جبران نوسانات مصرف، ایجاد ذخیره برای مواقع اضطراری (حوادث یا قطع جریان و ...)، ذخیره برای نیاز آتش‌نشانی و تامین فشار آب می‌باشد. مخازن می‌توانند به‌صورت زمینی یا هوایی احداث شوند که در هر حال باید ملاحظات پدافند غیرعامل در مورد آنها رعایت شود. انواع مخازن با توجه به نحوه احداث و کاربرد به شرح زیر تقسیم‌بندی می‌شوند:

۳-۸-۱- مخازن زمینی

مخازن زمینی با توجه به توپوگرافی شهر یا روستا می‌تواند به‌صورت مخزن زمینی همسطح (ذخیره یا تعادل در مناطق با اختلاف ارتفاع کم) و یا مخزن زمینی مرتفع (ذخیره، تعادل و تامین فشار) باشد.

- مخازن ذخیره: این مخازن جهت ذخیره آب برای جبران نوسانات مصرف و موارد اضطراری قطع جریان از منابع تامین و اطفای حریق و جمع‌آوری آب چاه‌ها استفاده می‌شود.
- مخازن زمینی مرتفع: علاوه بر موارد مطرح شده در مورد مخازن ذخیره، از این مخازن برای تامین فشار، زون‌بندی شبکه و مدیریت فشار استفاده می‌شود.
- مخازن تعادل: از این مخازن به‌منظور ایجاد تعادل در ورودی و خروجی مخزن و در خطوط آبرسانی مشترک (ثقلی – پمپاژ) به‌خصوص پمپاژ و تنظیم زمان خاموشی الکتروپمپ‌ها جهت بهینه‌سازی مصرف انرژی، استفاده می‌شود.

برای آشنایی با مبانی و ضوابط طراحی مخازن به استانداردهای مربوطه مراجعه شود.

۳-۸-۱-۱- ضوابط تعیین حجم مخازن زمینی

۳-۸-۱-۱-۱- حجم مفید مخازن زمینی آب تصفیه شده

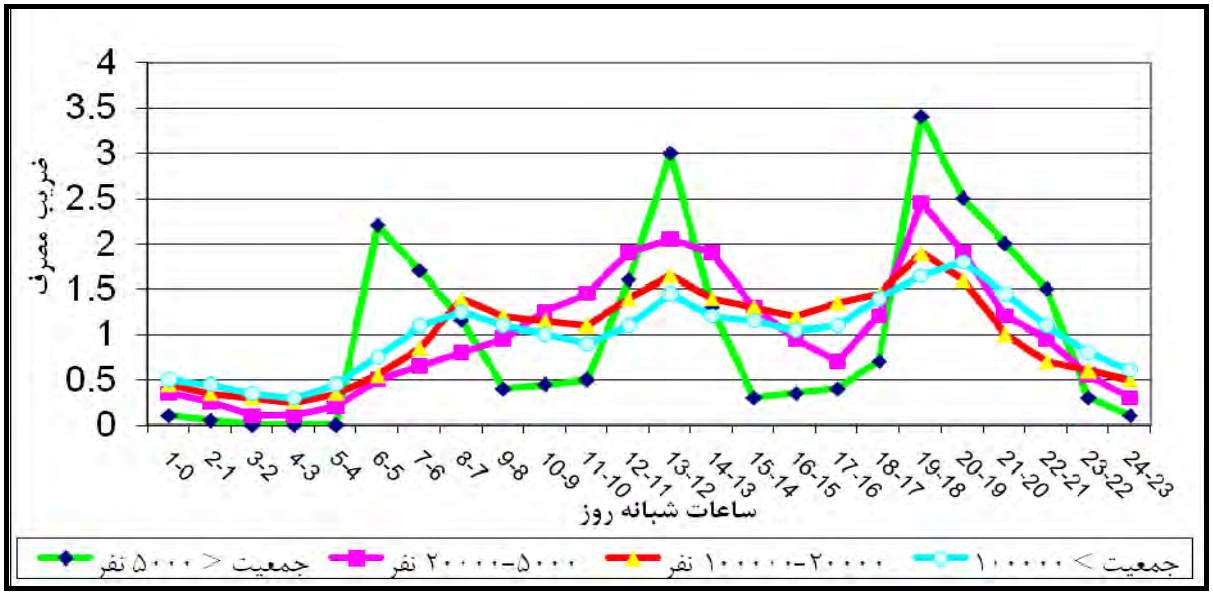
حجم مفید مخازن قسمتی از حجم مخزن است که آب موجود در آن مورد استفاده قرار می‌گیرد و شامل قسمت‌های زیر است:

الف- حجم مورد نیاز برای جبران نوسانات ساعتی مصرف (حجم متعادل کننده)

مخازن آب باید قادر باشند مابه‌التفاوت آب مورد نیاز شهر یا روستا را در ساعات حداکثر مصرف ساعتی با توجه به حجم ورودی از تاسیسات انتقال و مصرف شبکه، تامین کنند. حجم مورد نیاز برای این منظور باید با اندازه‌گیری‌های لازم و ترسیم منحنی تغییرات ساعتی مصرف تعیین شود. درصورتی‌که ترسیم منحنی تغییرات مصرف امکان‌پذیر نباشد، لازم است با استفاده از تغییرات مصرف در شهرهایی با شرایط مشابه، حجم مورد نیاز را محاسبه کرد. درصورتی‌که تغذیه مخزن با بده ثابت انجام گیرد، حجم مورد نیاز فوق برابر ۱۰–۲۰ درصد حداکثر مصرف روزانه شبکه مربوط (با توجه به جمعیت و نحوه مصرف) توصیه می‌شود. درصورتی‌که تغذیه مخزن با بده ثابت انجام نشود، این حجم مطابق شرایط پمپاژ تعیین خواهد شد.

تبصره: لازم است با نصب دستگاه‌های اندازه‌گیری و ثبت جریان در ورودی و خروجی مخازن، اطلاعات لازم برای ترسیم منحنی تغییرات روزانه ورودی و مصرف به‌طور مستمر جمع‌آوری شود.

در شکل (۳-۱) و جدول (۳-۱) مثالی از نوسانات ساعتی مصرف شهرها و روستاها با جمعیت‌های مختلف ارائه شده است.



شکل ۳-۱- نمونه‌ای از نوسانات ساعتی مصرف

جدول ۳-۱- نمونه‌ای از مقادیر نوسانات ساعتی مصرف در شبانه‌روز

زمان (ساعت)	ضریب مصرف در ساعات مختلف برای انواع شهرها			
	روستاها جمعیت < ۵۰۰۰ نفر	شهرهای ۵ تا ۲۰ هزار نفر	شهرهای تا ۱۰۰ هزار نفر	شهرهای بزرگ
۱-۰	۱	۰/۳۵	۰/۴۵	۰/۵
۲-۱	۰/۰۵	۰/۲۵	۰/۳۵	۰/۴۵
۳-۲	۰	۰/۱	۰/۳	۰/۳۵
۴-۳	۰	۰/۱	۰/۲۵	۰/۳
۵-۴	۰	۰/۲	۰/۳۵	۰/۴۵
۶-۵	۲/۲	۰/۵	۰/۵۵	۰/۷۵
۷-۶	۱/۷	۰/۶۵	۰/۸۵	۱/۱
۸-۷	۱/۱۵	۰/۸	۱/۴	۱/۲۵
۹-۸	۰/۴	۰/۹۵	۱/۲	۱/۱
۱۰-۹	۰/۴۵	۱/۲۵	۱/۱۵	۱
۱۱-۱۰	۰/۵	۱/۴۵	۱/۱	۰/۹
۱۲-۱۱	۱/۶	۱/۹	۱/۴	۱/۱
۱۳-۱۲	۳	۲/۰۵	۱/۶۵	۱/۴۵
۱۴-۱۳	۱/۳	۱/۹	۱/۴	۱/۲
۱۵-۱۴	۰/۳	۱/۳	۱/۳	۱/۱۵
۱۶-۱۵	۰/۳۵	۰/۹۵	۱/۲	۱/۰۵

ادامه جدول ۳-۱- نمونه‌ای از مقادیر نوسانات ساعتی مصرف در شبانه‌روز

زمان (ساعت)	ضریب مصرف در ساعات مختلف برای انواع شهرها			
	روستاها ۵۰۰۰ نفر> جمعیت	شهرهای ۵ تا ۲۰ هزار نفر	شهرهای تا ۱۰۰ هزار نفر	شهرهای بزرگ
۱۷-۱۶	۰/۴	۰/۷	۱/۳۵	۱/۱
۱۸-۱۷	۰/۷	۱/۲	۱/۴۵	۱/۴
۱۹-۱۸	۳/۴	۱/۴۵	۱/۹	۱/۶۵
۲۰-۱۹	۲/۵	۱/۹	۱/۶	۱/۸
۲۱-۲۰	۲	۱/۲	۱/۱	۱/۴۵
۲۲-۲۱	۱/۵	۰/۹۵	۰/۷	۱/۱
۲۳-۲۲	۰/۳	۰/۵۵	۰/۶	۰/۸
۲۴-۲۳	۰/۱	۰/۳	۰/۵	۰/۶
مجموع	۲۴	۲۴	۲۴	۲۴

ب- حجم مورد نیاز برای تامین مصارف آتش‌نشانی

این حجم با توجه به ضوابط مربوط به آتش‌نشانی تعیین می‌شود. حجم مورد نیاز برای تامین مصارف آتش‌نشانی براساس تعداد آتش‌سوزی‌های هم‌زمان، زمان متوسط برای اطفای هر آتش‌سوزی یا متوسط حجم آب مصرفی جهت اطفای حریق (با دریافت اطلاعات از سازمان آتش‌نشانی شهر مورد نظر) تعیین می‌شود. لازم به‌ذکر است درصورت وجود شیر آتش‌نشانی، تعداد شیرهایی که آب از آنها برداشت شده است ملاک محاسبه حجم قرار می‌گیرد. در صورت عدم وجود اطلاعات کافی، استفاده از جدول (۳-۲) توصیه می‌شود.

جدول ۳-۲- حجم ذخیره آتش‌نشانی برحسب نوع بافت شهری و تراکم در محدوده تحت پوشش هر مخزن [۲۷]

ردیف	نوع بافت شهری	حجم ذخیره آتش‌نشانی (مترمکعب)
۱	مسکونی با تراکم بسیار کم	۱۱۵
۲	مسکونی با تراکم کم	۲۲۵
۳	مسکونی تا چهار طبقه و تجاری	۴۵۰
۴	مسکونی با بیش از چهار طبقه و تجاری	۹۰۰
۵	مناطق تولیدی و کارگاه‌های صنعتی	۱۸۰۰
۶	مناطق تجاری، عمومی و صنعتی با احتمال خطر زیاد	۳۶۰۰

تبصره: برای مخازنی که انواع مختلف بافت شهری را زیر پوشش قرار می‌دهند بالاترین رقم پیشنهادی در جدول (۳-۲) جهت اطفای حریق برای تعیین حجم مورد نیاز آتش‌نشانی انتخاب شود.

ج- حجم مورد نیاز برای ذخیره اضطراری

این حجم باید قادر باشد درصورت قطع شدن جریان آب ورودی به مخازن، به‌دلایل مختلف ازجمله شکستگی و صدمات وارده به خطوط آبرسانی یا از کار افتادن الکتروپمپ‌ها و انجام تعمیرات و غیره، آب مورد نیاز شبکه مربوطه را تامین کند. عواملی که موجب افزایش این حجم می‌شود به‌شرح زیر است:

- منحصر به‌فرد بودن منبع تامین آب

- منحصر به‌فرد بودن خط انتقال و طول زیاد آن
- سختی دسترسی به خط انتقال یا محل تامین آب
- احتمال زیاد قطع برق و نداشتن سیستم برق اضطراری در مواردی که از الکتروپمپ استفاده می‌شود
- میزان آسیب‌پذیری تاسیسات آبرسانی
- حساسیت شهر و منطقه از نظر پدافند غیرعامل
- محدودیت امکانات و اجرای تعمیرات سریع خطوط و یا سایر تاسیسات آبرسانی (زمان متعارف برای اطلاع‌رسانی و انجام تعمیرات به شرح جدول (۳-۳) است)

جدول ۳-۳- زمان متعارف برای اطلاع رسانی و انجام تعمیرات [۷۲]

ردیف	شرح فعالیت	زمان (ساعت)
۱	اطلاع رسانی	۰/۵
۲	بستن شیر و ایزوله کردن	۲
۳	تعمیرات (اقطار ۳۰۰ تا ۶۰۰ میلی‌متر)	۶ تا ۸
۴	تعمیرات (اقطار بالای ۶۰۰ میلی‌متر)	۸ تا ۱۲
۵	گندزدایی و پر کردن مجدد خط لوله	۴-۲

حجم مورد نیاز برای ذخیره اضطراری با توجه به عوامل بالا تعیین می‌شود و این مقدار نباید از ۲۰ درصد حداکثر مصرف روزانه شبکه مزبور در پایان دوره طرح کم‌تر باشد.

د- حجم مورد نیاز برای بهینه سازی مصرف انرژی

این حجم برای مخازنی که از طریق پمپاژ تغذیه می‌شوند در نظر گرفته می‌شود. حجم مورد نیاز با توجه به مدت زمان اوج مصرف برق برای جبران خاموشی برنامه‌ریزی شده الکتروپمپ‌ها درشهرها یا روستاها و با هدف بهینه‌سازی در مصرف انرژی تعیین می‌شود.

تبصره: حجم به‌دست آمده از این بند با مقدار حجم ذخیره اضطراری مقایسه و بزرگ‌ترین مقدار ملاک محاسبه قرارگیرد.

هـ- حجم مفید مخازن در انتهای دوره طرح

حجم مفید مخازن با توجه به چهار قسمت الف تا د این بخش تعیین می‌شود و درصورت نبودن اطلاعات کافی، در شرایط معمولی این حجم بین ۵۰ تا ۸۰ درصد حداکثر مصرف روزانه پیش‌بینی شده در پایان دوره طرح توصیه می‌شود.

تبصره ۱- درصورتی‌که عوامل ذکر شده در بند ج این بخش مناسب باشد، حجم مفید مخزن را می‌توان تا ۴۰ درصد حداکثر مصرف روزانه کاهش داد.

تبصره ۲- در موارد خاص، از جمله نامساعد بودن شرایط ذکر شده در قسمت‌های ج و د این بخش، می‌توان با توجیه کافی حجم بیش‌تری انتخاب کرد.

تبصره ۳- لازم است پس از تعیین حجم مفید مخازن ذخیره زمینی مفاد نشریه‌های مربوط به طراحی معماری و سازه و همچنین رعایت حفاظت کیفی آب مدنظر قرار گیرد.

۳-۸-۱-۱-۲- مخازن تعادل

این مخازن جهت ذخیره موردنیاز برای ایجاد تعادل بین ورودی و خروجی آب به مخزن، بهینه‌سازی مصرف انرژی در خطوط انتقال به‌صورت پمپاژ و اصلاح شرایط هیدرولیکی خط انتقال، درنظرگرفته می‌شود. حجم مخازن تعادل به مدت زمان پیک مصرف برق و جبران خاموشی برنامه‌ریزی شده الکتروپمپ‌ها جهت بهینه‌سازی مصرف انرژی، زمان استراحت تلمبه‌ها و به مدت زمان لازم برای تعمیرات خط انتقال در صورت بروز حوادث بستگی دارد. به هرصورت تصمیم‌گیری در خصوص تعیین زمان مذکور بستگی به اهمیت طرح، میزان سرمایه‌گذاری، بالا بردن قابلیت مانور و قابلیت اطمینان و ... دارد. توصیه می‌شود حجم مخزن تعادل، بسته به حجم آب انتقالی و قضاوت مهندسی، معادل ۰/۵ تا ۲ ساعت حداکثر مصرف روزانه محاسبه شود.

تذکر: در موارد استحصال آب از منابع آب زیرزمینی، مخزن تعادل به‌عنوان مخزن جمع‌آوری آب تلقی می‌شود. در شرایطی که منابع تامین آب شهر یا روستا از منابع آب زیرزمینی باشد، ضروری است مخزن جمع‌آوری آب در طراحی لحاظ شود. حجم مخازن جمع‌آوری براساس اختلاف بین بده پمپاژ آب ورودی و خروجی از مخزن در طی مدت زمان قطع پمپاژ خروجی محاسبه می‌شود.

۳-۸-۱-۱-۳- مخازن آب خام

درصورتی‌که به لحاظ تغییرات در کمیت و یا کیفیت آب، امکان برداشت از منابع طبیعی به‌صورت پیوسته و یکسان میسر نبوده و بنابه شرایط فنی و اقتصادی طرح، تامین آب به‌طور پیوسته مورد نظر باشد، باید ذخیره کافی جهت تامین آب خام پیش‌بینی شود. حجم این مخازن با توجه به محدودیت‌های برداشت از منابع طبیعی و حجم مخازن ذخیره آب تصفیه شده انتخاب می‌شود.

۳-۸-۲- مخازن هوایی

مخازن هوایی اساسا جهت تامین فشار آب در شبکه توزیع مناطقی که در سطح شهر یا روستا اختلاف ارتفاع قابل توجهی وجود ندارد، احداث می‌شوند. علاوه بر تامین فشار آب، از این مخازن می‌توان جهت ایجاد حجم ذخیره به منظور جبران نوسانات مصرف و یا ایجاد حجم تعادلی بین ورودی و خروجی به آن، استفاده کرد.

۳-۸-۲-۱- تعیین حجم مخازن هوایی

حجم مخازن هوایی که بنا بر شرایط خاص محلی و بررسی‌های اقتصادی به منظور جبران نوسانات ساعتی و تامین فشار شبکه ساخته می‌شود تابع آنچه در بند ۳-۸-۱-۱ تشریح شد، می‌باشد. در صورت وجود مخازن زمینی و لزوم ساختن مخازن هوایی جهت تامین فشار، برای تعیین حجم مورد نیاز جهت جبران نوسانات مصرف، لازم است مصرف در طول ساعات مختلف شبانه‌روز اندازه‌گیری شده و درصورت عدم امکان اندازه‌گیری، از اطلاعات مربوط به شهرها یا روستاهای مجاور استفاده شود. با استفاده از اطلاعات مصرف در ساعات مختلف شبانه روز می‌توان جدول و یا منحنی تغییرات ساعتی مصرف را تهیه کرد. با توجه به رژیم انتخاب شده جهت پمپاژ آب به منبع هوایی و تفسیر اختلاف بین پمپاژ و مصرف در ساعات مختلف و در زمان حداکثر مصرف روزانه، می‌توان حجم مورد نیاز جهت جبران نوسانات مصرف را تعیین کرد.

معمولا برای شهرهای بزرگ حجم به‌دست آمده از این روش، غیراقتصادی است. لذا جهت تعیین حجم مخازن هوایی توصیه می‌شود که اختلاف بین بده پمپاژ به منبع هوایی و بده جریان خروجی در ساعات پیک مصرف برای مدت زمان معینی مثلا ۱ تا ۲ ساعت ملاک قرار گیرد. معمولا حجم مفید مخازن هوایی بین ۲ تا ۴ درصد حداکثر مصرف روزانه پیش‌بینی شده در پایان دوره طرح انتخاب می‌شود. لازم است بین روش‌های یادشده، مقایسه فنی و اقتصادی صورت گیرد تا بتوان به‌طور قطعی حجم مخزن هوایی را تعیین کرد.

تبصره ۱: در مواردی که وسعت شبکه زیر پوشش، کم یا شرایط نامساعد باشد، با توجیهات کافی می‌توان حجم بیش‌تری را انتخاب کرد.

تبصره ۲: در مناطق سرد یا کوهستانی، لازم است جهت حفاظت از یخ زدگی آب در مخازن هوایی کوچک، تمهیدات خاص در این خصوص رعایت شود.

تبصره ۳: در روستاهای کم جمعیت می‌توان حجم ذخیره را هم در منبع هوایی در صورت وجود توجیه اقتصادی درنظر گرفت.

فصل ۴

نکاتی اجمالی در مورد تصفیه‌خانه آب

٤-١- معیارهای قابل بررسی برای جانمایی تصفیه‌خانه آب در سامانه‌های آبرسانی

نظر به این‌که تصفیه‌خانه آب از مراکز مهم در هر شهر یا روستا است، انتخاب محل مناسب تصفیه‌خانه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از این‌رو لازم است معیارهایی برای انتخاب محل مناسب درنظر گرفته شود. مهم‌ترین نکات و پارامترهایی که باید در انتخاب محل تصفیه‌خانه آب مورد توجه قرار گیرد به شرح زیر می‌باشد:

- فاصله مناسب از آبگیر
- وجود اختلاف ارتفاع مناسب از محل استقرار تصفیه‌خانه به منطقه تحت پوشش
- امکان توسعه آینده
- فاصله مناسب با محل مصرف
- دور بودن از منابع آلوده کننده مختلف صنعتی، انسانی و سایر منابع آلاینده
- امکان توسعه منابع آب بالا دست
- وجود راه و در دسترس بودن جاده و یا امکان احداث آن
- امکان تامین انرژی الکتریکی
- در حد امکان، زلزله‌خیز نبودن منطقه و فاصله مناسب از گسل‌ها
- فاصله مناسب از مسیل‌ها و بررسی امکان وقوع سیلاب
- بررسی وضعیت زمین‌شناسی (جنس زمین، قابلیت نفوذ و سطح آب‌های زیرزمینی)
- امکان دفع مواد زاید و پساب لجن و سرریز تصفیه‌خانه
- رعایت ملاحظات پدافند غیرعامل
- امکان تملک اراضی
- بررسی اثرات زیست محیطی
- ابعاد و شکل زمین
- نیازهای آبی در بین مسیر
- قیمت زمین
- امکان رسوب‌گذاری در لوله
- هزینه بهره‌برداری، نگهداری و راهبری (با توجه به فاصله)
- هزینه‌های اجرایی
- تامین نیروهای متخصص (با توجه به فاصله)
- مرحله‌بندی و تعداد فازهای اجرایی در طول دوره طرح

تذکر: در مورد انتخاب بهترین محل احداث تصفیه‌خانه استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره AHP[1] پیشنهاد می‌شود. برای آشنایی بیش‌تر با نحوه استفاده از این روش به پیوست ۶ رجوع شود.

٤-۲- معیارهای تعیین ظرفیت تصفیه‌خانه آب

ظرفیت تصفیه‌خانه آب براساس حداکثر نیاز روزانه در پایان دوره طرح تعیین می‌شود. به‌منظور تعیین ظرفیت تصفیه‌خانه به‌صورت زیر عمل می‌شود:

- تعیین دوره طرح و مراحل مختلف اجرای طرح
- برآورد جمعیت در سال شروع و پیش‌بینی جمعیت از ابتدا تا انتهای دوره طرح در دوره‌های ۵ ساله
- تعیین مصرف سرانه کل از ابتدا تا انتهای دوره طرح در دوره‌های ۵ ساله
- برآورد نیاز آبی از ابتدا تا انتهای دوره طرح در دوره‌های ۵ ساله
- انتخاب ضریب حداکثر روزانه و محاسبه حداکثر نیاز آبی روزانه از ابتدا تا انتهای دوره طرح در دوره‌های ۵ ساله
- میزان تخصیص آب از منابع مختلف مورد استفاده
- قابل اطمینان بودن منبع آب
- بررسی اقتصادی مدول‌بندی تصفیه‌خانه‌ها

سطح تصفیه‌خانه به‌طور تقریبی از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$A = 3.66\ Q^{0.7} \qquad (۱-۴)$$

که A= سطح مفید تصفیه خانه برحسب هکتار و Q = ظرفیت نهایی تصفیه‌خانه برحسب مترمکعب بر ثانیه. لازم به ذکر است سطح فضای سبز، معابر و سایر تاسیسات باید به سطح فوق اضافه شود.

یادآوری: فرمول ۴-۱ مربوط به سطح مفید تصفیه‌خانه‌های متعارف بوده و برای تصفیه‌خانه‌های خاص این مقدار بر اساس حجم و کیفیت آب و نوع فرایند تصفیه مشخص می‌شود.

٤-۳- نکات قابل توجه به‌منظور هماهنگی تصفیه‌خانه‌ها و سایر تاسیسات طرح آبرسانی از نظر کمی، کیفی و هیدرولیکی

از نکات مهم در هماهنگی تصفیه‌خانه و سایر تاسیسات طرح آبرسانی، ارتباط بین تصفیه‌خانه آب و منابع از نظر پارامترهای مختلف است. از نظر کمی، علاوه بر تامین مقدار نیاز آبی، حجم منابع آب قابل دسترس (تخصیص آب) و با کیفیت مناسب، در تعیین ظرفیت تصفیه‌خانه آب دخالت دارد. از نظر کیفی نیز انتخاب نوع فرآیند مناسب در تصفیه‌خانه بستگی به کیفیت منابع آب دارد. همچنین شیب هیدرولیکی مناسب بین منابع آب و تصفیه‌خانه در انتخاب محل تصفیه‌خانه موثر است. علاوه بر منبع تامین آب، محل احداث تصفیه‌خانه باید به‌نحوی انتخاب شود که درصورت امکان آب خروجی از تصفیه خانه به‌طور ثقلی به مخازن انتقال یابد.

1- Analytic Hierarchy Process

تذکر: در این فصل تنها به نکاتی اجمالی در مورد تصفیه‌خانه آب اشاره شده و برای آشنایی با ضوابط و معیارهای طراحی تصفیه‌خانه باید به نشریات و استانداردهای مربوطه مراجعه شود.

فصل ۵

مبانی طراحی سامانه توزیع

۵-۱- تعریف شبکه توزیع

شبکه توزیع عبارت است از مجموعه تاسیساتی که در کنار هم امکان توزیع و هدایت آب را از محل ذخیره یا تولید به طرف مصرف‌کنندگان (مشترکین) به مقدار لازم و با حداقل فشار مورد نیاز فراهم می‌سازد و آب را به محل مشترکین توزیع می‌کند. به‌طور کلی اجزای یک شبکه توزیع شامل خطوط یا خط لوله کلیدی خروجی از مخزن یا مخازن مختلف، لوله‌های اصلی تشکیل دهنده ساختار اصلی شبکه و نیز خطوط لوله فرعی که آب را به نقاط مصرف توزیع کرده و در انتهای آن انشعابات مشترکین می‌باشد که آب را از خطوط لوله فرعی در اختیار مصرف کننده قرار می‌دهد. معمولا با توجه به وسعت و اهمیت شبکه و تراکم جمعیت و تعداد مشترکین، لوله‌های اصلی و فرعی از هم تفکیک می‌شوند. در کنار خطوط لوله مختلف، تجهیزات دیگری از جمله: تلمبه‌ها، شیرآلات مختلف، اتصالات و حوضچه‌های مختلف زیرزمینی نیز وجود دارند که نقش حفاظت و کنترل فشار و جریان آب را در شبکه توزیع به‌عهده دارند. این تجهیزات، عملیات راهبری، نگهداری و تعمیرات را به‌خصوص در زمان بروز حوادث تسهیل می‌کنند. در این بخش ضوابط طراحی شبکه توزیع و نکات و اصولی که باید مدنظر قرار گیرد به‌شرح زیر ارائه می‌شود.

۵-۲- انواع شبکه توزیع آب از نظر آرایش خطوط لوله و هیدرولیک

- شبکه شاخه‌ای: این نوع شبکه از یک یا چند خط اصلی تشکیل شده است که خطوط فرعی مانند شاخه‌های درخت از آن منشعب می‌شوند تا سرانجام به‌دست مصرف کننده برسد. جهت جریان درتمام ساعات درکلیه لوله‌ها ثابت و از مخزن به سمت مصرف کننده می‌باشد.
- شبکه حلقوی: این نوع شبکه از حداقل دو لوله که به‌صورت یک حلقه به‌هم ارتباط داشته باشند تشکیل شده است.
- شبکه درهم: دراین نوع شبکه آرایش لوله‌ها به‌صورت ترکیبی از شبکه‌های شاخه‌ای و حلقوی می‌باشد.

۵-۲-۱- منطقه‌بندی[1] شبکه توزیع از نظر فشار و مساحت زیرپوشش و تعداد انشعابات

به‌منظور انجام و اجرای صحیح مدیریت توزیع و مدیریت فشار در سطح شبکه توزیع و کاهش حوادث و تلفات واقعی و نیز سهولت کنترل و بهره‌برداری صحیح از آن در طول دوره طرح، ضروری است شبکه منطقه‌بندی شود. جهت انجام منطقه‌بندی توجه به نکات زیر لازم است:

گستردگی شبکه، حجم مخازن موجود و طرح‌های توسعه آن، توپوگرافی شهر یا روستا، محدودیت‌های فنی و محل منبع تامین آب. به‌این منظور از شیوه‌های مختلفی نظیر منطقه‌بندی شبکه با مخازن، تغییر فشار و یا تلفیق این دو استفاده می‌شود.

به‌منظور تامین حداقل فشار و جلوگیری از افزایش فشار که منجر به افزایش حوادث و تلفات آب و استفاده غیرضروری از آب می‌شود لازم است مدیریت فشار به‌وسیله انتخاب مناسب محل مخزن و منطقه‌بندی فشاری شبکه انجام شود.

1- Zoning

۵-۲-۱-۱- منطقه‌بندی مخازن

با توجه به آن‌که یکی از وظایف مخازن ذخیره، تامین و متعادل‌سازی فشار در شبکه توزیع است، برای تحقق این امر، محل مخازن ذخیره و توزیع باید در حدامکان نزدیک به مراکز مصرف انتخاب شوند. درصورت داشتن توپوگرافی مناسب در سطح شهر یا روستا، جهت تامین فشار، مخازن باید در ارتفاعی احداث شوند که حداقل فشار آب در زمان مصرف حداکثر لحظه‌ای و در بالاترین تراز ارتفاعی مصرف‌کنندگان، برقرار شود، ضمن آن‌که اختلاف ارتفاع بین محل مخزن تا پایین‌ترین تراز ارتفاعی مصرف‌کنندگان نباید از حداکثر مجاز تجاوز کند. به‌این ترتیب برای نقاط با اختلاف ارتفاع بیش از ۵۰ متر نسبت به محل مخازن ذخیره و تامین فشار، لازم است مخازن دیگری در تراز مناسب درنظر گرفته شود.

لازم به ذکر است که جهت جلوگیری از ساخت مخازن متعدد که مشکلات عدیده‌ای را در بهره‌برداری و نگهداری برای بهره‌بردار به‌وجود می‌آورد، می‌توان به‌وسیله نصب شیرهای فشارشکن بر روی خطوط لوله‌ای که از مرز دو منطقه فشاری مختلف عبور می‌کند و نقش کلیدی در تغذیه منطقه فشاری پایین‌تر از خود دارند، شبکه توزیع آب دو منطقه مجاور را به یکدیگر مرتبط ساخت.

نکته مهم: در منطقه‌بندی مخازن، به‌خصوص در طرح‌های توسعه شبکه‌های موجود، لازم است سطح تحت پوشش مخازن با توجه به حجم آن و یا امکان توسعه آن تعیین شود.

تذکر: در شهرهای بزرگ و پرجمعیت ضروری است برای رعایت ضوابط پدافند غیرعامل و مدیریت بهینه بهره‌برداری (مدیریت فشار، مدیریت توزیع و ...) از مخازن متعدد هم‌تراز و یا غیر هم‌تراز استفاده شود.

۵-۲-۱-۲- منطقه‌بندی فشار

در شبکه‌های توزیع آب موجود یا در مطالعات طرح‌های توسعه تاسیسات و شبکه توزیع آب شهرها و روستاهایی که اختلاف زیاد در سطح شهر یا روستا وجود دارد، انجام منطقه‌بندی فشار شبکه ضروری است. منطقه‌بندی فشار در سطح شبکه عبارت است از کلیه اقداماتی که باعث محدود نگه‌داشتن فشار در حد استاندارد و یا مدیریت فشار می‌شود.

جهت اجرای طرح منطقه‌بندی فشار، لازم است با توجه به نقشه‌های مناسب با ترازهای ارتفاعی از وضعیت شهرسازی و شبکه توزیع، حجم، تراز ارتفاعی و حداکثر تراز آب مخزن و نیز رعایت محدودیت فنی فشار آب، خطوط جداکننده فشار در حالت استاتیک ترسیم و پس از آن با شناسایی کامل موقعیت لوله‌های موجود در مرزهای این خطوط نسبت به قطع یا عدم ارتباط خطوط لوله بین دو منطقه هم‌جوار اقدام شود.

از آنجایی که ساخت مخازن متعدد در ترازهای مختلف جهت ذخیره و تامین فشار هر یک از منطقه‌ها مشکلات عدیده‌ای را در تهیه و استملاک زمین، آبرسانی به مخازن متعدد، سرمایه‌گذاری اولیه و نیز بهره‌برداری و نگهداری برای شرکتهای آب و فاضلاب به‌وجود می‌آورد، لذا به‌عنوان یک راه‌حل اساسی می‌توان با استفاده از نصب شیرهای فشارشکن برروی خطوط لوله اصلی که از مرز دو منطقه فشاری عبور می‌کند و نقش کلیدی در تغذیه شبکه توزیع منطقه فشاری پایین‌تر از خود دارد، شبکه توزیع آب دو منطقه فشاری مجاور را به یکدیگر مرتبط کرد.

تذکر: تعداد مناطق فشاری تحت پوشش یک مخزن معمولا با توجه به کلاس فشاری لوله‌های شبکه توزیع و احتمال از کار افتادن شیر فشارشکن تعیین می‌شود (لازم به‌ذکر است که شیرهای فشارشکن به‌صورت دوتایی و موازی اجرا می شوند). به‌این ترتیب برای شبکه‌های توزیع منطقه تحت پوشش هر مخزن، حداکثر بین سه تا پنج ناحیه فشاری توصیه می‌شود.

۵-۳- هیدرولیک شبکه توزیع آب و مبانی فنی طراحی

در این بخش ضوابط لازم در خصوص بده، فشار، سرعت و قطر لوله‌ها در زمان طراحی ارائه می‌شود. اعداد ارائه شده در مورد فشار، سرعت و قطر لوله‌ها با توجه به تامین نیازها در حد مناسب و به‌منظور صرفه‌جویی در مصرف آب و به حداقل رساندن تلفات آب تعیین شده است.

۵-۳-۱- بده (دبی)

شبکه‌های توزیع باید با توجه به دو مورد زیر طراحی شوند:

الف- براساس بده حداکثر مصرف ساعتی و با توجه به حداقل فشار مورد نیاز محاسبه شود.

ب- براساس بده حداکثر مصرف روزانه به اضافه مصارف آتش‌نشانی با توجه به بند ۵-۵-۵-۱-۳ (فشارهای مجاز شبکه برای آتش‌نشانی) کنترل شود.

۵-۳-۲- فشار آب در شبکه

با توجه به این‌که اضافه شدن فشار در شبکه توزیع موجب ازدیاد مصارف ناخواسته، افزایش نشت و حوادث می‌شود، باید دیدگاه کلی در طراحی شبکه‌های توزیع به‌صورتی باشد که با درنظر داشتن جنبه‌های فنی و اقتصادی، فشار در سطوح عمده تحت پوشش، با رعایت مقادیر حداقل لازم، کم‌ترین مقدار ممکن باشد.

۵-۳-۲-۱- حداکثر فشار مجاز

با توجه به کیفیت اجرای شبکه‌های توزیع آب و لوله‌کشی‌های داخل ساختمان‌ها در ایران، حداکثر فشار مجاز شبکه برابر ۵ بار توصیه می‌شود (معادل اختلاف ارتفاع حداکثر تراز آب مخزن و پایین ترین تراز ارتفاعی مصرف‌کنندگان).

تبصره: درصورتی‌که با توجه به وضع توپوگرافی منطقه، محدودیت فوق مشکلاتی ایجاد کرده یا با اضافه هزینه قابل ملاحظه‌ای همراه باشد، می‌توان با توجیه کافی، در مناطقی از شبکه، حداکثر فشار تا ۶ بار را مجاز دانست.

۵-۳-۲-۲- حداقل فشار مجاز

حداقل فشار مجاز در شبکه‌های توزیع آب باید به اندازه‌ای باشد که با توجه به افت فشارهای شبکه و لوله‌کشی داخل ساختمان و همچنین تغییرات سطح آب در مخازن، در بالاترین نقطه برداشت در ساختمان‌ها (پشت بام)، حداقل فشار از ۰/۳ بار کم‌تر نباشد.

حداقل فشار مجاز شبکه برای ساختمان‌های یک طبقه برابر ۱/۴ بار (در محل انشعاب – پشت کنتور) است و برای هر طبقه اضافی جهت تامین ارتفاع و افت فشارهای لوله‌های داخلی ساختمان، ۰/۴ بار به عدد فوق افزوده می‌شود.

تبصره ۱: با توجه به شرایط ایران حداکثر طبقاتی که فشار آب آنها باید مستقیما از شبکه تامین شود، معمولا چهار طبقه است. در ساختمان‌های مرتفع برای تامین فشار مورد نیاز باید از تاسیسات داخلی استفاده شود. بنابراین بسته به تعداد طبقات، حداقل فشار مورد نیاز در محدوده ۱/۴ تا ۲/۶ بار می‌باشد.

لازم به ذکر است که در این نشریه حداقل فشار، ۳ متر ستون آب در بالاترین نقطه مصرف یعنی روی بام ساختمان‌ها و اماکن در نظر گرفته شده است.

حداقل فشار در زمان مصرف آب برای اطفای حریق در گره‌های اطراف محل اطفای حریق نباید کم‌تر از ۵ متر ستون آب (۰/۵ بار) باشد.

۵-۳-۳- سرعت آب در شبکه توزیع

به‌منظور جلوگیری از افت فشار بیش از حد ناشی از اصطکاک زیاد، حفظ آب‌بندی لوله‌ها و متعلقات و کاهش تنش در محل اتصالات، حداکثر سرعت مجاز در شبکه‌های توزیع آب به‌طور معمول ۲ متر بر ثانیه و در مواقع برداشت بده آتش‌نشانی برابر ۲/۵ متر بر ثانیه توصیه می‌شود. به منظور جلوگیری از رسوب‌گذاری در لوله‌ها و تغییر شرایط کیفی آب از جمله بو و مزه، حداقل سرعت آب در شبکه‌های توزیع ۰/۳ متر بر ثانیه توصیه می‌شود. درصورتی‌که به‌دلیل رعایت قطر حداقل و یا استفاده از لوله‌های موجود در طراحی، سرعت کم‌تر از ۰/۳ متر بر ثانیه باشد، عدم رعایت حداقل سرعت در این شرایط خاص بلامانع است. در هرحال برای خطوط طراحی شده براساس بده حداکثر ساعتی، سرعت خطوط لوله با اقطار بیش‌تر از حداقل قطر، نباید کم‌تر از ۰/۳ متر بر ثانیه شود.

۵-۳-٤- انتخاب قطر لوله

به‌منظور صرفه‌جویی اقتصادی باید حداقل قطر مورد نیاز برای لوله‌های شبکه انتخاب شود، به‌نحوی که جایگزینی قطرهای کوچک‌تر از آن موجب کاهش فشار شبکه از حداقل مجاز آن شود. حداقل قطر برای لوله‌های دارای شیر آتش‌نشانی و یا فاقد آن به شرح زیر است:

- حداقل قطر داخلی در لوله‌های فاقد شیر آتش‌نشانی معادل ۸۰ میلی‌متر برای شهرها و ۵۰ میلی‌متر برای کوچه‌های بن‌بست و همچنین روستاها توصیه می‌شود.
- حداقل قطر داخلی در لوله‌های دارای شیر آتش‌نشانی با توجه به ضوابط نیازهای آتش‌نشانی تعیین می‌شود و نباید از ۱۰۰ میلی‌متر کم‌تر باشد. حداقل قطر داخلی باید با محاسبات مصرف آتش‌نشانی و برقراری حداقل فشار در شبکه کنترل شود.
- در مواردی که فشار آب با رعایت حداقل قطر به‌دلیل توپوگرافی موجود، بیش از حداقل فشار مجاز شبکه است و محاسبات مصرف آتش‌نشانی نیز برقراری حداقل فشار در شبکه را نشان می‌دهد، می‌توان از لوله ۸۰ میلی‌متر برای نصب شیر آتش‌نشانی استفاده کرد.

۵-۳-۵- ضریب زبری

در انتخاب ضریب زبری لوله‌ها باید جنس لوله و پوشش داخلی آن، تعداد اتصالات و شیرآلات، کیفیت آب و تاثیری که افزایش عمر لوله بر ضریب زبری خواهد داشت مورد توجه قرار گیرد. در مراجع مختلف برای ضریب زبری براساس جنس، پوشش داخلی و عمر لوله، اعداد مختلفی پیشنهاد شده است. به‌طور کلی ضریب زبری لوله با توجه به تجربه طراح، مراجع موجود، فناوری ساخت لوله در زمان طراحی شبکه، کیفیت آب، کیفیت و جنس لوله و درنظر گرفتن وضعیت لوله در انتهای دوره طرح انتخاب می‌شود.

۵-٤- کیفیت و پایش‌های لازم آب تولید شده

پارامترها و شاخص‌های فیزیکی، شیمیایی و میکروبیولوژیکی آب در شبکه‌های توزیع باید از محدوده مجاز ارائه شده در استاندارد کیفیت آب آشامیدنی (نشریه ۳-۱۱۶) تجاوز نکند. همچنین با توجه به این‌که کلر از مهم‌ترین مواد گندزدا در شبکه‌های توزیع آب است، طراحی شبکه با توجه به وضعیت سرعت در لوله‌ها، تعداد نقاط کلرزنی، زمان‌های کلرزنی و نرخ تزریق کلر در هر نقطه باید به‌گونه‌ای باشد که مطابق استاندارد نشریه ۱۰۵۳ سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران (ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آب آشامیدنی) مقدار کلر باقی‌مانده در هیچ زمان و هیچ نقطه‌ای از شبکه (با توجه به pH آب) کم‌تر از ۰/۲ تا ۰/۴ میلی‌گرم بر لیتر نباشد. مقدار توصیه شده کلر آزاد باقی‌مانده پس از نیم ساعت زمان تماس در شرایط عادی، ۰/۵ تا ۰/۸ میلی‌گرم بر لیتر در انتهای شبکه با توجه به pH آب و در شرایط اضطراری، همه‌گیری بیماری‌های روده‌ای و بلایای طبیعی یک میلی‌گرم بر لیتر است. در هر صورت باید دقت شود که کلر باقی‌مانده کم‌تر از حد مجاز، باعث خطر بروز آلودگی میکروبی می‌شود. از آنجا که کلر باقی‌مانده زیاد، باعث بوی نامطبوع، خطر بروز مسمومیت و همچنین تشکیل تری‌هالومتان (بسته به کیفیت آب) و افزایش خطر سرطانزایی می‌شود، در شرایط عادی در هیچ‌یک از نقاط شبکه نباید مقدار کلر باقی‌مانده از ۱ تا ۱/۲ میلی‌گرم بر لیتر بیش‌تر شود. به‌همین منظور باید بر اساس مندرجات نشریه ۴۳ طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور (بررسی وضعیت کلرزنی آب مشروب در کشور)، نسبت به نمونه‌برداری منظم و متوالی از شبکه به منظور اندازه‌گیری کلر باقی‌مانده در نقاط مختلف شبکه اقدام کرد. همچنین با گسترش دامنه استفاده از نرم‌افزارهای تحلیل هیدرولیکی و کیفی در شرایط بهره‌برداری شبکه‌های توزیع آب می‌توان در کنار اندازه‌گیری‌های میدانی، مقادیر کلر باقی‌مانده در تمام گره‌های شبکه و در تمامی ساعات دوره زمانی مشخص را محاسبه نمود و با پایش مستمر این مقادیر، زمان و مقدار تزریق کلر در نقاط کلرزنی را تعیین و تنظیم کرد.

۵-۵- اجزای اصلی شبکه توزیع

۵-۵-۱- خطوط اصلی و فرعی توزیع آب، خطوط کمربندی

تعریف شبکه اصلی: شبکه اصلی به‌عنوان لوله‌های اصلی، وظیفه توزیع آب به مناطق مختلف شبکه را برعهده دارد و دارای خصوصیات زیر است:

- عموما حلقوی بوده و در این‌صورت با قطع جریان آب در یک لوله اصلی، سایر بخش‌های شبکه، دارای آب است.
- حداقل قطر داخلی شبکه اصلی برای روستاها و شهرها (بسته به وسعت آن) از ۵۰ میلی‌متر (برای لوله‌های فاقد شیر آتش‌نشانی) تا ۲۵۰ میلی‌متر است.
- شبکه اصلی معمولا از معابر اصلی عبور می‌کند.
- طراحی شبکه معمولا با توجه به لوله‌های اصلی شبکه انجام می‌شود.
- شبکه‌های فرعی از شبکه اصلی انشعاب می‌گیرند.
- تعریف شبکه فرعی: شبکه فرعی، وظیفه توزیع آب به مشترکین را بر عهده دارد و دارای خصوصیات زیر است:
- کلیه انشعابات بر روی شبکه فرعی نصب می‌شود.

- حداکثر تعداد انشعابات روی یک شاخه از شبکه فرعی ۱۵۰ رشته است.
- حداکثر قطر آن ۲۵۰ میلی‌متر است.

تعریف خطوط کمربندی: خطوط کمربندی بخشی از خطوط لوله اصلی شبکه توزیع است که با توجه به شرایط شهرسازی (از نظر وجود معابر کمربندی)، منطقه تحت پوشش یک مخزن را محصور می‌کند.

۵-۵-۲- مخازن زمینی و هوایی

تعاریف و ضوابط طراحی استفاده از مخازن زمینی و هوایی در بخش ۳-۸ این نشریه ارائه شده است.

۵-۵-۳- سیستم‌های تامین فشار

در شبکه توزیع مناطقی از شهر یا روستا که اختلاف ارتفاع کافی برای ایجاد فشار آب توسط مخازن زمینی مرتفع وجود ندارد، به منظور تامین فشار از سه روش زیر استفاده می‌شود:

- احداث منابع هوایی با حجم و ارتفاع مناسب، متناسب با وسعت شبکه توزیع تحت پوشش آن: در این روش، آب از خروجی مخزن جمع‌آوری یا ذخیره، مستقیما به منبع هوایی پمپاژ می‌شود. خروجی منبع هوایی نیز به شبکه توزیع، مرتبط شده و فشار آب یکنواختی را در سطح شهر یا روستا تامین می‌کند. کارکرد این سیستم به‌صورت یکنواخت بوده و استهلاک سیستم و هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری آن به‌طور نسبی از روش‌های دیگر کم‌تر است.
- استفاده از سیستم مشترک پمپاژ و منبع هوایی: در این روش آب از خروجی مخزن جمع‌آوری یا ذخیره، توسط تلمبه‌خانه هم‌جوار آن مستقیما به شبکه توزیع پمپاژ می‌شود. از طرفی به دلیل ارتباط شبکه توزیع با منبع هوایی، در ساعات مصرف کم آب در طول شبانه روز، مازاد آب پمپاژ شده وارد منبع هوایی شده و در صورت پرشدن منبع، فرمان قطع کارکرد الکتروپمپ‌ها در تلمبه‌خانه صادر می‌شود. در این روش به دلیل تغییرات مصرف در سطح شبکه توزیع (در ساعات مختلف شبانه‌روز) و در صورت متناسب نبودن حجم ذخیره منبع هوایی با حجم لازم جهت جبران نوسانات مصرف، فشار متغیر در شبکه ایجاد خواهد شد. در نتیجه ایجاد فشار متغیر، کارکرد سیستم به‌صورت غیریکنواخت درآمده و استهلاک سیستم و هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری از آن بالا خواهد رفت. قطع جریان برق، یا خاموش و روشن شدن الکتروپمپ‌ها و ایجاد جریان متغیر و ناپایدار در شبکه توزیع، سبب افزایش حوادث بر روی خطوط لوله و انشعابات شبکه می‌شود.
- استفاده از سیستم پمپاژ مستقیم به شبکه توزیع: در این روش به‌جای استفاده از منبع هوایی، آب از خروجی مخزن جمع‌آوری و ذخیره و یا چاه، مستقیما به شبکه توزیع پمپاژ می‌شود. این روش معمولا در شبکه‌هایی که اختلاف ارتفاع زمین کم بوده، بنا به ضرورت تا آماده شدن منبع هوایی یا مخازن زمینی مرتفع یا طرح‌های توسعه و ناحیه‌بندی، برای رفع کمبود فشار و تامین نیاز آبی شبکه، به‌صورت موقت و کوتاه مدت مورد استفاده قرار می‌گیرد. به‌دلیل بروز نوسانات مصرف در ساعات مختلف شبانه‌روز، توصیه می‌شود جریان پمپاژ به‌صورت غیریکنواخت برقرار شود. این موضوع علاوه بر نوسانات نامناسب فشار آب در سطح شبکه توزیع، سبب افزایش حوادث و استهلاک سیستم و بالا رفتن هزینه‌های بهره‌برداری، نگهداری و تعمیرات خواهد شد. در این روش، استفاده از الکتروپمپ‌های با دور متغیر می‌تواند تا حدودی از مشکلات بروز حوادث را کاهش دهد. اما به هرصورت، قطع ناگهانی جریان برق در شبکه نیز محتمل است که طبیعتا

برای شبکه‌های توزیع گسترده، مشکلاتی را در افزایش حوادث در پی دارد. در این‌گونه سیستم‌ها انتخاب نوع و مدل مناسب تلمبه‌ها از حساسیت خاصی برخوردار است. در نتیجه با انتخاب نوع و مدل نامناسب، در شبکه توزیع نوسانات شدید فشار ایجاد می‌شود.

تذکر: نوسانات زیاد و مداوم فشار نسبت به فشار بالا با نوسان کم، موجب استهلاک بیش‌تر شبکه توزیع می‌شود. لذا لازم است طراحی به نحوی انجام شود که از ایجاد نوسان بیش از حد فشار آب در شبکه توزیع جلوگیری شود.

تبصره: روش نخست از ارجحیت و قابلیت اطمینان بیش‌تری برخوردار بوده و روش‌های دوم و سوم بنا به ضرورت و با توجیه کافی و در صورت محدودیت اعتبارات و به منظور حداکثر استفاده از تاسیسات موجود می‌تواند انتخاب شود. برای طراحی تلمبه‌خانه‌های آب به نشریه ۴۷۰ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس‌جمهور (راهنمای طراحی تلمبه‌خانه‌های آب) مراجعه شود.

۵-۵-٤- انشعاب‌ها

انشعابات عبارت است از کلیه تجهیزاتی که به‌وسیله آن می‌توان آب را از شبکه توزیع به شبکه داخلی مشترکین هدایت کرد. در خطوط اصلی شبکه توزیع با قطر بیش از ۴۰۰ میلی‌متر باید از گرفتن هرگونه انشعاب خودداری شود. درصورت ضرورت، انشعابات از خط لوله‌ای که به موازات خط لوله اصلی اجرا می‌گردد گرفته می‌شود. لازم به ذکر است درصورتی‌که در شهرها یا روستاهای با جمعیت کم، قطر لوله اصلی تغذیه کننده بدنه شبکه توزیع کم‌تر از ۴۰۰ میلی‌متر باشد نیز باید از گرفتن انشعاب از آن خودداری شود تا شرایط لازم برای کنترل و پایش شبکه توزیع فراهم شود. به‌طور کلی توصیه می‌شود حداکثر قطر لوله انشعاب دهنده به ۱۵۰ تا ۲۰۰ میلی‌متر محدود شود.

تبصره: در هرصورت نباید از بدنه اصلی شبکه انشعاب گرفته شود.

انتخاب قطر مناسب برای لوله انشعاب بسیار مهم است. در انتخاب قطر لوله انشعاب، بده لحظه‌ای مصرف، حداقل فشار در محل انشعاب و افت فشار شبکه لوله‌کشی داخل ساختمان (در محدوده طبقات مورد تعهد شرکت تامین کننده آب) تاثیرگذار است. قطر لوله انشعاب باید کم‌تر از یک سوم قطر لوله شبکه شهری باشد. حداقل این قطر برای ساختمان‌های ویلایی ۳/۴ اینچ (۲۰ میلی‌متر)، ساختمان‌های چند طبقه یک اینچ (۲۵ میلی‌متر) و مشترکین تجاری کم مصرف ۱/۲ اینچ (۱۲ میلی‌متر) است.

تذکر: در خصوص انشعابات پرمصرف نظیر ساختمان‌های بلندمرتبه ضروری است مشترک نسبت به احداث مخزن بعد از محل کنتور اقدام نماید. تامین فشار آب داخل ساختمان این گونه انشعابات به‌عهده مشترک است و به‌هیچ عنوان پمپاژ مستقیم از شبکه مجاز نیست.

نظر به کوتاه بودن خطوط لوله مستقیم و تعدد پیچ و خم‌ها در شبکه داخلی ساختمان، افت فشار موضعی ناشی از زانویی‌ها و شیرفلکه‌ها، نسبت به افت فشار خطی لوله‌ها قابل صرف‌نظر کردن نیست. برای محاسبه افت فشار در شبکه آبرسانی داخل ساختمان از روش واحدی (بارگذاری) استفاده می‌شود.

یادآوری: برای آشنایی با جزئیات انشعابات منازل به استانداردهای مربوطه رجوع شود.

۵-۵-۵- تاسیسات و تجهیزات جنبی

۵-۵-۵-۱- ضوابط تامین نیازهای آتش‌نشانی

در مورد هر شهر یا روستا ابتدا باید آمار، اطلاعات و امکانات آتش‌نشانی محلی، در حال حاضر و در آینده بررسی شده و متناسب با آن، شبکه توزیع آب و شیرهای آتش‌نشانی مربوط طراحی شود.

۵-۵-۵-۱-۱- نوع شیرهای آتش‌نشانی

به‌طور کلی این شیرها به دو نوع ایستاده (رو زمینی) و زیرزمینی تقسیم‌بندی می‌شود. انتخاب نوع شیر به شرایط خاص محلی، آب و هوایی و توجیه فنی و اقتصادی بستگی دارد.

۵-۵-۵-۱-۲- فاصله شیرهای آتش‌نشانی

- در مناطقی که خطر آتش‌سوزی زیاد است (مثل مناطق حساس و متراکم تجاری و صنعتی، بازار و مناطق مسکونی با تراکم زیاد) فاصله شیرهای آتش‌نشانی باید به‌نحوی باشد که در هر نقطه بتوان حداکثر از فاصله ۷۵ متری (با کمک شیلنگ) آب مورد نیاز برای آتش‌نشانی را از شبکه توزیع آب تامین کرد. در مراکزی که احتمال آتش‌سوزی‌های بزرگ وجود دارد (مثل انبار کالاهای قابل اشتعال)، باید ۲ الی ۳ شیر آتش‌نشانی در اطراف آنها پیش‌بینی شود.
- در مناطقی که خطر آتش‌سوزی متوسط است (مثل مناطق مسکونی و تجاری با تراکم متوسط)، فاصله شیرهای آتش‌نشانی باید به‌نحوی باشد که در هر نقطه از شهر بتوان حداکثر از فاصله ۱۰۰ متری (با کمک شیلنگ) آب مورد نیاز برای آتش‌نشانی را از شبکه توزیع آب تامین کرد.
- در مناطقی که خطر آتش‌سوزی کم است (مثل مناطق مسکونی با تراکم کم)، فاصله شیرهای آتش‌نشانی باید به نحوی باشد که در هر نقطه از شهر بتوان حداکثر از فاصله ۱۵۰ متری (با کمک شیلنگ) آب مورد نیاز برای آتش‌نشانی را از شبکه توزیع آب تامین کرد.
- در مناطقی که خطر آتش‌سوزی بسیار کم باشد، با توجیه کافی می‌توان فواصل بیش‌تری را برای شیرهای آتش‌نشانی در نظر گرفت.

تبصره ۱: در چهارراه‌های اصلی باید حداقل یک شیر آتش‌نشانی ایستاده وجود داشته باشد. در چهارراه‌های بزرگ با ترافیک سنگین حداقل دو شیر آتش‌نشانی ایستاده در دو سمت متقابل چهارراه نصب شود.

تبصره ۲: در مجاورت مراکز عمومی بزرگ از قبیل بیمارستان‌ها، سینماها، مدارس و غیره، باید حداقل یک شیر آتش‌نشانی ایستاده نصب شود.

تبصره ۳: در مجاورت ایستگاه‌های پمپ بنزین و گاز باید حداقل دو شیر آتش‌نشانی ایستاده وجود داشته باشد.

۵-۵-۵-۱-۳- فشار مجاز شبکه برای آتش‌نشانی

فشار شبکه توزیع آب باید به‌نحوی باشد که در هنگام برداشت آب به‌منظور مصرف آتش‌نشانی در شرایط حداکثر مصرف روزانه و با احتساب افت فشار داخل شیلنگ‌ها، امکان برداشت آب با بده لازم وجود داشته باشد. در مراکزی که احتمال

آتش‌سوزی‌های بزرگ وجود دارد (مثل انبار کالاهای قابل اشتعال) لازم است محاسبه فشار شبکه بر مبنای برداشت آب از ۲ الی ۳ شیرآتش‌نشانی انجام شود.

تبصره۱: در مناطقی که شبکه قادر به تامین فشار لازم برای تامین آب مورد نیاز مصرف آتش‌نشانی نباشد باید با اتخاذ تدابیر دیگر از جمله کم‌کردن فاصله شیرها، امکان تامین آب جهت آتش‌نشانی را بررسی کرد.

۵-۵-۵-۱-٤- بده قابل برداشت از هر شیر آتش‌نشانی

طراحی شبکه باید به نحوی باشد که برای مصارف آتش‌نشانی بتوان از هر شیر آتش‌نشانی به میزان ۱۰ لیتر بر ثانیه (برای مناطق با خطر آتش‌سوزی کم) و ۲۰ لیتر بر ثانیه (برای مناطق با خطر آتش‌سوزی زیاد) آب برداشت کرد. در مناطقی که خطر آتش‌سوزی بسیار کم باشد، با توجیه کافی می‌توان بده کم‌تری تا ۷ لیتر بر ثانیه نیز در نظر گرفت.

تبصره: در طراحی شبکه توزیع آب لازم است قبل از تهیه طرح قطعی، جهت بررسی امکانات محلی با مسوولین اداره آتش‌نشانی محل مشورت شده و نظریات و تجربیات آنان مدنظر قرارگیرد.

۵-۵-۵-۱-۵- زمان آتش‌سوزی و بده مورد نیاز اطفای حریق

بده و زمان متوسط مورد نیاز برای اطفای حریق به منظور محاسبه شبکه توزیع و نیز تعیین ظرفیت اضافی مخازن براساس اطلاعات سازمان آتش‌نشانی مشخص می‌شود. در صورت عدم وجود اطلاعات می‌توان از جدول (۵-۱) استفاده کرد.

تبصره ۱: تعداد آتش‌سوزی‌های هم‌زمان نیز در این جدول منظور شده است.

تبصره ۲: در حالاتی که احتمال آتش‌سوزی‌های بزرگ زیاد باشد، با صلاحدید اداره آتش‌نشانی محل می‌توان بده و زمان مورد نیاز اطفای حریق را بیش‌تر از مقادیر ارائه شده در جدول (۵-۱) درنظر گرفت. در هرصورت در کنترل محاسبات شبکه توزیع آب لازم است ملاحظات اقتصادی در اعمال بده آتش نشانی در گره‌های مصرف برای تصمیم گیری نهایی لحاظ شود.

تذکر: برای کنترل محاسبات باید با توجه به نوع بافت شهری و نقاط بحرانی در آن تعدادی شیر آتش‌نشانی در منطقه تحت پوشش هر مخزن با اعمال بده آتش‌نشانی درنظر گرفته شود. اعداد جدول (۵-۱) مربوط به مجموع بده قابل استفاده در اطفای حریق از چندین شیر آتش‌نشانی است که هر شیر بسته به اهمیت آتش‌سوزی می‌تواند یکی از بده‌های ۲۰، ۱۰ یا ۷ لیتر بر ثانیه باشد.

جدول ۵-۱- بده و زمان مورد نیاز اطفای حریق برحسب نوع بافت شهری زیر پوشش مخازن [۲۷]

ردیف	نوع بافت شهری	بده آتش‌نشانی (لیتر بر ثانیه)	زمان اطفای حریق (ساعت)
۱	مسکونی با تراکم بسیار کم	۱۶	۲
۲	مسکونی با تراکم کم	۳۲	۲
۳	مسکونی تا چهار طبقه و تجاری	۶۴	۲
۴	مسکونی با بیش از چهار طبقه و تجاری	۱۲۸	۲
۵	مناطق تولیدی و کارگاه‌های صنعتی	۱۲۸	۴
۶	مناطق تجاری، عمومی و صنعتی با احتمال خطر زیاد	۲۵۰	۴

۵-۵-۵-۲- سیستم‌های گندزدایی[1]

در شبکه‌های گسترده توزیع آب به‌منظور تامین حداقل میزان کلر باقی‌مانده در طول شبانه‌روز و در کلیه نقاط شبکه و پرهیز از افزایش میزان کلر دریافتی توسط اولین مشترک، تزریق مجدد کلر در نقاطی از شبکه لازم می‌شود. تعداد و موقعیت نقاط و نرخ تزریق کلر با استفاده از تلفیق نرم‌افزارهای تحلیل هیدرولیکی-کیفی و بهینه‌سازی و با رعایت محدودیت‌های فنی و بهداشتی انجام می‌شود.

تبصره: نکات فنی که در این مورد باید رعایت شود عبارت است از: رعایت زمان ماند مناسب و تامین حداقل کلر باقی‌مانده و امکان استقرار تجهیزات.

برای آشنایی بیش‌تر با تجهیزات کلرزنی در شبکه توزیع به نشریه ۵۹ طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی (تجهیزات کلرزنی) مراجعه شود.

۵-۵-۵-۳- تمهیدات و تاسیسات لازم جهت شناسایی، ارزیابی و جلوگیری از هدررفت آب در شبکه

۵-۵-۵-۳-۱- مناطق مجزا (ایزوله) شده (DMA)[2]

به‌منظور انجام کنترل دائمی بازده حجمی شبکه توزیع و کنترل تلفات آب در آن، ایزوله‌بندی (مجزاسازی) شبکه توزیع ضروری است. برای ایجاد منطقه ایزوله، شبکه توزیع آب تحت پوشش هریک از مخازن به مناطق مجزا شده با شبکه‌های کوچک‌تر تفکیک می‌شود که ورود و خروج آب به آن از یک یا چند مسیر محدود و مشخص صورت گرفته و از کلیه مناطق مجاور خود به وسیله بستن شیرهای قطع و وصل منطقه‌ای مجزا می‌شود.

براساس تعریف، هر منطقه ایزوله دارای خصوصیات مشخصی از نظر جمعیت، تعداد انشعاب، تعداد مشترکین، طول لوله اصلی و فرعی شبکه، نسبت طول لوله به انشعابات، تعداد و نوع مصرف‌کنندگان عمده شبانه، فشار متوسط شبانه، شرایط زیربنایی، قدمت شبکه، تعداد حوادث بر روی خطوط اصلی و انشعابات و ... می‌باشد. ابعاد ایزوله معمولا بین ۵۰۰ تا ۵۰۰۰ مشترک متغیر است ولی بهترین ابعاد ایزوله جهت اندازه‌گیری جریان حداقل شبانه بین ۵۰۰ تا۱۵۰۰ مشترک می‌باشد. برای آشنایی بیش‌تر با مناطق ایزوله به نشریه ۵۵۶ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور (راهنمای شناخت و عوامل موثر در آب به‌حساب نیامده و راهکارهای کاهش آن) رجوع شود. برای شناخت مرزهای ایزوله و شیرآلاتی که باید بسته یا باز نگه‌داشته شوند استفاده از مدل تحلیل هیدرولیکی توصیه می‌شود.

برای سهولت انجام اندازه‌گیری‌های مربوط به مناطق مجزا شده در زمان بهره‌برداری، که با داده‌برداری و پایش آنها زمینه لازم برای تعیین مقدار نشت در سیستم و برنامه‌ریزی لازم برای کاهش هدررفت فراهم می‌شود، لازم است در زمان طراحی، شبکه به ایزوله‌های مختلف تقسیم شده و تاسیسات لازم از قبیل حوضچه‌ها، کنتورهای اندازه‌گیری جریان و شیرهای قطع و وصل لازم برای قطع جریان به خارج از منطقه ایزوله پیش‌بینی شود.

برای شناخت و کاهش مقدار آب به‌حساب نیامده، وجود کنتور و اندازه‌گیری دایم جریان و فشار شبکه ضروری است. لذا در مرحله طراحی باید در تمامی مبادی تولید آب و خروجی تصفیه‌خانه‌ها و مخازن، حوضچه‌های نصب کنتورهای حجمی درنظر گرفته شود.

1- Rechlorination
2- District Metering Area

همچنین در کلیه نقاط حساس شبکه نیز حوضچه‌ها و تاسیسات لازم برای نصب فشارسنج‌های دایمی پیش‌بینی شود. کلیه نقاطی که جریان سنجی و فشار سنجی در آنها ضروری است در نشریه ۵۵۶- الف معرفی شده‌اند.

به‌منظور کنترل دائمی بازده حجمی شبکه توزیع آب از کنتورهای جریان‌سنج ناحیه‌ای استفاده می‌شود و با برقراری ارتباط بین کنتورهای مذکور و درصورت وجود سیستم تله‌مترینگ می‌توان وضعیت جریان ورودی و یا خروجی از ناحیه ایزوله شده را در هر زمان پایش نمود.

تبصره: در آرایش‌های شبکه توزیع ذکر شده در بند ۵-۲، توصیه می‌شود که طراح امکان ایزوله کردن شبکه طراحی شده را در طرح اولیه خود مدنظر قرار دهد.

۵-۵-۵-۳-۲- رعایت ضوابط استاندارد در اجرای شبکه

عدم رعایت ضوابط استاندارد در اجرای شبکه توزیع و عدم انجام نظارت کافی در این زمینه باعث ایجاد نابسامانی‌ها و نواقصی می‌شود که باعث بروز و افزایش نشت و هدررفت آب می‌گردد.

مهم‌ترین نکاتی که در این زمینه باید رعایت شود عبارت است از:

- استفاده از مصالح مناسب، با کیفیت کافی (دارای نشان کنترل کیفیت QC)، با کلاس فشاری مناسب
- بسترسازی مناسب، رعایت عمق استاندارد، ایجاد تراکم لازم برای خاک پوشش روی لوله
- انجام آزمایش فشار و اطمینان از آب‌بندی کافی لوله‌ها و تجهیزات نصب شده
- استفاده از قطرهای طراحی شده برای جلوگیری از افزایش یا کاهش بیش از حد فشار
- اجرای تمام مخازن طراحی شده
- ایجاد زون‌های فشاری و نواحی ایزوله (DMA)
- نصب و تنظیم صحیح شیرآلات به‌خصوص شیرهای فشارشکن
- احداث حوضچه‌های لازم برای استقرار کنتورهای حجمی و فشارسنج‌ها
- تهیه کنتورهای با دقت بالا و نصب استاندارد آنها در محل مشترکین
- دقت و رعایت ضوابط استاندارد در نصب انشعابات
- استقرار سیستم پایش از دور
- قابلیت شستشو و تخلیه آب شبکه
- قابلیت مقابله با بحران آب و جیره‌بندی از طریق شیرهای قطع و وصل اصلی
- قابلیت نشت‌یابی (از طریق ایجاد نقاط دسترسی با فواصل مناسب برای نصب تجهیزات نشت‌یابی)
- قابلیت کنترل و مدیریت فشار
- قابلیت شناسایی مشترکین تحت پوشش شیرهای شبکه
- حفظ شرایط استاندارد از نظر فواصل شیرها، محدوده تحت پوشش هر شیر، حداکثر تعداد شیر برای قطع آب یک لوله برای رفع ترکیدگی و ...

- دسته‌بندی و بایگانی اسناد و مدارک و نقشه‌های طرح و نحوه گزارش‌گیری از آن در دفتر فنی کارفرما

برای جزییات بیش‌تر به نشریه ۳۰۳ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور (مشخصات فنی عمومی کارهای خطوط لوله آب و فاضلاب شهری) مراجعه شود.

فصل ۶

سایر ضوابط طراحی و ملاحظات فنی

٦-١- کلیات

در این فصل نکات ضروری در طرح‌های آب شهری و روستایی از قبیل حفاظت در مقابل آلودگی‌ها، انتخاب تجهیزات و مصالح، نحوه استقرار خطوط لوله و شیرها، سامانه مقابله با خوردگی و پایش از دور ارائه می‌شود.

٦-٢- حفاظت در مقابل آلودگی

حفاظت در مقابل هر نوع آلودگی یکی از اساسی‌ترین نکات در خطوط انتقال و شبکه‌های توزیع آب شرب است. به‌این منظور باید موارد زیر رعایت شود:

- نباید هیچ‌گونه اتصالی بین لوله و متعلقات حامل آب شرب و همچنین لوله و متعلقات حامل آب‌های با کیفیت نامطلوب (آب آلوده، نامطمئن و آب‌های استفاده مجدد) وجود داشته باشد.
- امکان برگشت آب از داخل اماکن مشترکین و یا وسایل مصرف به شبکه، چه از طریق سیفون شدن یا هر طریق دیگری وجود نداشته باشد.
- باید از عبور لوله‌های آب شرب از مجاری فاضلاب، زهکش‌ها، آدم‌روها و حوضچه‌های متصل به آنها و همچنین نصب لوله‌های آب شرب در زمین‌های آلوده به فاضلاب اجتناب شود. درصورت اجبار به عبور لوله در تقاطع و یا هم‌جواری با موارد فوق، لازم است تمهیدات لازم دراین خصوص رعایت شود.
- جهت جلوگیری از آلودگی آب شرب در شبکه توزیع، زهکش حوضچه شیرها، کنتورها و سایر لوازم نباید مستقیما به مجاری آب‌های سطحی و فاضلابروها متصل شوند.
- زه‌آب و نشتاب حوضچه‌ها را چنان‌چه در معرض سیلاب قرار نگیرند می‌توان به سطح زمین و چاه‌های جاذب تخلیه کرد.
- در ساختمان حوضچه‌ها باید تدابیر لازم جهت تهویه هوا پیش‌بینی شود.

٦-٣- رعایت ضوابط و نکات فنی

در طراحی و محاسبات هیدرولیکی شبکه‌های توزیع باید کلیه ضوابط موضوع این نشریه رعایت شود. به‌علاوه باید به مسایلی از قبیل سهولت در امر بهره‌برداری، صرفه‌جویی در نیروی انسانی و تجهیزات، مصالح، محافظت در مقابل صدمات، خورندگی و زنگ‌زدن، مقاومت در برابر زلزله، اجتناب از هوا گرفتگی، امکانات دسترسی در دوران بهره‌برداری و ملاحظات پدافند غیرعامل نیز توجه کامل مبذول شود.

٦-٤- تجهیزات مورد استفاده در خطوط انتقال و شبکه‌های توزیع

تجهیزات مورد استفاده در خطوط انتقال و شبکه‌های توزیع آب شامل لوله‌ها، اتصالات، شیرآلات و متعلقات است که باید ضمن رعایت نکات فنی در طراحی و انتخاب آنها، در سفارش خرید نیز با جدیدترین استانداردهای معتبر از نظر مشخصات فنی مطابقت داشته باشد. انتخاب مصالح از دو بعد ملاحظات فنی و اقتصادی صورت می‌گیرد. در مرحله مطالعات لازم است تاسیسات و امکانات

موجود سامانه آبرسانی از جمله مخازن، لوله‌ها، ایستگاه‌های پمپاژ و غیره مورد بررسی قرار گیرد و در صورت سالم بودن از آنها استفاده شود.

٦-٤-١- لوله‌ها

به‌طور کلی نکات زیر باید در زمان مطالعات و طراحی در انتخاب جنس مدنظر قرار گیرد:

- امکان تهیه در محل و یا از نزدیک‌ترین فاصله
- ضریب زبری هیدرولیکی مناسب (ضریب CHW در فرمول هیزن ویلیامز تا حد امکان بزرگ و یا ضریب f در فرمول دارسی وایسباخ تا حد امکان کوچک باشد) بسته به نوع لوله و یا پوشش داخلی آن
- امکان آسیب‌پذیری لوله به هنگام حمل و نقل، ریسه کردن و کارگذاری لوله، یا به‌علت ضربات هیدرولیکی ناشی از تغییر جریان و یا ضربات خارجی
- مسایل مربوط به نصب، تعمیرات و نگهداری
- تغییر قطر و ضریب زبری در اثر رسوب‌گذاری
- قیمت تمام شده مشتمل بر اجرای پوشش‌های لازم
- مقاومت در مقابل فشارهای داخلی و ضربه قوچ (چکش آبی)
- مقاومت در مقابل بارهای خارجی و انتخاب بسترسازی با تکیه‌گاه مناسب
- سهولت حمل و نقل و هزینه‌های مترتب بر آن
- مقاومت در برابر عوامل خورنده از داخل و خارج لوله و انتخاب پوشش و حفاظت‌های مناسب با توجه به میزان خورندگی محیط
- تغییر شکل‌پذیری لوله در مقابل نیروهای خارجی هنگام حمل و نصب و اثر آن بر روی پوشش داخلی
- محدودیت قطر
- مشکل شناور شدن لوله در مناطق باتلاقی و مناطق با سطح بالای آب زیرزمینی
- افزایش هزینه‌ها جهت بسترسازی مناسب
- تغییر مقاومت فشاری لوله در اثر تغییر درجه حرارت آب و محیط
- مقاومت در مقابل عوامل محیطی
- امکان عبور از مناطق پر پیچ و خم کوهستانی
- حساسیت لوله در مقابل نشست غیرهمگن
- سهولت نصب استاندارد انشعابات خانگی

به‌منظور تحقق انتخاب مناسب تجهیزات در طرح، ضروری است ملاحظات و بررسی‌های زیر در زمان انجام مطالعات مرحله اول و قبل از تصمیم‌گیری در مورد نوع مصالح و تجهیزات صورت گیرد:

- بررسی منابع تامین لوله‌ها، اتصالات و شیرآلات در منطقه
- بررسی و پیمایش مسیرهای ممکن جهت انتقال آب و انتخاب مناسب‌ترین گزینه برای مسیر
- بررسی توپوگرافی مسیر و انتخاب مناسب‌ترین شیوه جهت انتقال آب

- بررسی مقدماتی هیدرولیک و انتخاب قطر مناسب با توجه به نیاز آبی و ملاحظات فنی و اقتصادی آن
- بررسی کلیه عوامل تاثیرگذار در انتخاب جنس لوله و اتصالات از قبیل جنس خاک، مسیر لوله‌گذاری، تملک اراضی، مسیل‌ها، سهولت لوله‌گذاری، تقاطع با جاده یا بزرگراه، حفر ترانشه‌های عمیق، خاکبرداری و خاکریزی‌ها، امکان رانش زمین، وجود گسل، زه‌کش بودن خاک مسیر لوله‌گذاری، وجود آبراهه‌های فصلی یا دایمی و نیز کیفیت آب جاری شده در آبراه‌ها و وجود راه‌های دسترسی
- بالا بودن سطح آب زیرزمینی در مسیر
- عبور از مجاری سطحی
- بررسی کیفیت آب از نظر خورندگی و یا رسوب‌کنندگی
- بررسی کیفیت خاک مسیر لوله‌گذاری از نظر شاخص‌های مختلف خورندگی از قبیل مقاومت مخصوص خاک، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و باکتری‌های احیا کننده سولفات در خاک
- بررسی عمق یخبندان براساس مطالعات هواشناسی در طول مسیر خط انتقال
- بررسی تغییر درجه حرارت آب در منبع تامین آب
- درنظر گرفتن ملاحظات بهداشتی

انواع لوله‌هایی را که می‌توان در طرح‌های انتقال آب مورد استفاده قرار داد در سه ساختار اصلی فلزی، سیمانی و مواد سنتتیک (مصنوعی) تقسیم‌بندی می‌شوند. رتبه بندی لوله‌ها که نشان دهنده شدت مزایا و معایب آنها است در جدول (۶-۱) ارائه شده است. استفاده از عبارت‌های نظیر عالی یا خیلی زیاد (۴)، خوب یا زیاد (۳)، متوسط یا کم (۲)، ضعیف یا خیلی کم (۱) برای مقایسه لوله‌ها در شرایط متعارف و یکسان عنوان شده است. لازم به ذکر است که برای جبران نقاط ضعف یا بالا بردن مقاومت هریک از انواع لوله ها می‌توان اقداماتی انجام داد که در مقایسه اقتصادی باید هزینه‌های مربوط نیز منظور شود.

تذکر: در استفاده از اعداد جدول (۶-۱) باید تغییرات احتمالی در اثر پیشرفت فناوری‌های ساخت در زمان طراحی و همچنین کیفیت محصول تولیدی کارخانجات مختلف نیز در نظر گرفته شود.

جدول ٦-١- امتیازبندی انتخاب نوع و جنس لوله‌ها

ردیف	فاکتورهای موثر در انتخاب جنس لوله	ساختار فلزی		ساختار سیمانی		ساختار سنتتیک (مصنوعی)		
		چدن نشکن	فولادی	آزبست سیمان*	بتنی مسلح	پلی اتیلن	پی وی سی	جی آر پی
۱	امکان تهیه در محل و یا نزدیک‌ترین فاصله**							
۲	ضریب زبری	۲	۲	۳	۲	۳	۴	۴
۳	عدم آسیب‌پذیری لوله به هنگام حمل و نقل، ریسه کردن و کارگذاری	۳	۴	۱	۱	۴	۳	۱
۴	عمر لوله	۳	۳	۳	۳	۴	۴	۴
۵	سهولت نصب و تعمیرات	۴	۲	۴	۱	۳	۴	۳
۶	قیمت لوله و اتصالات***	۲	۱	۴	۴	۳	۳	۴
۷	امکان ساخت در فشارهای کار مختلف	۳	۴	۲	۱	۳	۳	۴
۸	امکان مقاومت در مقابل بارهای خارجی	۴	۴	۲	۳	۲	۲	۳
۹	سهولت حمل و نقل و هزینه‌های مترتب آن	۲	۲	۲	۱	۴	۳	۳
۱۰	مقاومت در برابر عوامل خورنده داخلی و خارجی	۳	۱	۳	۲	۴	۴	۴

ادامه جدول ٦-١- امتیازبندی انتخاب نوع و جنس لوله‌ها

ردیف	فاکتورهای موثر در انتخاب جنس لوله	ساختار فلزی		ساختار سیمانی		ساختار سنتتیک (مصنوعی)		
		چدن نشکن	فولادی	آزبست سیمان*	بتنی مسلح	پلی اتیلن	پی وی سی	جی آر پی
۱۱	عدم محدودیت قطر	۳	۴	۳	۱	۳	۲	۴
۱۲	عدم شناور شدن لوله در مناطق با سطح آب زیرزمینی بالا	۳	۳	۲	۴	۱	۱	۱
۱۳	عدم نیاز به بسترسازی خاص	۴	۴	۱	۲	۳	۱	۱
۱۴	عدم تغییر مقاومت فشاری لوله در اثر افزایش درجه حرارت	۴	۴	۴	۴	۱	۱	۳
۱۵	مقاومت در برابر زلزله	۴	۳	۱	۲	۴	۲	۲

* استفاده از لوله آزبست صرفا درصورت صدور مجوز از مقامات مسئول امکان‌پذیر است و در هرصورت باید تبعات بهداشتی و محیط زیستی استفاده از آزبست بر روی سلامت انسان‌ها کاملا مورد توجه قرار گیرد.
** با توجه به فاصله محل پروژه تا کارخانه سازنده امتیازبندی می‌شود.
*** در زمان انجام مطالعات نیاز به استعلام قیمت است.

تذکر: در مورد انتخاب جنس لوله روش AHP قابل استفاده است. اما درصورتی‌که در جدول مقایسه انواع جنس لوله‌ها، برای هر معیار تصمیم‌گیری مثل سهولت نصب، بسته به جنس لوله مثل پلی اتیلن، چدن و غیره، امتیازی درنظر گرفته شود، استفاده از روش ساده و کاربردی مجموع وزنی ساده (SAW)[1] پیشنهاد می‌شود. امتیاز هر جنس لوله از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$\text{امتیاز هر جنس لوله} = \sum_{i=1}^{n} W_j C_j \qquad (۱-۶)$$

که W_j: وزن و میزان اهمیت هر معیار تصمیم‌گیری، n: تعداد معیارها و C_j: امتیازی است که به هر معیار بسته به جنس لوله داده شده است. در نهایت هر جنسی که بیش‌ترین امتیاز را داشته باشد به‌عنوان بهترین جنس لوله انتخاب می‌شود. نکته مهم، وزن معیارهای انتخاب جنس لوله است که باید با نظر کارشناسی و قضاوت مهندسی یا با استفاده از ماتریس مقایسات زوجی به‌دست آید. برای آشنایی بیش‌تر با این روش به پیوست ۶ مراجعه شود.

٦-٤-٢- شیرها

به‌طورکلی شیرها برحسب کاربردشان در خطوط انتقال یا شبکه‌های توزیع به دو دسته عمده تقسیم می‌شوند:

الف- شیرهایی که برای سهولت راهبری، نگهداری و تعمیرات در خطوط لوله مورد استفاده قرار می‌گیرند، نظیر شیرهای قطع و وصل جریان، شیر حفاظت از شکستگی، شیر هوا، شیر تخلیه، شیر آتش‌نشانی

ب- شیرهایی که برای کنترل هیدرولیکی خطوط لوله مورد استفاده قرار می‌گیرند، نظیر شیر فشارشکن، شیر یکطرفه، شیر کنترل جریان

نکته مهم در این بحث، رعایت موقعیت استقرار شیرها، نوع، تعداد، قطر و فواصل شیرها از یکدیگر می‌باشد. لازم به ذکر است که استانداردهای مربوط به شیرآلات و ضوابط انتخاب نوع و اندازه شیرآلات در نشریه ۵۲۹ ارائه شده است و در این نشریه صرفا به برخی موارد مرتبط با طراحی سامانه‌های آبرسانی به اختصار اشاره می‌شود.

1- Simple Additive Weighting

٦-٤-٢-١- شیرهای عمومی

٦-٤-٢-١-١- شیر قطع و وصل

این شیرها در انواع مختلف کشویی[1]، پروانه‌ای[2]، بشقابی[3] و کروی[4] ساخته می‌شوند. ساده‌ترین و ارزان‌ترین نوع شیرهای قطع و وصل، نوع کشویی است.

- شیر کشویی جهت قطع و وصل جریان آب در خطوط لوله مورد استفاده قرار می‌گیرد. این شیر رایج‌ترین نوع شیر در شبکه‌های توزیع آب است.
- شیر کشویی از دیدگاه بهره‌برداری، نگهداری و تعمیرات، دارای کارآیی‌های مختلفی نظیر شناسایی شبکه، استفاده در مواقع بروز حادثه، اجرای عملیات تعیین محدوده نشت، شناسایی نشت شبکه و ایزوله کردن شبکه می‌باشد.
- تعداد شیرها باید کافی بوده و به‌نحوی روی خطوط لوله پیش بینی شوند که هنگام قطع آب و تعمیرات، احتمال ورود آلودگی به داخل لوله به حداقل ممکن برسد.
- معمولا در هر تقاطع حداقل دو عدد شیر درنظر گرفته می‌شود.
- معمولا شیرها به‌نحوی روی خطوط لوله تعبیه می‌شوند که برای خطوط با اقطار پایین (تا ۴۰۰ میلی‌متر) باعث قطع آب در طول بیش‌تر از ۴۰۰ متر نشود. فواصل بین شیرها در اقطار بیش از ۴۰۰ میلی‌متر از ۵۰۰ تا ۷۰۰ متر و در خطوط آبرسانی (با توجه به امکان دسترسی به شیرخانه‌ها، سهولت در آزمایش فشار خطوط لوله در زمان راه‌اندازی، جلوگیری از هدررفت آب در زمان تعمیرات و همچنین جنس و قطر لوله، شرایط طرح و عوامل اقتصادی)، از ۱۵۰۰ تا ۴۰۰۰ متر در نظر گرفته می‌شود.
- معمولا در اقطار بیش از ۲۵۰ میلی‌متر به‌جای شیر کشویی از شیر پروانه‌ای و برای اقطار بزرگ‌تر از۶۰۰ میلی‌متر از شیر پروانه‌ای همراه با کنارگذر استفاده شود.
- به لحاظ اهمیت این شیرها در قطع جریان آب اکیدا توصیه می‌شود که از شیرهای کشویی زبانه لاستیکی استفاده شود تا در زمان بستن شیرها نشت اتفاق نیفتد.
- شیرها باید طوری درنظر گرفته شوند که ترکیدگی یک لوله باعث قطع آب در لوله‌های تغذیه‌کننده اصلی نشود مگر آن‌که قطع آب در اثر حادثه برروی خود تغذیه‌کننده باشد.
- توصیه می‌شود شیرهایی که در داخل حوضچه‌ها نصب می‌شوند مجهز به اتصالات مخصوص برای پیاده کردن باشند.

٦-٤-٢-١-٢- شیر آتش‌نشانی[5]

شرایط استفاده از شیرهای آتش‌نشانی باید منطبق با ضوابط مندرج در بند ۵-۵-۵-۱ این نشریه باشد.

1- Gate Valve
2- Butterfly Valve
3- Glob Valve
4- Ball Valve
5- Fire Hydrant

٦-٤-٢-١-٣- شیر هوا[1]

هدف اصلی از نصب شیرهای هوا در خطوط لوله، برقراری جریان ورود و خروج هوا به لوله در مواقع راه‌اندازی و تخلیه لوله‌ها در زمان تعمیرات است. در مواقع راه‌اندازی و تخلیه شبکه توزیع، این عمل توسط شیرهای آتش‌نشانی و در زمان بهره‌برداری، توسط شیرهای مصرف مشترکین و شیرهای آتش‌نشانی انجام می‌گیرد. در خطوطی که انشعاب مشترکین و شیر آتش‌نشانی وجود ندارد (به‌خصوص خط لوله خروجی مخزن تا اولین انشعاب مشترکین) باید شیر هوا درنظر گرفته شود.

انواع شیرهای هوا به شرح زیر است:

- شیر هوای یک روزنه[2]: برای فشارهای کاری کم تا متوسط (تا ۱۰ بار) و فقط برای ورود و خروج حجم هوای کم برای اقطار کم‌تر از ۳۰۰ میلی‌متر کاربرد دارد.
- شیر هوای دو روزنه[3]: علاوه بر فشارهای بالا (بیش از ۱۰ بار) برای مواردی که موضوع تخلیه و ورود هوا مدنظر باشد نیز کاربرد دارد.
- شیرهای ضد خلاء[4]: از این شیرها برای ورود هوا به داخل لوله به‌منظور جلوگیری از ایجاد خلاء استفاده می‌شود.

همچنین در نقاطی که براساس تحلیل ضربه قوچ نیاز به نصب شیر هوا وجود دارد انتخاب نوع شیر، قطر، محل استقرار و فواصل آن با توجه به موارد زیر تعیین می‌شود:

- نصب شیر باید در نقاط مرتفع (گرده ماهی) مسیر خط انتقال انجام شود. همچنین در نقاطی از خطوط انتقال آب که امکان تجمع هوا وجود دارد مانند کاهش شیب و تغییرات ناگهانی فشار، شیر تخلیه هوا باید تعبیه شود.
- در مسیرهایی که تقریبا مسطح بوده و یا تغییر جهت شیب در فاصله بیش از ۶۰۰ تا ۸۰۰ متر رخ نمی‌دهد باید در فاصله ۶۰۰ تا ۸۰۰ متر یک شیر هوا درنظر گرفته شود.
- قطر شیر هوا به‌خصوص در خطوط پمپاژ باید با توجه به شیب خط لوله محاسبه شود. توصیه می‌شود در خطوط پمپاژ به‌دلیل تغییرات سریع و ناگهانی فشار آب از شیر هوای دو روزنه استفاده شود. همچنین جدول (۶-۲) می‌تواند به‌عنوان راهنما برای انتخاب قطر شیر هوا مورد استفاده قرار گیرد.

جدول ٦-۲- راهنمای تعیین قطر شیر هوا [۷۲]

قطر شیر هوا (میلی‌متر)	قطر لوله اصلی (میلی‌متر)
۸۰	< ۲۵۰
۱۰۰	۶۰۰-۲۵۰
۱۵۰	۹۰۰-۶۰۰
۲۰۰	۱۲۰۰-۹۰۰
۲۵۰ یا بزرگ‌تر	۱۸۰۰-۱۴۰۰

1- Air Valve
2- Single Air Valve
3- Double Air Valve
4- Anti Surge Air Valve

- برای انجام تعمیرات لازم است روی لوله انشعاب یک شیر قطع و وصل قبل از شیر هوا با همان قطر لوله انشعاب نصب شود.
- شیر هوا باید در داخل حوضچه قرار گیرد.
- در شیرهای هوا باید پیش‌بینی‌های لازم جهت جلوگیری از نفوذ آلودگی‌های احتمالی (گرد و خاک، حشرات و غیره) به داخل شبکه انجام گیرد.
- جهت جلوگیری از ورود آب های سطحی به داخل حوضچه شیر هوا، به‌خصوص در مسیرهای خارج از شهر، سقف حوضچه باید حداقل ۱۵ سانتی‌متر بالاتر از سطح طبیعی زمین قرارگیرد.

در لوله‌های با قطر ۱۰۰۰ میلی‌متر و بزرگ‌تر، بهتر است شیر هوا در روی سه‌راهی با ناف ۶۰۰ میلی‌متر نصب شود تا دسترسی به داخل لوله از طریق انشعاب شیر هوا امکان‌پذیر باشد.

- برای تخلیه هوا هنگام پرکردن و یا تامین هوا هنگام تخلیه لوله‌های انتقال آب، درنظر گرفتن شیرهای هوا با روزنه بزرگ ضروری است.
- چنان‌چه حوضچه شیرهای خودکار تخلیه هوا در معرض سیل و جمع شدن آب قرار داشته باشد، لازم است اقدامات حفاظتی انجام شود.

٦-٤-٢-١-٤- شیر تخلیه آب[1]

هدف از نصب شیر تخلیه، تخلیه آب لوله در زمان شستشو، گندزدایی و تعمیرات است که قطر و محل نصب آن به‌شرح زیر تعیین می‌شود:

- قطر شیر تخلیه برای لوله‌های خطوط انتقال به شرح جدول (۶-۳) است.

جدول ٦-٣- راهنمای تعیین قطر شیر تخلیه در خطوط انتقال آب [۷۲]

قطر شیر تخلیه (میلی‌متر)	قطر لوله اصلی (میلی‌متر)
۸۰	< ۳۰۰
۱۰۰	۶۰۰-۳۰۰
۱۵۰	۱۰۰۰-۷۰۰
۲۰۰	۱۴۰۰-۱۱۰۰
۲۵۰	> ۱۴۰۰

- در نقاط پست خطوط لوله، شیر تخلیه درنظر گرفته شود.
- محل شیرهای تخلیه در خطوط انتقال با توجه به پروفیل طولی خط، سهولت تخلیه و تاسیسات مجاور تعیین می‌شود.
- تخلیه آب از خط لوله در زمان شستشو، گندزدایی و تعمیرات ضروری است. در شبکه توزیع معمولا این عمل توسط شیرهای آتش‌نشانی انجام می‌گیرد.
- سعی شود تا آنجا که ممکن است در محل‌هایی که امکان تخلیه آب به مجاری آب‌های سطحی وجود دارد شیر تخلیه پیش‌بینی شود.

1- Drain Valve

- فواصل بین شیرها از ۱/۵ تا ۲ کیلومتر توصیه می‌شود، ضمن اینکه استفاده از سیستم دوتایی مجموعه شیرهای قطع و وصل و تخلیه آب در برخی از نقاط پست با فشار بالا ضروری است.
- لوله‌های تخلیه نباید مستقیما به مجاری آب‌های سطحی و فاضلابروها متصل شود و قبل از تخلیه به مجاری آب‌های سطحی، باید حوضچه تخلیه درنظر گرفته شود.
- در انتهای لوله تخلیه، جهت جلوگیری از ورود مواد آلود کننده، حشرات و جانوران به داخل لوله، باید دریچه تخلیه[1] (بادبزنی) درنظر گرفته شود.
- برای سهولت بهره‌برداری و جلوگیری از نشت، توصیه می‌شود از یک مجموعه دوتایی شیرهای تخلیه به‌صورت سری استفاده شود.

٦-٤-٢-٢- شیرهای کنترل

این‌گونه شیرها عمل کنترل هیدرولیکی فشار و جریان آب را در خطوط انتقال یا شبکه‌های توزیع انجام می‌دهند. با توجه به آن‌که در سامانه‌های انتقال و توزیع آب، محل تامین، محل تصفیه‌خانه، محل ایستگاه‌های پمپاژ و محل مخازن ذخیره و نقاط مصرف، از نظر مسافت و توپوگرافی مسیر، دیکته کننده روش انتقال و توزیع آب خواهند بود، لذا کاربرد شیرهای کنترل کننده به‌منظور سهولت بهره‌برداری و نگهداری و حفظ ایمنی سامانه ضروری است. شیرهای کنترل در سامانه‌های فوق انواع مختلفی دارد که از مهم‌ترین آنها می‌توان به شیرهای کنترل فشار آب و شیرهای کنترل جریان آب اشاره کرد. به‌طور کلی شیرهای کنترل کننده فشار آب شامل شیر فشار شکن، شیر اطمینان و شیر ثابت نگه‌دارنده فشار می‌باشند. شیرهای کنترل کننده جریان آب نیز شامل شیرهای کنترل بده، شیرهای کنترل سطح آب در مخازن و شیرهای یکطرفه می‌باشند. لازم است در انتخاب شیرهای کنترل با توجه به فشار و بده جریان، محدوده خلاءزایی شیر کنترل شود.

٦-٤-٢-٢-١- شیر فشارشکن[2]

این شیر یکی از انواع شیرهای کنترل هیدرولیکی جریان آب در خطوط انتقال و شبکه‌های توزیع آب محسوب می‌شود که به‌وسیله آن می‌توان فشار آب را تا مقدار مورد نیاز کاهش داده یا تنظیم کرد. در خطوط انتقال آب به‌صورت ثقلی، برای جلوگیری از فشارهای بالا و در نتیجه کاهش حوادث و تلفات آب و نیز کاهش فشار کار لوله و ضخامت لوله‌ها و در نتیجه کاهش هزینه‌ها، استفاده از شیر فشارشکن توصیه می‌شود. جهت تعیین محل بهینه استقرار شیرهای فشارشکن در خطوط انتقال آب لازم است پروفیل هیدرولیکی خط انتقال ترسیم و براساس محدودیت‌های فنی از قبیل فشار آب، منحنی خلاءزایی شیر و هزینه‌های تهیه لوله (از نظر جنس، ضخامت یا کلاس فشار لوله) نسبت به تعیین محل استقرار شیر و تعداد آن تصمیم‌گیری کرد. قطر شیر فشارشکن با در نظرگرفتن بده مورد نیاز، سرعت بهینه و فشار ورودی و خروجی پیشنهادی شرکت سازنده تعیین می‌شود.

استفاده از حوضچه فشارشکن به‌جای شیر فشارشکن، در بعضی از طرح‌ها پیشنهاد می‌شود. لازم به‌ذکر است که استفاده از حوضچه فشارشکن علاوه بر هزینه‌های احداث و تملک زمین، احتمال سرریز شدن و اتلاف آب را دربر خواهد داشت، ضمن آن‌که در

1- Flap Valve
2- Pressure Reducing Valve (PRV)

مناطق سردسیر نیز احتمال یخزدگی آب در حوضچه وجود خواهد داشت. بنابراین در استفاده از حوضچه فشارشکن در خطوط انتقال به‌صورت ثقلی، باید ملاحظات فوق با توجه به سایر مسایل فنی و همچنین مسایل بهداشتی و جلوگیری از آلودگی در نظر گرفته شود. در صورت ضرورت، استفاده از حوضچه فشارشکن بیش‌تر در خطوط انتقال آب خام توصیه می‌شود.

در استفاده از شیر فشارشکن در اقطار کوچک‌تر از قطر خط انتقال، باید هزینه‌های تهیه شیر و اتصالات برای تغییر قطر، در مقابل هزینه استفاده از شیر فشارشکن هم قطر لوله خط انتقال، مورد بررسی و مقایسه اقتصادی قرار گیرد. شیر فشارشکن در شبکه‌های توزیع جهت انجام ناحیه‌بندی فشار شبکه، انجام مدیریت فشار در سطح شبکه و یکنواخت کردن فشار، مورد استفاده قرار می‌گیرد. تراز محل استقرار شیر فشارشکن در سطح شبکه، با توجه به طرح ناحیه‌بندی و براساس حداکثر فشار مجاز و خطوط تراز ارتفاعی زمین تعیین می‌شود.

برای تعیین مقدار فشار خروجی شیر فشارشکن در خطوط انتقال آب باید به نکات زیر توجه شود:

- پروفیل هیدرولیکی مسیر خط انتقال در ناحیه پایین‌دست شیر
- بحرانی‌ترین نقاط مسیر در پایین‌دست (مرتفع‌ترین، گودترین و دورترین نقاط)
- جنس و کلاس فشار لوله
- منحنی خلاءزایی شیر فشارشکن (با توجه با کاتالوگ کارخانه سازنده)
- بهینه کردن تعداد و محل نصب شیرهای فشارشکن

تعیین مقدار فشار خروجی شیر فشارشکن در شبکه توزیع با رعایت بند ۵-۲-۱-۲ بر اساس تامین حداقل فشار در حداکثر مصرف شبکه در نقاط بحرانی (مرتفع‌ترین، نزدیک‌ترین و دورترین نقاط) انجام می‌شود.

تذکر: به‌منظور کاهش هرگونه فشار اضافی در شبکه که در عین حفظ حداقل فشار استاندارد باعث کاهش نشت، حوادث و مصارف ناخواسته آب می‌شود، استفاده از کنترل‌کننده فشار که به همراه شیر فشارشکن عمل می‌کند برای مناطقی که ناحیه‌بندی فشار انجام شده است توصیه می‌شود.

- با توجه به هزینه‌های تهیه و نصب شیر فشارشکن، توصیه می‌شود که استفاده از شیر فشارشکن در خطوط انتقال و شبکه توزیع به حداقل ممکن تقلیل یابد و عمدتا برروی خطوط اصلی شبکه توزیع در محل جداسازی مناطق فشاری درنظر گرفته شود.
- در نقاطی که تعبیه شیر فشارشکن ضروری است، دو شیر فشارشکن (یکی به عنوان یدک) به‌منظور انجام تعمیرات و سایر مسایل بهره‌برداری درنظر گرفته شود.
- لازم است توری فلزی مشبک یا فیلتر برای جلوگیری از ورود ذرات ماسه به داخل شیر فشارشکن پیش‌بینی شود.
- در انتخاب شیر فشارشکن، حدود کار شیر از نظر فشارهای ورودی و خروجی مورد نیاز، با مشخصات سازنده کنترل شود.
- توصیه می‌شود بعد از شیر فشارشکن (در جهت جریان) شیر هوا درنظر گرفته شود.

٦-٤-٢-٢-٢- شیر اطمینان[1]

این شیر یکی دیگر از انواع شیرهای کنترل هیدرولیکی فشار آب در خطوط انتقال محسوب می‌شود که به‌وسیله آن می‌توان از بروز فشارهای بالا، ناشی از قطع ناگهانی جریان آب در خطوط انتقال، جلوگیری کرد. کاربرد عمده این شیر در خطوط پمپاژ آب با

1- Relief Valve

اقطار کوچک است و محل نصب آن در خط رانش ایستگاه پمپاژ توصیه می‌شود. به‌منظور جلوگیری از هدررفت آب در زمان عملکرد شیر، خروجی شیر را می‌توان به خط لوله مکش ایستگاه پمپاژ مرتبط کرد. انتخاب قطر مناسب برای شیر اطمینان، براساس سرعت جریان آب، حداکثر فشار آب و قطر خط انتقال و با توجه به راهنمای کارخانه‌های سازنده شیرآلات (برای محاسبه و انتخاب شیر اطمینان) و نیز نشریه ۵۱۷ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس‌جمهور (دستورالعمل انتخاب و طراحی تجهیزات کنترل ضربه قوچ در تاسیسات آبرسانی شهری) صورت می‌گیرد.

٦-٤-٢-٢-٣- شیر ثابت نگه‌دارنده فشار[1]

این شیر نیز یکی دیگر از انواع شیرهای کنترل هیدرولیکی آب در خطوط انتقال آب محسوب می‌شود که به‌وسیله آن می‌توان فشار آب را در ناحیه بالادست شیر ثابت نگه‌داشت. کاربرد این شیر در انتقال آب به منابع هوایی و خروجی تلمبه‌ها (برای ثابت نگه داشتن بده و راندمان) و نیز در محل تقاطع خطوط انتقال یا انشعاب مجموعه‌ای از مصرف‌کنندگان از شبکه توزیع است. انتخاب قطر مناسب شیر ثابت نگه‌دارنده فشار براساس توصیه کارخانه سازنده و راهنمای انتخاب آن صورت می‌گیرد.

٦-٤-٢-٢-٤- شیر کنترل بده[2]

این شیر یکی از انواع شیرهای کنترل هیدرولیکی جریان آب در خطوط انتقال آب محسوب می‌شود که به منظور کنترل و محدود کردن بده جریان و نیز ثابت نگه‌داشتن بده خروجی شیر با وجود تغییرات فشار و مصرف، مورد استفاده قرار می‌گیرد. کاربرد عمده این شیر در خطوط انتقال آب به‌صورت ثقلی و در محل انشعابات، ورودی به مخازن و تصفیه‌خانه‌ها و نیز خروجی سدها می‌باشد. از جمله نمونه‌های این‌گونه شیر می‌توان به شیر سوزنی[3] (که نقش کنترل بده و کاهش فشار زیاد را برعهده دارد) و شیر بشقابی، با امکان کنترل دقیق و موثر بده و فشار آب، اشاره کرد. توصیه می‌شود شیر کنترل جریان به صورت دوتایی موازی درنظر گرفته شود. لازم به ذکر است که استفاده از این نوع شیر برای کنترل جریان آب در خطوط انتقال ثقلی و جلوگیری از بروز جریان نیمه پر به منظور حفظ پیوستگی و یکنواختی جریان و افزایش کارایی و ایمنی خط انتقال الزامی است.

٦-٤-٢-٢-٥- شیر کنترل سطح آب در مخازن[4]

این شیر یکی از انواع شیرهای کنترل هیدرولیکی جریان آب ورودی به مخازن با عملگر کنترل سطح آب است که برای کنترل و حفظ سطح آب در مخازن مورد استفاده قرار می‌گیرد. عمل کنترل جریان توسط سیستم پیلوت مرتبط با شیر صورت می‌گیرد. کاربرد این شیر در خطوط انتقال آب به صورت ثقلی و در محل ورودی به مخازن یا حوضچه‌های فشارشکن است. با تغییر سطح آب در مخازن در حد فاصل بین حداقل و حداکثر تنظیم شده، فرمان قطع و یا وصل تدریجی جریان شیر توسط پیلوت آن صادر می‌شود.

1- Pressure Sustaining Valve
2- Flow Control Valve
3- Needle Valve
4- Float Valve

٦-٤-٢-٢-٦- شیر یکطرفه[1]

این شیر یکی از انواع شیرهای کنترل هیدرولیکی جریان آب است که فقط امکان عبور جریان در یک جهت را ایجاد می‌کند. این شیر معمولا در خطوط رانش تلمبه‌ها در ایستگاه پمپاژ یا در خطوط انتقال به‌صورت پمپاژ با ارتفاع استاتیکی زیاد کاربرد دارند. این شیر در انواع مختلفی ساخته می‌شود و از مزایای آن می‌توان به داشتن قابلیت تنظیم و کنترل سرعت باز و بسته شدن، اشاره کرد که در کاهش ضربه آب موثر است. برای کسب اطلاعات بیش‌تر به نشریه ۵۱۷ رجوع شود.

٦-٤-٢-٢-٧- شیر حفاظت شکستگی خط لوله[2]

این شیر برای حفاظت خط لوله برای عبور جریان زیاد ناشی از شکستگی در خط لوله که در اثر حادثه و یا حوادث طبیعی نظیر سیل، زمین لرزه رخ می‌دهد، مورد استفاده قرار می‌گیرد. این شیر نسبت به سرعت جریان حساس بوده و در اثر افزایش سرعت آب در خط لوله جهت بستن و قطع جریان فعال می‌شود. مدار جریان این شیر، قابلیت تنظیم و کالیبراسیون را برای سرعت‌های مختلف دارد. این شیر معمولا در خطوط انتقال آب به‌صورت ثقلی و یا در خطوط انتقال به‌صورت پمپاژ قابل کاربرد است. ذکر این نکته ضروری است که نصب شیر هوای دو روزنه در ناحیه پایین دست جریان این شیر، جهت ورود جریان هوا به داخل خط لوله در زمان عملکرد شیر، الزامی است.

٦-٤-٣- سامانه اندازه‌گیری جریان

با توجه به اهمیت فوق‌العاده اندازه‌گیری جریان در بهره‌برداری بهینه از سامانه‌های آبرسانی، لازم است در هنگام طراحی، نوع و اندازه کنتورهای مورد نیاز و حوضچه‌های مربوطه در نقاط مختلف از جمله خروجی آبگیر، تصفیه‌خانه، مخازن و ایستگاه‌های پمپاژ و نقطه ورودی به نواحی زیردست مخازن، مناطق فشاری و مناطق مجزا شده برای اندازه‌گیری (ایزوله) مشخص شود.

تذکر: در انتخاب نوع کنتور لازم است به کیفیت آب و قطر، جنس، ضخامت و فشار کاری لوله توجه شود و در انتخاب محل نصب آن نیز ضوابط توصیه شده توسط کارخانه سازنده جهت افزایش کارایی و دقت اندازه‌گیری رعایت شود.

٦-٥- نحوه اجرای خطوط لوله

پس از انجام طراحی و تعیین مشخصات لوله‌ها و تجهیزات، لازم است نقشه‌های اجرایی تهیه شود. مهم‌ترین مساله پس از تهیه نقشه‌های اجرایی، اجرای صحیح و اصولی و منطبق بر طرح است که در این راستا رعایت موارد زیر ضروری است.

٦-٥-١- استانداردها

مشخصات نصب خطوط لوله باید مطابق مشخصات فنی، استانداردهای معتبر ملی و بین المللی و دستورالعمل‌های کارخانه سازنده باشد. برای آگاهی از جزییات به نشریه ۳۰۳ رجوع شود.

1- Check Valve (Non Return Valve)
2- Burst Safty Valve

٦-٥-٢- بسترسازی و خاکریزی

بسترسازی و خاکریزی اطراف و روی لوله‌ها با توجه به جنس لوله (درجه انعطاف‌پذیری)، عمق نصب، بارهای خارجی و جنس زمین طراحی می‌شود. جهت بسترسازی و پرکردن ترانشه، باید از مصالح مناسب که به صورت لایه لایه ریخته و کوبیده شده استفاده کرد و سنگ‌های درشت تا عمق ۲۰ سانتی‌متر باید از زیر لوله خارج شود. برای آگاهی از جزییات به نشریه ۳۰۳ رجوع شود.

٦-٥-٣- عمق پوشش روی لوله

تمام خطوط لوله آب که در زیر زمین نصب می‌شوند باید دارای پوشش کافی برای جلوگیری از یخبندان و اثرات بار خارجی باشند و چنان‌چه امکان در نظر گرفتن پوشش کافی وجود نداشته باشد یا لوله در روی زمین نصب شود باید در مقابل یخبندان، گرمای محیط و ضربات خارجی حفاظت شود.

٦-٥-٤- تکیه‌گاه

برای جلوگیری از حرکت شیرها و متعلقات لوله (شامل سه‌راهی‌ها، زانویی‌ها، تبدیلی‌ها و درپوش‌ها) و همچنین حرکت طولی لوله در شیب‌های زیاد، باید تکیه‌گاه، میله بست و یا اتصالات مناسب دیگر پیش‌بینی شود.

٦-٥-٥- جدا کردن خطوط لوله آب، فاضلابروها و مجاری فاضلاب و آب‌های سطحی

برای تعیین فاصله مناسب مابین خطوط لوله آب و مجاری فاضلاب و آب‌های سطحی، نکات زیر باید مورد توجه قرار گیرد:

- جنس و نوع لوله‌ها و مجاری و اتصالات آب و فاضلاب
- جنس خاک
- تنش‌های ناشی از حفاری برای نصب لوله‌های جدید برروی لوله‌های موجود
- نحوه اتصال انشعابات مشترکین به خطوط لوله آب و فاضلاب
- موقعیت لوله‌های آب و فاضلاب نسبت به یکدیگر
- فضای لازم برای تعمیر و تغییر لوله‌های آب و فاضلاب
- موقعیت لوله‌های آب در اطراف آدم‌روها

٦-٥-٦- نصب موازی لوله‌های آب و مجاری فاضلاب

خطوط لوله آب باید حداقل در فاصله افقی ۳ متری و فاصله عمودی ۳۰ سانتی‌متری از فاضلابروهای موجود و یا پیشنهادی قرار گیرند. این فاصله از جداره‌های خارجی بین دو لوله اندازه‌گیری می‌شود. در مواردی که پیش‌بینی فاصله ۳ متر میسر نباشد می‌توان با بررسی هر مورد خاص، فواصل کم‌تری نیز انتخاب کرد. کم‌کردن فاصله خطوط آب و فاضلابروها درصورتی مجاز است که خطوط آب در ترانشه‌ای مجزا یا بر روی خاک دست نخورده و در یک طرف فاضلابرو قرار گرفته و ارتفاع کف آن حداقل ۵۰[1] سانتی‌متر بالاتر از تاج فاضلابروها باشد.

۱- درصورتی‌که درنظر گرفتن فاصله ۵۰ سانتی‌متر موجب افزایش غیرمعمول هزینه پروژه شود می‌توان با پیش‌بینی تدابیر لازم، این فاصله را تا ۳۰ سانتی‌متر کاهش داد.

٦-٥-٦-١- نصب غیرموازی (متناظر) لوله‌های آب و مجاری فاضلاب

در مواقعی‌که مسیر لوله‌های آب و مجاری فاضلاب از روی هم عبور کنند، لازم است لوله‌های آب در بالای مجاری فاضلاب قرارگیرند و حداقل ۳۰ سانتی‌متر فاصله قائم بین دو جداره خارجی لوله‌های آب و مجاری فاضلاب پیش‌بینی شود. همچنین اتصالات لوله‌های آب در دورترین نقطه از فاضلابرو واقع شود (حداقل فاصله از محور لوله فاضلاب ۲/۵ متر است). در بعضی موارد تکیه‌گاه‌های ویژه برای لوله‌های آب یا مجاری فاضلابرو مورد نیاز است.

تبصره: در مواردی که عبور لوله‌های فاضلاب از روی لوله‌های آب اجتناب‌ناپذیر باشد، پیش‌بینی‌های لازم (مانند پوشش حفاظتی و قرار دادن لوله‌ها در داخل بتون با ضخامت و طول کافی) جهت حفاظت از آلودگی ضروری است.

٦-٥-٦-٢- عبور از مجاری آب‌های سطحی

برای عبور خطوط لوله آب از رو یا زیر مجاری آب‌های سطحی باید به نکات زیر توجه شود:

٦-٥-٦-٢-١- عبور از زیر مجاری آب‌های سطحی

لوله‌های آب در عبور از زیر مجاری آب‌های سطحی باید دارای غلاف بتنی مسلح بوده و به فاصله حداقل ۶۰ سانتی‌متر زیر کف مجاری قرار گیرد. در مواقعی که لوله از نهرهای عریض‌تر از ۵ متر عبور می‌کند، نکات زیر باید رعایت شود:

الف- با توجه به شرایط عبور لوله، سازه مخصوص درنظر گرفته شود.

ب- در دو طرف نهرها باید شیرهای قطع و وصل به منظور خارج کردن این قسمت از مسیر لوله جهت آزمایش و یا تعمیرات پیش‌بینی شود. شیرها باید قابل دسترس بوده و در معرض سیل قرار نگیرند. شیرها باید در حوضچه بازدید قرار گیرد.

ج- در یک طرف نهرها باید با توجه به شیب لوله، شیر تخلیه و شیر هوا پیش‌بینی شود.

د- شیرهای انشعابی باید در هر طرف شیر داخل حوضچه جهت نمونه‌گیری، تعبیه شود.

٦-٥-٦-٢-٢- عبور از روی مجاری آب‌های سطحی

علاوه بر موارد بند ۶-۵-۵-۳-۱ برای عبور از روی مجاری آب‌های سطحی نکات زیر نیز باید مورد توجه قرار گیرد:

الف- محل استقرار لوله بالاتر از سطح سیلاب با دوره برگشت ۵۰ ساله در نظر گرفته شود.

ب- مسایل مربوط به انبساط لوله و نشت از آن در نظر گرفته شود.

ج- چنان‌چه لوله به پل روگذر متصل می‌شود با توجه به نوع سازه پل و درزهای انبساط آن، جزییات مناسب برای خط لوله پیش‌بینی و مهاری‌های مناسب نیز در نظر گرفته شود.

هـ- چنان‌چه برای عبور خط لوله از پایه استفاده شود، باید پیش‌بینی‌های لازم جهت تحمل بارهای وارده با توجه به دهانه پل‌ها و موقعیت فلنج‌ها انجام شود.

و- دسترسی به خط لوله جهت تعمیرات میسر باشد.

٦-٥-٧- سایر موارد

- لوله‌های آب نباید از داخل آدم‌روهای شبکه‌های فاضلاب رد شوند و باید در فاصله مناسب از آن قرارگیرد. در مواردی که این امر اجتناب‌ناپذیر باشد باید حفاظت‌های لازم به‌عمل آید.
- آرایش اجزای شبکه باید به‌نحوی باشد که امکان ورود و یا مکش آب و مواد غیربهداشتی به داخل شبکه فراهم نشود.
- لوله‌کشی‌های داخلی مشترکین باید با دستورالعمل‌ها و آیین‌نامه‌های مربوط مطابقت داشته باشد.
- تلمبه‌های تقویت‌کننده مشترکین نباید مستقیما به شبکه وصل شوند.
- روی هر انشعاب باید کنتور مجزا نصب شود.
- چنان‌چه محل‌هایی جهت برداشت آب توسط تانکر پیش‌بینی شده باشد، این تاسیسات باید طوری طراحی شوند که امکان آلودگی آب شبکه توزیع با آب تانکر وجود نداشته باشد. به‌این منظور باید از برگشت آب به‌داخل شبکه جلوگیری شده و امکان انتقال آلودگی از تانکر به‌وسیله شیلنگ ارتباطی وجود نداشته باشد.
- موقعیت کارگذاری لوله‌ها در عرض معابر و موقعیت آنها نسبت به سایر تاسیسات زیرزمینی مثل گاز، تلفن، برق و شبکه فاضلاب با توجه به مسائل فنی و حریم لوله‌ها رعایت شود.

٦-٦- سامانه حفاظتی مقابله با خوردگی

به منظور جلوگیری و کاهش روند خوردگی در ساختارهای مختلف فلزی و افزایش طول عمر و بالا بردن قابلیت اطمینان سامانه‌های آبرسانی از تجهیزات حفاظتی مقابله با خوردگی استفاده می‌شود. مبانی طراحی، انتخاب محل و نوع تجهیزات و تاسیسات مورد نیاز بر اساس اندازه‌گیری و سنجش مقاومت الکتریکی خاک در مسیر عبور سامانه آبرسانی، تعیین راندمان پوشش لوله‌ها و تحلیل نتایج حاصله، روش سیستم حفاظت کاتدیک، نوع آندهای فدا شونده، مشخصات سیستم حفاظت کاتدیک به روش اعمال جریان، نوع آندهای مصرفی در روش اعمال جریان، انتخاب نوع بسترهای آندی و نحوه حصول اطمینان از عملکرد سیستم حفاظت کاتدیک مورد نظر می‌باشد.

یادآور می‌شود ضوابط کنترل خوردگی از جمله پوشش‌های داخلی و خارجی لوله های فولادی در نشریه ۳۰۳ و ۳۱۱ (راهنمای حفاظت کاتدی خطوط لوله و سازه‌های فولادی) به تفصیل ارائه شده است و در این نشریه به اختصار به برخی از این موارد اشاره می‌شود.

٦-٦-١- ضوابط طراحی سیستم‌های حفاظت کاتدی

٦-٦-١-١- تعاریف

- سیستم حفاظت کاتدی: حفاظت کاتدی به روشی گفته می‌شود که در آن الکترون‌های آزاد در سطح سازه از طریق یک منبع خارجی تامین می‌شوند تا میزان حرکت یون‌های مثبت از سطح فلز کاهش (سطح سازه حفاظت می‌شود) و درنتیجه سرعت واکنش کاتدی افزایش یابد. جریان کاتدی توسط یک منبع خارجی تامین می‌شود، که این منبع خارجی یا یک آند فلزی (روش آندهای فدا شونده) یا یک منبع ولتاژ برق DC (روش اعمال جریان) است.

- معیار حفاظت کاتدی: تعیین و اندازه‌گیری پتانسیل سازه تحت حفاظت نسبت به محیط اطـراف آن (الکترولیـت) را معیـار حفاظت کاتدی می‌نامند.
- الکترولیت: محیط اطراف سازه را که واکنش‌های آندی و کاتدی در آن محیط انجام می‌شود الکترولیت می‌نامند.
- روش آندهای فداشونده: در این روش، منبع تولید الکترون آزاد در سطح سازه، یکسری فلـزات فعـال‌تـر از سـازه بـه نـام آندهای فدا شونده می‌باشد. جنس این آندها عموما آلیاژهای آلومینیوم، منیزیم و روی می‌باشد.
- روش اعمال جریان: در این روش، الکترون‌های آزاد توسط جریان برق DC تامین می‌شود.
- بستر آندی: بسترهای مورد استفاده در روش اعمال جریان، که وظیفه توزیع جریان دریافتی از منابع تغذیه DC را به‌عهده دارند، بستر آندی می‌نامند.

٦-٦-١-٢- اطلاعات اولیه جهت طراحی

- اطلاعات مربوط به سازه مورد نظر جهت حفاظت: این اطلاعات شامل ابعاد، نوع، جنس و نوع پوشش سازه می‌باشد.
- اطلاعات منطقه: این اطلاعات به بخش‌های زیر تقسیم می‌شود:
  - وضعیت pH خاک (طبق جدول ۶-۴)
  - مقاومت الکتریکی الکترولیت (طبق جدول ۶-۵)
  - اختلاف پتانسیل الکتریکی بین خاک و لوله (تاثیر پتانسیل Redox) (طبق جدول ۶-۶)
  - نقشه‌های Layout یا Rout & Profile منطقه
  - نقشه‌های مناطق خطر (در صورت وجود داشتن)
- اطلاعات کلی مربوط به طرح توسعه‌های آتی
- وجود یا عدم وجودSRB [1]
- محل تغییر وضعیت سازه از مدفون به روکار
- نقشه‌های سایر خطوط لوله و سازه‌های مجاور
- نقشه‌های مربوط به امکان برق‌رسانی در اطراف سازه
- موقعیت کابل‌های برق فشار متوسط و قوی در اطراف سازه
- بررسی وجود یا عدم وجود جریان‌های سرگردان
- بررسی موقعیت سازه‌ها، مخازن، حوضچه‌ها و نحوه قطع جریان حفاظت کاتدیک توسط کیت‌های عایقی در محل سازه‌ها و برقراری مجدد جریان پس از سازه‌ها به‌وسیله کابل ارتباطی [2]

1- Sulfate Reduction Bacteria
2- Jumper

جدول ٦-٤- تاثیر pH خاک بر روی خوردگی ساختارهای مدفون

pH	درجه خوردگی
< ۵/۵	شدید
۶/۵ – ۵/۵	متوسط
۷/۵ – ۶/۵	طبیعی
> ۷/۵	بدون خوردگی

جدول ٦-٥- وضعیت خورندگی الکترولیت (خاک)

مقاومت الکترولیت (اهم - سانتی‌متر)	میزان خورندگی الکترولیت
حداکثر ۱۰۰۰	خورندگی شدید
۵۰۰۰–۱۰۰۰	خورنده
۱۰۰۰۰–۵۰۰۰	خورندگی متوسط
>۱۰۰۰۰	خورندگی ضعیف

جدول ٦-٦- تاثیر پتانسیل Redox (اختلاف پتانسیل الکتریکی بین خاک و لوله) بر روی سازه‌های فولادی مدفون زیر خاک

پتانسیل Redox (میکرو-ولتmv)	درجه خوردگی
< ۱۰۰	شدید
۲۰۰ – ۱۰۰	آرام
۴۰۰ – ۲۰۰	کند
> ۴۰۰	بدون خوردگی

٦-٦-١-٣- اصول اولیه طراحی

جهت انجام طراحی، باید اصول اولیه طراحی مشخص باشد. این اصول از استانداردهای ملی و بین‌المللی و همچنین کتب مرجع قابل دسترسی است. اهم این اطلاعات عبارت است از:

- راندمان پوشش
- دانسیته جریان حفاظتی برای سطح بدون پوشش و پوشش‌دار
- طول عمر طراحی تاسیسات حفاظتی
- مشخصات مربوط به آند مورد نظر (ابعاد، وزن و ...)
- ضرایب ایمنی مربوط به محاسبه سطح و جریان کل مورد نیاز

بخشی از استانداردهای مورد استفاده در فهرست مراجع ارائه شده است.

٦-٦-١-٤- محاسبات و طراحی نهایی

پس از جمع‌آوری اطلاعات فوق، باید محاسبات و طراحی نهایی به ترتیب زیر انجام شود:

- محاسبه سطح کل مورد نیاز
- محاسبه جریان کل مورد نیاز

- محاسبه تعداد آند مورد نیاز
- انتخاب نوع بستر و محاسبه مقاومت بستر آندی
- آزمایش طراحی انجام شده
- تغییر تعداد و ابعاد آندهای مورد نیاز در صورت لزوم
- انتخاب مبدل یکسو کننده[1] مورد نیاز. لازم به ذکر است که مرحله انتخاب مبدل یکسوکننده تنها مربوط به روش اعمال جریان بوده و نیازی به انجام آن در روش آندهای فداشونده نیست.
- انتخاب محل و مشخصات کیت‌های عایقی
- تعیین مشخصات و موقعیت کابل‌های ارتباطی

٦-۷- سامانه گندزدایی

برای جبران میزان کلر باقی‌مانده کاهش یافته در خط انتقال آب و رساندن آن به غلظت توصیه شده توسط مراجع ملی و بین المللی و به منظور حفظ ایمنی سامانه آبرسانی و توزیع آب لازم است در هر نقطه‌ای که غلظت کلر کاهش یافته است با ایجاد سامانه کلرزنی نسبت به افزایش غلظت کلر باقی مانده اقدام شود. مبانی طراحی و انتخاب نوع و محل نصب تجهیزات و تاسیسات مورد نیاز برای کلرزنی براساس ظرفیت، قطر و طول خط انتقال، مدت زمان ماند آب در خط انتقال، غلظت کلر باقی‌مانده در خروجی تصفیه‌خانه (درصورتی‌که تصفیه‌خانه در نزدیکی محل تامین آب باشد) و نیز ابعاد و گستردگی سامانه توزیع آب (درصورتی‌که در محل مخزن تعادل یا ذخیره آب سامانه گندزدایی احداث شود) و همچنین دوری و نزدیکی محل احداث سامانه گندزدایی نسبت به محل تامین یا کارخانه تولید کلر و مدت زمان ذخیره‌سازی، درجه حرارت محیط، سهولت دسترسی به محل ایجاد تاسیسات و نکات ایمنی که در این خصوص باید رعایت کرد، خواهد بود. برای اطلاعات بیش تر در خصوص مشخصات تجهیزات به ضوابط طراحی تجهیزات تصفیه‌خانه آب رجوع شود.

در صورت وجود اطلاعات پایه کافی (برای دوره یک ساله) برای مدلسازی و وضعیت کیفی منابع و عدم وجود پمپاژ مستقیم به شبکه، تحلیل کیفی کلر باقی‌مانده در شبکه توزیع و تعیین سن آب باید برای ابتدا و انتهای دوره بهره‌برداری، تعیین و مشخصات فنی مورد نیاز ارائه شود. در این خصوص باید الگوی مصرف ساعتی با توجه به مندرجات بخش (۳-۸-۱-۱-۱- الف) مشخص و ملاک عمل قرار گیرد. سپس با انجام آزمایش های بطری بسته، ضریب اضمحلال کلر (k_b) تعیین شود. از طرفی با انجام سایر آزمایش ها، ضریب جداری (k_w) نیز تعیین شود.

برای پروژه‌های با خطوط انتقال طولانی با توجه به بده، طول، جنس و قطر لوله‌ها و کیفیت آب (به‌خصوص از نظر عوامل بیولژیکی و مواد اکسید شدنی آب)، احداث ایستگاه‌های کلرزنی مجدد در فواصلی با ضریب اطمینان کافی توصیه می‌شود. همچنین لازم است در زمان بهره‌برداری در شرایط و فصول مختلف، ضرایب اضمحلال کلر و جدار از طریق آزمایش مشخص و به‌وسیله نرم‌افزارهای مربوطه وضعیت کلرزنی مورد تحلیل قرار گیرد تا میزان دقیق تزریق کلر در هر ایستگاه مشخص شود. لازم به‌ذکر است

1- Rectifier Transformer

که علاوه بر کنترل حداقل کلر باقیمانده، به‌منظور حفظ سلامت مصرف‌کنندگان، باید محل و مقدار تزریق کلر به‌نحوی انتخاب شود که مقدار کلر باقیمانده از حداکثر مجاز نیز تجاوز نکند.

یادآوری: علاوه بر کلرزنی، روش‌های دیگری از جمله ازن زنی، اشعه ماوراء بنفش و غیره نیز وجود دارند که در صورت توجیه فنی، زیست محیطی و اقتصادی می‌توانند در تصفیه‌خانه‌ها استفاده شوند.

٦-۸- سامانه‌های کنترل و اسکادا (پایش و فرمان از دور)

جمع‌آوری کلیه اطلاعات درخصوص تاسیسات تامین، انتقال، تصفیه، ذخیره و توزیع آب در مدت زمان طولانی و پایش آن می‌تواند از دو جنبه مختلف مورد استفاده قرارگیرد که یکی تنظیم[1] مدل تحلیل هیدرولیکی و دیگری استفاده از اطلاعات مذکور در بهره‌برداری از آن می‌باشد، لذا دراین خصوص فراهم کردن بستری که بتواند اطلاعات را از راه دور جمع‌آوری و پایش کند ضروری است.

به‌طور متداول، اطلاعات و داده‌هایی که معمولا از سیستم تله‌مترینگ جمع‌آوری می‌شود شامل اطلاعات مربوط به بده، ارتفاع سطح آب در منابع هوایی و مخازن، فشار آب، اطلاعات مربوط به کلر باقی‌مانده یا کدورت آب، ساعت کارکرد الکتروپمپ‌ها و سایر اطلاعات مورد نیاز می‌باشد. جمع‌آوری بخشی از اطلاعات مذکور به‌وسیله سیستم تله‌متری در واقع وظیفه روزمره عامل بهره‌برداری و راهبری یک تاسیسات است.

اطلاعات مذکور خصوصا در تشخیص نیازهای آبی در قسمت‌های مختلف شبکه توزیع بسیار مفید است و همچنین در شناسایی علل بروز حوادث در خطوط لوله انتقال یا شبکه توزیع و به‌طورکلی تاثیرپذیری فعالیت‌های شرکت بهره‌برداری کننده در بالا بردن راندمان حجمی سیستم بسیار موثر خواهد بود. به‌این لحاظ یک سیستم جمع‌آوری اطلاعات در بخش‌های مدیریت تامین، تصفیه، انتقال، ذخیره‌سازی و توزیع آب که از نظر زمانی و وسعت مکانی و جغرافیایی بتواند به سهولت ثبت و پردازش شود، بدون استفاده از یک سیستم کنترل و فرمان از راه دور، تقریبا غیرعملی است. بنابراین ضروری است که کلیه تاسیسات آبرسانی و توزیع آب در شهرها و روستاها به سیستم پایش و کنترل و فرمان از راه دور تجهیز شوند.

به‌منظور بهره‌برداری مناسب و مطلوب از تاسیسات آب از سامانه‌های کنترل و اسکادا جهت انتقال اطلاعات، کنترل و نظارت بر قسمت‌های مختلف تاسیسات آبرسانی، استفاده می‌شود. لازم است این سامانه‌ها ضمن راهبری طرح، سه هدف زیر را دنبال کنند:

- اهداف کنترلی: با استفاده از سامانه‌های کنترل و اسکادا، ارتباط و مدارهای همبندی (اینترلاک‌های) لازم بین قسمت‌های مختلف تاسیسات آبرسانی صورت می‌پذیرد. در این حالت می‌توان به کمک اندازه‌گیری‌های مختلف، تلمبه‌ها و شیرهای مربوط و غیره را به‌طور مناسب فعال یا غیرفعال کرد.
- اهداف بهره‌برداری: به‌منظور بهره‌برداری مناسب و بهینه‌سازی در زمینه راهبری و نگهداری طرح، از سامانه کنترل و اسکادا استفاده می‌شود. بهره‌بردار با دریافت اطلاعات جامع و هشدار دهنده، تصمیمات لازم را با کم‌ترین هزینه اتخاذ خواهد کرد.

1 -Calibration

- اهداف مدیریت انرژی: به کمک اطلاعات دریافتی از رفتار هیدرولیکی منابع تولید، توزیع و رژیم مصرف آب تاسیسات آبرسانی شهر و روستا و بررسی نحوه کارکرد بخش‌های مختلف در طول شبانه روز و هفته، می‌توان با ذخیره‌سازی مناسب آب در مخازن و بهره‌برداری آن در زمان مناسب، نسبت به کاهش مصارف انرژی اقدام کرد.

ضوابط لازم جهت طراحی و اجرای این سامانه‌ها در پیوست ۶ و استانداردهای شرکت مخابرات ارائه شده است.

فصل ۷

معرفی نرم‌افزارهای طراحی شبکه توزیع و خطوط انتقال

۷-۱- نرم‌افزارهای تحلیل هیدرولیکی شبکه توزیع

برای مدل‌سازی و تحلیل هیدرولیکی شبکه‌های توزیع آب و خطوط انتقال نرم‌افزارهای مختلفی تهیه شده و در عمل مورد استفاده قرار می‌گیرند. از مهم‌ترین این نرم‌افزارها می‌توان به EPANET، MIKENET، KYPIPE، WaterCAD، WaterGEMS و ... اشاره کرد. در هریک از این نرم‌افزارها مشخصات و ویژگی‌های مشترک یا منحصر به‌فردی وجود دارد که مهم‌ترین آنها عبارت است از:

- امکان دریافت اطلاعات ورودی از نرم‌افزارهای دیگر
- تعیین مقدار کلی و خالص جریان گذرنده از هر المان
- تعیین و تخصیص تقاضاهای گره‌ای
- ردیابی جریان از هر مخزن به هر گره
- مدل‌سازی جریان آتش‌نشانی و شیرهای آتش‌نشانی
- وارد کردن تقاضای گرهی به نرم‌افزار از طریق فایل‌های متنی
- تبدیل خطوط AutoCAD به لوله
- استفاده از داده‌های منابع خارجی شامل GIS و AutoCAD و غیره
- توانایی داخل کردن مشخصات هندسی یک شبکه لوله از طریق یک فایل متنی ساده
- تغییر برنامه پمپاژ و خالی و پر کردن مخازن
- محاسبه افت اصطکاکی با انواع فرمول‌های هیزن- ویلیامز، دارسی وایسباخ و شزی - مانینگ
- امکان استفاده از فایل‌های Meta file، bitmap یا dxf به عنوان فایل پس‌زمینه
- تحلیل کیفی آب (از جمله شبیه‌سازی سن آب و تحلیل کلر باقی‌مانده)
- تحلیل ایجاد و پیدایش محصولات جانبی[1] در آب
- تحلیل اختلاط آب در منابع مختلف
- مدل‌سازی حرکت یک ماده ردیاب خنثی از نظر شیمیایی در شبکه
- تحلیل شرایط بحرانی (آلودگی، جریان آتش‌نشانی، شکستگی لوله، قطع برق و ...)
- تحلیل اقتصادی و سرمایه‌گذاری
- قابلیت طراحی اتوماتیک
- بهینه‌سازی
- کالیبره کردن اتوماتیک
- مدل کردن انواع تلمبه‌ها از جمله تلمبه‌های با دور متغیر
- تحلیل هزینه‌های انرژی

1 - By-Product

- اجرای پیکربندی‌های مختلف شبکه در یک فایل
- رسم منحنی‌های هد سیستم
- مدل کردن انواع شیرآلات
- قابلیت برنامه‌ریزی اضافی به کمک زبان‌های برنامه‌نویسی مختلف
- امکان قطع و وصل جریان در لوله‌ها
- ایجاد راهنمای نقشه رنگی شبکه برای نمایش انواع پارامترها
- تحلیل امنیت آب[1]
- قابلیت اتصال با سیستم اسکادا
- شبیه سازی سناریوهای مختلف
- تحلیل دوره گسترده زمانی[2]

بدیهی است با گذشت زمان هر روز نرم‌افزارهای جدیدتر و کامل‌تری تولید شده و در دسترس قرار می‌گیرند که کاربران باید با توجه به خصوصیات هر شبکه و ویژگی‌های مورد نیاز در مدل‌سازی و همچنین رعایت مسایل اقتصادی، مناسب‌ترین نرم افزار قابل دسترس برای طراحی را انتخاب کنند. برای آشنایی بیش‌تر با هریک از نرم‌افزارها به دفترچه راهنمای ارائه شده توسط تولید کنندگان آنها مراجعه شود.

تذکر: از آنجا که مبنای تحلیل هیدرولیکی در هریک از نرم‌افزارهای یادشده یکسان است، نتایج حاصله در خصوص پارامترهای مختلف هیدرولیکی کیفی نیز مشابه می‌باشند. بنابراین تفاوت نرم‌افزارها صرفا در رابطه با نحوه ورود داده‌ها، نمایش نتایج و قابلیت انجام برخی از محاسبات جانبی است.

۷-۲- نرم‌افزارهای تحلیل هیدرولیکی جریان ناماندگار در خطوط انتقال

نرم‌افزارهای تحلیل هیدرولیکی جریان‌های ناماندگار در خطوط انتقال، جریان ناماندگار و اثرات آن (مانند خلاءزایی، جدایی ستون آب و ضربه قوچ) را در سیستم‌های خط انتقال با روش عددی حل می‌کنند. ضربه قوچ، نوسانات فشاری است که در خط لوله، زمانی‌که جریان به طور ناگهانی تغییر کند، ایجاد می‌شود. همچنین تاثیر استفاده از انواع تجهیزات کاهش دهنده اثرات موج فشاری[3] ناشی از جریان ناماندگار (به شرح مندرج در نشریه ۵۱۷) به وسیله این نرم‌افزارها مدل می‌شود.

از مهم‌ترین این نرم‌افزارها می‌توان به HAMMER، HiTRANS، AIR CHAMBER، HYTRAN، KYPIPE، FLOWMASTER، ART، AFT IMPULSE و PIPENET اشاره کرد. برای کسب اطلاعات بیش‌تر از این نرم‌افزارها و نحوه کار با آنها به نشریه ۵۱۷ و همچنین راهنمای ارائه شده توسط تولیدکنندگان رجوع شود.

1- Water Security
2- Extended Period Simulation
3-Surge

پیوست ۱

اقلیم نماها و عمق یخبندان

پ.۱-۱- اقلیم نمای دومارتن

در این اقلیم نما، براساس رابطه پ.۱-۱ متغیرهای درجه حرارت و مقدار رطوبت، تعیین کننده نوع اقلیم منطقه است.

$$I = \frac{P}{T + 10} \qquad (پ.۱-۱)$$

که I: ضریب خشکی (براساس جدول پ.۱-۱)، T: متوسط درجه حرارت سالانه (درجه سانتی‌گراد) وP: متوسط بارندگی سالانه (میلی‌متر) هستند.

جدول پ.۱-۱- اقلیم نمای دومارتن

نام اقلیم	محدوده ضریب خشکی دومارتن (I)
خشک	کوچک‌تر از ۱۰
نیمه خشک	۱۰ تا ۱۹/۹
مدیترانه ای	۲۰ تا۹ /۲۳
نیمه مرطوب	۲۴ تا ۲۷/۹
مرطوب	۲۸ تا ۳۴/۹
بسیارمرطوب	بزرگ‌تر از ۳۵

شکل (پ.۱-۱) تقسیم‌بندی‌های اقلیم نمای دومارتن را نشان می‌دهد.

پ. ۱-۲- اقلیم‌نمای آمبرژه

در روش طبقه‌بندی آمبرژه وضعیت اقلیم براساس شاخص آمبرژه (Q) از رابطه پ-۱-۲ تعیین می‌شود.

$$Q = \frac{2000P}{M^2 - m^2} \qquad (پ-۱-۲)$$

که M: میانگین حداکثرهای درجه حرارت در گرمترین ماه سال در دوره آماری (بر حسب درجه کلوین)، m: میانگین حداقل‌های درجه حرارت در سردترین ماه سال در دوره آماری (بر حسب درجه کلوین) و P: متوسط بارندگی سالانه (برحسب میلی‌متر) هستند.

در اقلیم نمای آمبرژه که از دو محور متعامد تشکیل شده است (شکل پ.۱-۲)، با استفاده از مقدار m (برحسب درجه سانتی‌گراد) در محور افقی و مقدار Q در محور عمودی، نوع اقلیم مشخص می‌شود.

پ.۱-۳- تعیین عمق یخبندان به‌روش Fair and Gayer

درخصوص محاسبه عمق پوشش لوله‌های مدفون، معروف‌ترین و ساده‌ترین روش که می‌توان در مطالعات مرحله اول و با استفاده از اطلاعات و آمار هواشناسی منطقه استفاده نمود، رابطه Fair وGayer به‌شرح زیر است:

$$d = 1.65 \times F^{0.468} \qquad (پ.۱-۳)$$

که d: عمق یخبندان در خاک (بر حسب اینچ) و F: اندیس یخزدگی هستند.

اندیس یخزدگی (F) از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$F = (32n - \sum T_m) \times 30.2 \qquad (پ.۱-۴)$$

که n: تعداد ماه‌هایی است که درجه حرارت هوا زیر صفر قرار می‌گیرد، T_m: متوسط روزانه درجه حرارت در طول ماه‌های فوق بر حسب درجه فارنهایت و ۳۰/۲: میانگین تعداد روزهای ماه در طول سال هستند.

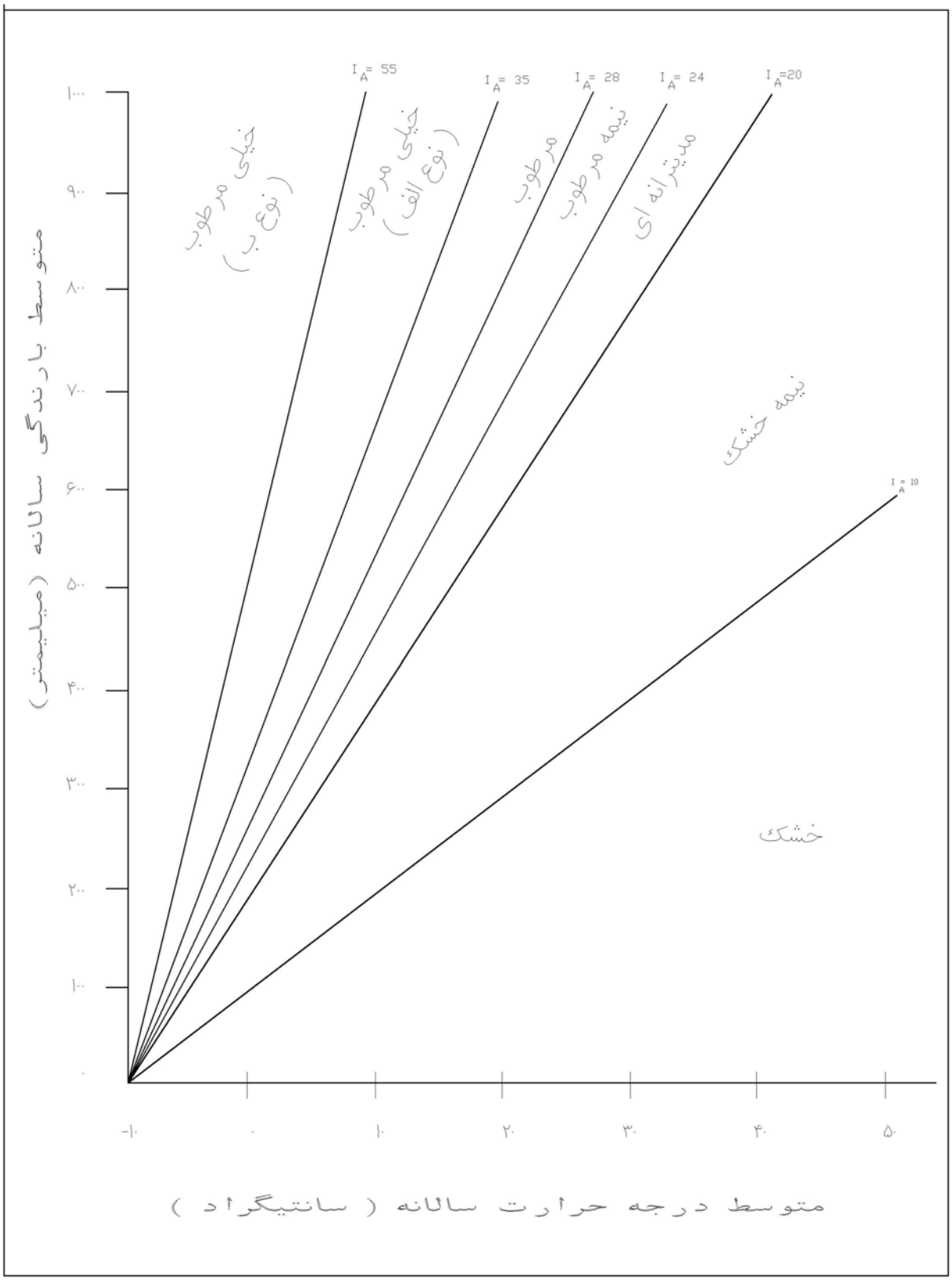
پ.۱-٤- تعیین عمق یخبندان به‌روش Modified Berggren

به‌منظور تدقیق عمق یخبندان در مطالعات مرحله دوم و با در دست داشتن نتایج مطالعات ژئوتکنیک منطقه از روش اصلاح شده برگرن، که در آن علاوه بر اطلاعات و آمار هواشناسی میزان رطوبت خاک و میزان تبادل حرارتی و پارامترهای دیگر خاک منطقه نیز موثر می‌باشد، استفاده می‌شود [۲۵ و۲۷ و ۳۱]. در این روش اطلاعات اولیه مورد نیاز عبارتند از: اطلاعات هواشناسی منطقه شامل درجه حرارت، ایام یخبندان برای محاسبه عمق یخبندان و ایام با درجه حرارت بسیار بالا در مناطق گرمسیر جهت محاسبه عمق گداختگی و درجه–روز با توجه به هدف محاسبه (عمق یخبندان و یا عمق گداختگی) که می‌توان از اداره هواشناسی اخذ نمود و اطلاعات مربوط به نوع خاک، درصد رطوبت خاک و وزن مخصوص خشک آن که پس از انجام آزمایش‌های ژئوتکنیک (در مطالعات مرحله دوم) تعیین می‌شود. به منظور محاسبه عمق یخبندان یا عمق گداختگی در این روش به شرح زیر اقدام می گردد:

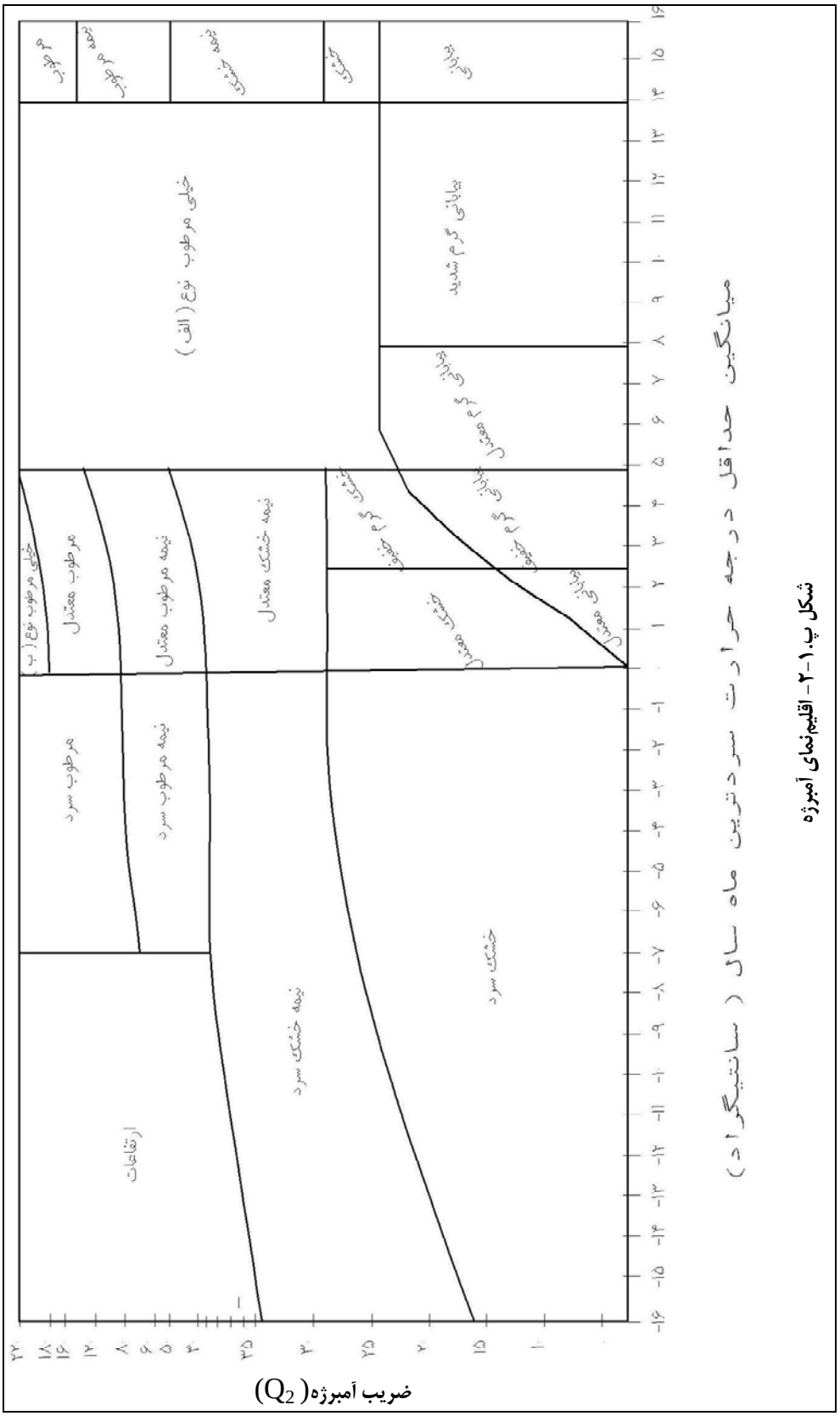
$$x = \lambda\sqrt{\frac{48 \times k_{avg} \times n \times FI}{L}} \qquad (پ.۱-۵) \text{ عمق یخبندان}$$

$$x = \lambda\sqrt{\frac{48 \times k_{avg} \times n \times TI}{L}} \qquad (پ.۱-۶) \text{ عمق گداختگی}$$

که x: عمق یخبندان یا عمق گداختگی، λ: ضریب اصلاح، k_{avg}: قابلیت هدایت حرارتی خاک (میانگین حالت یخ زده و یخ نزده خاک) برحسب (BTU/hr.ft.°F)، n: فاکتور تبدیل نقطه انجماد هوا به پوشش زمین، FI: شاخص یخزدگی هوا با توجه به شرایط آب و هوایی (°F.days)، TI: شاخص گداختگی هوا با توجه به شرایط آب و هوایی (°F.days) و L: حرارت نهفته خاک (BTU/ft^3) می‌باشند.

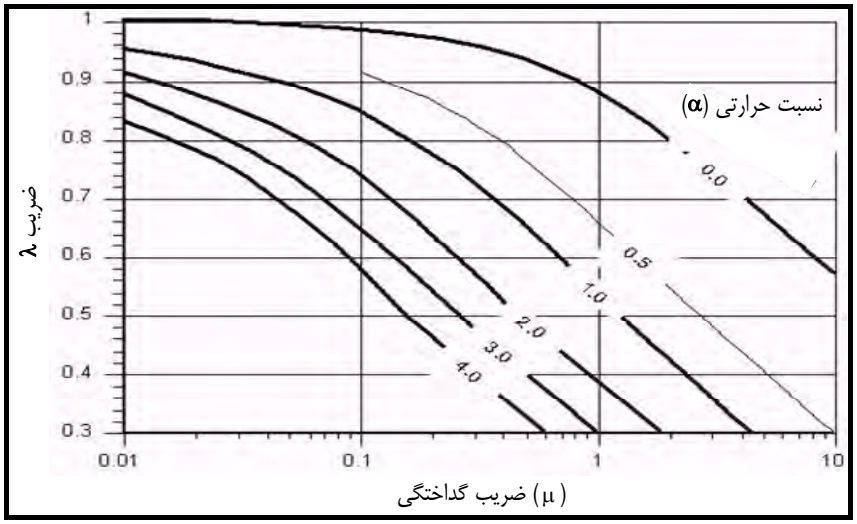


شکل پ.۱-۱- نمودار اقلیم نمای دومارتن



شکل پ.۱-۲- اقلیم‌نمای آمبرژه

به‌منظور محاسبه λ باید از نمودار شکل پ.۱-۳ استفاده کرد که دو پارامتر مورد نیاز آن به ترتیب α (نسبت حرارتی) و μ (ضریب گداختگی) هستند.



شکل پ.۱-۳- محاسبه ضریب اصلاح فرمول برگرن

برای محاسبه α از فرمول پ.۱-۷ استفاده می‌شود:

$$\alpha = \left| \frac{\overline{T} - T_f}{T_f - T_s} \right| \qquad (پ.۱-۷)$$

که $\overline{T}$: متوسط درجه حرارت سالانه هوا یا زمین بـه فارنهایـت، T_f: ۳۲ درجـه فارنهایـت و T_s: متوسـط درجـه حـرارت در دوره بخبندان هستند.

برای محاسبه μ از فرمول زیر استفاده می‌شود:

$$\mu = (|T_f - T_s|)(\frac{C}{L}) \qquad (پ.۱-۸)$$

که C: متوسط ظرفیت ویژه حرارتی خاک ($BTU/ft^3.^\circ F$) است.

ظرفیت ویژه حرارتی خاک در دو حالت یخزدگی و یخ‌نزدگی خاک محاسبه شده و در نهایت از معـدل‌گیـری ایـن دو عـدد بـرای محاسبه μ استفاده می‌شود (فرمول‌های پ.۱-۹ و پ.۱-۱۰):

$$C_{frozen} = \gamma_d (0.17 + \frac{0.5w}{100}) \qquad (پ.۱-۹)$$

$$C_{unfrozen} = \gamma_d (0.17 + \frac{w}{100}) \qquad (پ.۱-۱۰)$$

که γ_d: جرم مخصوص خشک خاک (lb/ft^3) و w: درصد رطوبت خاک می‌باشند.

در نتیجه:

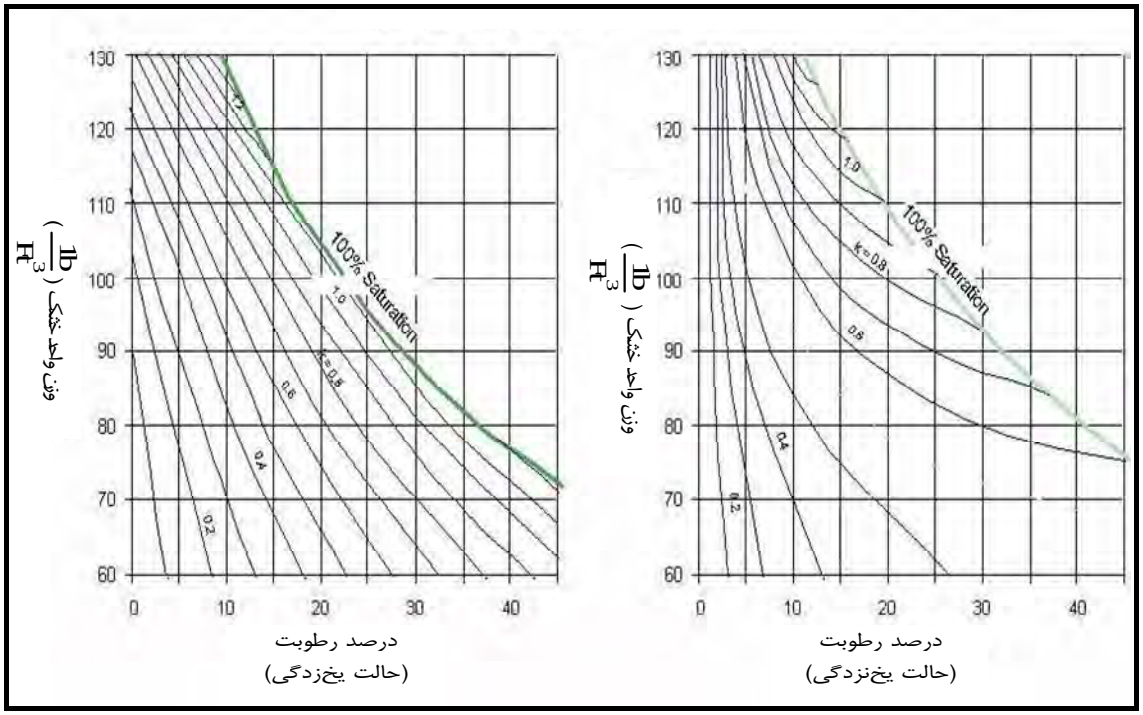
$$C = \frac{C_{frozen} + C_{unfrozen}}{2} \qquad (پ.۱-۱۱)$$

به‌منظور محاسبه حرارت نهفته خاک از فرمول پ.۱-۱۲ استفاده می‌شود:

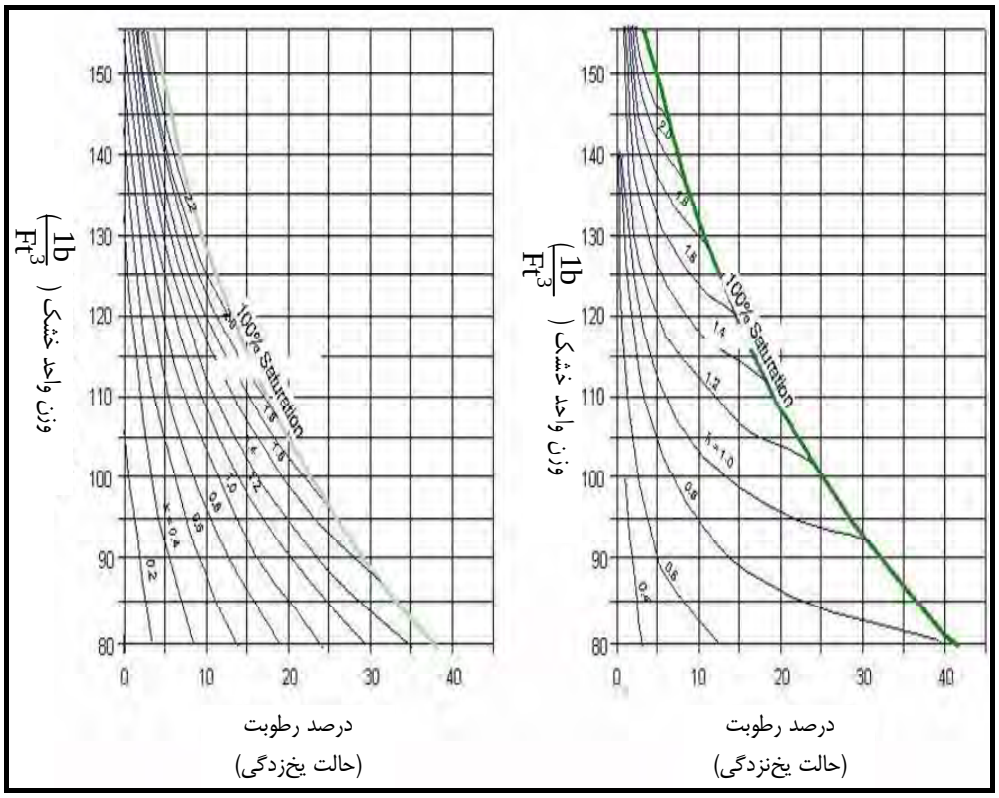
$$L = \frac{144.w.\gamma_d}{100} \qquad (پ.۱-۱۲)$$

پس از محاسبه α و μ از شکل (پ.۱-۳)، مقدار λ استخراج می‌شود.

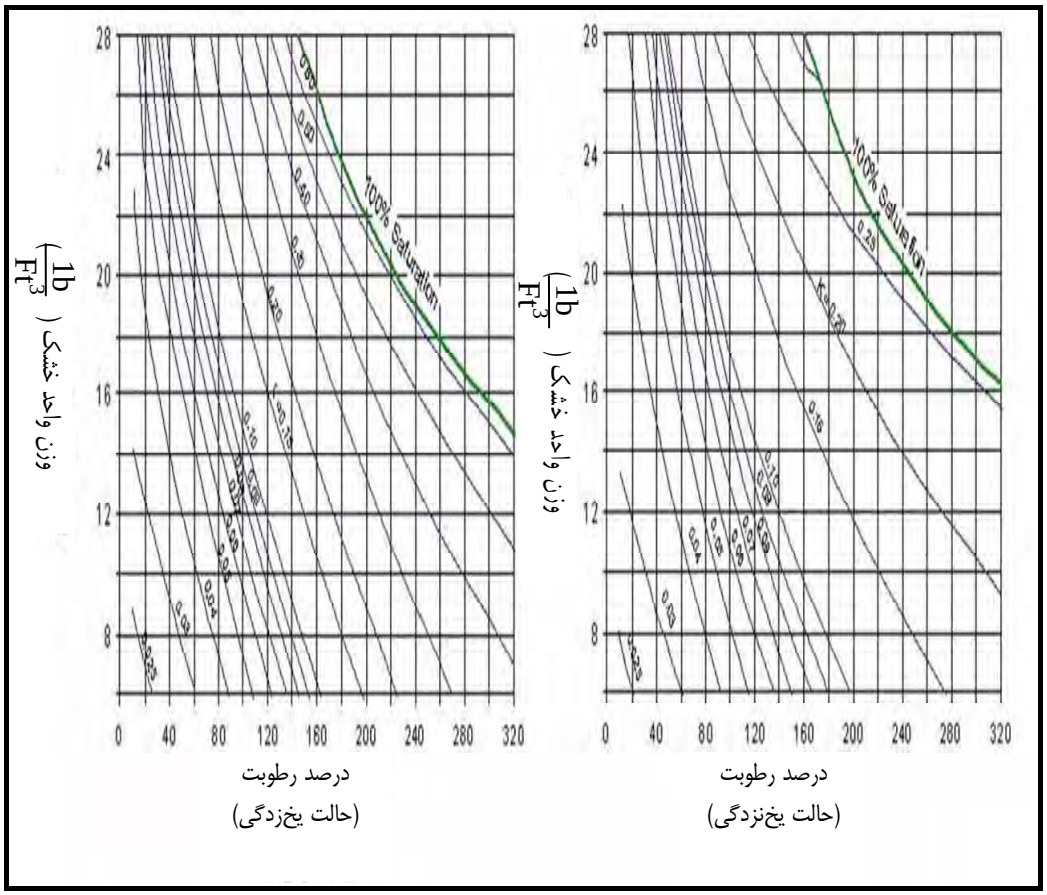
قدم بعدی در محاسبات عمق یخبندان، محاسبه میزان k_{avg} است که با توجه به نوع خاک (مطابق با مطالعات ژئوتکنیک منطقه مورد مطالعه) و نمودارهای شکل‌های (پ.۱-۴) تا (پ.۱-۶) محاسبه می‌شود.



شکل پ.۱-٤- متوسط ظرفیت انتقال حرارتی برای خاک‌های رسی و گل و لای (سیلت) در دو حالت یخزدگی و یخنزدگی (برگرفته از Kersten, 1949 and Air Force, 1966**) [۲۵ و۲۷ و ۳۱]**



شکل پ.۱-۵- متوسط ظرفیت انتقال حرارتی برای خاک‌های گرانولی در دو حالت یخزدگی و یخنزدگی (برگرفته از Kersten, 1949 and Air Force, 1966) [۲۵ و۲۷ و ۳۱]



شکل پ.۱-٦- متوسط ظرفیت انتقال حرارتی برای خاک‌های نباتی در دوحالت یخزدگی و یخنزدگی
(برگرفته از Kersten, 1949 and Air Force, 1966**) [۲۵ و۲۷ و ۳۱]**

در گراف‌های مربوطه دو حالت یخزدگی و یخنزدگی انواع خاک‌ها مدنظر قرار گرفته است که پس از استخراج k_{frozen} و $k_{unfrozen}$ از معدل‌گیری این دو عدد، k_{avg} حاصل می‌شود.

پس از این مرحله نوبت به محاسبه n یا فاکتور تبدیل نقطه انجماد هوا به سطح می رسد که بدین منظور با توجه به این‌که هدف محاسبه، عمق یخبندان و یا عمق گداختگی باشد، می‌توان از فرمول‌های پ.۱-۱۳ و پ.۱-۱۴ استفاده کرد:

$$n = \frac{a}{b} \qquad (پ.۱-۱۳)$$

$$n = \frac{c}{d} \qquad (پ.۱-۱۴)$$

که a: شاخص یخبندان سطح، b: شاخص یخزدگی هوا، c: شاخص گداختگی سطح و d: شاخص گداختگی هوا می‌باشند.

با توجه به این‌که محاسبه شاخص‌های موجود در این دو فرمول از پیچیدگی زیادی برخودار است، لذا فرمول‌ها صرفا برای اطلاع ارائه شده و توصیه می‌شود برای محاسبه n از جداول (پ.۱-۲) و یا (پ.۱-۳) استفاده شود.

جدول پ.۱-۲- میزان n پیشنهادی باتوجه به وضعیت سطح برای شرایط یخبندان

سطح	n
برف	۱
فاقد برف و یخ	۰/۹
شن و ماسه	۰/۹
خاک ریشه‌دار	۰/۵

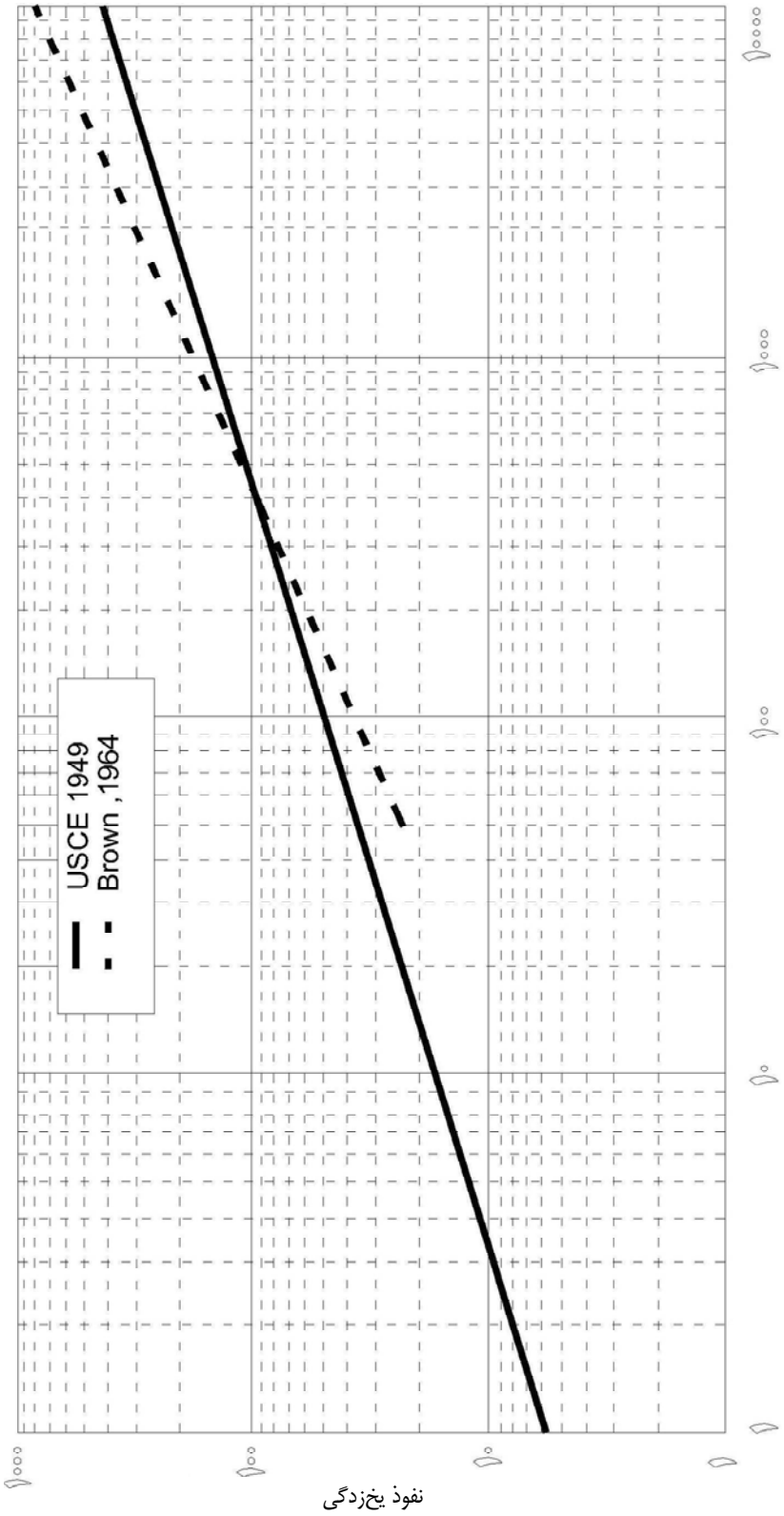
جدول پ.۱-۳- میزان n پیشنهادی با توجه به وضعیت سطح برای شرایط گداختگی

سطح	n
شن و ماسه	۲
خاک ریشه‌دار	۱

پ.۱-۵- محاسبه عمق یخبندان به روش Thaw Index

اداره مهندسی ارتش ایالات متحده آمریکا (USCE) به‌طور تجربی منحنی‌هایی برای تعیین عمق یخبندان با استفاده از شاخص یخبندان[1] تهیه کرده است. شاخص یخبندان معیاری است که جمع جبری درجه حرارت متوسط روزهای متوالی زیر صفر به درجه – روز تعیین می‌شود. Brown (1969) در منحنی فوق تجدیدنظر کرد و به‌جای شاخص یخبندان، شاخص آب شدن یخ[2] را به‌کار برد. منحنی مذکور در شکل (پ.۱-۷) ارائه شده است [۲۵ و۲۷ و ۳۱].

1- Freezing Index
2- Thaw Index



شکل پ.۱-۷- برآورد عمق یخبندان براساس روش (Thaw Index)

پیوست ۲

روش‌های برآورد و پیش‌بینی جمعیت

پ.۲-۱- مقدمه

در حال حاضر سرشماری‌های عمومی نفوس و مسکن که بر پایه تکمیل پرسشنامه با مراجعه به خانوارها صورت می‌گیرد، به‌عنوان کامل‌ترین و قابل اعتمادترین منبع اطلاعاتی جمعیت شناخته شده‌اند. به‌دلیل تغییرات پیوسته جمعیت که گاهی از شدت بالایی نیز برخوردار است، نمی‌توان از نتایج این‌گونه سرشماری‌ها برای مقاطع پس از سرشماری و مخصوصا سال‌های دورتر جهت بسیاری از اهداف موردنیاز، استفاده کرد.

سیاست‌گزاران، برنامه‌ریزان دستگاه‌های اجرایی و محققان در سطوح ملی و محلی، جهت ارزیابی برنامه‌ها و انجام برنامه‌ریزی‌های خود به اطلاعات جاری و آینده جمعیت نیاز دارند. اگرچه از روش‌های نمونه‌گیری نیز جهت رفع نیازهای اطلاعات پایه‌ای جمعیت استفاده می‌شود، اما این روش‌ها علاوه بر پرهزینه بودن، نمی‌توانند برای اهداف گذشته و آینده به‌کار روند. روش‌های مختلف برآورد جمعیت و همچنین شاخص‌های جمعیتی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند.

در متون جمعیت‌شناسی عمدتا از سه واژه برآورد[1]، تصویر[2] و پیش‌بینی جمعیت[3] استفاده می‌شود، که لازم است در آغاز به وجوه تمایز و تشابه آنها اشاره شود. برآورد جمعیت با توجه به زمان برآورد و منابع اطلاعاتی مورد استفاده در سه گروه قابل بحث هستند (شریوک و همکاران ،۱۹۷۶):

۱- برآوردهای بین دو سرشماری[4]: این گروه، برآوردی از جمعیت در حد فاصل دو سرشماری انجام شده ارائه و بدین منظور از نتایج این دو سرشماری استفاده می‌کنند.

۲- برآوردهای پس از سرشماری[5]: در این گروه، برآوردهای جاری و گذشته جمعیت در مقطع پس از آخرین سرشماری تا زمان اجرا قرار دارند که از نتایج آخرین سرشماری و احتمالا سرشماری‌های قبلی و اطلاعات جاری جمعیت بهره می‌گیرند.

۳- تصویر: این گروه از برآوردها، نسبت به ارائه برآوردهای جمعیت پس از آخرین سرشماری و برای زمان‌های طولانی‌تر که هنوز اطلاعات جاری تغییر جمعیت به دست نیامده است، اقدام می‌کنند. البته در این گروه برآوردهای جمعیت برای زمان‌های گذشته که اطلاعات جاری جمعیت موجود نیست نیز قرار می‌گیرند.

با توجه به تقسیم‌بندی‌های فوق، در این گزارش، اصطلاح «برآورد» جهت برآورد جمعیت (پس از سرشماری) به‌کار می‌رود. اما از طرف دیگر باید بین تصاویر جمعیتی و پیش‌بینی‌های جمعیت نیز تمایز قائل شد.

رده‌ای از تصاویر جمعیت که احتمالا خیلی به واقعیت نزدیک هستند به‌عنوان پیش‌بینی‌های جمعیت معرفی می‌شوند [۶۷، ۴۷، ۴۱]. از این‌رو تمامی پیش‌بینی‌ها، تصاویر جمعیتی هستند، اما هر تصویر جمعیت لزوما به عنوان پیش‌بینی قلمداد نمی‌شود، بلکه گروهی از آنها، صرفا روابطی تحلیلی و محاسباتی به‌شمار می‌روند.

1- Estimation
2- Projection
3- Forecasting
4- Intercensal Estimates
5- Postcensal Estimates

پ.۲-۲- روش‌های برآورد جمعیت

در این قسمت روش‌های مختلف پیش‌بینی جمعیت شهرها و جوامع روستایی در قالب دو رده‌ی اصلی روش‌های ریاضی و جمعیت‌شناسی (روش‌های مولفه‌ای و مولفه‌ای نسلی) مورد بررسی قرار می‌گیرد.

پ.۲-۲-۱- روش ریاضی

روش‌های ریاضی مختلفی را می‌توان برای برآورد پس از سرشماری جمعیت کل کشور براساس گروه‌های سنی به‌کار برد. از آنجا که این روش‌ها، نتایج تقریبی برای جمعیت گروه‌های سنی به دست می‌دهند، از این‌رو تنها در مواردی که اطلاعات کافی و مناسبی از مرگ و میر، موالید و سایر مولفه‌های مورد نیاز وجود ندارد می‌توان از این روش‌ها استفاده کرد. دو روش از مرسوم‌ترین روش‌های ریاضی، یکی برازش منحنی خطی به دو سرشماری آخر و سپس برون‌یابی رده‌های سنی مختلف برای سال موردنظر و دیگری برون‌یابی درصد سهم هریک از رده‌های سنی براساس یک برازش خطی برای سال مورد نظر می‌باشد. براساس هر دو روش می‌توان برآوردی از جمعیت رده‌های سنی مختلف برای سال‌های پس از سرشماری آخر را به‌دست آورد. اغلب، جهت سازگاری نتایج این روش‌ها با برآورد مستقلی از جمعیت کل کشور، نتایج حاصله از روش‌های فوق به‌گونه‌ای تعدیل می‌شوند تا جمع برآوردهای جمعیت رده‌های سنی، برابر برآورد جمعیت کل کشور که براساس روش مستقل دیگری (مانند میزان رشد هندسی یا نمایی) به‌دست آمده است، شود. روش‌های ریاضی از لحاظ مفهومی به سادگی قابل اجرا هستند. در استفاده از این روش ملاحظاتی به شرح زیر وجود دارد:

برآورد جمعیت به روش ریاضی با استفاده از رشد هندسی و رشد نمایی نیازمند رشد جمعیت است که معمولا از دو سرشماری آخر استفاده می‌شود. نکته مهم برای محاسبه رشد جمعیت، همانند بودن منطقه جغرافیایی (شهر، آبادی، شهرستان، استان و ...) در دو مقطع سرشماری است. به‌عنوان مثال اگر در بین دو سرشماری، یک آبادی جذب شهر شده باشد، برای محاسبه رشد جمعیت باید جمعیت آبادی در سرشماری اول هم اضافه و سپس رشد جمعیت محاسبه شود.

برآورد جمعیت با استفاده از روش ریاضی، برای پیش‌بینی‌های کوتاه مدت (کم‌تر از ۱۰ سال) توصیه شده است و در پیش‌بینی‌های میان مدت یا بلند مدت، درصورت استفاده از این روش، با توجه به رشد ثابت جمعیت، خطای برآورد وارد می‌شود.

فرض اصلی استفاده از این روش، ثابت ماندن تغییرات جمعیت بعد از سرشماری است. به بیان دیگر، رشد جمعیت بعد از سرشماری، همانند متوسط رشد جمعیت در بین دو سرشماری فرض می‌شود.

پ.۲-۲-۱-۱- محاسبه رشد سالیانه با استفاده از رشد هندسی جمعیت

برآورد جمعیت به‌روش هندسی از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$P_n = P_0(1+R)^n \qquad (۱-۲.پ)$$

که P_n: جمعیت کل در پایان دوره، P_o: جمعیت کل در ابتدای دوره، n: تعداد سال‌های مورد نظر هستند. R: متوسط نرخ رشد سالیانه است که $R = \text{Anti}\log\frac{A}{n} - 1$, $A = \log\frac{P_2}{P_1}$ و P_1 و P_2: تعداد جمعیت در دو سرشماری متوالی هستند.

پ.۲-۲-۱-۲- محاسبه رشد سالیانه با استفاده از معادله افزایش نمایی

در محاسبه رشد جمعیت با روش هندسی، فرض بر این است که افزایش جمعیت هرسال به‌طور مجزا از هم، با میزان افزایش سالیانه R انجام می‌شود. در حالی‌که افزایش جمعیت به‌طور پیوسته و مستمر انجام شود، رشد جمعیت دارای افزایش نمایی بوده و از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$P_n = P_0 e^{nR} \qquad (پ.۲-۲)$$

که

$$R = \frac{1}{n} Ln\left[\frac{P_n}{P_0}\right]$$

برطبق الگوی رشد نمایی با این فرض که پس از سال پایه، جمعیت براساس میزان رشد لحظه‌ای ثابتی، برابر متوسط میزان رشد لحظه‌ای مشاهده شده‌ی بین دو سرشماری آخر، رشد خواهد داشت، اقدام به برآورد یا پیش‌بینی جمعیت می‌شود. البته برای پیش‌بینی‌های بلندمدت اگر بتوان میزان رشد لحظه‌ای افق پیش‌بینی را تخمین زد، با درون‌یابی ریاضی مثلا درون‌یابی خطی می‌توان میزان رشد لحظه‌ای سال‌های میانی بین افق پیش‌بینی و سال پایه را نیز برآورد و با استفاده از میزان رشد متغیری، اقدام به پیش‌بینی جمعیت کرد. البته امکان برآورد میزان رشد لحظه‌ای در افق طرح خیلی مشکل و در برخی موارد امکان‌ناپذیر است.

قابل ذکر است کاربری رشد سالانه جمعیت براساس معادله تصاعد حسابی یا هندسی در برآورد جمعیت کل بدون تفکیک گروه‌های سنی است.

روش‌های دیگری نیز در این مورد وجود دارد که روابط آنها فهرست‌وار ارائه می‌شوند.

Linear function (پ.۲-۳) $P_n = P_0(1+nR)$

Modified exponential function (پ.۲-۴) $P_n = a + be^n$

Logistic curve (پ.۲-۵) $P_n = \frac{K}{1-e^{a+bn}}$

Makeham curve (پ.۲-۶) $P_n = \log(a + be^n)$

Gompertz curve (پ.۲-۷) $P_n = abe^n$

Polynomial of degree n (پ.۲-۸) $P_n = a_0 + a_1 n + a_2 n^2 + ... + a_k n^k$

Autoregressive series (پ.۲-۹) $P_n = a_0 P_{n-1} + a_2 P_{n-2} + ... + a_k P_{n-k}$

Hyperbolic function (پ.۲-۱۰) $P_n = \frac{a}{n_e - n}\ ,\ n < n_e$

که P_n: جمعیت در سال n و a ، b ، c ، a_0 ، a_1 و ... پارامتر هستند.

پ.۲-۳- محاسبه برآورد جمعیت بر اساس ترکیب سن و جنس

اگر هدف، برآورد جمعیت پس از سرشماری به تفکیک مولفه‌های سن و جنس باشد، روش‌های مختلفی از جمله روش‌های مبتنی بر نمونه‌گیری، ثبت‌های جمعیت، آمارهای ثبتی و ثبت‌های اداری، روش مولفه‌ای نسلی یا روش ترکیبی[1]، روش ریاضی تجزیه جمعیت پایا[2] و ترکیب‌های مختلفی از آنها مورد استفاده قرار می‌گیرند [۶۷]. در مواردی که اطلاعات پایه و ثبت جمعیت وجود دارد، معمولا از روش مولفه‌ای نسلی یا بقای نسلی[3] استفاده می‌شود.

پ.۲-۳-۱- روش مولفه‌ای

در این روش عمدتا تصاویری مجزا برای مولفه‌های موالید، باروری، مرگ و میر و مهاجرت به داخل و خارج شهر برای دوره‌ی زمانی مورد نظر ساخته می‌شود. البته در عمل باید با توجه به شرایط پیش رو و مطالعات سیاسی اجتماعی مختلف، نسبت به اعمال پیش‌فرض مناسب برای خالص مهاجرت تصمیم‌گیری کرد.

در مواردی که اطلاعات آخرین سرشماری، مرگ و میر، موالید و مهاجرت بین‌المللی درحد رضایت‌بخشی در دسترس باشد، می‌توان از این روش جهت برآورد جمعیت شهر یا آبادی برای سال‌های پس از سرشماری بهره جست. معادله‌ی اساسی روش مولفه‌ای عبارت است از:

$$P_t = P_{t-1} + B_{t-1,t} + M_{t-1,t} \qquad (پ.۲-۱۱)$$

که P_t: جمعیت کل کشور در میانه سال t (یا در زمان متناظر با مقطع انجام سرشماری)، $B_{t-1,t}$: کل موالید طی سال فرضی t، $D_{t-1,t}$: کل مرگ و میر در طول سال فرضی t و $M_{t-1,t}$: خالص مهاجرت بین‌المللی طی سال مذکور هستند.

سال فرضی می‌تواند از فروردین تا فروردین یا از میانه سال قبل تا میانه سال مورد نظر باشد. معمولا جمعیت پایه برای میانه سال (شهریور یا حتی آبان) موجود بوده و پیش‌بینی‌های جمعیتی نیز برای میانه سال خواهد بود. به‌عنوان مثال برای برآورد جمعیت در پایان آبان‌ماه سال ۱۳۸۶ با توجه به فرمول فوق چهار مولفه زیر مورد نیاز است:

- جمعیت پایان آبان‌ماه سال ۱۳۸۵ در سرشماری
- کل موالید ثبت شده طی اول آذرماه ۱۳۸۵ تا پایان آبان‌ماه ۱۳۸۶
- کل مرگ و میر به وقوع پیوسته از اول آذرماه ۱۳۸۵ تا پایان آبان‌ماه ۱۳۸۶
- مهاجرت به خارج و همچنین به داخل شهر در فاصله‌ی اول آذر ۱۳۸۵ تا پایان آبان‌ماه ۱۳۸۶

که در نتیجه خالص مهاجرت به‌دست می‌آید.

بدیهی است فرض اساسی در به‌کارگیری این روش، امکان دستیابی به اطلاعات ثبتی مناسب از مولفه‌های فوق است. البته در صورت لزوم باید اطلاعات ثبتی غیردقیق با روش‌های مناسب تعدیل و اصلاح شده و سپس مورد استفاده قرار گیرند.

1- Cohort – Component Method
2- Stable Population Analysis
3- Cohort Survival

لازم به ذکر است لزوم تعدیل اطلاعات، منحصر به اطلاعات جاری مانند موالید و مرگ و میر نیست، بلکه درباره‌ی جمعیت سال پایه که در معرض کم‌شماری، بیش‌شماری و خطای گزارش سن افراد خانوار است نیز (درصورتی‌که نتایج تعدیل از اعتبار بالایی برخوردار باشند)، اغلب توصیه می‌شود.

پ.۲-۳-۲- روش مولفه‌ای نسلی

معادله‌ی اساسی برآورد جمعیت در روش مولفه‌ای نسلی مشابه معادله‌ی اساسی روش مولفه‌ای است، با این تفاوت که معادله‌ی مولفه‌ای باید برای هریک از گروه‌های سنی نیز آورده شود. در بسیاری از شهرها آمار دقیقی از مرگ و میر به تفکیک گروه‌های سنی وجود ندارد و به‌علاوه آمار موالید نیز در معرض دیرثبتی و کم‌ثبتی است و آمار مهاجرت در شهرها به‌طور سالانه وجود ندارد. بنابراین در این صورت با استفاده از میزان بقای جداول عمر برای گروه‌های سنی ۵ ساله اقدام به برآورد جمعیت به تفکیک سن و جنس می‌شود. برای این منظور باید ابتدا نسبت به انتخاب مدل و سطح مناسبی برای میزان بقا در رده‌های مختلف سنی، به تفکیک گروه جنسی مردان و زنان، اقدام شود. با استفاده از این میزان‌ها می‌توان بازماندگان جمعیت سال پایه در ۵ سال بعد را در گروه‌های سنی ۵ ساله به تفکیک جنسیت به‌دست آورد. در این میان تعداد موالید صورت گرفته در طول پنج سال مزبور هنوز مشخص نشده است. برای برآورد این تعداد و لحاظ آنها در جمعیت گروه‌های سنی ۵ ساله، روش‌های مختلفی پیشنهاد شده است.

پ.۲-۳-۲-۱- استفاده از برآورد مستقل دیگر

براساس این روش، با استفاده از برآورد مستقل دیگری از جمعیت مانند روش میزان رشد ثابت، نتایج حاصله از مجموع برآورد بازماندگان گروه‌های سنی تعدیل می‌شود. به‌این منظور فرض می‌شود P_1 معرف برآورد مستقلی از جمعیت کل کشور و P_2 برآورد جمعیت کل کشور به دست آمده از مجموع برآورد بازماندگان گروه‌های سنی ۵ ساله باشند. تفاضل این دو مقدار می‌تواند ناشی از وقوع موالید طی ۵ سال مورد نظر باشد. بنابراین مطابق این رهیافت، برآورد جمعیت کل شهر برابر برآورد مستقل دیگری ازجمعیت شهر می‌شود، البته با این تفاوت که در این روش، برآورد جمعیت به تفکیک گروه‌های سنی و جنسی امکان‌پذیر خواهد بود.

پ.۲-۳-۲-۲- استفاده از میزان باروری‌ها

بر این اساس، با دراختیار داشتن برآوردی از میزان باروری اختصاصی سنی[1] و با ضرب آنها در تعداد جمعیت زنان واقع در سنین باروری برای سال پایه و ۵ سال بعد، برآوردی از تعداد موالید از مجموع هر یک از این حاصل‌ضرب‌ها به‌دست می‌آید. میانگین این دو برآورد، برآوردی از تعداد موالید سالانه طی دوره‌ی مورد نظر خواهد بود که با ضرب آنها در عدد ۵، تعداد موالید کل ۵ سال مورد بررسی حاصل می‌شود. البته درصورت فقدان برآوردی از میزان باروری اختصاصی سنی، می‌توان از میزان باروری عمومی[2] نیز استفاده کرد و با ضرب این میزان در تعداد کل زنان واقع در سنین باروری، برآوردی از تعداد کل موالید برای سال موردنظر به‌دست آورد.

1- Age Specific Fertility Rate (ASFR)
2- General Fertility Rate (GFR)

مجددا با اعمال شیوه‌ی مشابهی برای سال پایه و ۵ سال بعد و میانگین‌گیری از این دو برآورد و ضرب آنها در عدد ۳۵ (متوسط تعداد سال‌های باروری زنان ۱۵ تا ۴۹ ساله)، برآوردی از تعداد موالید کل ۵ سال موردنظر به‌دست خواهد آمد.

بنابراین براساس هر یک از دو روش پیشنهادی فوق، می‌توان جمعیت گروه‌های سنی ۵ ساله را در ۵ سال پس از سال پایه به‌طور کامل به‌دست آورد. حال اگر هدف ارائه برآورد جمعیت برای سال‌های میانی طی یک دوره‌ی ۵ ساله باشد، می‌توان با بهره‌گیری از روش‌های ریاضی اقدام به درون‌یابی جمعیت رده‌های سنی ۵ ساله نمود. لازم به ذکر است با توجه به استفاده از روش‌های غیرمستقیم و مدل‌های منطقه‌ای، در این شیوه (که از اطلاعات ثبتی به صورت مستقیم استفاده نمی‌کند) معمولا نتایج به‌دست آمده از برآورد جمعیت گروه‌های سنی به‌گونه‌ای تعدیل می‌شوند که با برآورد مستقل دیگری از مجموع کل شهر سازگار شوند. به‌این منظور با استفاده از یک ضریب تعدیل، جمعیت برآورد شده‌ی گروه‌های سنی مختلف به‌گونه‌ای تعدیل می‌شوند که مجموع این برآوردها، برابر برآورد مستقل موردنظر از جمعیت کل شهر شود [۶۷]. براین اساس عملا شیوه مولفه‌ای نسلی، راه حلی جهت ارائه برآورد جمعیت به تفکیک گروه‌های سنی جنسی خواهد بود.

با توجه به ذات تغییرات مولفه‌های مرگ و میر، موالید و مهاجرت که تاثیر مستقیمی در اندازه‌ی شهر یا آبادی می‌گذارد، بدیهی است هرگونه اقدام درخور توجهی جهت تصویر و پیش‌بینی جمعیت باید بر مفروضاتی اساسی استوار باشد. از جمله‌ی این مفروضات می‌توان از شرایط عادی سیاسی اجتماعی ناحیه‌ی مورد بررسی، طی دوره‌ی زمانی پیش‌بینی نام برد. این بدان معنی است که فرض شود طی این دوره‌ی زمانی، جنگ و بلایای طبیعی و نظایر آن که تاثیرات قابل توجهی در برخی از مولفه‌های تغییر جمعیت دارند اتفاق نیفتد.

در هرصورت جهت ارائه پیش‌بینی مناسب، مفروضاتی بر میزان رشد جمعیت، میزان خام موالید و مرگ و میر، میزان اختصاصی سنی و سایر مولفه‌های تغییر جمعیت طی دوره‌ی زمانی پیش‌بینی منظور می‌شود. براساس این مفروضات با توجه به روش پیش‌بینی انتخابی، اقدام به پیش‌بینی جمعیت در سطوح ملی یا منطقه‌ای می‌شود.

پ. ۲-۳-۲-۳- پیش‌بینی مرگ و میر

اگر آمارهای مناسب و مطلوبی از مرگ و میر کل کشور، مخصوصا به تفکیک گروه‌های سنی و جنسی موجود باشد، می‌توان میزان مرگ و میر اختصاصی سنی جنسی[1] را برای سنوات مختلف به‌دست آورد. براساس این میزان‌ها، تصاویر یا پیش‌بینی مقادیر آتی آنها ممکن خواهد شد. به این منظور مفروضات مختلفی جهت رفتار آتی میزان مرگ و میر اختصاصی سنی جنسی قابل طرح می‌باشد:

- ثابت ماندن میزان مرگ و میر در سطح آخرین میزان مشاهده شده.
- برون‌یابی روند گذشته‌ی میزان مرگ و میر مشاهده شده.
- اعمال درصد استانداردی از کاهش در آخرین میزان‌های مرگ و میر مشاهده شده.
- مفروض گرفتن میزان مرگ و میر برای یک سال معین (افق پیش‌بینی) با استفاده از نظرات و تجارب کارشناسان امر و درون‌یابی این میزان‌ها برای سال‌های میانی بین سال پایه و افق پیش‌بینی.

از میان چهار گزینه‌ی پیشنهادی فوق معمولا گزینه‌ی چهارم مورد استفاده قرار می‌گیرد.

1- Age – Sex Specific Mortality Rate (ASSMR)

همچنان‌که گفته شد، فرض اساسی جهت اعمال یکی از راه‌حل‌های فوق دسترسی به اطلاعات دقیق و مناسب جهت برآورد میزان مرگ و میر اختصاصی سنی جنسی است. در مواردی که چنین امکانی فراهم نیست، از الگوهای مرگ و میر مختلف نظیر الگوهای منطقه‌ای یا الگوهای سازمان ملل متحد می‌توان جهت تعیین میزان مرگ و میر یا میزان بقای اختصاصی سنی جنسی سود جست.

با این وجود متذکر می‌شود استفاده از مدل‌های جدول عمر، معادل این فرض است که ساختار حاکم بر مرگ و میر به تفکیک رده‌های سنی جنسی کشور متناظر با ساختار ارائه شده در الگوی انتخابی است. اگر چنین فرضی با واقعیت رفتار مرگ و میر گروه‌های سنی جنسی در تضاد باشد، باعث خواهد شد تا برآوردهای ارائه شده برای ترکیب سنی جنسی کل کشور دور از واقعیت قرار گیرند.

پ. ۲-۳-۲-٤- پیش‌بینی باروری

اگر تنها امکان دسترسی به برآورد معقولی از میزان باروری کل فراهم باشد و نتوان ASFR را به صورت مستقیم برآورد کرد، می‌توان با استفاده از مدل‌های باروری به صورت غیرمستقیم اقدام به برآورد ASFR ها کرد. راهنمای شماره ۱۰ سازمان ملل (۱۹۸۳) در فصل اول، دو نوع از مدل‌های باروری موسوم به مدل باروری کول و تراسل و مدل باروری گمپرتز را بدین منظور معرفی کرده است. در پیوست ۳ این راهنما، مدل باروری گمپرتز یا روش نسبتی براس به کمک مدل باروری گمپرتز که در نرم افزار جمعیت‌شناسی people به‌کار می رود تشریح شده است.

با انتخاب یک روش مناسب، می‌توان تعداد موالید دوره‌ی زمانی ۵ ساله را برآورد کرده و پیش‌بینی یا برآورد جمعیت کل شهر یا آبادی به تفکیک سن و جنس را برای دوره‌های زمانی پنج ساله‌ی پس از سال پایه (معمولا آخرین سرشماری) به‌دست آورد.

همانند شیوه مولفه‌ای نسلی برآورد جمعیت، در این حالت نیز می‌توان برای سال‌های میانی بین سال پایه و افق پیش‌بینی، با استفاده از روش‌های ریاضی درون یابی، اقدام به ارائه پیش‌بینی جمعیت به تفکیک گروه‌های سنی جنسی کرد.

روش‌های توضیح داده شده که با هدف آگاهی از کارکرد نرم افزارها است، در نرم افزارهای people، demo project و spectrom به‌کار برده شده است که کار با آن را آسان می‌کند.

پ.۲-٤- عدم قطعیت

یکی از عوامل بروز عدم قطعیت، وجود خطا در اطلاعات خام اولیه است. از آن جمله می‌توان از خطای برآورد جمعیت سال پایه، خطای اندازه‌گیری میزان‌های حیاتی سال پایه و خطای اندازه‌گیری روند میزان‌های حیاتی نام برد. از این‌رو همواره تاکید می‌شود از دقت اطلاعات پایه‌ی پیش‌بینی اطمینان حاصل کرده و در صورت نیاز باید براساس روش‌های مناسب تعدیل، اطلاعات پایه را اصلاح نمود.

اما مهم‌ترین منبع عدم قطعیت در پیش‌بینی جمعیت، عدم قطعیت مقادیر آتی میزان‌های حیاتی است که نوعا پیش‌بینی آنها امر بسیار مشکلی است. در روش‌های معرفی شده این قسمت که به نوعی می‌توان از آن به تصاویر جمعیت‌شناسی بیزی یاد کرد، نظرات کارشناسی و تصاویر مرسوم جمعیتی با یکدیگر در قالبی احتمالی ترکیب می‌شوند. در حقیقت در این روش‌ها سعی می‌شود نظرات کارشناسی جمعیت شناسان درباره‌ی روند آتی مولفه‌های جمعیتی موردنظر و حتی اطلاعات پایه در قالب یک توزیع احتمالی بیان شود. این به آن معنی است که کارشناس موردنظر، به‌جای ارائه سه مقدار قطعی (مفروضه‌ی پایین، متوسط و بالا) برای میزان حیاتی

موردنظر در افق پیش‌بینی و یا ارائه‌ی یک برآورد نقطه‌ای از میزان حیاتی در سال پایه، قادر باشد طیف پیوسته‌ای از مقادیر را به همراه یک اندازه‌ی احتمالی برای آن مقادیر که عمدتا برگرفته از دیدگاه شخصی او است ارائه کند. یعنی همچنان که او بر طبق سنت کلاسیک براساس تجربیات حرفه‌ای، دیدگاه‌ها و مطالعات خویش، اقدام به ارائه‌ی معقول‌ترین مقدار آتی میزان‌های حیاتی می‌کند، می‌تواند دیدگاه شخصی خود را در قالب یک توزیع احتمال ذهنی نیز بیان کند.

یکی از مهم‌ترین مشخصات پیش‌بینی‌های جمعیت، وجود عدم قطعیت در مولفه‌های مورد پیش‌بینی است، که جهت رفع این مشکل راه‌حل‌های متفاوتی از طرف جمعیت‌شناسان و آماردانان مورد توجه قرار گرفته است. جمعیت‌شناسان معمولا به منظور لحاظ نمودن عدم قطعیت در پیش‌بینی‌های خود، اقدام به ارائه چندین سری مختلف پیش‌بینی از مولفه‌های موردنظر می‌کنند. هر یک از این پیش‌بینی‌ها براساس مفروضاتی اساسی پایه‌ریزی می‌شود، به‌گونه‌ای که ترکیب این مفروضات نباید غیرمحتمل باشد. به‌طور مثال در روش مولفه‌ای نسلی نمی‌توان فرض کرد که امید به زندگی در بدو تولد به ۷۰ رسیده و در همان سطح باقی می‌ماند و در همان حال میزان باروی کل را در سطح ۶ ثابت فرض نمود. چرا که چنین ترکیبی در تاریخ جمعیت‌شناسی دیده نشده است و ناسازگاری‌های قابل ملاحظه‌ای با تجربیات عینی دارد. معمولا سه نوع سری پیش‌بینی تحت عنوان سری بالا، میانه و پایین در این‌گونه پیش‌بینی‌ها ارائه می‌شود که سری میانی یا مرکزی به عنوان محتمل‌ترین سری منظور می‌شود. نکته قابل توجه آن است که دامنه‌ی بین دو سری بالا و پایین، اگرچه گویای درجه‌ای از عدم قطعیت درتغییرات آینده است، اما این نوع درجهٔ عدم قطعیت به هیچ‌وجه در قالب مفهوم احتمالی آن مانند ضریب اطمینان فواصل تصادفی تعبیر نمی‌شود. به بیان دیگر در دیدگاه کلاسیک جمعیت‌شناسی، نمی‌توان ضریب اطمینانی برای پوشش واقعیت آتی جمعیت بر طبق سری بالا و پایین مشخص کرد.

پیوست ۳

پرسشنامه‌های جمع‌آوری اطلاعات مصرف آب

پرسشنامه ۱- جمع‌آوری اطلاعات مصرف آب شهری

شماره پرسشنامه:	تاریخ تکمیل:	نام پرسشگر:
نام شهر:	شهرستان:	منطقه:
نام مشترک:	شماره اشتراک:	
آدرس:		
تعداد واحد مسکونی:	تعداد طبقات:	تعداد خانوار: تعداد افراد:
سطح کل زمین: (مترمربع)	سطح زیر بنا: (مترمربع)	
عمر ساختمان: (سال)	آیا در تمام سال در محل سکونت اقامت دارید؟ بلی □ خیر□	
سطح فضای سبز: (متر مربع)	تعداد روزهای آبیاری: حداکثر: (روز) حداقل: (روز)	
منبع تامین آب فضای سبز: چاه □ لوله کشی □ تانکر □ غیره □ (ذکر شود)		
آیا قطع آب در شبانه روز دارید؟ بلی □ (مدت متوسط: (ساعت)) خیر □		
وضعیت کنتور: دارد □ (وضعیت کنتور: سالم □ ناسالم □) ندارد □		
آیا از منبع دیگری بجز شبکه آب شهری برای مصارف خانگی استفاده می‌شود ؟ بلی □ (مورد مصرف: مقدار: (متر مکعب))، خیر □		
تاسیسات بهداشتی با مصرف زیاد: حمام □ توالت با سیفون مخزنی □ ماشین لباسشویی □ ماشین ظرفشویی □ استخر □		
آیا از سیستم خنک کننده استفاده می‌شود ؟ بلی □ (نوع سیستم: مقدار تقریبی مصرف: (متر مکعب))، خیر □		
آیا مشکل دفع فاضلاب دارید ؟ بلی □ خیر □		
آیا زیرزمین دارید؟ بلی □ خیر □ عمق زیرزمین: (متر)		
آیا تاسیسات بهداشتی در زیرزمین دارید؟ بلی □ خیر □		

تبصره: سه سوال آخر مربوط به مطالعات طرح‌های فاضلاب است.

پرسشنامه ۲- جمع‌آوری اطلاعات مصرف آب روستایی

شماره پرسشنامه:	تاریخ تکمیل:	نام پرسشگر:
نام روستا:	دهستان:	منطقه:
نام مشترک:	شماره اشتراک:	
آدرس:		
تعداد واحد مسکونی:	تعداد طبقات:	تعداد خانوار: تعداد افراد:
سطح کل زمین: (مترمربع)	سطح زیر بنا: (مترمربع)	
عمر ساختمان: (سال)	آیا در تمام سال در محل سکونت اقامت دارید؟ بلی □ خیر□	
سطح فضای سبز: (متر مربع)	تعداد روزهای آبیاری: حداکثر: (روز) حداقل: (روز)	
منبع تامین آب فضای سبز: چاه □ لوله کشی □ تانکر □ غیره □ (ذکر شود)		
آیا قطع آب در شبانه روز دارید؟ بلی □ (مدت متوسط: (ساعت)) خیر □		
وضعیت کنتور: دارد □ (وضعیت کنتور: سالم □ ناسالم □) ندارد □		
آیا بجز لوله کشی آب روستایی از منبع دیگری استفاده می‌شود؟ بلی □ خیر □		
آیا از منبع دیگری برای مصارف خانگی استفاده می‌شود ؟ بلی □ (مورد مصرف: مقدار: (متر مکعب))، خیر □		
تاسیسات بهداشتی با مصرف زیاد: حمام □ توالت با سیفون مخزنی □ ماشین لباسشویی □ ماشین ظرفشویی □ استخر □		
آیا از سیستم خنک کننده استفاده می‌شود ؟ بلی □ (نوع سیستم: مقدار تقریبی مصرف: (متر مکعب))، خیر □		
آیا دام در خانه نگهداری می‌شود؟ بلی □ (نوع دام: تعداد:) خیر □ زمان چرا: مدتی که دام خارج از منزل نگهداری می شود:		
منبع تامین آب دام چیست ؟ چاه□ آب لوله کشی □ (..... لیتر در روز) نهر یا رودخانه □ غیره □ ( )		
آیا مشکل دفع فاضلاب دارید ؟ بلی □ خیر □		
آیا زیرزمین دارید؟ بلی □ خیر □ عمق زیرزمین: (متر)		
آیا تاسیسات بهداشتی در زیرزمین دارید؟ بلی □ خیر □		

تبصره: سه سوال آخر مربوط به مطالعات طرح‌های فاضلاب است.

پیوست ۴

مثال عددی

مثال: مطلوب است محاسبه سرانه آب مصرفی و حداکثر مصرف روزانه و ساعتی آب در یکی از شهرهای واقع در منطقه بـا آب و هوای مدیترانه‌ای کشور (منطقه ۳) با جمعیت ۵۰۰۰۰ نفر (در پایان دوره طرح) بر اساس ضوابط فصل ۱.

برای رسیدن به هدف بالا کافی است به ترتیب گام‌های زیر برداشته شود:

۱- انتخاب مصرف سرانه خانگی (بدون فضای سبز) در پایان دوره طرح از جدول (۱-۶) ۱۲۵ لیتر بر شبانه‌روز بر نفر

۲- انتخاب مصرف سرانه فضای سبز خانگی بر مبنای انتخاب ۱ متر مربع فضای سبز برای هر نفر از ساکنین شهر با توجـه به بازدید میدانی: با انتخاب عدد ۵ لیتر بر مترمربع از جدول (۱-۷) برابر ۵ لیتر بر شبانه‌روز بر نفر

۳- انتخاب مصرف سرانه عمومی در پایان دوره طرح از بند (۱-۴-۲-۳-۳): با انتخاب ۱۲ درصـد مصـرف سـرانه خـانگی، برابر ۱۵ لیتر بر شبانه‌روز بر نفر

۴- انتخاب مصرف سرانه تجاری و صنعتی در پایان دوره طرح از بند (۱-۴-۲-۳-۴): با انتخاب ۱۲ درصـد مصـرف سـرانه خانگی، برابر ۱۵ لیتر بر شبانه‌روز بر نفر

۵- مجموع اجزای مصرف سرانه: ۱۶۰ لیتر بر شبانه‌روز بر نفر

۶- با درنظر گرفتن مقدار آب به‌حساب نیامده بر مبنای ۱۵ درصد مجموع اجزای مصرف سرانه (بدون فضـای سـبز) از بنـد (۱-۴-۲-۳-۵): ۲۳ لیتر بر شبانه‌روز بر نفر

۷- محاسبه کل مصارف سرانه آب با توجه به تبصره بند (۱-۵-۲-۳-۶): ۱۸۳ لیتر بر شبانه‌روز بر نفر

۸- انتخاب ضریب حداکثر روزانه مصرف آب از جدول (۱-۸): ۱/۷

۹- محاسبه حداکثر مصرف روزانه آب از بند (۱-۴-۳-۱):

(مترمکعب بر شبانه روز) ۱۴۷۵۰ = (لیتر بر شبانه روز) ۱۴۷۵۰۰۰۰=۵۰۰۰۰× [(۱۶۰× ۱/۷) +۲۳]

۱۰- انتخاب ضریب حداکثر ساعتی مصرف آب از جدول (۱-۹): ۱/۷

۱۱- محاسبه حداکثر ساعتی مصرف آب از بند (۱-۴-۳-۲) (در صورت وجود یک مخزن):

(لیتر بر شبانه‌روز) ۲۴۲۷۰۰۰۰ = ۵۰۰۰۰× [(۱۶۰× ۱/۷×۱/۷) + ۲۳]

(لیتر بر ثانیه) ۲۸۱ = (لیتر بر ساعت) ۱۰۱۱۲۵۰ =

پیوست ۵

شاخص‌های کیفیت آب

پ.۵-۱- شاخص‌های اشباع لانژلیه و رایزنر

قابلیت خورندگی و یا رسوب کنندگی با تعیین شاخص اشباع لانژلیه و رایزنر قابل ارزیابی است. به این منظور نتایج آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی منابع آب در دوره‌های زمانی مختلف اخذ شده و مورد بررسی قرار می‌گیرد.

پ.۵-۱-۱- شاخص اشباع لانژلیه (LI)

این شاخص از روی اختلاف بین pH واقعی آب و pH محاسبه شده بر اساس میزان اشباع کربنات کلسیم (براساس مقدار کلسیم، قلیائیت و کل جامدات محلول در آب که بر اساس درجه حرارت بدست می‌آید) بر طبق روابط زیر محاسبه می‌شود.

$$pH_S = C + P_{ca} + P_{alk} \qquad (پ.۵-۱)$$

$$LI = pH_a - pH_s \qquad (پ.۵-۲)$$

که $pH = pH_S$ محاسبه شده بر اساس میزان اشباع کربنات کلسیم، $pH = pH_a$ اندازه‌گیری شده آب، LI= شاخص لانژلیه، C = فاکتور مربوط به کل جامدات محلول در آب (میلی‌گرم بر لیتر) با توجه به درجه حرارت آب، P_{ca} = فاکتور مربوط به غلظت کلسیم (برحسب $CaCO_3$ mg/lit)، P_{alk} = فاکتور مربوط به قلیائیت آب (بر حسب $CaCO_3$) (میلی‌گرم بر لیتر)

در این صورت پیش‌بینی وضعیت خورندگی یا رسوب دهی آب به شرح جدول (پ.۵-۱) خواهد بود.

جدول پ.۵-۱- تعیین خصوصیت آب از نظر رسوب دهی و خورندگی با توجه به شاخص لانژلیه

شاخص لانژلیه	خصوصیت آب
> ۰	خاصیت رسوب دهی دارد
= ۰	آب نه خاصیت رسوب دهی و نه خاصیت خورندگی دارد
< ۰	آب بیشتر تمایل به خورندگی دارد
۰/۵ − (−۰/۵)	آب از نظر خاصیت رسوب دهی و خورندگی مشکلی ایجاد نمی‌کند

پ.۵-۱-۱- شاخص پایداری رایزنر (RSI)

شاخص اشباع لانژلیه، فقط تمایل یا عدم تمایل آب به رسوب‌دهی را نشان می‌دهد و نمی‌توان از آن بعنوان یک نتیجه‌گیری دقیق و قطعی از نظر کمی استفاده کرد. برای رفع این اشکال می‌توان شاخص پایداری رایزنر (RSI) را به‌کار برد. با استفاده از این شاخص می‌توان تا حدودی به نتایج کمی دست یافت. شاخص پایداری رایزنر به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$RSI = 2pH_S - pH_a \qquad (پ.۵-۳)$$

در این صورت پیش‌بینی وضعیت خورندگی یا رسوب دهی آب به شرح جدول (پ.۵-۱) خواهد بود.

جدول پ.۵-۲- تعیین خصوصیت آب از نظر رسوب دهی و خورندگی با توجه به شاخص پایداری رایزنر (RSI)

شاخص رایزنر	خصوصیت آب
< ۵/۵	آب رسوب دهی زیاد دارد
۵/۵-۶/۲	آب نسبتا رسوب ده می باشد و کمی خورنده است
۶/۲-۶/۸	آب نه خاصیت خورندگی و نه خاصیت رسوب دهی دارد
۶/۸-۸/۵	آب خاصیت خورندگی داشته و کمی خاصیت رسوب دهی نیز دارد
> ۸/۵	آب خاصیت خورندگی شدید دارد

استفاده همزمان از دو شاخص فوق به پیش‌بینی دقیق‌تر تمایل آب به تشکیل رسوب یا خورنده بودن آن کمک می‌کند. به‌منظور محاسبه شاخص‌های رایزنر و لانژلیه می‌توان از نرم‌افزارهای موجود استفاده کرد.

پس از تعیین وضعیت رسوب‌دهی یا خورندگی آب، طراح باید تمهیدات لازم درخصوص تاسیسات آبرسانی را لحاظ کند. به‌عنوان مثال درصورتی که آب خورنده باشد می‌توان در مرحله اول نسبت به اصلاح کیفیت آب قبل از انتقال کوشید و در مراحل بعدی از پوشش‌های لوله و اتصالات موجود در بازار و یا از لوله و اتصالات با جنس مقاوم در برابر خورندگی نظیر لوله‌های پلی اتیلن، GRP، PVC و یا چدن داکتیل بسته به فشار کار مورد نیاز و شرایط هیدرولیکی و فنی استفاده کرد. درعین حال برای احداث سایر تاسیسات می‌توان از مواد افزودنی جهت افزایش مقاومت در برابر خورندگی نظیر سیمان ضدسولفات و غیره استفاده نمود. درصورت اهمیت زیاد تاسیسات، پیش بینی تجهیزات از جنس فولاد ضدزنگ نیز موثر است.

درصورتی که آب دارای خاصیت رسوب‌کنندگی باشد نیز در ابتدا اصلاح کیفیت آب، قبل از انتقال و توزیع پیشنهاد می‌شود. درصورتی که این امر امکان‌پذیر نباشد می‌توان تمهیداتی چون استفاده از لوله و اتصالات با زبری کم‌تر، دریچه‌های تخلیه در قسمت‌های مختلف خطوط انتقال همراه با برنامه منظم شستشوی خطوط و یا شیرهای آتش‌نشانی در تمامی نقاط مورد نیاز شبکه توزیع (به منظور ایجاد امکان شستشوی شبکه) را مدنظر قرار داد.

درعین حال در زمان طراحی، باید ضوابط سرعت حداقل در خطوط انتقال و شبکه‌های توزیع آب مدنظر قرار گیرد تا امکان رسوب‌گذاری به حداقل ممکن کاهش یابد. دراین شرایط امکان دو خطه کردن خطوط نیز باید با هدف تامین نیاز آبی میان مدت و درازمدت، درصورت توجیه کافی فنی و اقتصادی، مدنظر طراح قرار گیرد تا رسوب گذاری در ابتدای طرح نیز به حداقل ممکن برسد.

پ.۵-۲- شاخص W.Q.I[1]

یکی از معیارهای اندازه‌گیری کیفیت آب، تعیین شاخص کیفیت آب (W.Q.I) می‌باشد. در این روش برای تعیین کیفیت آب، ۹ پارامتر زیر اندازه‌گیری می‌شود: pH، اکسیژن محلول (درصد اشباع)، کدورت (N.T.U)، فیکال کلیفرم ($^{mpn}/_{100ml}$)، درجه حرارت (سانتی‌گراد)، B.O.D. (میلی‌گرم بر لیتر)، فسفات (میلی‌گرم بر لیتر)، نیترات (میلی‌گرم بر لیتر) و T.D.S. (میلی‌گرم بر لیتر). به هریک از پارامترها براساس اهمیت آنها درصد وزنی مطابق جدول (پ.۵-۳) درنظر گرفته می‌شود.

1- Water Quality Index

جدول پ.۵-۳- درصد وزنی شاخص‌های کیفیت آب

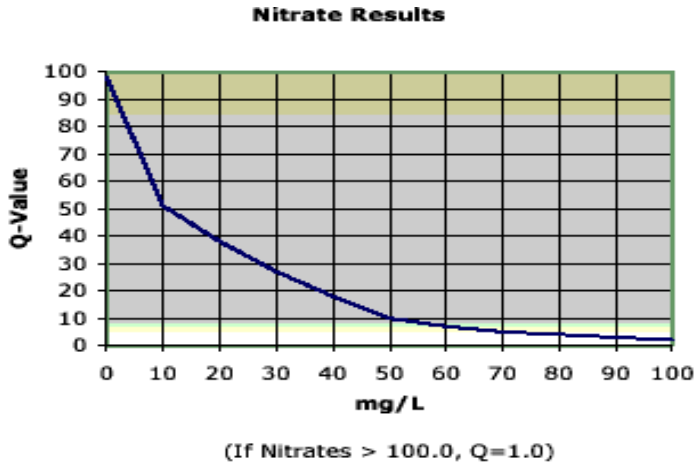
فاکتور	وزن	شاخص کیفیت
pH	۰/۱۱	
اکسیژن محلول	۰/۱۷	
کدورت	۰/۰۸	
فیکال کلیفرم	۰/۱۶	
تغییر درجه حرارت	۰/۱	
B.O.D.	۰/۱۱	
فسفات	۰/۱	
نیترات	۰/۱	
T.D.S.	۰/۰۷	
شاخص کیفیت آب	۱	

پس از آزمایش و اندازه‌گیری پارامترهای فوق، شاخص کیفیت آب در هر یک از پارامترها براساس نمودارهای مربوط به هر پارامتر که در این روش موجود است، محاسبه شده و با درنظر گرفتن ارزش وزنی هر پارامتر، در ستون ۳ جدول (پ.۵-۳) قرار می‌گیرد. شاخص کل کیفیت آب از جمع سطرهای این جدول محاسبه و در سطر آخر نوشته می‌شود. در نهایت، کیفیت آب براساس شاخص کل و باتوجه به دسته بندی جدول (پ.۵-۴) تعیین می‌شود.

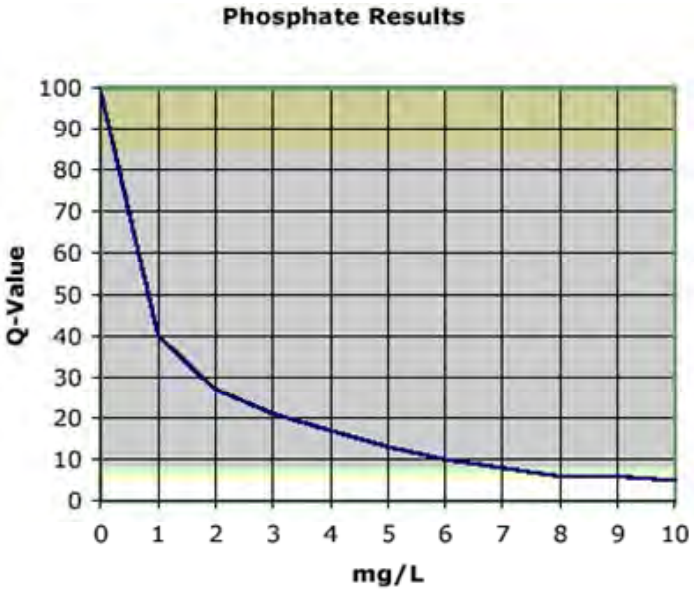
جدول پ.۵-٤- معیار کلی تعیین کیفیت آب بر اساس اندازه‌گیری شاخص های کیفیت

محدوده	کیفیت
۲۵-۰	خیلی بد
۵۰-۲۵	بد
۷۰-۵۰	متوسط
۹۰-۷۰	خوب
۱۰۰-۹۰	عالی

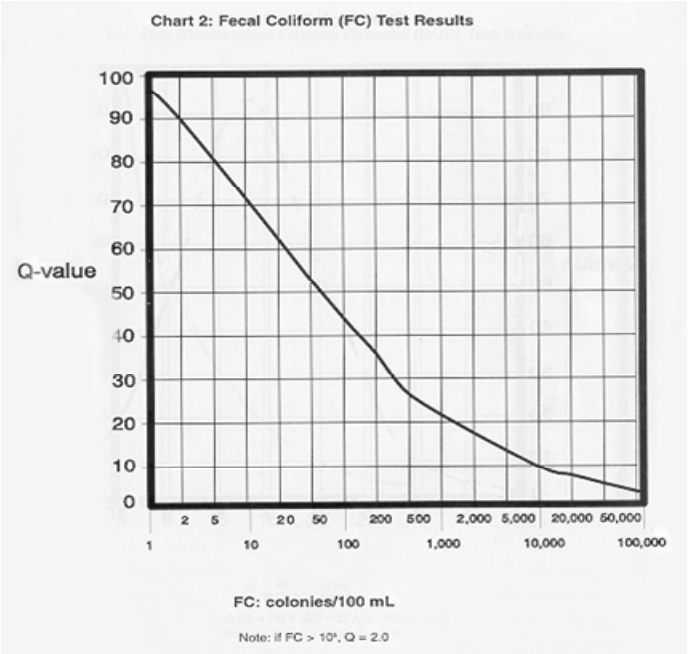
نمودارهای هریک از پارامترها در شکل‌های (پ.۵-۱) تا (پ.۵-۸) ارائه شده است.



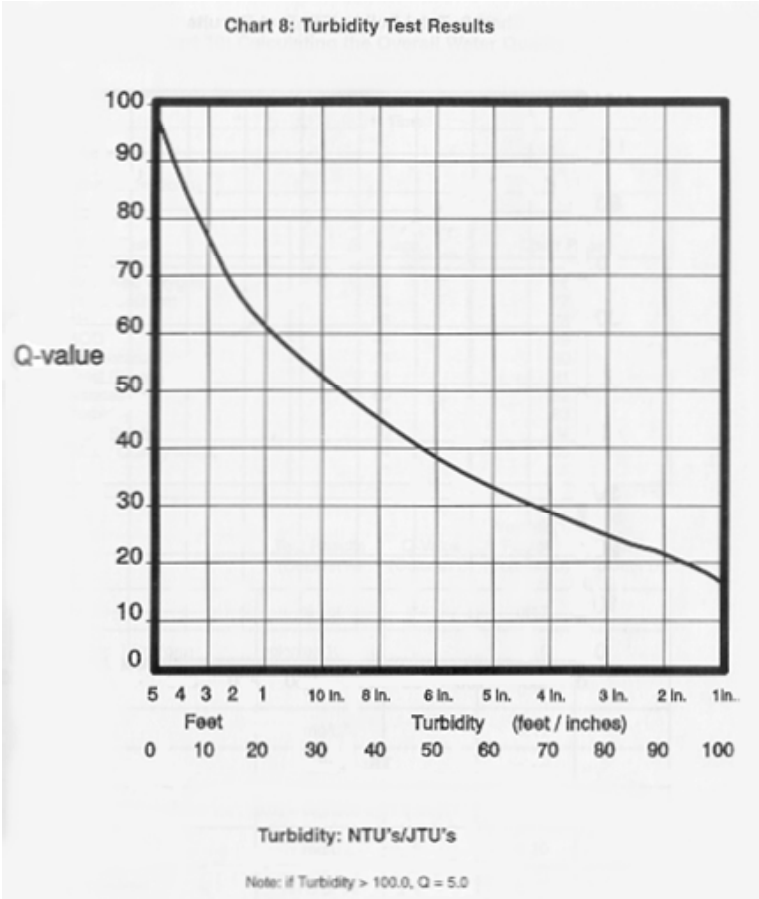
شکل پ.۵-۱- نمودار تعیین کیفیت آب بر اساس پارامتر نیترات



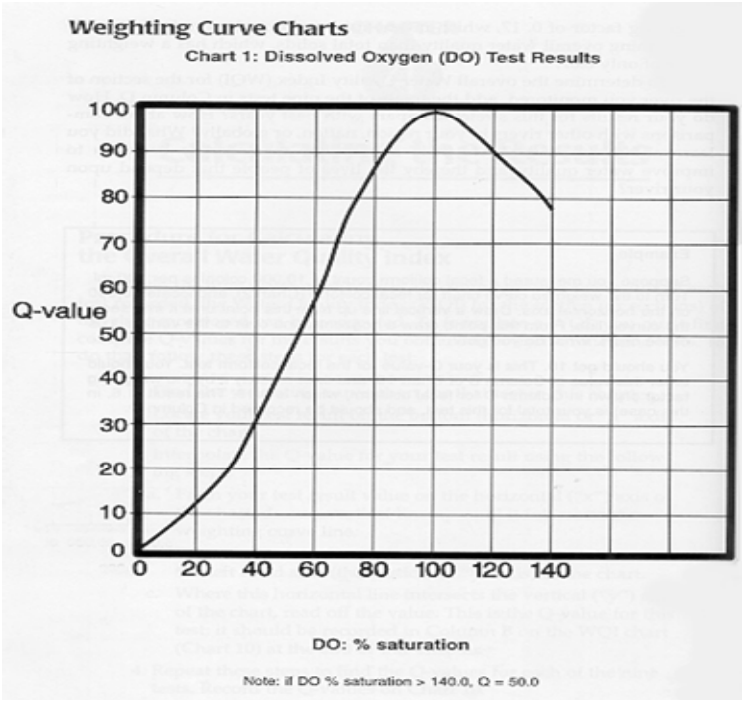
شکل پ.۵-۲- نمودار تعیین کیفیت آب بر اساس پارامتر فسفات



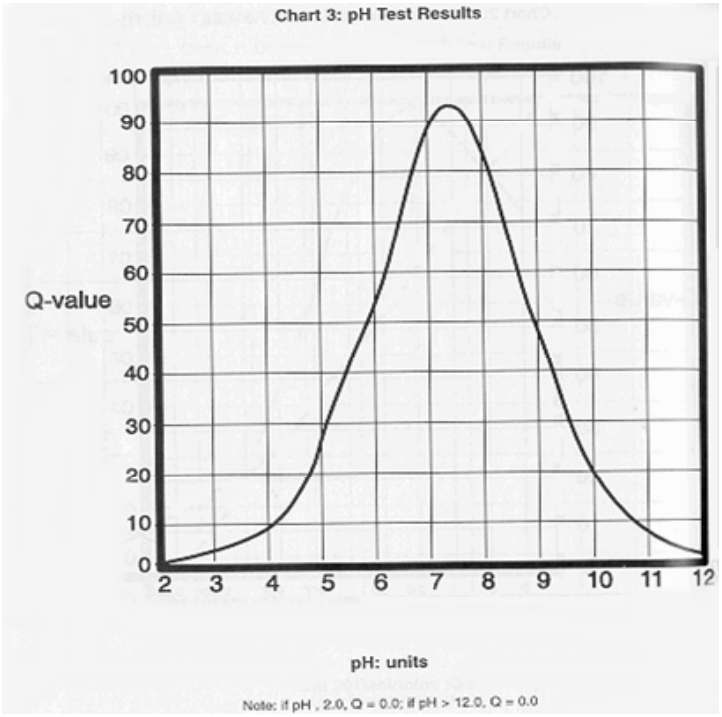
شکل پ.۵-۳- نمودار تعیین کیفیت آب بر اساس پارامتر فیکال کلیفرم



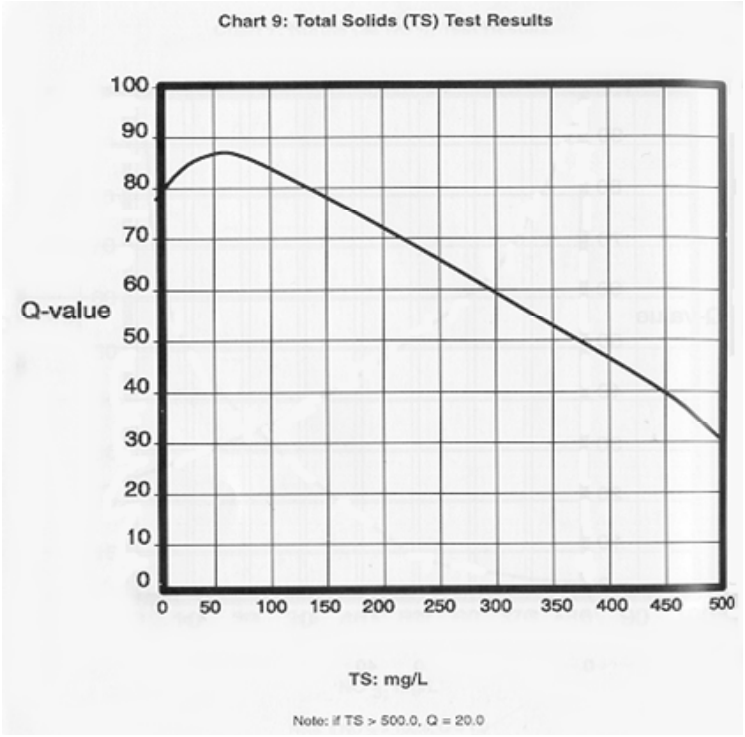
شکل پ.۵-٤- نمودار تعیین کیفیت آب بر اساس پارامتر کدورت



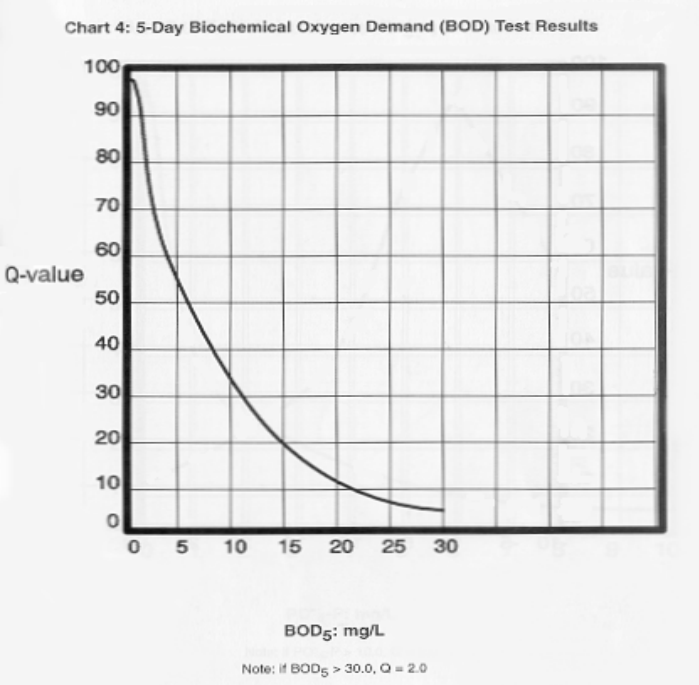
شکل پ.۵-۵- نمودار تعیین کیفیت آب بر اساس پارامتر اکسیژن محلول



شکل پ.۵-٦- نمودار تعیین کیفیت آب بر اساس پارامتر pH



شکل پ.۵-۷- نمودار تعیین کیفیت آب بر اساس کل مواد جامد



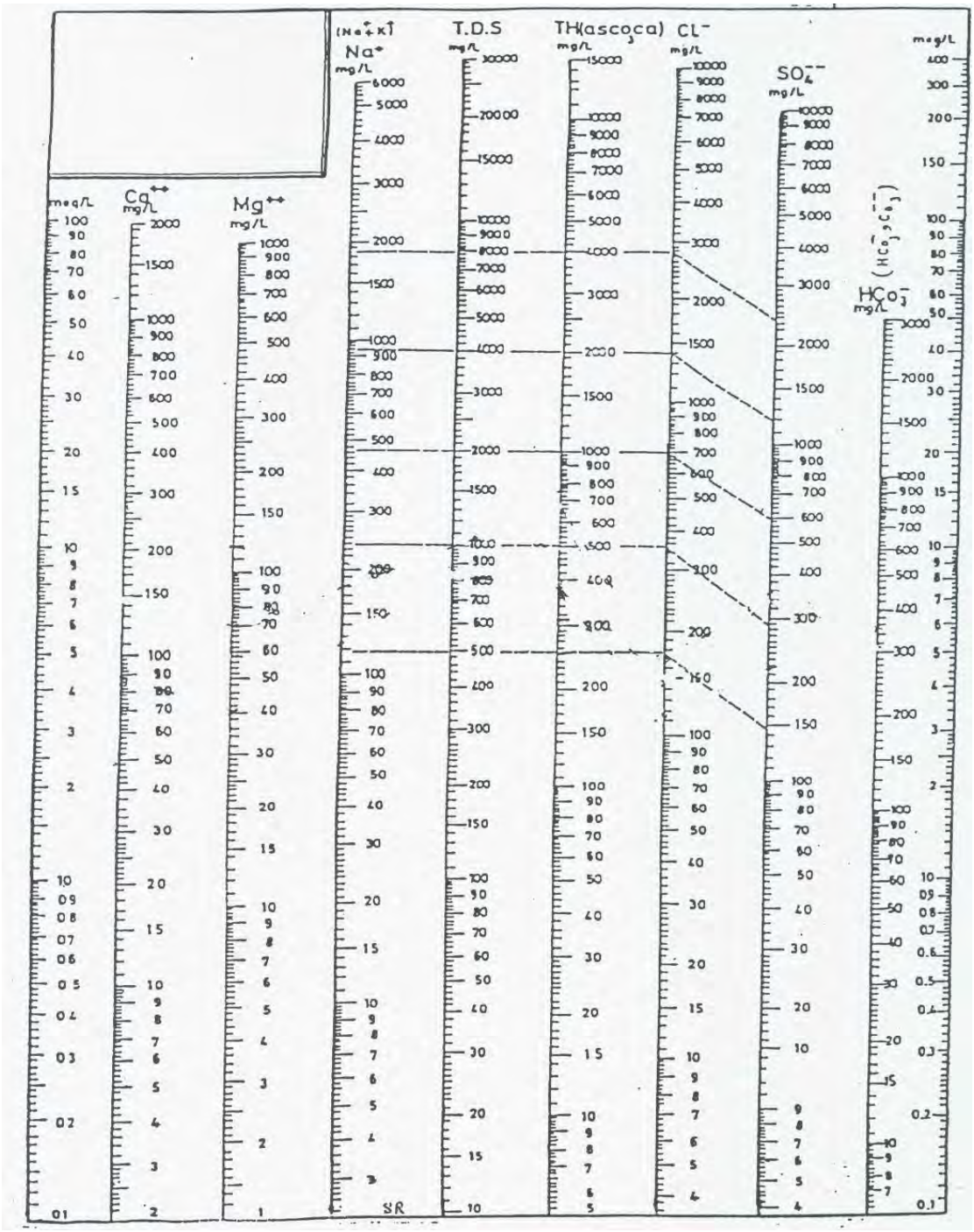
شکل پ.۵-۸- نمودار تعیین کیفیت آب بر اساس کل B.O.D.

پ.۵-۳- شاخص شولر

به‌منظور بررسی کیفیت آب منابع تامین کننده از نظر قابلیت مصرف و شرب، از طبقه‌بندی آب آشامیدنی شولر استفاده می‌شود. دیاگرام مربوط به این شاخص (شکل پ.۵-۹) در قسمت عمودی به ۸ اشل که بر روی آنها یون‌های کلسیم، منیزیم، سدیم، کلرور، سولفات، بی‌کربنات، T.D.S (کل جامدات محلول) و سختی (بر حسب میلی‌گرم در لیتر $CaCo_3$) و در جهت افقی نیز به ۶ بخش که مربوط به طبقه‌بندی آب بوده و کلاس‌های شش‌گانه آب را از هم جدا می‌کند تقسیم شده است. همچنین جدول (پ.۵-۵) برای طبقه‌بندی آب آشامیدنی با استفاده از دیاگرام شولر تهیه شده است. ارقام این جدول حدفاصل طبقه‌بندی آب را در دیاگرام مذکور نشان می‌دهد.

جدول پ.۵-۳- طبقه بندی آب آشامیدنی براساس شاخص شولر

طبقه آب	شرح	سدیم (میلی‌گرم بر لیتر)	کلر (میلی‌گرم بر لیتر)	سولفات (میلی‌گرم بر لیتر)	سختی (میلی‌گرم بر لیتر)	باقیمانده (میلی‌گرم بر لیتر)
۱	قابلیت شرب خوب (کاملا بی مزه)	۱۱۵	۱۷۷/۵	۱۴۴	۲۵۰	۵۰۰
۲	قابل قبول (دارای طعم کم)	۲۳۰	۳۵۵	۲۸۸	۵۰۰	۱۰۰۰
۳	قابلیت شرب نامطبوع	۴۶۰	۷۱۰	۵۷۶	۱۰۰۰	۲۰۰۰
۴	نامناسب برای آشامیدن	۹۲۰	۱۴۲۰	۱۱۵۲	۲۰۰۰	۴۰۰۰
۵	غیر قابل شرب	۱۸۴۰	۲۸۴۰	۲۳۰۴	۴۰۰۰	۸۰۰۰
۶	غیر قابل استفاده	>۱۸۴۰	>۲۸۴۰	>۲۳۰۴	>۴۰۰۰	>۸۰۰۰



شکل پ.۵-۹- نمودار تعیین کیفیت آب بر اساس شاخص شولر

پیوست ۶

مثال‌های نمونه برای روش‌های SAW و AHP

پ.٦-۱- انتخاب جنس لوله با استفاده از روش SAW

برای ساده شدن مساله، انتخاب جنس لوله با توجه به ۳ فاکتور از ۱۴ معیار ذکر شده در جدول (۷-۱) مدنظر است. گام اول، تعیین وزن این معیارها با توجه به نظر کارشناسان و تصمیم‌گیرندگان با تجربه طرح است. وزن معیار (W_j) اهمیتی است که تصمیم گیرنده برای این معیار در مقایسه با دیگر معیارها قائل است. فرض می‌شود سه معیار انتخابی عبارتند از: C_1: قیمت لوله و اتصالات ($W_1 = 0.4$)، C_2: سهولت نصب و تعمیرات ($W_2 = 0.3$) و C_3: مقاومت در برابر عوامل خورنده داخلی و خارجی ($W_3 = 0.3$). توجه شود که مجموع وزن‌ها یک است.

$$\text{امتیاز هر جنس لوله} = \sum_{i=1}^{n} W_j C_j \qquad (\text{پ.۶-۱})$$

که W_j: وزن و میزان اهمیت هر معیار تصمیم‌گیری و n: تعداد معیارها و C_j: عددی است که به هر معیار بسته به جنس لوله داده شده است و از جدول (۷-۱) محاسبه می‌شود.

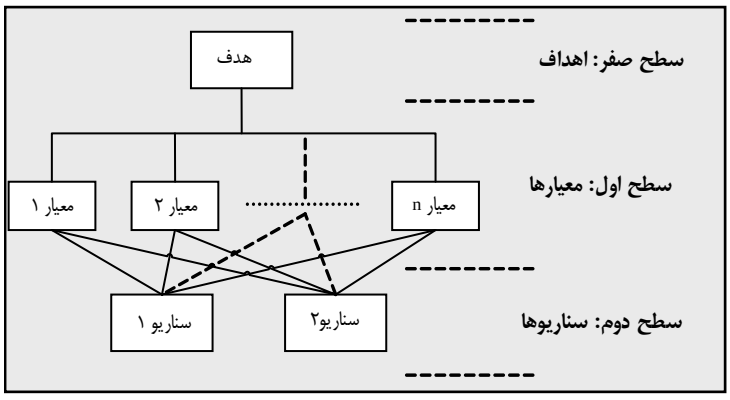
امتیاز کلی هر یک از جنس لوله‌ها با توجه به ۳ معیار یاد شده عبارتند از:

جنس لوله	محاسبه امتیاز	امتیاز کل
چدن نشکن	۰/۳×۳+۰/۳×۴+۰/۴×۲	۲/۹
فولادی	۰/۳×۱+۰/۳×۲+۰/۴×۱	۱/۳
بتنی مسلح	۰/۳×۲+۰/۳×۱+۰/۴×۴	۲/۵
پلی اتیلن	۰/۳×۴+۰/۳×۳+۰/۴×۳	۳/۳
پی وی سی	۰/۳×۴+۰/۳×۴+۰/۴×۳	۳/۶
جی آر پی	۰/۳×۴+۰/۳×۳+۰/۴×۴	۳/۷

در نتیجه بیش‌ترین امتیاز مربوط به لوله با جنس GRP است. البته این مثال فرضی است و باید وزن دهی به همه معیارها صورت گیرد.

پ.٦-۲- انتخاب محل مناسب تصفیه‌خانه با استفاده از روش AHP

رویکرد روش AHP یک رویکرد سلسله مراتبی به شکل زیر است:



شکل پ.٦-۱- نمایش رویکرد روش سلسله مراتبی

این روش به چند دلیل توصیه می‌شود:

۱- رویکرد این روش استفاده از ماتریس‌های مقایسات زوجی معیارها به صورت دو به دو و مقایسه دو به دوی سناریوهای تصمیم‌گیری از نظر هر یک از معیارها است که توسط تصمیم‌گیرنده یا تصمیم‌گیرندگان صورت می‌گیرد.

۲- در این روش امکان درنظر گرفتن نظرات تصمیم‌گیرندگان مختلف وجود دارد.

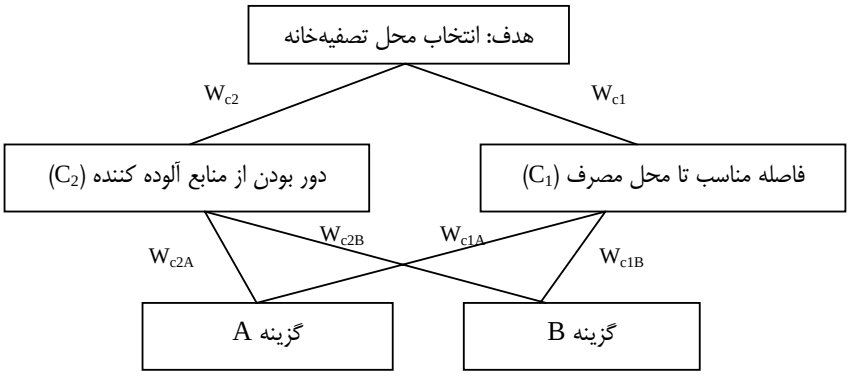
۳- از آنجا که اکثر معیارهای تصمیم‌گیری در مساله مورد بحث از نوع کیفی و قضاوتی است این روش مناسب‌تر از روش‌های دیگر است.

۴- از آنجا که روش پیشنهادی از نوع سلسله مراتبی است، اگر چنان‌چه برخی معیارهای تصمیم‌گیری مثل اثرات زیست‌محیطی دارای زیرمعیارهای دیگری نیز باشد، این روش قادر به درنظر گرفتن آنها می‌باشد.

۵- وجود نرم‌افزارهای تجاری (از جمله Expert Choice) که می‌تواند محاسبات این روش را به‌راحتی انجام دهد.

۶- معیارهای کمی، مثل هزینه طراحی یا بهره‌برداری نیز در این روش به‌راحتی قابل استفاده هستند.

مثال نمونه: در مورد انتخاب بهترین محل مناسب احداث تصفیه‌خانه فرض می‌شود دو معیار تصمیم‌گیری وجود دارد: C_1: فاصله مناسب تا محل مصرف و C_2: دور بودن از منابع آلوده کننده مختلف انسانی و سایر منابع آلاینده. از طرفی فرض می‌شود دو سایت جهت احداث تصفیه‌خانه در نظر گرفته شده است که هدف انتخاب یکی از آنهاست. ساختار سلسله مراتبی این مساله به شکل زیر است:



شکل پ.٦-۲- ساختار سلسله مراتبی مثال

تصمیم‌گیرنده باید ابتدا ماتریس مقایسات زوجی را بر اساس جدول (پ.۶-۱) برای مقایسه دو به دوی سناریوها از نظر هر یک از معیارها تشکیل دهد:

جدول پ.٦-۱- روش مقایسه زوجی [٦٥]

شدت اهمیت	تعریف
۱	اهمیت مساوی
۲	اهمیت نزدیک به متوسط
۳	اهمیت متوسط
۴	اهمیت متوسط تا قوی
۵	اهمیت قوی
۶	اهمیت قوی تا خیلی قوی
۷	اهمیت خیلی قوی
۸	اهمیت خیلی تا بی‌نهایت قوی
۹	اهمیت بی‌نهایت قوی

به‌عنوان مثال ماتریس‌های زیر شکل گرفته‌اند:

مقایسه گزینه‌ها از نظر فاصله مناسب از محل مصرف:

$$\begin{array}{c} \\ A \\ B \end{array}\begin{array}{c} \begin{array}{cc} A & B \end{array} \\ \begin{bmatrix} 1 & 4 \\ \frac{1}{4} & 1 \end{bmatrix} \end{array}$$

مقایسه گزینه‌ها از نظر دور بودن از محل آلودگی:

$$\begin{array}{c} \\ A \\ B \end{array}\begin{array}{c} \begin{array}{cc} A & B \end{array} \\ \begin{bmatrix} 1 & \frac{1}{3} \\ 3 & 1 \end{bmatrix} \end{array}$$

سپس ماتریس مقایسه زوجی معیارها با یکدیگر تشکیل می‌شود:

$$\begin{array}{c} \\ C \\ C \end{array}\begin{array}{c} \begin{array}{cc} C & C \end{array} \\ \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ \frac{1}{2} & 1 \end{bmatrix} \end{array}$$

روش‌های مختلفی جهت محاسبه وزن‌ها مثل روش میانگین حسابی، هندسی و غیره وجود دارد که در مراجع قابل مشاهده هستند. در این مثال از روش میانگین حسابی استفاده می‌شود به‌این ترتیب که ابتدا عناصر ماتریس نرمالایز شده، به‌طوری‌که هر عنصر به مجموع عناصر هر ستون تقسیم و سپس متوسط عناصر هر سطر به‌عنوان وزن درنظر گرفته می‌شود. به‌این ترتیب پارامترهای زیر از ماتریس اول به‌دست می‌آید:

$$W_{C15} = \frac{1}{5} \text{ و } W_{C1A} = \frac{4}{5}$$

همچنین پارامترهای زیر از ماتریس دوم به‌دست می‌آید:

$$W_{C1} = \frac{2}{3} \text{ و } W_{C2} = \frac{1}{3} \text{ و } W_{C2A} = \frac{1}{A} \text{ و } W_{C2B} = \frac{3}{4}$$

در نتیجه امتیاز کلی هر یک از سناریوها عبارتند از:

$$A = W_{C1A} \times W_{C1} + W_{C2A} \times W_{C2} = \frac{4}{5} \times \frac{2}{3} + \frac{1}{4} \times \frac{1}{3} = 0.8$$

$$B = W_{C1B} \times W_{C1} + W_{C2B} \times W_{C2} = \frac{1}{5} \times \frac{2}{3} + \frac{3}{4} \times \frac{1}{3} = 0.38$$

در نتیجه گزینه برتر جهت احداث تصفیه‌خانه در این مثال فرضی گزینه A است.

در اینجا ذکر دو نکته حائز اهمیت است: اول این‌که روش AHP برای مسایلی که هر معیار، زیرمعیار نیز داشته باشد، مطابق روش ارائه شده قابل استفاده است و نرم افزار Expert Choice قادر به انجام محاسبات این روش است. دوم این‌که در روش SAW اگر تصمیم‌گیرنده نتواند صراحتا مقادیر وزن‌ها را تعیین کند، می‌تواند از روش ماتریس مقایسات زوجی معیارها که در بالا اشاره شد برای محاسبه وزن‌ها استفاده نماید.

پیوست ۷

خلاصه ضوابط طراحی سامانه‌های کنترل و اسکادا در سامانه‌های آبرسانی

پ.۷-۱- شرح سامانه‌های کنترل و اسکادا

سامانه‌های کنترل و اسکادا از قسمت‌های زیر تشکیل می‌شود:

- تجهیزات اندازه گیری (ابزار دقیق)
- سامانه‌های کنترل
- سامانه ارتباطات
- سامانه کنترل نظارتی و جمع‌آوری داده‌ها (SCADA)

پ.۷-۲- استانداردها

طراح، مسئول رعایت کلیه موارد ذکر شده در استانداردهای زیر در تمام مراحل طراحی است:

- مقررات و استانداردهای ملی (ISIRI)
- مقررات ملی طرح و اجرای تاسیسات الکتریکی
- International Electrotechnical Commission (IEC)
- National Fire Protection Association Fire Code (NFPA)
- International Commission on Rules for the Approval of Electrical Equipment (CEE)
- American Water Works Association (AWWA)
- International Telegraph Telephone Consultative Committee (CCITT)

استانداردهای صنعتی زیر درصورتی‌که استانداردهای ملی جوابگو نباشند قابل استفاده است.

- International Society for Measurement and Control (ISA)
- Electronic Industries Association (EIA)
- American National Standards Institute (ANSI)
- Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE)
- HART Field Communication Protocol Specification
- Commite Europeen de Normalisation Electrotechnique (CENELEC)

کلیه تجهیزاتی که در تماس با آب آشامیدنی هستند باید تایید استانداردهای مورد قبول آب آشامیدنی مانند AWWA، KTW، ACS یا NSE را داشته باشند.

پ.۷-۳- اهداف سامانه‌های کنترل و اسکادا

به‌منظور بهره‌برداری مناسب و مطلوب از تاسیسات آب از سامانه‌های کنترل و تله‌متری جهت انتقال اطلاعات، کنترل و نظارت بر قسمت‌های مختلف تاسیسات آبرسانی استفاده می‌شود. سامانه کنترل و تله‌متری ضمن راهبری طرح، لازم است سه هدف زیر را دنبال کند:

پ.۷-۳-۱- اهداف کنترلی

با استفاده از سامانه کنترل و اسکادا، ارتباط و اینترلاک‌های لازم بین قسمت‌های مختلف تاسیسات آبرسانی صورت می‌پذیرد. در این حالت می‌توان به کمک اندازه‌گیری‌های مختلف تلمبه‌ها و شیرهای مربوطه و غیره را به تناسب، فعال و یا غیرفعال کرد.

پ.۷-۳-۲- اهداف بهره‌برداری

به‌منظور بهره‌برداری مناسب و بهینه‌سازی در زمینه راهبری و یا نگهداری طرح از سامانه کنترل و اسکادا استفاده می‌شود. بهره‌بردار با دریافت اطلاعات جامع و هشدار دهنده تصمیمات لازم را با کم‌ترین هزینه اتخاذ خواهد کرد.

پ.۷-۳-۳- اهداف مدیریت انرژی

به کمک اطلاعات دریافتی از رفتار هیدرولیکی منابع تولید، توزیع و روند مصرف آب تاسیسات آبرسانی شهر و بررسی نحوه کارکرد بخش‌های مختلف در طول شبانه روز و هفته می‌توان با ذخیره‌سازی مناسب آب در مخازن و بهره‌برداری آن در زمان مناسب نسبت به کاهش مصارف انرژی اقدام کرد.

پ.۷-٤- سامانه کنترل و اتوماسیون

پ.۷-٤-۱- فلسفه کنترل[1]

اولین وظیفه سامانه‌های کنترل فرآیند تامین ارتباط بهم پیوسته در زمان واقعی[2] با عملیات فرآیندی در شرایط مختلف کار می‌باشد. دومین وظیفه، خودکار نمودن کارهای جاری است تا پرسنل بتوانند به موارد مهم‌تری متمرکز شوند. مهندس کنترل فرآیند متخصص در امور آب و فاضلاب لازم است موارد ذیل را در تهیه و تنظیم مدارک مورد نظر قرار دهد:

- کلیدهای انتخاب کننده[3] با لامپ‌های سیگنال و انتخاب حالت‌های دستی- قطع – از راه دور در تابلوی راه‌انداز موتورها (MCC) و کنار هر تجهیز پیش‌بینی شوند. لازم است این دو ارتباط اطلاعات یکسانی را نشان دهند.
- سامانه کنترل برای فرآیندهای بحرانی و حساس لازم است به‌صورت دوبل[4] طراحی شود به‌طوری‌که در صورت خرابی یک تجهیز (کنترلی) سیستم کنترلی از حالت اتوماتیک خارج نشود.
- سامانه کنترل باید به‌نحوی طراحی شود که در صورت خرابی کنترل‌کننده، بتوان تجهیزات فرآیندی را به‌صورت دستی بهره‌برداری کرد و در این شرایط لازم است بقیه تجهیزات کنترلی بتوانند به‌صورت اتوماتیک کار کنند.
- تمام تجهیزات فرآیندی باید به‌صورت کاملا خودکار عمل کنند، به‌طوری‌که مداخله راهبر در حداقل ممکن باشد.
- زمانی‌که یک تجهیز در حالت محلی قرار می‌گیرد لازم است کنترل تجهیز مستقل از عملکرد کنترل کننده باشد.

1- Control Philosophy
2- Real Time
3 -Selector
4- Redundant

- منبع تغذیه بدون وقفه (UPS) با ظرفیت حداقل ۲ ساعت برای کلیه کنترلرها و تجهیزات اندازه‌گیری جریان آب پیش‌بینی شود، به‌طوری‌که کلیه اطلاعات مربوط به جریان آب در کنترلر ذخیره شود.
- لازم است کلیه اطلاعات ابزار دقیق در ایستگاه مرکزی قابل رویت باشند.
- کلیه انتقال دهنده‌ها[1] و مبدل‌ها[2] باید در نزدیکی محل اندازه‌گیری باشند.
- کلیه ابزار دقیق باید به‌طور ایمن و به‌سادگی قابل دسترسی بوده به‌طوری‌که تعمیرات به راحتی انجام شود.
- کلیه ابزار دقیق‌ها باید برای نمایش مقادیر به‌صورت همزمان[3] و به‌طور دایم طراحی شوند.
- کلیه شیرهای کنترلی باز- بسته باید مجهز به کلید حدی[4] برای وضعیت باز و بسته باشند.
- شیرهایی که به‌صورت دستی کنترل می‌شوند لازم است مجهز به یک عدد کلید حدی برای نمایش حالت کار عادی باشند.
- شیرهای تدریجی و دریچه‌های دروازه‌ای باید مجهز به کلید حدی برای حالت‌های کاملا باز و بسته باشند. این شیرها لازم است سیگنال مربوط به مقدار باز بودن شیر را نشان دهند.
- موتورها باید به صورت تک سرعته و یا سرعت متغیر باشند.
- اینترلاک‌های لازم برای جلوگیری از کار در شرایط غیر دلخواه پیش‌بینی شود.
- کلیه اینترلاک‌ها باید به‌صورت نرم افزاری در کنترل کننده قابل اندازه‌گیری (PLC) پیش‌بینی شود.
- کلیه شرایط مدارهای کنترلی (اینترلاک) به‌صورت مجزا در ایستگاه مرکزی نمایش و هشدار داده شود.
- وضعیت کلیدهای قطع‌کننده در ایستگاه مرکزی نمایش داده شود.

پ.۷-٤-۲- وظایف و عملکرد سیستم کنترل و ابزار دقیق

پ.۷-٤-۲-۱- کلیات

وظایف و عملکرد سیستم کنترل و ابزار دقیق هر قسمت از طرح باید توسط طراح در نمودارهای فرآیند و ابزار دقیق مشخص شود. موارد زیر لازم است در طراحی سیستم کنترل پیش‌بینی شود:

- ارسال وضعیت کار تجهیزات (مثلا الکتروموتور تلمبه‌ها) شامل روشن- خاموش- خطا در سیستم کنترل محلی و مرکزی
- ارسال وضعیت کلیدهای سطح دسترسی دستی- اتوماتیک (A-M)، محلی – راه دور (L-R) در سیستم کنترل محل و مرکزی
- ارسال پیام[5] خرابی تجهیزات به سیستم کنترل محلی و مرکزی
- ارسال پیام قطع برق به سیستم کنترل محلی و مرکزی
- مدارهای کنترلی لازم برای جلوگیری از کار تجهیزات در شرایط غیر دلخواه (برای مثال خشک کارکردن تلمبه‌ها)

1- Transmitters
2- Transducers
3 -Online
4 - Limit Switch
5 -Signal

- رله‌های حفاظت موتور برای حفاظت موتورهای فشار ضعیف با قدرت بیش از ۱۳۲ کیلووات و موتورهای فشار متوسط
- ارسال پیام‌های مدارهای کنترلی به سیستم کنترل مرکزی به‌طور مجزا برای هر مدار کنترلی
- پیش‌بینی کلید قطع کننده[1] برای هر تجهیز به‌طور جداگانه به‌طوری‌که در صورت قطع بودن کلیدهای هادی (کنتاکتورهای) مربوطه فرمان نگیرند و ارسال پیام وضعیت کلید (باز- بسته) به سیستم کنترل مرکزی
- ارتباط با تجهیزات آنالوگ می‌تواند به یکی از سه صورت Devicenet، Modbus و یا Profibus انجام شود. ارتباط به‌صورت 4-20 ma HART نیز قابل قبول است.
- کلید تجهیزات باید مجهز به کلید سه حالته دستی، خاموش، از راه دور[2] باشد و واحد قابل برنامه‌ریزی (RPU) باید وضعیت هشدار را درصورتی‌که کلید سه حالته در حالت کنترل از راه دور نباشد، نشان دهد که نمایشگر حالت غیرعادی بوده و تجهیز تحت تعمیر است.
- درصورتی‌که تجهیزاتی به‌صورت محلی و یا از راه دور کنترل می‌شود، لازم است دکمه های فشاری روشن- خاموش با کلیدهای دو حالته محلی- راه دور به‌طور جداگانه پیش‌بینی شود (مانند دمنده‌های هوا)
- ارسال پیام فرمان روشن- خاموش برای تجهیزات (برای مثال الکتروپمپ‌ها) از تابلو محلی (در حالت محلی) و سامانه کنترل مرکزی (در حالت از راه دور) و یا به‌صورت خودکار (در حالت اتوماتیک)
- ارسال فرمان باز و بسته شدن شیرهای موتوری و نمایش وضعیت باز و بسته بودن آنها در سیستم محلی و مرکزی
- درصورت قطع پیام به محرک‌های برقی برای عملکرد تدریجی[3] لازم است شیر به مقدار تنظیم اولیه خود برگردد و یا در آخرین وضعیت خود باقی بماند.
- درصورتی‌که پیام‌های باز و بسته هم‌زمان به محرک‌های برقی برای عملکرد باز- بسته[4] ارسال شود لازم است شیر به حالت ایمن از قبل تعیین شده برگردد. طراح لازم است وضعیت ایمن (باز، بسته، آخرین حالت) را مشخص کند.
- باید فقط یک سیگنال برای کارکردن هر تجهیز ارسال شود. درصورت خرابی واحد قابل برنامه‌ریزی، لازم است کلید انتخاب کننده از حالت کنترل از راه دور خارج شود.
- درصورتی‌که انتخاب کننده در حالت دستی و یا قطع باشد سامانه کنترل مرکزی هیچگونه عملکردی روی تجهیز نخواهد داشت.
- کنترل‌های دستی (دکمه‌های روشن- خاموش یا باز- بسته) فقط در حالتی که کلید انتخاب کننده در حالت محلی باشد فعال هستند و کنترل‌های از راه دور فقط درصورتی‌که کلید سلکتور در حالت راه دور باشد فعال است.
- اندازه‌گیری جریان مصرف کننده‌های بزرگ (موتورهای ۷۵ کیلووات و بزرگ‌تر)
- اندازه‌گیری و ارسال قدرت برق مصرفی هر قسمت به سیستم اسکادا

پ.۷-٤-۲-۲- ایستگاه‌های پمپاژ

سیستم کنترل برای انجام مدارها و توابع کنترلی به منظور رسیدن به سطح اتوماسیون ایستگاه‌های پمپاژ فعال می‌شود و برای اجرای برنامه‌های کنترلی در این سطح نیاز به حداقل تجهیزات زیر است:

1- Disconnect Switch
2 - Hand/Off/Remote
3 - Modulating Valve
4 - Open/closed Valve

- یک دستگاه کنترلر قابل برنامه‌ریزی (PLC یا مشابه آن)
- یک دستگاه میز کنترل
- یک دستگاه UPS

سامانه کنترل لازم است حداقل موارد زیر را تامین کند:

- اندازه‌گیری جریان آب خروجی و نمایش مقدار لحظه‌ای و کل آن در محل و سامانه اسکادا
- اندازه‌گیری فشار ورودی و خروجی هر تلمبه و نمایش آن در محل و سامانه اسکادا
- اندازه‌گیری کلر باقی‌مانده (درصورتی‌که کلر در ایستگاه پمپاژ اضافه شده است) در خطوط خروجی و نمایش آن در محل و سامانه اسکادا
- اعلام هشدار مقدار کلر باقی‌مانده در حد خیلی بالا (HH) و خیلی پایین (LL) در سامانه کنترل محلی و اسکادا

پ.۷-٤-۲-۳- مخازن ذخیره آب

در مخازن ذخیره آب معمولا هیچ‌گونه عملیات کنترلی انجام نمی‌شود و سیستم کنترل و اسکادا کلیه اطلاعات مورد نیاز از این قسمت را جمع‌آوری و آماده ارسال می‌کند. در این قسمت از تجهیزات زیر برای سامانه کنترل و اسکادا استفاده می‌شود:

- یک دستگاه مودم (دستگاه باز خوان و یا مخابره کننده)

سامانه کنترل لازم است حداقل موارد زیر را تامین کند:

- اندازه‌گیری حجم و سطح آب مخازن و نمایش آن در سامانه کنترل محلی و مرکزی
- اندازه‌گیری مقدار کلر باقی‌مانده در خط خروجی و نمایش آن در سامانه کنترل محلی و مرکزی
- اعلام هشدار سطح آب مخزن در حد خیلی پایین (LL) و خیلی بالا (HH) در سامانه کنترل محلی و مرکزی
- اعلام هشدار مقدار کلر باقی‌مانده در حد خیلی بالا (HH) و خیلی پایین (LL) در سامانه کنترل محلی و اسکادا

پ.۷-٤-۲-٤- چاه‌های آب

سامانه کنترل جهت انجام مدارها و توابع کنترلی به‌منظور رسیدن به سطح خودکار در چاه‌های آب فعال می‌شود. برای اجرای برنامه‌های کنترلی در این سطح نیاز به حداقل تجهیزات زیر است:

- یک دستگاه کنترل کننده قابل برنامه‌ریزی (PLC یا مشابه آن) و یا مرکز راه دور RTU برحسب نیاز.
- یک دستگاه تغذیه بدون وقفه (UPS)

سامانه کنترل لازم است حداقل موارد زیر را تامین کند:

- اندازه‌گیری جریان آب خروجی و نمایش مقدار لحظه‌ای و کل آن در محل و سامانه اسکادا
- اندازه‌گیری فشار خروجی هر تلمبه و نمایش آن در محل و سامانه اسکادا
- اندازه‌گیری کلر باقی‌مانده (درصورتی‌که کلر در چاه آب اضافه شود) در خطوط خروجی و نمایش آن در محل و سامانه اسکادا
- اندازه‌گیری سطح آب چاه و نمایش آن در محل و سامانه اسکادا

- دریافت پیام فرمان روشن- خاموش برای الکتروپمپ‌ها از تابلو محلی و سامانه اسکادا

پ.۷-۵- سامانه اسکادا

پ.۷-۵-۱- کلیات

سامانه اسکادا عبارت است از سامانه کنترل صنعتی رایانه‌ای که یک فرآیند را کنترل و پایش می‌کند و معمولا از قسمت‌های زیر تشکیل می‌شود:

- رابط کاربر و ماشین (HMI) که وسیله‌ای برای نمایش داده‌های فرآیند به راهبر که به وسیله آن کاربر، کنترل و پایش فرآیند را انجام می‌دهد.
- سامانه رایانه‌ای کنترل نظارتی به منظور جمع‌آوری داده‌ها از فرآیند و ارسال فرمان‌ها به فرآیند می‌باشد.
- واحدهای قابل برنامه‌ریزی راه دور (RPU) که به ابزار دقیق در فرآیند متصل می‌شوند و پیام‌های اندازه‌گیری را به داده‌های دیجیتال تبدیل کرده و آنها را به سامانه کنترل نظارتی ارسال می‌کنند.
- سامانه مخابراتی به منظور اتصال واحدهای قابل برنامه‌ریزی راه دور به سامانه کنترل نظارتی.

سامانه کنترل نظارتی و جمع‌آوری داده‌ها (SCADA) سامانه کنترلی در سطح بهره‌برداری است که در اتاق کامپیوتر مرکزی مستقر می‌شود.

سامانه اسکادا در ابتدا فقط کاربرد تله‌متری (سنجش از راه دور) داشته و جمع‌آوری اطلاعات ایستگاه‌های محلی که معمولا مجهز به ایستگاه راه دور (RTU) بودند را انجام می‌داد. ولی با جایگزین شدن کنترل کننده قابل اندازه گیری (PLC) به‌جای ایستگاه راه دور (RTU) این سامانه در برنامه‌های PLC تاثیر گذاشته و «کنترل نظارتی»[1] را هم برعهده گرفت. به همین دلیل این سامانه به نام اسکادا شناخته شد.

سامانه‌های کنترل و اسکادا به‌منظور بهره‌برداری بهینه از تاسیسات آب طراحی، پیاده‌سازی و اجرا می‌شوند. این سامانه‌ها را از دیدگاه بهره‌وری نیروی انسانی، کنترل خودکار و غیر خودکار سامانه توسط ایستگاه‌های کنترل مرکزی و محلی، خدمات نگهداری و تعمیرات، برنامه‌ریزی توسعه، مدیریت مصرف انرژی، حفاظت‌های ثانویه، ثبت کلیه اتفاقات بر حسب کسری از ثانیه، تحلیل و کنترل توان مصرفی، تطبیق با استانداردهای کمی و کیفی سامانه‌های آب و فاضلاب و سایر پارامترهای کنترلی، طراحی و راه‌اندازی می‌شوند.

پ.۷-۵-۲- شبکه مخابراتی

شبکه مخابراتی به‌منظور تامین وسیله‌ای برای انتقال داده‌ها بین سرور مرکزی و ایستگاه‌های فرعی است. از کابل، خطوط تلفن و رادیو می‌توان به عنوان واسطه استفاده کرد که به‌طور خلاصه کاربرد هر یک به شرح ذیل است:

1- Supervisery Control

- کابل در یک تصفیه‌خانه یا ایستگاه پمپاژ استفاده می‌شود و درصورتی‌که ایستگاه‌ها از نظر جغرافیایی فاصله داشته باشند این روش اقتصادی نیست.
- خطوط تلفن برای نواحی پراکنده اقتصادی است و از خط تلفن اجاره‌ای برای ارتباط همیشه متصل به ایستگاه‌های فرعی استفاده می‌شود. خطوط تلفن شماره‌گیر برای مواردی مناسب است که لازم است همواره اطلاعات به فواصل زمانی نه چندان کوتاه به‌روز شوند.
- ارتباط رادیویی برای مواردی که خطوط تلفن در دسترس نباشد راه حل اقتصادی است.

شبکه اسکادا لازم است به‌نحوی طراحی شود که با شبکه اداری محلی (LAN) و گسترده (WAN) بتواند به‌صورت یکپارچه عمل کند و از اطلاعات موجود اداری مانند سامانه‌های مدیریتی، سامانه‌های مدل‌سازی شبکه توزیع آب، GIS، بانک‌های اطلاعاتی و غیره استفاده کند.

پ.۷-۵-۳- مرکز اسکادا[1]

مرکز اسکادا به نام‌های ایستگاه مرکزی، واحد ترمینال اصلی MTU و یا ایستگاه راهبری نیز نامیده می‌شود. لازم است یک طرح نه چندان کوچک، حداقل به تجهیزات زیر جهت سامانه کنترل نظارتی و جمع‌آوری داده‌ها مجهز باشد:

- دو دستگاه کامپیوتر جهت ایستگاه بهره‌برداری (HM1,HM2)
- دو دستگاه سرور برای ارتباطات و ذخیره اطلاعات برای حالت کار و رزرو[2]
- یک دستگاه نت‌بوک جهت تغییر برنامه‌های PLC
- یک دستگاه کلید زنی[3]
- نرم افزار اسکادا
- یک دستگاه نمایشگر دیواری بزرگ LCD (در صورت نیاز)
- دو دستگاه چاپگر
- یک دستگاه تغذیه بدون وقفه (UPS)

لازم است از طریق شبکه اترنت[4] کلیه تجهیزات فوق به یکدیگر متصل شوند و یکی از سرورها قابل اتصال به رابط انسان و ماشین (HMI) واقع در دفتر مدیریت از طریق خطوط اینترنت باشد.

دو دستگاه کامپیوتر باید به‌نحوی برنامه نویسی شوند که در صورت خرابی یک دستگاه کامپیوتر، دستگاه دوم بتواند کلیه کارهای لازم را انجام دهد.[5] بهره‌بردار می‌تواند از یک کامپیوتر برای واحدهای خیلی کوچک و یا از یک شبکه از سرورهای مختلف تشکیل شده باشد که از طریق رابط انسان و ماشین (MMI/HMI) با اپراتور ارتباط برقرار کند. ترمینال‌های اپراتور از طریق شبکه اداری

1- SCADA Center
2- Stand by
3 - Fast Switcher
4- ETHERNET TCP/IP
5- Dual-Redundant/Hot-stand by

محلی و گسترده LAN/WAN به کامپیوترهای مرکزی متصل و کلیه اطلاعات مورد نیاز توسط نمایشگر برای راهبر نمایش داده می‌شود.

پ.۷-۵-٤- ایستگاه‌های کاری و نرم‌افزار آن

مهم‌ترین قسمت یک سامانه اسکادا نرم‌افزاری است که مورد استفاده قرار می‌گیرد و بیش‌ترین قسمت از نرم‌افزار مربوط به رابط انسان (کاربر) با ماشین (HMI/MMI) می‌شود. لذا باید به خوبی تعریف، طراحی، نوشته، کنترل و آزمایش شود.

نرم‌افزارهایی که به‌طور معمول برای سامانه اسکادا نوشته می‌شود به‌شرح زیر است:

- سیستم عامل کامپیوتر مرکزی- از نرم‌افزار ویندوز به‌طور معمول استفاده شود.
- سیستم عامل ترمینال اپراتور- از نرم افزار ویندوز استفاده شود.
- برنامه کاربردی کامپیوتر مرکزی – نرم‌افزار برای ارسال و دریافت اطلاعات به یا از RTU و کامپیوتر مرکزی و همچنین برای ارتباط نمایش گرافیکی، صفحات هشدار، عملیات کنترلی، صفحات منحنی‌های تغییرات می‌باشد.
- برنامه کاربردی ترمینال اپراتور- برای دسترسی کاربر به اطلاعات کامپیوتر مرکزی
- گرداننده[1] پروتکل مخابراتی- نرم افزار برای کنترل، تجمیع و تفسیر اطلاعات در مسیرهای مخابراتی در سیستم
- نرم‌افزار مدیریت شبکه مخابراتی – نرم‌افزار برای کنترل شبکه مخابراتی و نمایش کارکرد و خطاهای آن
- نرم‌افزار اتوماسیون ایستگاه راه دور (RTU): نرم‌افزاری برای پیکربندی و پشتیبانی برنامه‌های کاربردی در RTU/PLC
- نرم‌افزارهای سامانه اسکادا باید بر پایه فناوری‌های زمان واقعی و چند کاره[2] استوار باشد.

برنامه کاربردی ترمینال اپراتور (HMI) با ارتباط با بانک‌های اطلاعاتی و برنامه‌های نرم‌افزاری باید امکانات زیر را تامین کند:

- نمایش گرافیکی فرآیند و و ضعیت کار تجهیزات (کل فرآیند، هر ایستگاه و هر جزء از فرآیند) [3]
- نمایش وضعیت هشداردهنده‌ها[4]
- نمایش وضعیت متغیرها در زمان واقعی و سوابق آنها[5]
- تهیه گزارش‌های مختلف
- امکان روشن و خاموش کردن الکتروموتورها و باز و بسته کردن شیرهای موتوری توسط صفحه کلید و به‌صورت نرم‌افزاری

برنامه کاربردی اسکادا باید قابلیت‌های زیر را داشته باشد:

- دریافت و ارسال اطلاعات از کلیه ایستگاه‌ها و نمایش آنها
- مدیریت توزیع و نشت آب به‌منظور کم کردن تلفات آب در شبکه توزیع در صورت بروز حادثه

1- Driver
2 - Real Time and Multitasking
3 - Mimic Display
4- Alarm Logs
5- Trending

- ارسال نقطه کارها[1] به ایستگاه‌های فرعی
- ارتباط با سطوح بالاتر کنترل
- وارد کردن فرمان‌های کنترل
- مدیریت وضعیت هشدار دهنده‌ها و اتفاقات با قید تاریخ و ساعت
- مدیریت پایگاه داده‌ها
- تبادل اطلاعات با راهبر
- ارسال اطلاعات مورد نیاز به منظور چاپ
- تجدید نظر در برنامه‌های کنترلی PLC
- عیب‌یابی
- عملیات تکرار اطلاعات میان فایل‌های گوناگون[2]
- عملیات سریع بر اساس اطلاعات طبقه‌بندی شده
- قابلیت تعیین سطوح دسترسی مختلف برای راهبر، مسئول تعمیرات و مدیر سایت
- بهره‌برداری ساده براساس ویندوزهای صنعتی به صورت عمل روی فرآیند به کمک موس و صفحه کلید

1 - Set Points
2 - redundancy

منابع و مراجع

۱- آشفته، ج.، (۱۳۵۹)، «طراحی آبرسانی شهری»، ناشر: سید ابولفضل حسینیان.

۲- بلادی موسوی، ص. و دیگران، (۱۳۸۱)، «بررسی روش‌های برآورد پیش‌بینی جمعیت استان‌های کشور ۸۵-۱۳۷۶»، پژوهشکده آمار.

۳- بلادی موسوی، ص. و دیگران، (۱۳۸۲)، «بازسازی و برآورد جمعیت شهرستان‌های کشور»، مرکز آمار ایران.

۴- پازوش، ه.، (۱۳۶۹)، «شناخت آب‌های زیرزمینی»، انتشارات دانشگاه تهران.

۵- سازمان جهانی بهداشت (۱۳۸۲)، «رهنمودهای تکنولوژی برای تامین آب در اجتماعات کوچک»، انتشارات سازمان جهانی بهداشت، ترجمه دکتر حسن نان‌بخش، انتشارات دانشگاه علوم پزشکی ارومیه.

۶- طاحونی، ش.، (۱۳۷۰)، «طراحی سازه‌های بتن مسلح»، انتشارات دهخدا، چاپ چهارم.

۷- علیزاده، ا.، (۱۳۸۷)، «اصول هیدرولوژی کاربردی»، دانشگاه امام رضا (ع)، انتشارات آستان قدس رضوی.

۸- «آب آشامیدنی – ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی»، استاندارد ۱۰۵۳، تجدید نظر پنجم، چاپ پنجم، موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۸۹.

۹- مدنی، ح. و نفیعی، س.، (۱۳۷۱)، «زمین‌شناسی عمومی»، دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

۱۰- منزوی، م. ت.، (۱۳۷۵)، «آبرسانی شهری»، انتشارات دانشگاه تهران.

۱۱- نبوی، ح.، اسعدی، ر. و دیده‌ور، ا.، (۱۳۵۵)، «اقلیم‌شناسی ایران»، طرح تدوین کتاب زمین‌شناسی ایران، وزارت معادن و فلزات، سازمان زمین‌شناسی کشور.

۱۲- «نشریه اصول کلی مطالعات آب شرب – راهنمای مطالعات طرح‌های آب آشامیدنی روستاها»، وزارت جهادسازندگی، معاونت عمران اداره کل مهندسی بهداشت، ۱۳۶۷.

۱۳- «نشریه سیاست‌ها و راهبردهای تدوین شده برنامه بالانسینگ و مدیریت تقاضا و آب بدون درآمد»، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور – وزارت نیرو، ۱۳۸۱.

۱۴- «راهنمای شناخت و نحوه مطالعه عوامل موثر در آب به‌حساب نیامده و راهکارهای کاهش آن»، نشریه ۵۵۶، معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس‌جمهور، طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور – وزارت نیرو، ۱۳۹۰.

۱۵- «راهنمای طراحی تلمبه‌خانه‌های آب»، نشریه ۴۷۰، معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس‌جمهور، طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور– وزارت نیرو، ۱۳۸۸.

۱۶- «دستورالعمل شستشو و گندزدایی تاسیسات آب»، نشریه ۲۶۸- الف، طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور – وزارت نیرو، ۱۳۸۲.

۱۷- «استاندارد کیفیت آب آشامیدنی»، نشریه ۳-۱۱۶، سازمان برنامه و بودجه، طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور – وزارت نیرو، ۱۳۷۱.

۱۸- «بررسی وضعیت کلرزنی آب مشروب در کشور»، نشریه ۴۳-ن، طرح تهیه ضوابط و معیارهای صنعت آب کشور - وزارت نیرو، ۱۳۶۶.
۱۹- «تجهیزات کلرزنی»، نشریه ۵۹-ن، طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور - وزارت نیرو، ۱۳۶۷.
۲۰- «مشخصات فنی عمومی کارهای خطوط لوله آب و فاضلاب شهری»، نشریه ۳۰۳، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، ۱۳۸۵.
۲۱- «دستورالعمل انتخاب و طراحی تجهیزات کنترل ضربه قوچ در تاسیسات آبرسانی شهری»، نشریه ۵۱۷، معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس‌جمهور، طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور- وزارت نیرو، ۱۳۸۸.
۲۲- «راهنمای حفاظت کاتدی خطوط لوله و سازه‌های فولادی»، نشریه ۳۱۱، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور - وزارت نیرو، ۱۳۸۴.
۲۳- «مبانی و ضوابط طراحی طرح‌های آبرسانی شهری»، نشریه ۳-۱۱۷، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور- وزارت نیرو، ۱۳۷۱.
۲۴- «راهنمای انتخاب نوع و موقعیت شیرآلات صنعت آب و بهره‌برداری از آنها«، نشریه ۵۲۹، معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور، طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور - وزارت نیرو، ۱۳۸۹.
25- www.agf.gov.bc.ca/resmgmt/publist/500series/590307-1.pdf
26- API (American petroleum institute), API RP 651, “Cathodic protection of aboveground petroleum storage tanks”.
27- AWWA Manual M31, (1999), "Distribution systems requirements for fire protection".
28- Bauer, O. and others, (1999), “Variances of Population Projections: Comparison of Two Approaches”, Interim Report, IIASA, Austria.
29- Bhave, P.R., (2003), Optimal Design of Water Distribution Networks”, 1st Ed., Alpha 4 Motley.
30- BS STD BSI 7361, “Code of practice for land and marine application”.
31- http://training.ce.washington.edu/WSDOT/Modules/04_design_parameters/frost_terminology.htm
32- Carden, F., Jedlicka, R. and Henry, R., (2002), “Telemetry Systems Engineering”, Artech House Telecommunications Library, Artech House Publishers.
33- City of Brunswick, (2006), "Water System Design, Criteria and Design Procedures", City of Brunswick.
34- City of Riverside Public Utilities, (2005), "Engineer/Developer Design Handbook for Public Water Facilities", City of Riverside Public Utilities.
35- Clark, R.M., (1998), “Modeling Water Quality In Drinking Water Distribution Systems”, AWWA, Denver.
36- Community Development Department Engineering Division, (2007), "Standard Specifications and Detail for City of Woodland", Community Development Department Engineering Division.
37- ELSEVEIR, (2003), "Practical SCADA for Industry", ELSEVEIR.
38- De Beer, J., (2000), “Dealing with Uncertainty in Population Forecasting”, Statistics Netherlands, Department of Population.

39- De Beer, J., and Alders, M., (2004), “Uncertainty of Population Forecasts, a Stochastic Approach”, Netherland Official Statistics.
40- Garg, (2005), "Water Supply Engineering", Khanna Publishers- DELHI.
41- Hoem, J., (1973), “Levels of Error in Population Forecasting”, Central Bureau of Norway.
42- IPS STD IPS-E-TP-820, “Engineering standard for electrochemical protection”.
43- IPS STD IPS-C-TP-820, “Construction standard for electrochemical protection”.
44- IPS STD IPS-M-TP-750, “Material & Equipment Standard for Cathodic Protection”.
45- Kavamura, (2000), "Integrated Design and Operation of Water Treatment Facilities", 2nd Ed., John Wiley & INC.
46- Kersten, M.S. (1949). Thermal Properties of Soils. University of Minnesota, Bulletin No. 28, Minneapolis, MN, Retrieved from
http://pavementinteractive.org/index.php?title=Frost_Terminology
47- Orlando, B., Andersland, Ladanyi, B., (2003), “Frozen Ground Engineering”, John Wiley & INC.
48- Keyfitz, N., (1972), “On Futhure Population”, JASA, 67, 347-363.
49- Land, K.C., (1986), “Methods for National Population Forecasts: A Review”, JASA, 81, 888-901.
50- Lee, R. and Tuljapurkar, S., (1994), “Stochastic Population Forecasts for the United Stats”, JASA, 89, 1175-1189.
51- Lee, R.D., (1992), “Stochastic Demographic Forecasting”, International Journal of Forecasting, 8, 315-327.
52- Liptak, B.G., (2006), “Instrument Engineer's Handbook, Volume II: Process Control and Optimization”, 4th Ed., Taylor and Francis Group, Boca Raton, F.L.
53- Liptak, B.G., (2003), “Instrument Engineer's Handbook, Volume I: Process measurement and analysis”, 4th Ed., CRC Press, Boca Raton, F.L.
54- Liptak, B.G., (2002), “Instrument Engineer's Handbook, Process Software and Digital Networks”, 3rd Ed., CRC Press, Boca Raton, F.L.
55- Mays, L.W., (1999), “Water Distribution Systems Handbook”, McGraw-Hill, New York, N.Y.
56- Mays, L.W., (2002), “Urban Water Supply Handbook”, McGraw-Hill.
57- McMillan, G.K. and D.M. Considine, (1999), “Process/Industrial Instruments and Controls Handbook”, 5th Ed., McGraw-Hill, New York, N.Y.
58- Motley, E.M., and Zhu, G., (2000), “Water Works Engineering: Planning, Design, and Operations”, Prentice Hall.
59- Mount Pleasant Waterworks, (2004), “Standard Water Distribution System Specifications”, Mount Pleasant.
60- PEOPLE User’s Guide Manual, (1990), 2nd Ed., Version 2.0, Administration of the Government of U.K. and Economic Planning Unit of the Government of Malysia.
61- Pollard, J.H., (1973), “Mathematical Models for the Growth of Human Population”, Cambridge University Press.
62- Process Control and Optimization, (2006), ISA (The Instrumentation Systems and Automation Society)
63- Public Work Department of Albany, Oregon, (2007), "Water Distribution System Engineering Standard", Public Work Department of Albany, Oregon.

64- Punmia, (1995), "Water Supply Eng.", Lavxmi Publication LTD- New DELHI
65- Raju, B.S.N., (2001), "Water Supply and Waste Water Engineering", DELHI.
66- Saaty, T.L., (1980), "The Analytic Hierarchy Process", McGraw-Hill, New York.
67- Salvato, J. et al., (2003), "Environmental engineering", John Wiley & Sons, Inc.
68- Shryock, H.S., Siegle, J.S., and Associates, (1976), "The Methods and Materials of Demography", Academic Press.
69- Statistics Canada, (1987), "Population Estimation Methods", Canada, Catalogue 91-528E, Statistics Canada, Ottawa.
70- The Instrumentation Systems and Automation (ISA), (2002), "SocietyProcess Software and digital Networks".
71- The Instrumentation Systems and Automation Society, (2003), "Process Measurement and Analysis", (ISA).
72- Town of Williston Public Work Standard and Specifications Part IV, "Water Distribution System", Town of Williston Public Work.
73- Twort A.C., Ratnayaka D.D., and Brandt M.J., (2000), "Water Supply", IWA Publishing.
74- U.S. Bureau of the Census, (1966), "Methods of Population Estimation: Part I", Illustrative Procedure of the Bureau's Component Method II. Current Population Reports, Series P-25, No. 339., U.S. Government Printing Office, Washington, DC.
75- United Nations, (1983), "Indirect Techniques for Demographic Estimation (Manual X)", United States National Academy of Sciences.
76- Viessman & Hammer, (2005), "Water supply and pollution control", 7th Ed., Pearson Education, USA.
77- Wiley Publishing Inc, (2006), "Securing SCADA Systems", Wiley publishing Inc.

خواننده گرامی

امور نظام فنی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، با گذشت بیش از سی سال فعالیت تحقیقاتی و مطالعاتی خود، افزون بر ششصد عنوان نشریه تخصصی- فنی، در قالب آیین‌نامه، ضابطه، معیار، دستورالعمل، مشخصات فنی عمومی و مقاله، به‌صورت تالیف و ترجمه، تهیه و ابلاغ کرده است. نشریه حاضر در راستای موارد یاد شده تهیه شده، تا در راه نیل به توسعه و گسترش علوم در کشور و بهبود فعالیت‌های عمرانی به کار برده شود. فهرست نشریات منتشر شده در سال‌های اخیر در سایت اینترنتی **nezamfanni.ir** قابل دستیابی می‌باشد.

Islamic Republic of Iran
Vice Presidency For Strategic Planning and Supervision

Design Criteria of Urban and Rural Water Supply and Distribution Systems

No . 117-3

Office of Deputy for Strategic Supervision
Department of Technical Affairs
nezamfanni.ir

Ministry of Energy
Bureau of Engineering and Technical Criteria for Water and Wastewater
http://seso.moe.org.ir

2013

این نشریه

این نشریه با عنوان «ضوابط طراحی سامانه‌های انتقال و توزیع آب شهری و روستایی» به‌منظور آگاهی از ضوابط و معیارهای فنی طراحی سامانه‌های آبرسانی شهری و روستایی با درنظر گرفتن تاسیسات مربوطه از جمله مخازن ذخیره، شیرها، پمپ‌ها و لوله‌ها، ضوابط فنی اجرای لوله‌ها و سامانه‌های جنبی حفاظت در برابر خوردگی، پایش و اسکادا و ... تدوین شده است. مطالب ارائه شده در این نشریه دربرگیرنده مبانی نظری، دستورالعمل‌ها، ضوابط و معیارهای فنی و توصیه‌های ضروری برای مدیران و کارشناسان شرکت‌های آب و فاضلاب، مهندسین مشاور، پیمانکاران و کلیه پژوهشگران جهت طراحی سامانه‌های آبرسانی طبق استانداردهای جهانی و شرایط بومی کشور می‌باشد.