جمهوری اسلامی ایران

سازمان برنامه و بودجه کشور

مبانی و ضوابط طراحی

شبکه‌های فاضلاب و آب‌های سطحی

(بازنگری نشریه‌های ۳-۱۱۸ و ۱۶۳)

ضابطه شماره ۱۱۸

مهندسین آب و فاضلاب تهر ا ن

(رابین کو)

www.TWWE.ir

معاونت فنی و توسعه امور زیربنایی

امور نظام فنی و اجرایی کشور

nezamfanni.ir

وزارت نیرو

دفتر استانداردها و طرح‌های آب و آبفا

seso.moe.gov.ir

۱۳۹۵

باسمه تعالی

ریاست جمهوری
سازمان برنامه و بودجه کشور
رییس سازمان

بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران	**شماره:**	**۹۵/۹۵۳۱۲۶**
	تاریخ:	**۱۳۹۵/۱۰/۲۲**

موضوع: مبانی و ضوابط طراحی شبکه‌های فاضلاب و آب‌های سطحی (بازنگری نشریه‌های ۳-۱۱۸ و ۱۶۳)

به استناد ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه و مواد (۶) و (۷) آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی- مصوب سال ۱۳۵۲ و در چارچوب نظام فنی و اجرایی کشور (موضوع تصویب‌نامه شماره ۴۲۳۳۹/ت۳۳۴۹۷هـ مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیأت محترم وزیران)، به پیوست ضابطه شماره ۱۱۸ امور نظام فنی و اجرایی، با عنوان «مبانی و ضوابط طراحی شبکه‌های فاضلاب و آب‌های سطحی (بازنگری نشریه‌های ۳-۱۱۸ و ۱۶۳) » از نوع گروه سوم ابلاغ می‌شود.

رعایت مفاد این ضابطه در صورت نداشتن ضوابط بهتر، از تاریخ ۱۳۹۶/۰۴/۰۱ الزامی است.

امور نظام فنی و اجرایی این سازمان دریافت‌کننده نظرات و پیشنهادهای اصلاحی در مورد مفاد این ضابطه بوده و اصلاحات لازم را اعلام خواهد کرد.

این ضابطه جایگزین نشریات زیر می‌شود:

۱- مبانی و ضوابط طراحی شبکه‌های جمع آوری آب‌های سطحی و فاضلاب شهری- نشریه شماره ۳-۱۱۸ (بخشنامه شماره ۲۱۸۰-۱۹۰۵۱/۵۶-۱ مورخ ۱۳۷۱/۱۱/۲۶)

۲- مکمل ضوابط طراحی شبکه‌های جمع آوری آب‌های سطحی و فاضلاب شهری- نشریه شماره ۱۶۳ (بخشنامه شماره ۷۲۸-۱۱۳۷/۵۴-۱۰۲ مورخ ۱۳۷۶/۰۳/۰۵)

محمد باقر نوبخت

ش ش: ۱۳۶۱۶۵۳

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی:

امور نظام فنی و اجرایی سازمان برنامه و بودجه کشور، با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه این ضابطه نموده و آن را برای استفاده به جامعه مهندسی کشور عرضه نموده است. با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایراد و اشکال نیست.

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

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

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

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

۴- نشانی خود را برای تماس احتمالی ذکر فرمایید.

کارشناسان این امور نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت.

پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

نشانی برای مکاتبه : تهران، میدان بهارستان، خیابان صفی علی‌شاه - مرکز تلفن ۳۳۲۷۱ سازمان برنامه و بودجه کشور، امور نظام فنی و اجرایی

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

مهندسین آب و فاضلاب تهر ا ن

(رابین کو)

باسمه تعالی

پیشگفتار

امروزه نقش و اهمیت ضوابط، معیارها و استانداردهای فنی، همچنین آثار اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی ناشی از به کارگیری مستمر آن‌ها در جوامع بشری، به عنوان حقیقتی انکارناپذیر پذیرفته شده است. طراحی و ساخت شبکه‌های فاضلاب نیز با توجه به اهمیت بسزای آن‌ها در ارتقای سطح بهداشت عمومی و جلوگیری از آلودگی محیط‌زیست و شیوع و انتقال انواع بیماری‌ها از این امر مستثنی نبوده و نیازمند تدوین ضوابط و معیارهای دقیق به منظور دستیابی به اهداف فوق‌الذکر و پرهیز از قضاوت‌های شخصی و بعضا ناآگاهانه می‌باشد.

با توجه به اهمیت مبحث فوق، امور آب وزارت نیرو در قالب طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور، تهیه ضابطه «مبانی و ضوابط طراحی شبکه‌های فاضلاب و آب‌های سطحی (بازنگری نشریه‌های ۳-۱۱۸ و ۱۶۳)» را با هماهنگی امور نظام فنی و اجرایی سازمان برنامه و بودجه کشور در دستور کار قرار داد و پس از تهیه، آن را برای تایید و ابلاغ به عوامل ذینفع نظام فنی و اجرایی کشور به این سازمان ارسال نمود که پس از بررسی، براساس ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه، آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی مصوب هیات محترم وزیران و طبق نظام فنی و اجرایی کشور (مصوب شماره ۴۲۳۳۹/ت۳۳۴۹۷ هـ- مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیات محترم وزیران) تصویب و ابلاغ گردید.

علیرغم تلاش، دقت و وقت زیادی که برای تهیه این مجموعه صرف گردید، این مجموعه مصون از وجود اشکال و ابهام در مطالب آن نیست. لذا در راستای تکمیل و پربار شدن این ضابطه از کارشناسان محترم درخواست می‌شود موارد اصلاحی را به امور نظام فنی و اجرایی سازمان برنامه و بودجه کشور ارسال کنند. کارشناسان سازمان پیشنهادهای دریافت شده را بررسی کرده و در صورت نیاز به اصلاح در متن ضابطه، با هم‌فکری نمایندگان جامعه فنی کشور و کارشناسان مجرب این حوزه، نسبت به تهیه متن اصلاحی، اقدام و از طریق پایگاه اطلاع‌رسانی نظام فنی و اجرایی کشور برای بهره‌برداری عموم، اعلام خواهند کرد. به همین منظور و برای تسهیل در پیدا کردن آخرین ضوابط ابلاغی معتبر، در بالای صفحات، تاریخ تدوین مطالب آن صفحه درج شده است که در صورت هرگونه تغییر در مطالب هر یک از صفحات، تاریخ آن نیز اصلاح خواهد شد. از این‌رو همواره مطالب صفحات دارای تاریخ جدیدتر معتبر خواهد بود.

بدین وسیله معاونت فنی و توسعه امور زیربنایی از تلاش و جدیت رییس امور نظام فنی و اجرایی کشور جناب آقای مهندس غلامحسین حمزه مصطفوی و کارشناسان محترم امور نظام فنی و اجرایی و نماینده مجری محترم طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور وزارت نیرو، جناب آقای مهندس تقی عبادی و متخصصان همکار در امر تهیه و نهایی نمودن این ضابطه، تشکر و قدردانی می‌نماید.

غلامرضا شافعی

معاون فنی و توسعه امور زیربنایی

زمستان ۱۳۹۵

www.TWWE.ir

تهیه و کنترل«مبانی و ضوابط طراحی شبکه‌های فاضلاب و آب‌های سطحی (بازنگری نشریه‌های ۳-۱۱۸ و ۱۶۳)»

[ضابطه شماره ۱۱۸]

مجری: شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس

مشاور پروژه: امیررضا احمدی‌مطلق	شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس	فوق‌لیسانس مهندسی عمران – آب

اعضای گروه تهیه‌کننده:

امیررضا احمدی‌مطلق	شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس	فوق‌لیسانس مهندسی عمران – آب
علی امامی	شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس	لیسانس مهندسی عمران
مصطفی بزرگ‌زاده	کارشناس آزاد	فوق‌لیسانس مهندسی هیدرولیک
محمد تهجدی لنگرودی	شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس	لیسانس مهندسی عمران
آرش کریم‌زاده	شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس	فوق‌لیسانس مهندسی عمران
جواد کریمی پارچیان	شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس	فوق‌لیسانس مهندسی عمران
ساحره کیخسروی	شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس	فوق‌لیسانس مهندسی عمران
برنا میراحمدیان	شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس	فوق‌لیسانس مهندسی عمران

اعضای گروه نظارت:

حسین ابوتراب	شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور	فوق‌لیسانس مهندسی عمران
پیمان اربابها	شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور	فوق‌لیسانس مهندسی عمران
رضا خیراندیش	شرکت مهندسین مشاور پژوهاب	دکترای مهندسی عمران - آب
مینا زمانی	طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور- وزارت نیرو	لیسانس مهندسی شیمی

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

محمد ابراهیم‌نیا	وزارت نیرو	فوق‌لیسانس مهندسی عمران - آب
حسین ابوتراب	شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور	فوق‌لیسانس مهندسی عمران
امیررضا احمدی مطلق	شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس	فوق‌لیسانس مهندسی عمران – آب
رضا خیراندیش	شرکت مهندسین مشاور پژوهاب	دکترای مهندسی عمران - آب
جلال‌الدین شایگان	دانشگاه صنعتی شریف	دکترای مهندسی بیوشیمی
مسعود فقیهی حبیب‌آبادی	شرکت دزون	فوق‌لیسانس مهندسی مکانیک
منصور قاسمی	کارشناس آزاد	فوق‌لیسانس مهندسی مکانیک
شهیر کنعانی	طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور- وزارت نیرو	فوق‌لیسانس مهندسی عمران – محیط‌زیست

آرش کیایی	شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور	فـــوق‌لیســـانس مهندســـی عمـــران – محیط‌زیست

اعضای گروه هدایت و راهبری(سازمان برنامه و بودجه کشور):

علیرضا توتونچی	معاون امور نظام فنی و اجرایی
فرزانه آقارمضانعلی	رییس گروه امور نظام فنی و اجرایی
سیّد وحیدالدین رضوانی	کارشناس آبیاری و زهکشی، امور نظام فنی و اجرایی

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
مقدمه	۱
فصل اول- تعاریف و اصطلاحات فنی	۵
۱-۱- آب باران	۷
۱-۲- آب‌های سطحی	۷
۱-۳- آب‌های پذیرنده	۷
۱-۴- الگوی تغییرات شبانه‌روزی جریان فاضلاب	۸
۱-۵- فاضلاب خام	۸
۱-۶- فاضلاب	۸
۱-۷- آدم‌رو - چاهک بازدید	۹
۱-۸- اتصال غیرمجاز آب باران	۹
۱-۹- ایستگاه بالابر	۹
۱-۱۰- ایستگاه پمپاژ (تلمبه‌خانه)	۹
۱-۱۱- بهره‌برداری	۹
۱-۱۲- بهسازی	۹
۱-۱۳- پرش هیدرولیکی	۱۰
۱-۱۴- پس‌زدگی	۱۰
۱-۱۵- تاسیسات سرریز (در شبکه مرکب یا نیمه مرکب)	۱۰
۱-۱۶- تخلیه‌گاه	۱۰
۱-۱۷- تصفیه‌خانه فاضلاب	۱۰
۱-۱۸- تعمیر (مرمت)	۱۰
۱-۱۹- تهویه شبکه فاضلاب	۱۰
۱-۲۰- جایگزینی (تعویض)	۱۱
۱-۲۱- جریان فاضلاب در ایام بدون باران و ذوب برف (DWF)	۱۱
۱-۲۲- جنبه‌های زیباشناختی مرتبط با آلودگی	۱۱
۱-۲۳- چاهک تر (در تلمبه‌خانه)	۱۱
۱-۲۴- چاهک خشک (در تلمبه‌خانه)	۱۱
۱-۲۵- حداکثر جریان ساعتی فاضلاب	۱۱
۱-۲۶- جریان طراحی شبکه	۱۲
۱-۲۷- حداکثر سرعت فاضلاب	۱۲
۱-۲۸- حوزه آبریز	۱۲
۱-۲۹- درصد پرشدگی فاضلابرو	۱۲

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۱-۳۰- دوره طرح	۱۲
۱-۳۱- دوره بازگشت	۱۲
۱-۳۲- رابطه شدت - مدت – فراوانی (IDF)	۱۲
۱-۳۳- رواناب سطحی	۱۳
۱-۳۴- زمان تمرکز	۱۳
۱-۳۵- زمان ماند (در تلمبه‌خانه)	۱۳
۱-۳۶- زمان ورود	۱۳
۱-۳۷- زهکش	۱۳
۱-۳۸- لوله انشعاب	۱۳
۱-۳۹- زیرساخت‌های شهری	۱۳
۱-۴۰- سازه‌های انحراف جریان	۱۴
۱-۴۱- سرریز کنارگذر	۱۴
۱-۴۲- سرعت خودشستشویی	۱۴
۱-۴۳- شبکه ثقلی	۱۴
۱-۴۴- سیفون وارون	۱۴
۱-۴۵- شبکه زهکشی شهری	۱۴
۱-۴۶- شبکه فاضلاب	۱۴
۱-۴۷- شبکه‌های متعارف و غیرمتعارف	۱۵
۱-۴۸- شبکه مجزا	۱۵
۱-۴۹- شبکه مرکب	۱۵
۱-۵۰- شبکه نیمه مرکب	۱۵
۱-۵۱- شدت بارش	۱۵
۱-۵۲- شرایط اضافه‌بار هیدرولیکی	۱۵
۱-۵۳- شرایط بی‌هوازی	۱۵
۱-۵۴- شرایط سازه‌ای	۱۶
۱-۵۵- شرایط هوازی	۱۶
۱-۵۶- شستشو با تخلیه ناگهانی جریان	۱۶
۱-۵۷- شیب شستشو و تنش شویندگی (تنش برشی)	۱۶
۱-۵۸- ضریب بهره‌برداری از شبکه	۱۶
۱-۵۹- ضریب تبدیل آب به فاضلاب خام	۱۶
۱-۶۰- ضریب حداکثر و حداقل جریان فاضلاب خام	۱۶
۱-۶۱- ضریب رواناب	۱۷

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۱-۶۲- ظرفیت خودپالایی	۱۷
۱-۶۳- شرایط غرقاب‌شدگی (آب‌گرفتگی)	۱۷
۱-۶۴- فاضلاب خانگی خام	۱۷
۱-۶۵- فاضلاب بی‌هوازی (سپتیک)	۱۷
۱-۶۶- فاضلاب غیرخانگی خام (فاضلاب‌های صنعتی و تجاری)	۱۷
۱-۶۷- فاضلابرو	۱۷
۱-۶۸- فیزیوگرافی حوزه	۲۰
۱-۶۹- متعادل‌سازی جریان	۲۰
۱-۷۰- میانگین جریان فاضلاب خام	۲۰
۱-۷۱- میانگین سرانه فاضلاب خام	۲۰
۱-۷۲- مخزن نگه‌داشت موقت	۲۰
۱-۷۳- مدیریت جامع سیستم فاضلاب و زهکشی شهری	۲۰
۱-۷۴- نشت آب به خارج شبکه	۲۱
۱-۷۵- نشتاب و آب‌های نفوذی	۲۱
۱-۷۶- نقاط آب گرفتگی	۲۱
۱-۷۷- نگهداری	۲۱
۱-۷۸- نوسازی	۲۱
۱-۷۹- هزینه‌های دوره طرح	۲۲
فصل دوم- اهداف و الزامات عملکردی	**۲۳**
۲-۱- اهداف	۲۵
۲-۱-۱- تامین بهداشت و ایمنی عمومی	۲۵
۲-۱-۲- سلامتی و ایمنی کارکنان	۲۵
۲-۱-۳- حفاظت از محیط زیست	۲۵
۲-۱-۴- کمک به توسعه پایدار	۲۶
۲-۲- الزامات عملکردی شبکه فاضلاب	۲۶
۲-۲-۱- جلوگیری از خروج فاضلاب از شبکه	۲۶
۲-۲-۲- سهولت بهره‌برداری و نگهداری	۲۸
۲-۲-۳- حفاظت ازآب‌های سطحی پذیرنده	۲۸
۲-۲-۴- حفاظت ازآب‌های زیرزمینی	۲۹
۲-۲-۵- کنترل بو و جلوگیری ازورود موادسمی وخورنده به داخل شبکه فاضلاب	۲۹
۲-۲-۶- جلوگیری از تولید صدا ولرزش	۲۹
۲-۲-۷- استفاده ازمصالح مناسب طبق اصول توسعه پایدار	۲۹

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۲-۲-۸- مصرف انرژی طبق اصول توسعه پایدار	۳۰
۲-۲-۹- حفظ استحکام سازه‌ای کلیه اجزای شبکه در طول عمر مفید آن	۳۰
۲-۲-۱۰- حفظ تداوم جریان فاضلاب در شبکه	۳۰
۲-۲-۱۱- آب‌بندی فاضلابروها	۳۰
۲-۲-۱۲- جلوگیری از ایجاد خطر برای سازه‌ها و تاسیسات زیربنایی مجاور	۳۰
۲-۲-۱۳- کنترل کیفیت جریان ورودی به شبکه	۳۰
۲-۳- مدیریت جامع و کنترل شبکه فاضلاب	۳۰
۲-۳-۱- گردآوری داده‌ها و اطلاعات	۳۳
۲-۳-۲- ارزیابی عملکرد شبکه فاضلاب و مقایسه با الزامات عملکردی	۳۵
۲-۳-۳- تهیه و تنظیم برنامه اصلاحی	۳۶
۲-۳-۴- اجرا و پیاده‌سازی برنامه اصلاحی	۴۰
۲-۴- مدیریت و کنترل جریان در شبکه فاضلاب (RTC)	۴۱
۲-۴-۱- کلیات	۴۱
۲-۴-۲- شرایط کاربرد (بررسی‌های مقدماتی)	۴۲
۲-۴-۳- اولویت‌بندی نیازها به RTC	۴۴
۲-۴-۴- بررسی‌های بعدی	۴۴
فصل سوم- انواع شبکه جمع‌آوری فاضلاب	**۴۷**
۳-۱- کلیات	۴۹
۳-۲- شبکه‌های متعارف و غیرمتعارف	۴۹
۳-۲-۱- شبکه‌های متعارف	۴۹
۳-۲-۲- شبکه‌های غیرمتعارف	۵۰
۳-۳- شبکه‌های مجزا، نیمه‌مرکب و مرکب	۵۶
۳-۳-۱- شبکه مرکب و نیمه‌مرکب	۵۷
۳-۴- انواع الگوی جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب	۵۸
۳-۴-۱- الگوی متمرکز	۵۸
۳-۴-۲- الگوی نامتمرکز	۵۸
۳-۴-۳- ضوابط انتخاب الگوی متمرکز یا نامتمرکز	۵۹
فصل چهارم- مبانی و ضوابط طراحی	**۶۱**
۴-۱- اطلاعات پایه مورد نیاز	۶۳
۴-۲- تعیین مقدار فاضلاب	۶۳
۴-۳- حوزه‌بندی و تعیین سطوح فاضلاب‌گیر	۶۴
۴-۴- ضریب حداکثر جریان فاضلاب	۶۴

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۴-۵- ضریب حداقل جریان فاضلاب	۶۴
۴-۶- نشتاب و آب‌های نفوذی	۶۵
۴-۷- توصیه‌های عمومی در مورد عدم ورود آب‌های سطحی به شبکه فاضلاب	۶۵
۴-۸- تعیین مقدار آب‌های سطحی	۶۶
۴-۹- محاسبه حجم، اوج آب‌دهی و هیدروگراف جریان سطحی	۶۷
۴-۹-۱- داده‌ها	۶۷
۴-۹-۲- روش‌های محاسبه رواناب	۷۰
۴-۱۰- ضوابط فنی طراحی شبکه فاضلاب ثقلی	۷۱
۴-۱۰-۱- حداقل شیب و سرعت	۷۱
۴-۱۰-۲- حداکثر سرعت	۷۲
۴-۱۰-۳- حداکثر شیب	۷۲
۴-۱۰-۴- حداقل ابعاد فاضلابرو	۷۳
۴-۱۰-۵- عمق نصب فاضلابروها	۷۳
۴-۱۰-۶- ارتفاع جریان فاضلاب و درصد پرشدگی	۷۵
۴-۱۰-۷- سایر ملاحظات	۷۵
۴-۱۱- معادلات مورداستفاده و ضرایب زبری جداره	۷۵
۴-۱۱-۱- انتخاب ضریب مانینگ در طراحی شبکه‌های جدید	۷۶
۴-۱۱-۲- تخمین ضریب مانینگ در شبکه‌های موجود	۷۷
۴-۱۲- افت جریان در آدم‌رو	۷۷
۴-۱۳- ضوابط مربوط به پرش هیدرولیکی	۷۹
۴-۱۴- ضوابط مربوط به پس زدگی و اضافه‌بار هیدرولیکی	۷۹
۴-۱۵- انتخاب جنس لوله	۷۹
۴-۱۵-۱- معیارهای تصمیم‌گیری در انتخاب جنس لوله	۸۰
۴-۱۵-۲- شاخص‌های عملکردی موردانتظار از لوله انتخابی	۸۱
۴-۱۶- ضوابط طراحی تخلیه‌گاه‌ها	۸۲
۴-۱۷- روش‌های تحلیل و طراحی	۸۳
فصل پنجم- متعلقات شبکه فاضلاب	**۸۵**
۵-۱- سازه‌های دسترسی به منظور بهره‌برداری و نگهداری از شبکه	۸۷
۵-۱-۱- آدم‌روها	۸۷
۵-۱-۲- چاهک‌های بازدید	۹۳
۵-۱-۳- چاهک‌های شستشو	۹۳
۵-۱-۴- تاسیسات شستشوی خودکار	۹۴

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۵-۱-۵- خطوط کمکی و انحراف جریان	۹۵
۵-۱-۶- تقسیم‌بندی تلمبه‌خانه‌ها	۹۵
۵-۱-۷- کلیات طراحی	۹۵
۵-۱-۸- سیفون وارون	۹۷
۵-۱-۹- آب‌بندی خطوط فاضلابرو	۱۰۰
فصل ششم - کنترل بو و شستشوی شبکه فاضلاب	**۱۰۳**
۶-۱- کنترل بو در شبکه‌های فاضلاب	۱۰۵
۶-۱-۱- تخمین پتانسیل تشکیل گاز سولفید هیدروژن در شبکه‌های فاضلاب	۱۰۵
۶-۱-۲- عوامل موثر در خروج گاز سولفید هیدروژن از شبکه فاضلاب و انتشار بو	۱۰۷
۶-۱-۳- اقدامات اصلاحی در مرحله طراحی، برای کنترل بو	۱۰۷
۶-۱-۴- سایر روش‌های کنترل بو	۱۰۸
۶-۱-۵- نمونه محاسبات تخمین پتانسیل تشکیل گاز سولفید هیدروژن و پیش‌بینی غلظت آن	۱۱۱
۶-۲- شستشوی شبکه	۱۱۲
۶-۲-۱- انواع تاسیسات شستشوی خودکار	۱۱۳
فصل هفتم- نقشه‌های شبکه فاضلاب	**۱۱۹**
۷-۱- کلیات	۱۲۱
۷-۱-۱- نقشه‌های موقعیت عمومی طرح	۱۲۱
۷-۱-۲- نقشه‌های سیمای عمومی طرح	۱۲۲
۷-۱-۳- نقشه‌های پلان اجرایی طرح	۱۲۲
۷-۱-۴- نقشه‌های آنالیز هیدرولیکی	۱۲۳
۷-۱-۵- نقشه‌های اجرایی مقاطع طولی	۱۲۳
۷-۱-۶- نقشه‌های سازه‌ای	۱۲۴
۷-۲- موقعیت مکانی شبکه فاضلاب در معابر عمومی	۱۲۴
پیوست ۱- نمونه محاسبات جریان طراحی	**۱۲۷**
منابع و مراجع	**۱۳۱**

فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل ۱- هرم حدود و دامنه کار استانداردهای مربوط به شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب	۲
شکل ۱-۱- نمایش واژگان مرتبط با جریان‌های ناشی از آب باران	۷
شکل ۱-۲- نمونه‌ای از الگوی تغییرات شبانه‌روزی فاضلاب برای دو حوزه سرویس ۲۰۰ و ۲۵۰۰ هکتاری	۸
شکل ۱-۳- شکل توصیفی فاضلابروها	۱۹
شکل ۲-۱ - مدیریت جامع و کنترل شبکه فاضلاب	۳۲
شکل ۳-۱- الگوی متمرکز جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب	۵۸
شکل ۳-۲- الگوی نامتمرکز جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب	۵۹
شکل ۴-۱- سازه مهار کننده فاضلابروها	۷۳
شکل ۵-۱- نمای کلی چاهک شستشو	۹۴
شکل ۵-۲- شکل عمومی سیفون وارون	۹۸
شکل ۶-۱- زاویه مناسب برای تلاقی دو فاضلابرو	۱۰۷
شکل ۶-۲- تعبیه لوله کمکی در بالای سیفون	۱۰۸
شکل ۶-۳- نحوه عملکرد سیستم هایدرس	۱۱۳
شکل ۶-۴- نمایی از سیستم هایدروسلف	۱۱۵
شکل ۶-۵ - مراحل عملکرد سیستم بایوجست	۱۱۶
شکل ۷-۱- موقعیت مکانی فاضلابروها (S.W) و کلکتور اصلی فاضلاب (S.W.C) در معبر با عرض ۳۰ متر	۱۲۶
شکل ۷-۲- موقعیت مکانی لوله فاضلابرو (S.W) در معبر با عرض ۱۲ متر	۱۲۶

فهرست جدول‌ها

عنوان	صفحه
جدول ۲-۱- میزان اهمیت هر یک از الزامات عملکردی در رسیدن به اهداف مورد نظر	۲۷
جدول ۲-۲- تعداد دفعات مجاز وقوع غرقاب شدگی در مناطق مختلف	۲۷
جدول ۴-۱- حداقل شیب و سرعت مجاز در فاضلابرو در شبکه‌های مجزا	۷۱
جدول ۴-۲- حداقل شیب و سرعت مجاز در فاضلابرو در شبکه‌های مرکب	۷۱
جدول ۴-۳- ضریب مانینگ برای مصالح مختلف	۷۶
جدول ۴-۴- ضریب افت انرژی موضعی در آدم‌روها	۷۸
جدول ۴-۵- لوله‌های مجاز برای استفاده در طراحی و اجرای شبکه‌های فاضلاب	۸۰
جدول ۴-۶- حداکثر فشار مجاز پمپ واترجت در لوله‌های سالم با جنس‌های مختلف (حداکثر زمان نگهداشت نقطه‌ای ۶۰ ثانیه)	۸۱
جدول ۴-۷- روش‌های طراحی و یا آنالیز شبکه‌های فاضلاب	۸۴
جدول ۵-۱- حداقل ابعاد آدم‌روها (متر)	۸۸
جدول ۶-۱- بررسی احتمال تشکیل گاز سولفید هیدروژن در فاضلابروها بر حسب پارامتر Z	۱۰۶
جدول ۷-۱- نوع و مقیاس نقشه‌های شبکه فاضلاب	۱۲۱
جدول پ.۱-۱- نمونه‌هایی از محاسبه جریان طراحی و تعیین قطر لوله	۱۳۰

مقدمه

طراحی و اجرای بهینه سامانه‌های فاضلاب نیازمند وجود استانداردها و ضوابط فنی دقیق و علمی است. به همین منظور استانداردهای مختلف بین‌المللی معیارهای فنی گوناگونی را در این زمینه ارائه نموده‌اند. در کشور ایران نیز نشریه ۳-۱۱۸ که در سال ۱۳۷۱ و نشریه ۱۶۳ که در سال ۱۳۷۶ منتشر شد، اولین گام برای تدوین استاندارد ملی در زمینه مبانی و ضوابط طراحی پروژه‌های فاضلاب شهری به‌حساب می‌آمد. با گذشت دو دهه از انتشار این نشریات و با توجه به تجارب به‌دست آمده از طراحی‌های انجام شده توسط مهندسین مشاور، لزوم استفاده‌ی بیش‌تر از آخرین پیشرفت‌ها و تجارب بین‌المللی و همچنین لزوم تکمیل نقایص و کمبودهای نشریات قبلی، بازنگری دو نشریه ۳-۱۱۸ و ۱۶۳ را ضروری ساخت. ضابطه حاضر در راستای بازنگری این دو نشریه تدوین شده است.

شبکه فاضلاب بخشی از کل یک سامانه فاضلاب بوده که وظایف اصلی آن به شرح ذیل است:

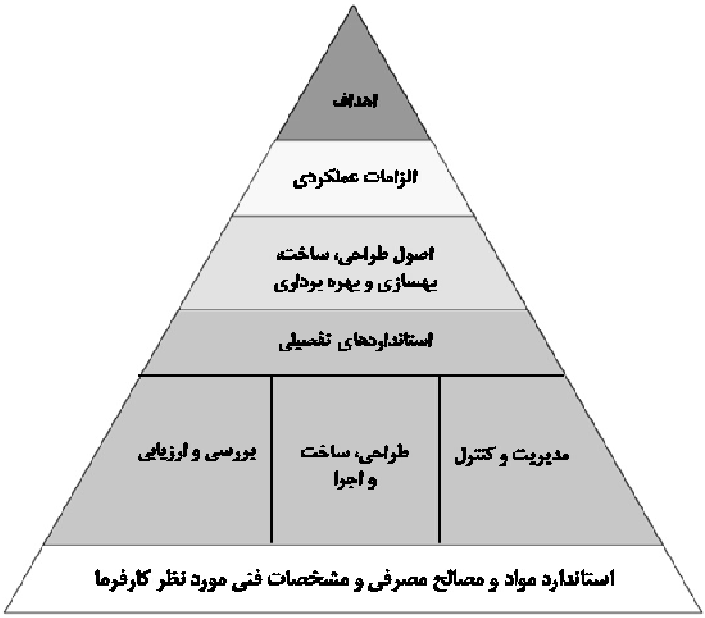
- جمع‌آوری و انتقال فاضلاب از محیط شهری برای حفظ سلامت و بهداشت عمومی
- جلوگیری از پس زدگی فاضلاب در مناطق شهری
- محافظت از محیط زیست

در قدیم شبکه‌های فاضلاب برای دفع آب‌های آلوده‌ی منطقه ایجاد می‌گردید و بدین ترتیب از بروز امراض گوناگون جلوگیری به‌عمل می‌آمد. روش متعارف در ساخت خطوط فاضلابرو، جمع‌آوری هر نوع فاضلاب از محل تولید و انتقال آن بوده که در زمان حداکثر جریان فاضلاب وقتی یک بارندگی شدید هم‌زمان اتفاق می‌افتاد، انتقال آن با دشواری‌های متعدد روبرو شده و در شبکه‌های مرکب منجر به سرریز فاضلاب به آب‌های پذیرنده می‌گردید.

امروزه در شبکه‌های مجزا که فاضلاب را از آب باران جداگانه انتقال می‌دهد پیشرفت‌های خوبی حاصل شده است، اگرچه در ابتدا برخی از شبکه‌ها به صورت نیمه مرکب (به‌همراه آب باران پشت بام منازل) در نظرگرفته شده و بحث‌های متعددی برای جداسازی فاضلاب از آب باران وجود داشته است، ولی میزان اثرات آلودگی وارد شده به محیط زیست در دو شبکه (مجزا و مرکب) مشابه یکدیگر نبوده و در شبکه‌های مجزا برای هر نوع آلاینده در فاضلاب، فرآیندهای مختلف تصفیه که سازگار با محیط زیست باشد، وجود دارد.

- هدف و دامنه کاربرد

حدود و دامنه‌کار تمامیِ استانداردهای مربوط به شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب در یک یا چند طبقه از هرم شکل (۱) می‌گنجد. هر استاندارد با توجه به جایگاهی که در این هرم دارد، در جهت تحقق سطح معینی از اهداف و نیازها عمل می‌کند [۲۰].



شکل ۱- هرم حدود و دامنه کار استانداردهای مربوط به شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب [۲۰]

بالاترین قسمت هرم مربوط به اهداف است. استانداردهایی که در این سطح جای می‌گیرند، شرایط را برای تحقق اهدافی نظیر افزایش سطح بهداشت عمومی و حفاظت از محیط زیست، تامین ایمنی برای کارکنان اجرا و بهره‌برداری شبکه فاضلاب و کمک به توسعه پایدار فراهم می‌سازند [۲۰].

الزامات عملکردی سیستم، سطح دوم هرم را تشکیل می‌دهد. مصادیقی از این الزامات عبارتند از [۲۰]:

- جلوگیری از خروج یا تخلیه کنترل نشده فاضلاب از شبکه تا حد امکان
- حفاظت از آب‌های سطحی پذیرنده
- حفاظت از آب‌های زیرزمینی
- جلوگیری از ایجاد و انتشار بو و گازهای قابل اشتعال و خورنده
- حفظ تداوم جریان فاضلاب در شبکه
- حفظ استحکام سازه‌ای کلیه اجزای شبکه در طول عمر مفید شبکه
- جلوگیری از ایجاد خطر برای سازه‌ها و تاسیسات زیربنایی مجاور

طبقه سوم هرم نیز به اصول طراحی، اجرا، بهسازی، بهره‌برداری و نگهداری اختصاص یافته است.

طبقه چهارم هرم به استانداردهای تفصیلی شبکه فاضلاب اختصاص دارد که به سه بخش اصلی شامل: بررسی و ارزیابی، مدیریت و کنترل و نهایتا طراحی، ساخت و اجرا تقسیم می‌گردد.

طبقه پنجم که پایین‌ترین سطح یعنی قاعده هرم را تشکیل می‌دهد، استاندارد مواد و مصالح مصرفی و مشخصات فنی مورد نظر کارفرما را شامل می‌شود.

ضابطه حاضر، سه طبقه یا سطح اول از راس هرم را که به هدف‌گذاری و طراحی شبکه‌های فاضلاب مربوط می‌شود، پوشش می‌دهد و اگرچه به مقوله ساخت و اجرا، بهره‌برداری، نگهداری و بهسازی شبکه وارد نمی‌شود، اما پیش‌نیازهای لازم مربوطه را در مرحله طراحی مد نظر قرار می‌دهد. باید توجه داشت که هرچند این ضابطه در برخی موارد به بیان جزییات مهم و الزامی در زمینه طراحی می‌پردازد، لیکن پوشش کامل استانداردهای تفصیلی در دامنه کار این استاندارد نمی‌باشد. هدف از تدوین این ضابطه، ایجاد چارچوب و الزامات طراحی، به‌منظور گزینش نوع مناسب شبکه جمع‌آوری فاضلاب و همچنین طراحی اجزای مختلف آن به‌گونه‌ای است که اهداف و الزامات عملکردیِ نام‌برده را تامین نماید.

حدود و دامنه کار این ضابطه بخشی از سیستم جمع‌آوری و انتقال فاضلاب را در بر می‌گیرد که از محل سیفون انشعاب ساختمان آغاز شده و به تخلیه‌گاه شبکه منتهی می‌گردد. همچنین شبکه‌های ویژه جمع‌آوری و هدایت آب‌های‌سطحی مد نظر قرار نخواهند گرفت و ورود به حیطه آب‌های سطحی فقط تا آن حدی که برای طراحی شبکه‌های فاضلاب مرکب و نیمه‌مرکب لازم است، صورت می‌پذیرد.

ضوابط مطرح شده در این ضابطه عموما مربوط به شبکه‌های متعارف است که در مناطق شهری کاربرد دارد و مناطق روستایی (شبکه‌های غیرمتعارف) را پوشش نمی‌دهد، مگر در مواردی که در متن ضابطه صراحتا به جوامع روستایی نیز اشاره شده باشد.

مهندسین آب و فاضلاب تهر ا ن
(رابین کو)

فصل ۱

تعاریف و اصطلاحات فنی

۱-۱- آب باران[1]

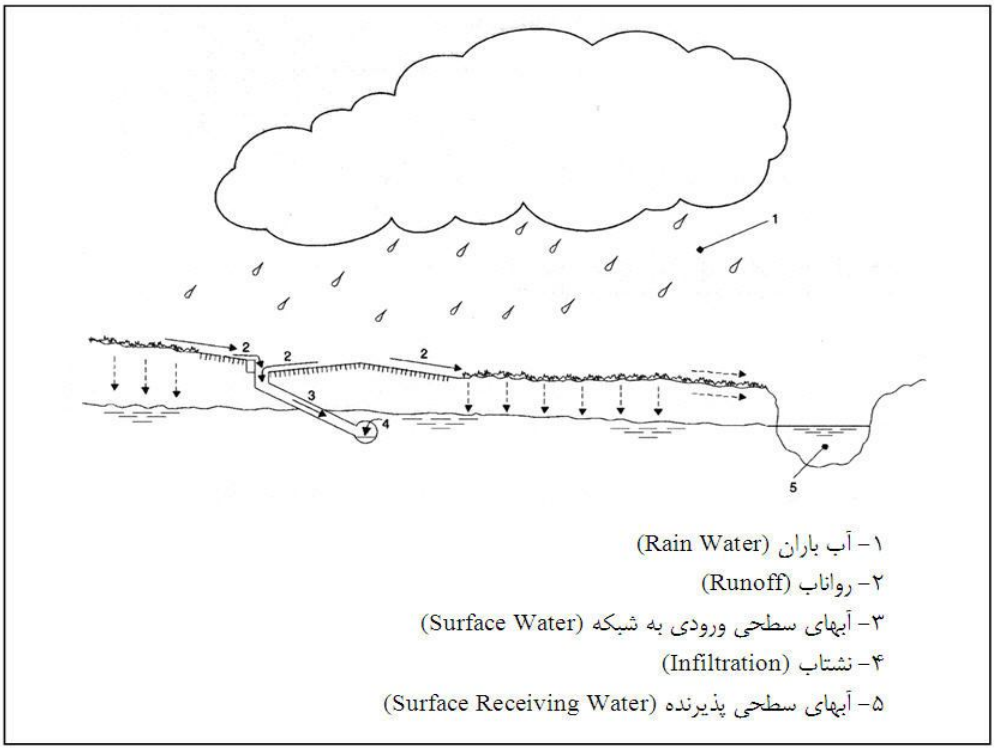
آب ناشی از نزولات جوی قبل از رسیدن به سطح زمین [۲۰].

۱-۲- آب‌های سطحی[2]

آب تولید شده از بارش‌های جوی که به درون زمین نفوذ نکرده و مستقیما از سطح زمین یا سطوح خارجی ساختمان‌ها به زهکش‌ها، لوله‌های انشعاب و فاضلابروها وارد می‌شود [۲۰]. (به عبارت دیگر بخشی از رواناب است که به درون زهکش‌ها، لوله‌های انشعاب و فاضلابروها می‌ریزد.)

۱-۳- آب‌های پذیرنده[3]

هر نوع توده آب که آب‌های سطحی یا فاضلاب به آن تخلیه می‌گردد [۲۰]. شکل (۱-۱) واژگان مرتبط با جریان‌های ناشی از آب باران را نشان می‌دهد.

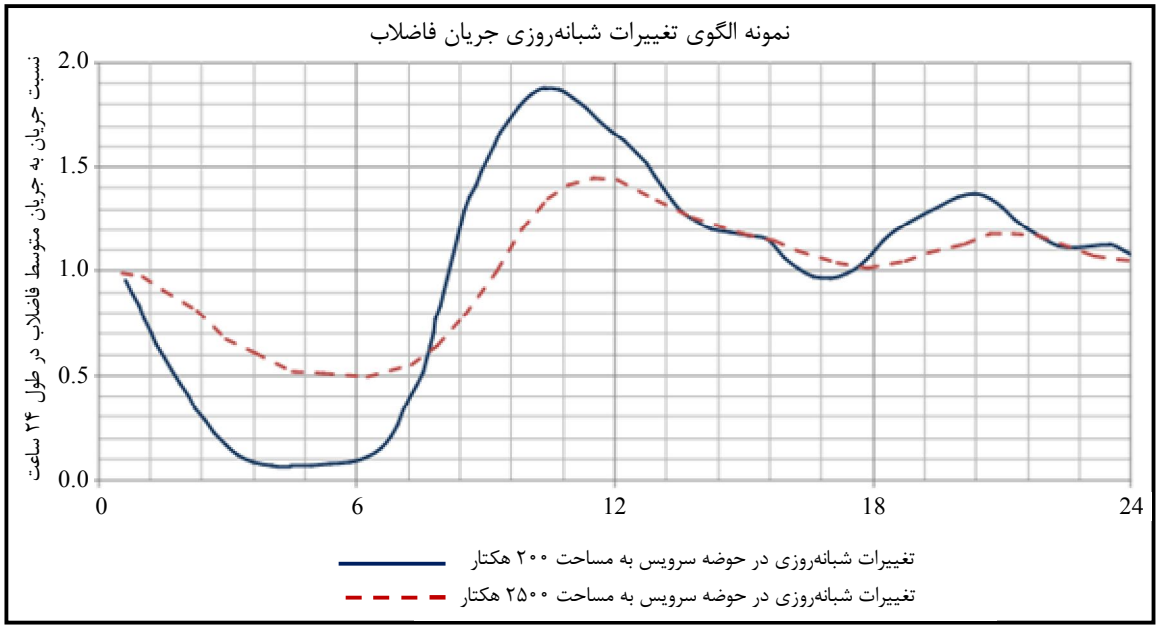


شکل ۱-۱- نمایش واژگان مرتبط با جریان‌های ناشی از آب باران [۲۰]

1- Rain Water
2- Surface Water
3- Receiving Water

۱-۴- الگوی تغییرات شبانه‌روزی جریان فاضلاب

در مواردی‌که استفاده از مدل‌های دینامیک ضروری باشد، الگوی تغییرات شبانه‌روزی فاضلاب باید استفاده شود؛ این الگو نموداری است که به کمک آن، مقدار نسبی فاضلاب تولیدی در هر ساعت از شبانه‌روز استخراج شده و معمولا در تمام روزهای هفته، به جز روزهای تعطیل آخر هفته، جشن‌ها، اعیاد یا مناسبت‌های خاص، برای هر کاربری شکل یکسانی دارد. الگوی تغییرات شبانه‌روزی فاضلاب به‌طورکلی تابعی از ایام هفته، فصول مختلف سال، نوع کاربری و اندازه حوزه سرویس مربوطه می‌باشد. نمونه‌ای از الگوی تغییرات شبانه‌روزی فاضلاب برای دو حوزه سرویس با مساحت ۲۰۰ و ۲۵۰۰ هکتار در شکل (۱-۲) آمده است [۱۰۳].



شکل ۱-۲- نمونه‌ای از الگوی تغییرات شبانه‌روزی فاضلاب برای دو حوزه سرویس ۲۰۰ و ۲۵۰۰ هکتاری [۱۰۳]

۱-۵- فاضلاب خام[1]

ترکیبی است از یک یا چند مورد آب‌های زاید تخلیه شده از مناطق مسکونی، صنعتی و تجاری که به‌صورت درصدی (یا کسری) از آب مصرفی برآورد یا محاسبه می‌شود.

۱-۶- فاضلاب[2]

ترکیبی است از فاضلاب خام به‌علاوه هر نوع نشتاب و آب‌های نفوذی که به‌صورت اتفاقی وارد شبکه شده باشد [۲۰].

1- Sewage
2- Wastewater

۱-۷- آدم‌رو - چاهک بازدید[1]

چاهک یا اطاقکی است با درپوش متحرک که در قسمت‌های مختلف شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب ساخته می‌شود تا امکان ورود کارکنان یا تجهیزات بهره‌برداری به داخل فاضلابروها را فراهم آورد [۲۰].

۱-۸- اتصال غیرمجاز آب باران

اتصال جریان ناشی از بارندگی از سطح بام، حیاط ساختمان‌ها و یا سایر سطوح به شبکه فاضلاب (سیستم مجزا).

۱-۹- ایستگاه بالابر[2]

مجموع ساختمان و تجهیزات لازم برای افزایش ارتفاع جریان و انتقال آن به سطحی بالاتر، در یک مکان معین (تغییر ارتفاع بدون تغییرات عمده مختصات جغرافیایی جریان).

۱-۱۰- ایستگاه پمپاژ (تلمبه‌خانه)[3]

مجموع ساختمان و تجهیزات مورد استفاده برای افزایش ارتفاع جریان و انتقال آن به سطحی بالاتر و هدایت جریان از یک نقطه به نقطه‌ای دیگر از شبکه [۲۰] (تغییر مختصات جغرافیایی و افزایش ارتفاع).

۱-۱۱- بهره‌برداری[4]

کلیه اقداماتی که در خلال فعالیت معمول فاضلابروها انجام می‌شود (مانند: پایش و بازرسی، تنظیم و انحراف جریان به وسیله سازه‌های پیش‌بینی شده). [۲۰]

۱-۱۲- بهسازی[5]

کلیه اقداماتی که برای بهبود در عملکرد هیدرولیکی یا بهبود ساختار فیزیکی فاضلابروها یا به‌منظور بازگرداندن آن‌ها به شرایط اولیه انجام می‌شود [۲۰].

1- Manhole
2- Lift Station
3- Pump Station
4- Operations
5- Rehabilitation

۱-۱۳- پرش هیدرولیکی

هنگامی‌که جریان از حالت فوق‌بحرانی به زیربحرانی تبدیل می‌گردد، ممکن است پدیده‌ای به نام پرش هیدرولیکی رخ دهد که منجر به اتلاف بخشی از انرژی جنبشی مایع به‌صورت تلاطم و آشفتگی و حرارت می‌گردد [۷۴].

۱-۱۴- پس‌زدگی[1]

برگشت یا پس زدن آب به‌واسطه وجود مانع یا گلوگاه در پایین دست (پایاب) [۶۸ و ۷۴].

۱-۱۵- تاسیسات سرریز (در شبکه مرکب یا نیمه مرکب)[2]

تاسیساتی است که در نقاط معینی از شبکه مرکب یا نیمه مرکب احداث می‌شود تا در هنگام بارندگی‌های شدید، جریان اضافی را از شبکه خارج نماید [۲۰]. (فاضلاب خروجی در زمان سرریز باید پس از اختلاط با آب باران به حد معینی رقیق شده باشد).

۱-۱۶- تخلیه‌گاه[3]

سازه یا محلی است که فاضلاب را به آب‌های پذیرنده یا تصفیه‌خانه فاضلاب تخلیه می‌کند [۲۰].

۱-۱۷- تصفیه‌خانه فاضلاب

مجموعه تاسیسات و تجهیزاتی که جهت تصفیه فیزیکی، بیولوژیکی یا شیمیایی فاضلاب به‌کار می‌رود [۲۰].

۱-۱۸- تعمیر (مرمت)[4]

اصلاح عیوب موضعی فاضلابرو به‌گونه‌ای که تنها همان محل از مجرا مورد اصلاح و بهسازی قرار گیرد [۲۰].

۱-۱۹- تهویه شبکه فاضلاب

ایجاد و تقویت شرایط هوازی در فاضلابروها و آدم‌روها به‌منظور کنترل تولید بو و جلوگیری از تشکیل گازهای خورنده که منجر به فرسایش لوله‌ها و تاسیسات شبکه فاضلاب می‌گردند.

1- Backwater
2- Combined Sewer Overflow
3- Outfall
4- Repair

۱-۲۰- جایگزینی (تعویض)[1]

احداث یک خط جدیدِ فاضلابرو یا زهکش در محل فعلی یا در کنارِ «یک خط موجود از همان نوع» به‌نحوی‌که خط جدید، حوزه سرویس خط قدیمی را پوشش داده و وظایف و عملکرد آن را به بهترین نحو انجام دهد. جایگزینی یکی از روش‌های بهسازی به‌شمار می‌رود [۲۰].

۱-۲۱- جریان فاضلاب در ایام بدون باران و ذوب برف (DWF)[2]

بخشی از جریان فاضلاب که توسط آب باران یا آب حاصل از ذوب برف تحت تاثیر قرار نگرفته و مستقل از این دو منبع می‌باشد [۲۰].

۱-۲۲- جنبه‌های زیباشناختی مرتبط با آلودگی[3]

مواردی از آلودگی‌ها که توسط حواس بینایی یا بویایی درک می‌شوند؛ مانند مواد جامد شناور و معلق در آب، لایه نازک روغن روی سطح آب و زباله‌های کنارساحل رودخانه یا دریا [۲۰].

۱-۲۳- چاهک تر (در تلمبه‌خانه)[4]

محفظه‌ای در ایستگاه پمپاژ یا ایستگاه بالابر که فاضلاب پیش از عمل تلمبه‌زنی، در آن ذخیره می‌گردد. در این چاهک ممکن است پمپ مستغرق و تعدادی لوله نیز تعبیه گردد [۲۰].

۱-۲۴- چاهک خشک (در تلمبه‌خانه)[5]

محفظه‌ای در ایستگاه پمپاژ یا ایستگاه بالابر که تجهیزات پمپاژ را در خود جای می‌دهد و معمولا در مجاورت چاهک تر احداث می‌شود [۲۰].

۱-۲۵- حداکثر جریان ساعتی فاضلاب

حداکثر شدت جریان فاضلاب تولیدی طی یک ساعت در طول شبانه‌روز [۱۱۳].

1- Replacement
2- Dry Weather Flow (DWF)
3- Aesthetic (Of Pollution)
4- Wet Well
5- Dry Well

۱-۲۶- جریان طراحی شبکه

حداکثر جریان ساعتی فاضلاب به‌علاوه نشتاب و آب‌های نفوذی [۱۱۳].

۱-۲۷- حداکثر سرعت فاضلاب

سرعت جریان در فاضلابروها در شرایط وقوع حداکثر جریان ساعتی فاضلاب [۱۱۳].

۱-۲۸- حوزه آبریز[1]

محدوده‌ای‌که جریان ناشی از آن به یک زهکش، یک فاضلابرو یا یک مجرا تخلیه می‌گردد [۶۸ و ۲۰].

۱-۲۹- درصد پرشدگی فاضلابرو

نسبت ارتفاع جریان به قطر مجرا می‌باشد[2].

۱-۳۰- دوره طرح

فاصله زمانی بین سال مبدا (سال شروع بهره‌برداری) و سال مقصد (سال انتهای طرح)، دوره طرح نامیده می‌شود.

۱-۳۱- دوره بازگشت

میانگین تعداد سال‌های بین وقوع یک رخداد تصادفی با مقدار معین و وقوع مجدد آن با همان مقدار معین یا مقداری بزرگ‌تر را دوره بازگشت می‌گویند. به‌عبارت دیگر، عکس احتمال وقوع یک رخداد با مقدار معین یا بیش‌تر از آن در هر سال، دوره بازگشت آن رخداد است [۷۴].

۱-۳۲- رابطه شدت - مدت – فراوانی (IDF)

رابطه بین شدت و تداوم بارش در دوره‌های بازگشت مختلف. این گونه روابط معمولا از طریق تحلیل آماری سری حداکثر سالانه شدت بارندگی به‌دست می‌آیند [۶۸ و ۷۴].

1- Catchment Area

۲- در تمامی بخش‌های این نشریه، منظور از قطر فاضلاب‌رو، ابعاد داخلی مجرا می‌باشد.

۱-۳۳- رواناب سطحی[1]

جریان ناشی از نزولات جوی (باران، ذوب برف و تگرگ) که در روی سطح زمین جاری می‌شود تا به زهکش‌ها، لوله‌های انشعاب و فاضلابروها یا آب‌های پذیرنده وارد گردد [۲۰].

۱-۳۴- زمان تمرکز

زمان لازم برای آنکه یک قطره رواناب فاصله بین دورترین نقطه روی پیرامون حوزه آبریز تا یک نقطه مشخص واقع در درون زهکش‌ها یا لوله‌های انشعاب و یا فاضلابروها را طی نماید [۶۸ و ۲۰].

۱-۳۵- زمان ماند (در تلمبه‌خانه)

مدت زمانی است که فاضلاب در یک ایستگاه پمپاژ توقف دارد [۲۰].

۱-۳۶- زمان ورود

مدت زمانی‌که به‌طول می‌انجامد تا یک قطره رواناب فاصله بین دورترین نقطه روی پیرامون حوزه آبریز تا اولین نقطه ورودی به شبکه را بپیماید [۶۸].

۱-۳۷- زهکش

مجرا یا خط لوله‌ای است که وظیفه انتقال آب‌های سطحی یا زیرسطحی را برعهده دارد [۲۰].

۱-۳۸- لوله انشعاب

مجرایی است که فاضلاب را از محل منبع تولید فاضلاب به داخل فاضلابرو هدایت می‌نماید.

۱-۳۹- زیرساخت‌های شهری[2]

انواع تاسیساتی که برای ارائه خدمات به مشترکین ایجاد می‌شوند از قبیل شبکه گاز، برق، فاضلاب، تلفن و آب [۲۰].

1- Runoff
2- Utility Services

۱-۴۰- سازه‌های انحراف جریان

سازه‌هایی هستند که وظیفه انحراف یا تغییر مسیر تمام یا بخشی از جریان از یک مسیر به مسیر دیگر را عهده‌دار می‌باشند.

۱-۴۱- سرریز کنارگذر

تاسیسات مربوط به انحراف و عبوردهیِ جریان مازاد برظرفیت مجرا یا تصفیه‌خانه از مجاورت آن.

۱-۴۲- سرعت خودشستشویی[1]

سرعتی از جریان است که امکان حمل و انتقال ذرات جامد در داخل فاضلابرو یا زهکش را فراهم می‌آورد. این ذرات در سرعتی پایین‌تر از سرعت شستشو ته‌نشین گردیده و باعث رسوب‌گذاری می‌شوند [۲۰]

۱-۴۳- شبکه ثقلی

نوعی از شبکه زهکشی یا شبکه فاضلاب است که در آن نیروی جاذبه زمین باعث حرکت آب یا فاضلاب در شبکه می‌گردد و خطوط این شبکه به گونه‌ای طراحی می‌شوند که به‌صورت غیر پُر عمل نمایند [۲۰].

۱-۴۴- سیفون وارون

بازه‌ای از شبکه ثقلی زهکشی یا جمع‌آوری فاضلاب است که در ترازی پایین‌تر از مجاری بالادست و پایین دست خود قرار می‌گیرد تا امکان عبور خط لوله از زیر موانع مهیا گردد و مجرا به‌صورت تحت فشار ثقلی عمل می‌نماید [۲۰].

۱-۴۵- شبکه زهکشی شهری

شبکه جمع‌آوری و انتقال آب‌های سطحی (که بخش عمده‌ای از رواناب‌های ناشی از بارش است) در یک ناحیه یا در سراسر یک شهر است [۲۰].

۱-۴۶- شبکه فاضلاب

شبکه‌ای از خطوط لوله و تاسیسات جانبی که فاضلاب را از محل تولید به تصفیه‌خانه فاضلاب یا یک تخلیه‌گاه منتقل می‌نماید [۲۰].

1- Self-Cleansing

۱-۴۷- شبکه‌های متعارف و غیرمتعارف

شبکه‌های فاضلاب که عمل انتقال جریان را با استفاده از نیروی ثقل انجام می‌دهند، شبکه‌های متعارف هستند و سایر انواع شبکه‌ها را غیرمتعارف می‌نامند.

۱-۴۸- شبکه مجزا

شبکه زهکشی و شبکه جمع‌آوری فاضلاب جدا از یکدیگر بوده و مشتمل بر دو مجموعه از مجاری مستقل و مجزا هستند که یکی از آن دو شبکه، فاضلاب و دیگری آب‌های سطحی را انتقال می‌دهد [۲۰].

۱-۴۹- شبکه مرکب

شبکه‌ای که در آن برای جمع‌آوری و انتقال فاضلاب و آب‌های سطحی از یک مجرای واحد استفاده می‌شود [۲۰].

۱-۵۰- شبکه نیمه مرکب

شبکه‌ای است که بخشی از آن به‌صورت شبکه مرکب و بخش دیگر به‌صورت شبکه مجزا عمل می‌کند.

۱-۵۱- شدت بارش

عمق بارش در واحد زمان (حجم آب بارانی که در واحد زمان در واحد سطح می‌بارد) که معمولا برحسب میلی‌متر بر ساعت بیان می‌شود [۲۰].

۱-۵۲- شرایط اضافه‌بار هیدرولیکی[1]

شرایطی در یک شبکه ثقلی فاضلاب، آب‌های سطحی یا شبکه مختلط است که جریان تحت فشار قرار گرفته و آب در آدم‌روها بالا می‌آید ولی در سطح زمین جاری نمی‌شود [۷۴ و ۲۰].

۱-۵۳- شرایط بی‌هوازی

شرایطی است که اکسیژن محلول، نیترات، نیتریت و سولفات در فاضلاب وجود ندارد [۲۰].

1- Surcharge

۱-۵۴- شرایط سازه‌ای

شرایط یا وضعیت سازه‌ای یا ساختمانی یک لوله انشعاب یا زهکش و یا فاضلابرو نسبت به خصوصیات زمان ساخت (کارخانه‌ای) همان مجرا.

۱-۵۵- شرایط هوازی

شرایطی است که اکسیژن محلول در فاضلاب وجود دارد [۲۰].

۱-۵۶- شستشو با تخلیه ناگهانی جریان[1]

استفاده از جریان موقت با شدت زیاد برای شستشوی لوله‌های انشعاب، فاضلابروها و زهکش‌ها، برای زدودن رسوبات و پاک‌سازی مجاری شبکه [۲۰].

۱-۵۷- شیب شستشو و تنش شویندگی (تنش برشی)

شیب حداقل برای تامین شرایط خودشستشویی و نیروی برشی لازم برای شستشوی مجاری شبکه.

۱-۵۸- ضریب بهره‌برداری از شبکه

درصد مشترکینی که در مقاطع مختلف بهره‌برداری از شبکه به آن متصل شده و از آن استفاده می‌کنند [۱۱۳].

۱-۵۹- ضریب تبدیل آب به فاضلاب خام

ضریبی است کوچک‌تر از یک که در مقدار آب مصرفی ضرب می‌گردد تا میزان فاضلاب خام تولیدی محاسبه شود. این ضریب تابعی از اقلیم منطقه، آداب و رسوم و فرهنگ مصرف و سطح زندگی مردم آن منطقه می‌باشد.

۱-۶۰- ضریب حداکثر و حداقل جریان فاضلاب خام

حداکثر جریان ساعتی فاضلاب تقسیم بر متوسط جریان فاضلاب خام و مشابها حداقل جریان ساعتی فاضلاب تقسیم بر متوسط جریان فاضلاب خام را به‌ترتیب ضریب حداکثر و حداقل جریان فاضلاب خام گویند [۱۱۳].

1- Flushing

۱-۶۱- ضریب رواناب

ضریبی است که برای تبدیل بارش به رواناب به‌کار می‌رود و تابعی از نوع کاربری اراضی و نفوذپذیری زمین می‌باشد [۲۰].

۱-۶۲- ظرفیت خودپالایی[1]

توانایی آب‌های پذیرنده برای خودپالایی به وسیله فرآیندهای طبیعی و بازگشت به شرایط پیش از ورود آلاینده‌ها [۲۰].

۱-۶۳- شرایط غرقاب‌شدگی (آب‌گرفتگی)[2]

شرایطی است که فاضلاب یا آب‌های سطحی از داخل شبکه فاضلاب یا شبکه آب‌های سطحی خارج گردیده یا اساسا نمی‌تواند وارد شبکه گردد و در نتیجه فاضلاب بر روی سطح زمین پخش شده یا وارد ساختمان‌ها می‌گردد [۲۰].

۱-۶۴- فاضلاب خانگی خام

پساب‌های تولید شده در آشپزخانه، رختشوی‌خانه، دستشویی، حمام، توالت و سایر تجهیزات مشابه، مجموعا فاضلاب خانگی خام را تشکیل می‌دهند [۲۰].

۱-۶۵- فاضلاب بی‌هوازی (سپتیک)

فاضلابی است که واجد شرایط بی‌هوازی بوده و معمولا حاوی گاز سولفید هیدروژن (H_2S) نیز می‌باشد.

۱-۶۶- فاضلاب غیرخانگی خام (فاضلاب‌های صنعتی و تجاری)

فاضلاب خام تولید شده از هر نوع فعالیت صنعتی یا تجاری در این گروه قرار می‌گیرد [۲۰].

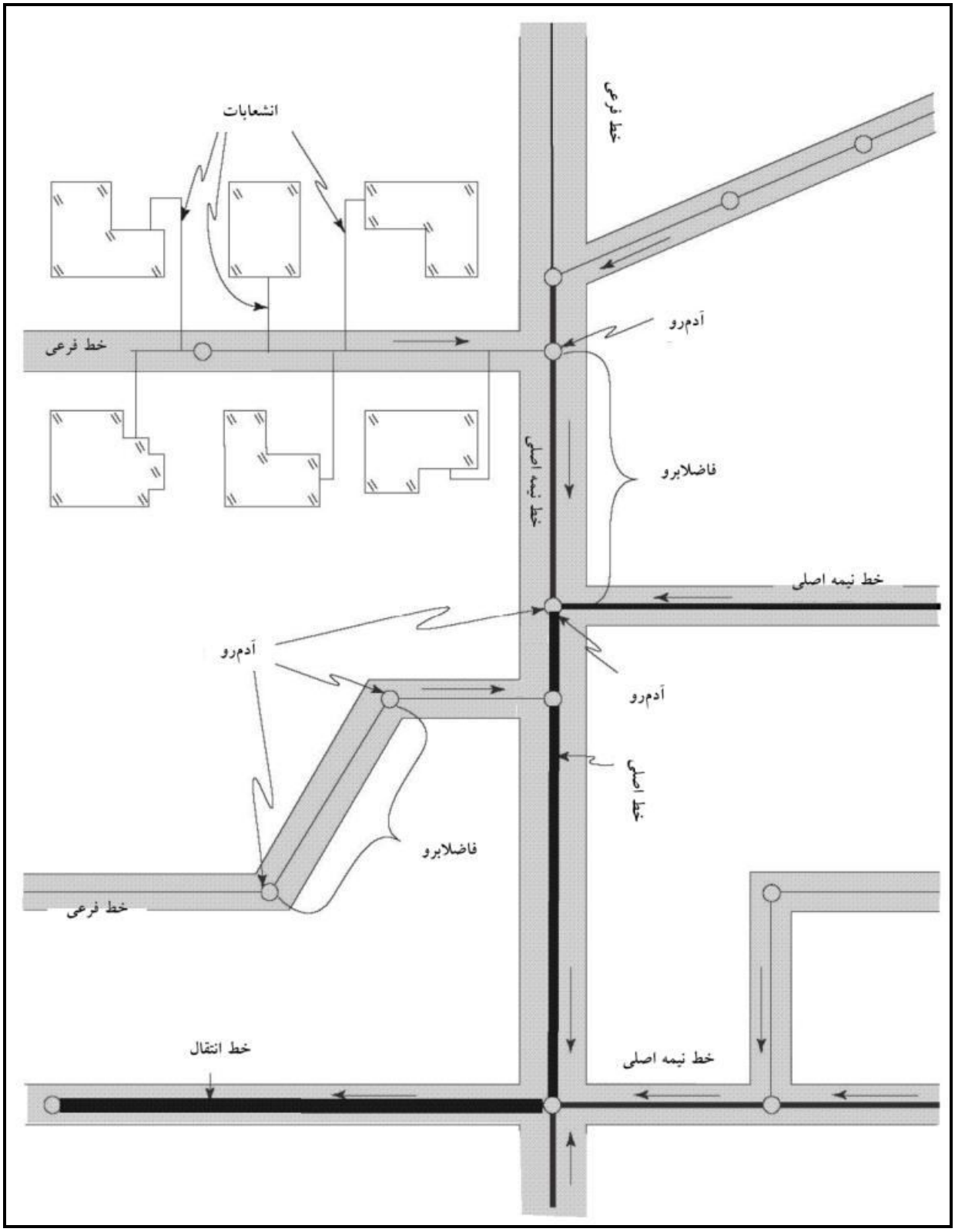
۱-۶۷- فاضلابرو[3]

خط لوله یا مجرایی‌که برای انتقال فاضلاب‌های تولید شده در بیش از یک منبع تولید فاضلاب، به‌کار می‌رود [۲۰]. فاضلابروها را می‌توان بر اساس شکل (۱-۳) به شرح زیر طبقه‌بندی نمود:

1- Self-Purifying Capacity
2- Flooding
3- Sewer

- انشعاب ساختمانی[۱]: لوله‌ای که فاضلاب ساختمان‌ها (مسکونی، تجاری و غیره) را به خطوط فاضلابرو واقع در کوچه یا خیابان منتقل می‌نماید.
- فاضلابرو فرعی[۲]: خط فاضلابرویی که جمع کننده انشعابات ساختمانی می‌باشد.
- فاضلابرو نیمه اصلی[۳]: فاضلابرویی است که جریان فاضلاب را از دو یا چند فاضلابرو فرعی دریافت می‌نماید.
- فاضلابرو اصلی[۴]: فاضلابرویی است که جریان فاضلاب را از دو یا چند فاضلابرو نیمه اصلی یا اصلی دریافت می‌نماید.
- خط انتقال[۵]: جمع کننده فاضلاب از چند خط اصلی است که تعداد فاضلابروهای متصل به آن در طول مسیر ناچیز می‌باشد.

1- Building Connection
2- Lateral Sewer
3- Sub-main Sewer
4- Main (Trunk) Sewer
5- Interceptor



شکل ۱-۳- شکل توصیفی فاضلابروها [۳۶]

۱-۶۸- فیزیوگرافی حوزه

مجموعه‌ای از مشخصات فیزیکی حوزه آبریز است که در توصیف شرایط سیل‌خیزی حوزه و تعیین خصوصیات رواناب تولیدی نقش دارند [۶۸].

۱-۶۹- متعادل‌سازی جریان[1]

کاهش اوج جریان یا پیک آب‌دهی از طریق ذخیره موقت جریان [۲۰].

۱-۷۰- میانگین جریان فاضلاب خام

میانگین روزانه مقدار کل فاضلاب تولیدی، در طول یک سال، بدون احتساب نشتاب و سایر آب‌های نفوذی.

۱-۷۱- میانگین سرانه فاضلاب خام

میانگین روزانه مقدار کل فاضلاب تولیدی، در طول یک‌سال، به ازای هر نفر از جمعیت شهر (یا منطقه‌ای از شهر) بدون احتساب نشتاب و سایر آب‌های نفوذی.

۱-۷۲- مخزن نگه‌داشت موقت [2]

مخزنی است برای ذخیره موقت آب‌های مازاد در زمان وقوع اوج جریان یا پیک آب‌دهی و مواجهه با مشکل کمبود ظرفیت هیدرولیکی در فاضلابروها؛ آب‌های مازاد ذخیره شده در مخزن پس از فروکش کردن اوج جریان، به شبکه باز گردانده می‌شوند [۲۰].

۱-۷۳- مدیریت جامع سیستم فاضلاب و زهکشی شهری

مدیریت هماهنگ در زمینه برنامه‌ریزی، طراحی، اجرا، بهسازی، بهره‌برداری و نگهداری از تمامی اجزای شبکه جمع‌آوری فاضلاب و زهکشی در داخل حوزه آبریز و حوزه سرویس مربوطه با توجه به کلیه جنبه‌های مرتبط با عملکرد و نقش آن [۲۰].

1- Flow Balancing
2- Detention Tank

۱-۷۴- نشت آب به خارج شبکه[1]

خارج شدن فاضلاب از مجاری شبکه و نفوذ آن به درون خاک پیرامون مجرا [۲۰].

۱-۷۵- نشتاب و آب‌های نفوذی[2]

کلیه آب‌های مازاد و ناخواسته که به‌داخل فاضلابروها نفوذ می‌نمایند در این گروه قرار می‌گیرند؛ این گروه آب‌های ناخواسته عبارتند از [۱۱۳ و ۲۰]:

- نشتاب: آب‌های ورودی از خاک به‌داخل شبکه فاضلاب که منشا آن آب‌های زیرسطحی (نظیر آب‌های ورودی ناشی از شکستگی لوله و یا نشت آب از هر نوع تاسیسات انتقال و توزیع آب و یا نفوذ غیرمستقیم بارندگی) و یا آب‌های زیرزمینی ورودی به شبکه باشد.
- آب‌های نفوذی: رواناب ناشی از بارندگی که از سطح بام و محوطه ساختمان‌ها به‌صورت غیرمجاز وارد شبکه فاضلاب می‌شود یا آب‌های سطحی و اتفاقی معابرکه از دریچه آدم‌رو وارد شبکه می‌گردد.

۱-۷۶- نقاط آب گرفتگی

محدوده اراضی که به واسطه خروج آب یا فاضلاب از شبکه یا عدم امکان ورود آب یا فاضلاب به درون شبکه غرقاب می‌شود.

۱-۷۷- نگهداری[3]

مجموعه اقدامات و فعالیت‌هایی‌که به‌صورت منظم و دوره‌ای انجام می‌پذیرند تا شبکه‌های زهکشی و فاضلاب عملکرد مطلوب خود را به‌صورت مستمر و پیوسته حفظ نمایند [۲۰].

۱-۷۸- نوسازی[4]

کلیه فعالیت‌هایی‌که در حدفاصل دو یا چند آدم‌روی متوالی به‌صورت پیوسته (و نه موضعی) برای بهبود عملکرد فعلی یک زهکش یا فاضلابرو انجام می‌پذیرد. نوسازی نیز مانند تعمیر و جایگزینی یکی از روش‌های بهسازی به‌شمار می‌رود.

1- Exhilaration
2- Infiltration & Inflow
3- Maintenance
4- Renovation

۱-۷۹- هزینه‌های دوره طرح

مجموع هزینه‌های پروژه در طول دوره طرح، مشتمل بر کلیه هزینه‌های اجرا، بهره‌برداری و نگهداری که در یک پایه زمانی ثابت محاسبه گردد [۲۰].

مهندسین آب و فاضلاب تهر ا ن

(رابین کو)

فصل ۲

اهداف و الزامات عملکردی

www.TWWE.ir

۲-۱- اهداف

چهار هدف اصلی از احداث شبکه فاضلاب به شرح زیر است [۲۰]:

- تامین بهداشت و ایمنی عمومی
- سلامتی و ایمنی کارکنان
- حفاظت از محیط زیست
- کمک به توسعه پایدار

۲-۱-۱- تامین بهداشت و ایمنی عمومی

با احداث شبکه‌های فاضلاب موارد زیر تامین می‌شود [۲۰]:

- جلوگیری از شیوع بیماری‌ها در اثر تماس با فاضلاب‌های انسانی یا سایر فاضلاب‌ها
- جلوگیری از آلودگی آب شرب به وسیله فاضلاب
- جمع‌آوری و انتقال آب‌های سطحی و رواناب‌ها به محل‌هایی که خطرات آن‌ها برای سلامت و بهداشت عمومی را به حداقل برساند.

شایان ذکر است که طراحی نامناسب و اجرا و بهره‌برداری ضعیف از شبکه فاضلاب می‌تواند عاملی برای بروز خطرات و تهدیدی برای سلامتی و محیط زیست باشد.

۲-۱-۲- سلامتی و ایمنی کارکنان

تمامی کارهای مرتبط با نصب، بهره‌برداری، نگهداری و نوسازی شبکه‌های فاضلاب خطراتی برای سلامتی و ایمنی خدمه بهره‌برداری را شامل میگردد. بنابراین یکی از اهداف، کاهش خطراتی است که متوجه بهداشت و ایمنی خدمه بهره‌برداری در حین نصب، بهره‌برداری، نگهداری و نوسازی می‌باشد [۲۰].

۲-۱-۳- حفاظت از محیط زیست

شرایطی که وقوع آن‌ها در شبکه فاضلاب می‌تواند تاثیر مستقیم بر روی محیط‌زیست بگذارد عبارتند از [۲۰]:

- تخلیه جریان فاضلاب یا پساب از تخلیه‌گاه‌ها به منابع آب‌های پذیرنده.
- سرریز جریان از شبکه‌های فاضلاب مرکب یا از سرریزهای اضطراری مجاور ایستگاه‌های پمپاژ یا مخازن ذخیره موقت.
- نشت و نفوذ فاضلاب از خطوط فاضلابرو به داخل آب‌های زیرزمینی.
- دفع مواد زائدی که از شستشوی فاضلابروها تولید می‌شود.

هدف از طراحی، احداث، بهره‌برداری و نگهداری شبکه فاضلاب به نحوی است که با اجتناب از موارد نام‌برده تاثیر منفی شبکه فاضلاب بر محیط‌زیست به حداقل ممکن برسد.

۲-۱-۴- کمک به توسعه پایدار

طراحی، احداث، نگهداری، بهره‌برداری و نوسازی شبکه فاضلاب باید براساس مناسب‌ترین حالت با توجه به ملاحظات زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی انجام پذیرد، مثلا [۲۰]:

- استفاده از مصالحی که باعث کم‌ترین اتلاف ذخایر و منابع طبیعی محدود گردد.
- بهره‌برداری از شبکه فاضلاب با صرف کم‌ترین انرژی انجام گیرد.
- در حین ساخت، بهره‌برداری و همچنین برچیدن شبکه در پایان عمر مفید آن، کم‌ترین تاثیر منفی بر روی محیط زیست گذاشته شود.

۲-۲- الزامات عملکردی شبکه فاضلاب

الزامات عملکردی باید در مورد شبکه‌های فاضلاب مرکب و مجزا، سرریزهای شبکه مرکب، نصب پمپ و سایر متعلقات آن، اثر تخلیه فاضلاب خام و پساب تصفیه‌خانه بر آب‌های پذیرنده مراعات گردد. این الزامات باید به نحوی مراعات شوند که سراسر فرآیند جمع‌آوری، انتقال و تخلیه فاضلاب بدون آسیب‌رسانی به محیط زیست و ایجاد خطراتی برای بهداشت عمومی و ایمنی پرسنل مسوول بهره‌برداری و با رعایت ملاحظات مربوط به توسعه پایدار و هزینه‌های غیرمستقیم شبکه در سراسر طول عمر مفید آن (مانند ایجاد اختلال در زندگی روزمره شهروندان[1]) انجام پذیرد [۲۰].

هر یک از الزامات عملکردی شبکه فاضلاب ممکن است بیش از یک هدف را دنبال کند. در جدول (۲-۱) میزان اهمیت هر یک از الزامات عملکردی در رسیدن به اهداف احداث شبکه فاضلاب نشان داده شده است [۲۰].

۲-۲-۱- جلوگیری از خروج فاضلاب از شبکه

خروج ناخواسته جریان از شبکه فاضلاب می‌تواند بر سلامت افرادی تاثیر بگذارد که در معرض آن شرایط قرار می‌گیرند، علاوه بر آن، خسارت‌های اقتصادی حاصله نیز ممکن است زیاد باشد که میزان آن بستگی به محل وقوع این پدیده و میزان غرقاب شدگی اراضی مجاور شبکه دارد [۲۰].

تعداد دفعات خروج ناخواسته فاضلاب از شبکه فاضلاب باید با بررسی موارد زیر تا حد ممکن محدود گردد [۲۰]:

- پیامدهای خروج فاضلاب از شبکه بر بهداشت و ایمنی شهروندان
- هزینه‌های ناشی از غرقاب شدگی اراضی در اثر فرار فاضلاب از شبکه

1- Social Disruption

- خسارت‌های ناشی از فرار فاضلاب از شبکه.
- امکان تبدیل شرایط اضافه بار هیدرولیکی در شبکه به پس زدگی فاضلاب در فاضلابروها و آب‌گرفتگی زیرزمین ساختمان‌ها

توصیه می‌شود تعداد دفعات وقوع خروج فاضلاب از شبکه با استفاده از ظرفیت هیدرولیکی موجود در شبکه فاضلاب و در نظر داشتن تراز پس زدگی فاضلاب و تبعات آن مطابق جدول (۲-۲) تعیین گردد.

جدول ۲-۱- میزان اهمیت هر یک از الزامات عملکردی در رسیدن به اهداف مورد نظر [۲۰]

الزامات عملکردی	تامین بهداشت و ایمنی عمومی	تامین سلامتی و ایمنی کارکنان	حفاظت از محیط زیست	کمک به توسعه پایدار
جلوگیری از خروج فاضلاب از شبکه	×××	××	×××	-
سهولت در بهره‌برداری و نگهداری	××	×××	××	××
حفاظت از آب‌های سطحی پذیرنده	×××	×	×××	××
حفاظت از آب‌های زیرزمینی	×××	-	×××	×××
کنترل بو و جلوگیری از ورود مواد سمی و خورنده به داخل فاضلاب	×××	×××	×××	×××
جلوگیری از بروز صدا و لرزش در شبکه و ملحقات آن	××	×××	×	×
استفاده از مصالح مناسب طبق اصول توسعه پایدار	-	-	××	×××
مصرف انرژی طبق اصول توسعه پایدار	-	-	××	×××
حفظ استحکام سازه‌ای کلیه اجزای شبکه در سراسر طول عمر مفید آن	×××	×××	×××	×××
حفظ تداوم جریان فاضلاب در شبکه	×××	-	×××	×
آب‌بندی فاضلابروها	×××	×	×××	××
جلوگیری از ایجاد خطر برای سازه‌ها و تاسیسات زیربنایی مجاور شبکه فاضلاب	×××	×××	×	××
کنترل کیفیت جریان ورودی به شبکه	××	×××	×××	××

××× اهمیت زیاد ×× اهمیت متوسط × اهمیت کم - نا مرتبط

جدول ۲-۲- تعداد دفعات مجاز وقوع غرقاب شدگی در مناطق مختلف [۲۰]

کاربری زمین یا محل وقوع فرار فاضلاب از شبکه	تعداد دفعات مجاز خروج فاضلاب از شبکه و وقوع آب‌گرفتگی	
	دوره بازگشت (سال)	احتمال وقوع
مناطق روستایی	۱۰	۰/۱۰
نواحی مسکونی شهری	۲۰	۰/۰۵
مرکز شهر/ نواحی صنعتی و تجاری	۳۰	۰/۰۳
مترو و سایر مسیرها و معابر زیرزمینی	۵۰	۰/۰۲

در بخش‌هایی از شبکه که امکان تخریب در اثر خروج فاضلاب از شبکه وجود دارد لازم است با توجه به حجم خسارت‌های متحمل شده، تعداد دفعات وقوع فرار فاضلاب از شبکه محدودتر از موارد مندرج در جدول گردد.

۲-۲-۲- سهولت بهره‌برداری و نگهداری

شبکه باید به نحوی طراحی، اجرا و نوسازی شود که امکان نگهداری از آن در حین دوره بهره‌برداری به نحو مناسب و بدون به خطر انداختن پرسنل بهره‌بردار وجود داشته باشد. امکان دسترسی به اجزای شبکه و فضای کار کافی برای انجام عملیات نگهداری باید پیش‌بینی و فراهم گردد [۲۰].

۲-۲-۳- حفاظت از آب‌های سطحی پذیرنده

مطابق استانداردهای زیست محیطی موجود باید از آلودگی آب‌های سطحی پذیرنده جلوگیری شود [۲۰].

کمیت، کیفیت و تعداد دفعات هرگونه تخلیه به آب‌های پذیرنده از هر منبع فاضلاب نظیر شبکه مرکب، ایستگاه پمپاژ یا تصفیه‌خانه باید با محدودیت‌های مندرج در استانداردهای زیست محیطی مطابقت داشته باشد، به نحوی که بیش‌تر از ظرفیت خودپالایی آب‌های سطحی پذیرنده بار آلودگی بر آن‌ها تحمیل نگردد. در این زمینه در مرحله طراحی باید کلیه پارامترهای فیزیکی، شیمیایی، بیوشیمیایی، باکتریایی، ظاهری و غیره در نظر گرفته شود [۲۰].

دو رویکرد برای کنترل آلودگی آب‌های پذیرنده ناشی از تخلیه از شبکه فاضلاب وجود دارد [۲۰]:

- استفاده از استانداردهای عمومی، سراسری و یکنواخت[1] برای هر یک از انواع تخلیه فاضلاب‌ها (خانگی، صنعتی و غیره)
- استفاده از استانداردهای ویژه نقاط تخلیه مشخص[2] با عنایت به نوع منبع آلاینده و خصوصیات خودپالایی آب‌های پذیرنده معین

محدودیت‌های مندرج در استانداردهای عمومی، سراسری و یکنواخت برای هر یک از انواع تخلیه فاضلاب‌ها تعیین گردیده‌اند. این محدودیت‌ها مبنایی برای جلوگیری از تاثیر نامطلوب تخلیه فاضلاب خام یا پساب تصفیه‌خانه بر روی توان خود پالایی آب‌های پذیرنده می‌باشند و مقدم بر محدودیت‌هایی هستند که مربوط به نقاط تخلیه مشخص است. این قبیل استانداردهای مبنا درمورد تخلیه به آب‌های پذیرنده حساس مانند آب‌های ساحلی و تفرجگاه‌ها[3]، منابع آب شرب قابل استفاده نمی‌باشد. اصولا در چنین مواردی باید محدودیت‌های مربوط به انتشار نقطه‌ای آلودگی ویژه هر منبع فاضلاب که ضوابطی سختگیرانه‌تر است را به کار برد تا الزامات مربوط به کیفیت آب‌های پذیرنده تامین گردد [۲۰].

1- Uniform Emission
2- Site-Specific Emission
3- Recreational Areas

۲-۲-۴- حفاظت ازآب‌های زیرزمینی

اثرات و پیامدهای آلودگی آب‌های زیرزمینی به وسیله شبکه فاضلاب، از جمله به واسطه نشت فاضلاب یا تخلیه فاضلاب خام از سرریزهای شبکه فاضلاب، باید مورد بررسی قرار گیرد و اطمینان حاصل شود که اثرات و پیامدهای آلودگی در حد معیارهای استانداردهای زیست محیطی مربوطه باشد [۲۰].

به این منظور در مناطق حساس (نظیر منابع تامین آب شرب، چاه‌هایی که از آن‌ها برداشت آب صورت می‌گیرد و مناطقی که دارای سطح آب زیرزمینی بالا می‌باشند) لازم است ملاحظات و ضوابط ویژه در نظر گرفته و اعمال شود [۲۰].

۲-۲-۵- کنترل بو و جلوگیری از ورود مواد سمی و خورنده به داخل شبکه فاضلاب

شبکه فاضلاب باید به نحوی طراحی، اجرا، نگهداری و بهره‌برداری گردد که تا حد امکان از تولید بو و ورود هرگونه مواد قابل اشتعال، سمی و خورنده به داخل شبکه جلوگیری شود. برای به حداقل رساندن تولید بوی نامطبوع در فاضلابروهای ثقلی می‌باید در مرحله طراحی، فضای کافی در سراسر شبکه برای عبور جریان هوا و تهویه فاضلابروها در بالای سطح فاضلاب پیش‌بینی شود [۲۰].

سپتیک شدن در اثر سکون، توقف و راکد ماندن فاضلاب در شرایط بی‌هوازی اتفاق می‌افتد. فاضلاب سپتیک می‌تواند گازهای سمی یا قابل اشتعال نظیر سولفید هیدروژن (H_2S) و متان (CH_4) تولید نماید که خود منجر به ایجاد بوی زننده، آسیب شیمیایی به شبکه فاضلاب، بروز مشکلات در فرآیند تصفیه فاضلاب و بروز خطرات برای ایمنی و بهداشت عمومی می‌گردد. بنابراین باید با کوتاه نمودن زمان ماند فاضلاب در خطوط اصلی شبکه فاضلاب، در مخازن ذخیره موقت و سیفون‌ها و همچنین با ایجاد شرایط خود شستشویی به منظور تامین شرایط هوازی در فاضلابروها از بروز شرایط سپتیک جلوگیری شود. چنانچه برقراری این شرایط امکان‌پذیر یا موثر نباشد باید از روش‌های دیگر مانند اکسیداسیون شیمیایی فاضلاب یا تهنشینی استفاده نمود. در انتخاب مواد شیمیایی باید زیان‌های بالقوه آن‌ها بر محیط زیست در نظر گرفته شود [۲۰].

۲-۲-۶- جلوگیری از تولید صدا ولرزش

طراحی، اجرا، نگهداری و بهره‌برداری شبکه‌های فاضلاب باید به صورتی باشد که ایجاد صدا و لرزش در شبکه به حداقل برسد [۲۰].

۲-۲-۷- استفاده ازمصالح مناسب طبق اصول توسعه پایدار

مصالح و مواد مورد استفاده در شبکه فاضلاب و روش‌های به کار بردن آن‌ها باید به نحوی باشد که ضمن کم‌ترین اتلاف ذخایر و منابع طبیعی، پتانسیل بازیافت و استفاده مجدد را نیز داشته باشد. به عنوان مثال می‌توان حجم مصالح ناشی از خاکبرداری و حفاری را به حداقل رساند و مجددا از آن مصالح استفاده کرد [۲۰].

۲-۲-۸- مصرف انرژی طبق اصول توسعه پایدار

توصیه می‌شود مصرف انرژی در طول عمر مفید شبکه با طراحی، اجرا، نگهداری و بهره‌برداری مناسب به حداقل رسانده شود [۲۰].

۲-۲-۹- حفظ استحکام سازه‌ای کلیه اجزای شبکه در طول عمر مفید آن

در سراسر طول عمر مفید شبکه می‌باید استحکام سازه‌ای اجزا و عناصر شبکه فاضلاب حفظ گردد [۲۰].

۲-۲-۱۰- حفظ تداوم جریان فاضلاب در شبکه

طراحی، اجرا، نگهداری و بهره‌برداری شبکه فاضلاب باید به گونه‌ای باشد که بتوان از انتقال کامل و تمامی جریان‌های مجاز ورودی به شبکه به محل تخلیه‌گاه پیش‌بینی شده اطمینان حاصل نمود. در چنین شرایطی، عملکرد شبکه مورد نظر هم به لحاظ اقتصادی و هم به لحاظ زیست محیطی در حد انتظار خواهد بود [۲۰].

۲-۲-۱۱- آب‌بندی فاضلابروها

شبکه جدید فاضلاب و کلیه سازه‌های جانبی آن باید به طور کامل آب‌بند بوده و الزامات مربوط به تست‌های آب‌بندی (بند ۵-۱-۸-۱ انواع آزمون‌های آب‌بندی) مندرج در این استاندارد را بر آورده نماید [۲۰].

۲-۲-۱۲- جلوگیری از ایجاد خطر برای سازه‌ها و تاسیسات زیربنایی مجاور

هیچ یک از مراحل طراحی، اجرا، نگهداری و بهره‌برداری شبکه فاضلاب نباید تاسیسات و سازه‌های مجاور آن را در معرض خطر قرار دهد [۲۰].

۲-۲-۱۳- کنترل کیفیت جریان ورودی به شبکه

شبکه فاضلاب را می‌توان برای جمع‌آوری فاضلاب‌های خانگی و همچنین غیرخانگی طراحی نمود. کیفیت فاضلاب غیرخانگی ورودی به شبکه باید به نحوی کنترل گردد که باعث آسیب رساندن به اجزای شبکه یا اختلال در عملکرد آن‌ها نگردد و همچنین محیط زیست را به خطر نیندازد [۲۰].

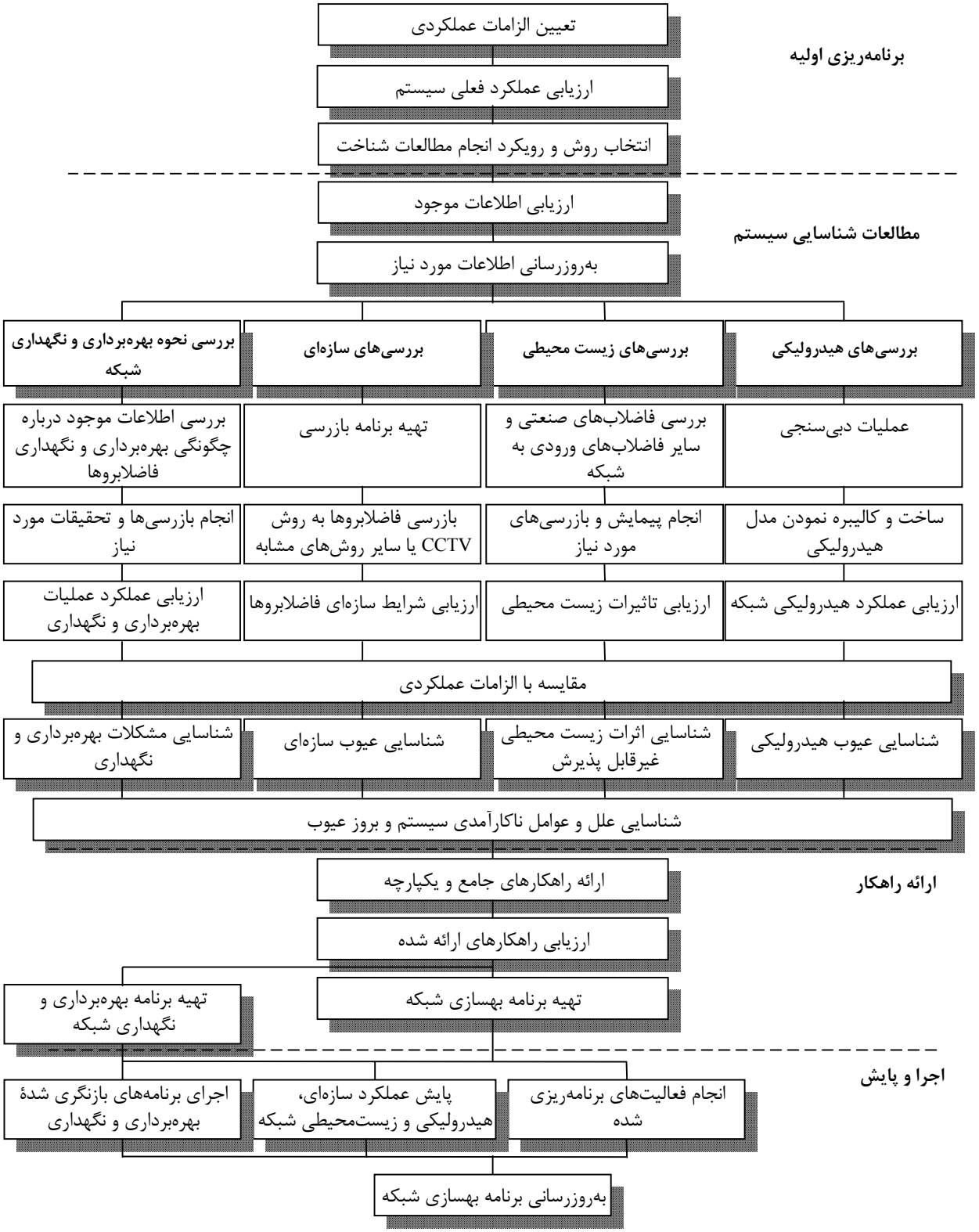
۲-۳- مدیریت جامع و کنترل شبکه فاضلاب

مدیریت جامع و یکپارچه شبکه فاضلاب، فرآیندی است برای کسب آگاهی و شناخت از خصوصیات و ویژگی‌های سیستم فاضلاب موجود (یا پیش‌بینی شده). برای تهیه راهبردهای مناسب به‌منظور مدیریت سیستم، این اطلاعات به نحوی تنظیم می‌شوند که عملکرد هیدرولیکی، زیست محیطی، سازه‌ای و نیز عملکرد بهره‌برداری از سیستم فاضلاب را به سطح عملکرد مطلوب برسانند [۱۰۷ و ۲۰].

فرآیند مدیریت جامع شامل چهار فعالیت اصلی به شرح زیر است:

- گردآوری داده‌ها و اطلاعات مربوط به کلیه جنبه‌ها و جوانب عملکرد شبکه (اعم از هیدرولیکی، سازه‌ای، زیست محیطی و بهره‌برداری)
- ارزیابی عملکرد سیستم فاضلاب و مقایسه آن با سطوح منتخب و مطلوب عملکرد شبکه و اعلام علل ناکامی در تحقق اهداف عملکردی سیستم
- انجام بررسی‌های لازم و تهیه برنامه اقدامات اصلاحی برای رفع کمبودها و ارتقای سطح عملکردها تا سطح منتخب و مطلوب
- پیاده‌سازی و اجرای برنامه اقدامات اصلاحی

شکل (۲-۱) فرایند مدیریت جامع و کنترل شبکه فاضلاب را به تصویر می‌کشد؛ همچنین موارد چهارگانه فوق‌الذکر نیز در ادامه به اختصار مورد بررسی قرار می‌گیرند [۱۰۷ و ۲۰].



شکل ۲-۱ - مدیریت جامع و کنترل شبکه فاضلاب [۱۰۷]

منظور از بررسی نحوه بهره‌برداری و نگهداری شبکه‌های فاضلاب در شکل (۲-۱)، کنترل پارامترهایی از قبیل تواتر و کیفیت انجام عملیات شستشو، سمپاشی و بازرسی شبکه بر طبق ضوابط و دستورالعمل‌های معتبر یا بررسی نحوه مواجهه با گزارش‌های شکست یا گرفتگی فاضلابروها می‌باشد.

۲-۳-۱- گردآوری داده‌ها و اطلاعات

گردآوری و مرور کلیه اطلاعات و داده‌های مرتبط با شبکه فاضلاب و تاسیسات وابسته به آن، اساس و بنیاد تمامی فعالیت‌های بعدی برای مدیریت جامع سیستم فاضلاب است. بخشی از این اطلاعات شامل مسایل و مشکلات مربوط به عملکرد شبکه موجود است که نمونه‌هایی از آن عبارتند از: انسداد و گرفتگی فاضلابروها، خروج فاضلاب از فاضلابرو و آب‌گرفتگی معابر و اماکن، فروریختن خطوط فاضلابرو، انتشار بوی نامطبوع، آلوده‌سازی آبراه‌های پذیرنده و غیره که غالبا در گزارش‌های دستگاه مسوول بهره‌برداری یا در گزارش‌های مطالعاتی پیشین ثبت می‌شوند. علاوه بر آن، اطلاعات مربوط به سوانح و حوادث مرتبط با شبکه فاضلاب، تحلیل‌های مکتوب قبلی درباره عملکرد شبکه، انواع عملیات ویدیومتری و مستندات مرمت یا بهسازی تاسیسات و اجزای سیستم نیز جزو اطلاعات مورد بحث تلقی می‌شوند. جمع‌آوری کلیه مستندات و نقشه‌های چون‌ساخت[1]، طرح استقرار شبکه، مشخصات فیزیکی و هیدرولیکی فاضلابروها، آدم‌روها، چاهک‌ها و دریچه‌های بازدید، سازه‌های سرریز، ایستگاه پمپاژ و همچنین مستندات مربوط به اقدامات اصلاحی برای رفع مشکلات و تنگناهای بهره‌برداری، زیست‌محیطی، سازه‌ای و هیدرولیکی شبکه که قبلا به انجام رسیده، باید مورد توجه قرار گیرد. محاسبات و مدل‌های هیدرولیکی قبلی، گزارش‌های بازدید و بازرسی شبکه، گزارش ارزیابی‌های زیست‌محیطی و داده‌های مرتبط با شرایط فعلی شبکه که قبلا تهیه شده است باید گردآوری شود.

پس از گردآوری کل داده‌های موجود و قابل دسترس که در بالا به آن‌ها اشاره شد و قبل از شروع کار بررسی‌های تخصصی باید روشن شود که آیا داده‌ها و اطلاعات موجود برای آغاز بررسی‌ها کافیست یا می‌باید برنامه فشرده‌ای را برای به روزرسانی اطلاعات تنظیم و اجرا نمود.

بررسی‌های تخصصی در چهار زمینه هیدرولیکی، زیست محیطی، سازه‌ای و بهره‌برداری انجام می‌پذیرد و نتایج هر بررسی تخصصی، وضعیت و شرایط موجود فعلی شبکه را در زمینه موردنظر مشخص می‌سازد.

انجام آزمایش‌ها، بازدیدهای میدانی، نقشه‌برداری، ویدیومتری و اندازه‌گیری‌ها در طول برخی از بررسی‌های تخصصی ممکن است لازم و ضروری باشد. مثلا در بررسی‌های هیدرولیکی، اندازه‌گیری جریان و بارندگی و استفاده از مدل‌های هیدرولیکی شبکه ممکن است ضرورت یابد. داده‌های پایه برای مدل‌سازی شبکه معمولا داده‌های چون‌ساخت و اطلاعات موجود است و کالیبراسیون (تنظیم و تدقیق محلی مدل) و تایید نتایج مدل نیز باید متکی بر داده‌ها و اطلاعات موجود باشد.

1- As-Built

دامنه بررسی‌های زیست محیطی وابسته به ماهیت و ترکیبات فاضلاب و استعداد خروج کنترل نشده یا فرار فاضلاب از شبکه می‌باشد. این بررسی‌ها به ویژه باید موقعیت مکانی منابع فاضلاب صنعتی و همچنین منابع آب سطحی پذیرنده را مشخص و کمیت و کیفیت و ماهیت اثرات منفی زیست‌محیطی بالقوه را تعیین نماید. درصورتی که داده‌ها و اطلاعات لازم برای این قبیل بررسی‌ها موجود و در دسترس نباشد لازم است داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز تهیه شود. بررسی‌های زیست محیطی همچنین شامل بررسی نشت فاضلاب و آلودگی منابع آب زیرزمینی (به ویژه در نواحی بحرانی و حساس که منبع آب شرب شهر محسوب می‌شوند)، و بررسی سایر مسایل زیست‌محیطی از جمله تولید و انتشار بوی زننده، گازهای سمی و خورنده و تولید لرزش و صدا درتاسیسات شبکه، آلودگی خاک، بی‌توجهی به جنبه‌های زیباشناختی و ایجاد مناظر زشت و ناخوشایند (به‌خصوص در محل تخلیه‌گاه‌ها) نیز می‌گردد.

بررسی‌های سازه‌ای باید مکمل بررسی‌های قبلی باشد تا از دوباره‌کاری پیشگیری شود. بررسی‌ها ممکن است سراسر شبکه یا بخش‌های منتخبی را مورد توجه قرار دهد. در این بررسی‌ها باید عمر و موقعیت تاسیسات، داده‌های ژئوتکنیک (از جمله ویژگی‌های بستر و خاک اطراف فاضلابروها و تاسیسات)، حساسیت ساختمان‌های مجاور و سایر تاسیسات زیربنایی درنظر گرفته شود. ارزیابی سازه‌ای از طریق انجام بازدیدهای میدانی، استفاده از ویدیومتری و تلویزیون مدار بسته (CCTV) انجام می‌پذیرد و شستشوی فاضلابروها قبل از این اقدامات ممکن است ضروری باشد. کمیت و نوع موادی که در حین پاک‌سازی از فاضلابروها خارج می‌شود اطلاعات مفیدی را در بررسی‌های سازه‌ای در اختیار می‌گذارد. شرایط و وضعیت سازه‌ای شبکه فاضلاب باید با استفاده از یک سیستم کدگذاری از پیش تعیین شده توصیف و تشریح شود. این سیستم باید داده‌ها و اطلاعاتی را که نشان دهنده به مخاطره افتادن یکپارچگی سازه‌ای اجزای شبکه است، دربرگیرد. نمونه‌هایی از این قبیل داده‌ها و اطلاعات عبارتند از:

ترک یا شکاف غیرقابل قبول، تغییر شکل (دفورماسیون)، جابجایی درز بین لوله‌های مجاور و اتصالات معیوب، نفوذ ریشه گیاهان، نشت آب به درون فاضلابرو، رسوبات ته‌نشین شده و مواد رسوبی چسبیده به بدنه و سایر موانع در درون فاضلابروها، نشست لوله، صدمه فیزیکی از جمله صدمات ناشی از مواد یا واکنش‌های شیمیایی.

نتایج بررسی‌های سازه‌ای اطلاعاتی را به دست می‌دهد که در ارزیابی هیدرولیکی عملکرد شبکه و همچنین ارزیابی اثرات زیست‌محیطی فعالیت شبکه فاضلاب کاربرد دارد.

بررسی‌های مرتبط با بهره‌برداری از شبکه فاضلاب، شامل گردآوری و مستندسازی دستورالعمل‌های بهره‌برداری موجود، برنامه کار بازدیدها و بازرسی شبکه و اجزای آن و همچنین برنامه‌های مرمت و نگهداری شبکه می‌باشد. فراوانی و موقعیت مکانی حوادث و بروز مشکلات در بهره‌برداری شبکه (مثلا انسداد و گرفتگی فاضلابروها، قطع فعالیت ایستگاه‌های پمپاژ، فروریختن خطوط فاضلابرو و غیره) که در مدارک و مستندات موجود ثبت شده‌اند باید گردآوری و مرور شود. اثرات و پیامدهای حوادث و مشکلات بهره‌برداری بر عملکرد هیدرولیکی، سازه‌ای و زیست‌محیطی شبکه را باید از داده‌ها و اطلاعات موجود و ثبت شده مربوط به همین حوادث استخراج و تعیین نمود.

علل بروز حوادث و مشکلات تکراری و متعدد در بهره‌برداری شبکه باید بررسی و روشن شود. تعیین و شناسایی صحیح علت‌ها، امکان تعیین و انتخاب بهترین و باصرفه‌ترین راهکارها را برای رفع نقایص واصلاح مشکلات بهره‌برداری پدید می‌آورد.

۲-۳-۲- ارزیابی عملکرد شبکه فاضلاب و مقایسه با الزامات عملکردی

۲-۳-۲-۱- ارزیابی عملکرد شبکه

عملکرد شبکه فاضلاب موجود (یا پیش‌بینی شده) باید ارزیابی و با سطح منتخب و مطلوب عملکرد شبکه مقایسه شود. این ارزیابی در چهار زمینه هیدرولیکی، زیست‌محیطی، سازه‌ای و بهره‌برداری به‌شرح زیر صورت می‌گیرد.

- ارزیابی عملکرد و رفتار هیدرولیکی شبکه براساس بررسی‌های هیدرولیکی که قبلا به آن اشاره شد و با استفاده از مدل ریاضی شبکه که صحت رفتار آن تایید شده است انجام می‌پذیرد. مدل ریاضی شبکه را باید برای دامنه‌ای از بارش‌های طراحی که مشخصات آن‌ها در مبحث «الزامات عملکردی شبکه» آمده، بارگذاری و رفتار شبکه را شبیه‌سازی و تعیین نمود.
- ارزیابی اثرات زیست‌محیطی شبکه براساس نتایج بررسی‌های زیست‌محیطی و همچنین اطلاعاتی انجام می‌پذیرد که شامل فراوانی، تداوم و حجم فاضلاب خام سرریزشده از شبکه است که به آب‌های پذیرنده تخلیه می‌شود. اطلاعات نام‌برده از نتایج مدل‌سازی هیدرولیکی شبکه استخراج می‌گردد و در صورت نبود مدل ریاضی شبکه، با اندازه‌گیری جریان در محل‌های خروج فاضلاب خام از شبکه و تخلیه آن به آبراه پذیرنده، تعیین و مشخص می‌شود. پیامدها و اثرات زیست‌محیطی شبکه فاضلاب با تکیه بر این داده‌ها و تشریح آن‌ها اعلام می‌گردد که ضمن آن اثرات عملکرد شبکه بر آب‌های زیرزمینی و خاک نیز باید مورد اشاره قرار گیرد. نتایج بررسی‌های سازه‌ای، اطلاعات مربوط به موقعیت مکانی و کمیت منابع فاضلاب صنعتی و سایر اطلاعات و بررسی‌های ذیربط نیز باید جمع‌بندی شده و منابع فاضلاب مشکل‌زا و خطرناک ورودی به شبکه، مساله سرریز و خروج کنترل نشده فاضلاب از شبکه و غلظت بالای آلاینده‌ها در فاضلاب ورودی به شبکه شناسایی و اعلام گردد.
- ارزیابی سازه‌ای پس از تکمیل بررسی‌های سازه‌ای (اعم از بازدیدهای میدانی، ویدیومتری و تلویزیون مداربسته (CCTV)، گردآوری و وارسی مدارک و مستندات و گزارش‌های موجود و غیره) آغاز می‌شود و ضمن آن، بخش‌ها و اجزایی از شبکه شناسایی می‌گردند که باید ترمیم و اصلاح شوند. روش‌های متنوع و متعددی برای تعمیر یا نوسازی اجزای شبکه وجود دارد که شرح آن‌ها خارج از دامنه کار این ضابطه است.
- عملکرد بهره‌برداری شبکه براساس تعداد حوادث و اختلالات کارکردی که در طول بهره‌برداری از شبکه رخ می‌دهد اندازه‌گیری و ارزیابی می‌شود.

۲-۳-۲-۲- مقایسه عملکرد شبکه فاضلاب با الزامات عملکردی (مقایسه باسطح منتخب و مطلوب عملکرد)

نتایج ارزیابی‌ها در زمینه عملکرد هیدرولیکی، سازه‌ای، زیست‌محیطی و بهره‌برداری را باید در جوار یکدیگر قرار داد و ضمن جمع‌بندی این ارزیابی‌ها، تصویری عمومی و همه‌جانبه از عملکرد شبکه و تاسیسات وابسته به آن را ترسیم نمود و متعاقبا عملکرد عمومی شبکه را با سطح عملکرد منتخب و مطلوب (که در قالب «الزامات عملکردی» مشخص و اعلام شده است) مقایسه کرد. یکی از روش‌های مقایسه عملکرد عمومی شبکه با نیازها و الزامات عملکردی، استفاده از شاخص‌های عملکرد[1] می‌باشد. هر شاخص عملکرد باید واجد چند ویژگی اساسی باشد که عبارتند از:

- ساده و آسان بوده و کاربرد آن به سهولت امکان‌پذیر باشد.
- احراز درستی و صحت آن میسر و ممکن باشد.
- با صراحت و به روشنی تعریف شود، دقیق باشد و نیازی به تعبیر و تفسیر نداشته باشد.

بدین ترتیب، هر شاخص عملکرد شبکه باید دارای تعریف روشن و دقیق بوده، سنجش صحت و درستی آن امکان‌پذیر باشد و به سهولت بتوان آن را به کار بست.

کمبودها و ضعف‌های شبکه فاضلاب موجود (یا پیش‌بینی شده) در زمینه هیدرولیکی، سازه‌ای، زیست‌محیطی و بهره‌برداری را می‌توان در این مرحله استخراج نمود و متعاقبا علل بروز کمبود در هر زمینه را نیز مشخص و اعلام کرد. در عمل باید یکایک آن بخش‌هایی از شبکه که عملکرد آن با عملکرد مطلوب فاصله دارد مشخص گردد و ضعف‌های هیدرولیکی، زیست‌محیطی، سازه‌ای و بهره‌برداری هر بخش، به تفصیل تشریح و ثبت شود. علت یا علت‌های بروز کمبود و ضعف در هر بخش نیز باید تعیین و اعلام گردد و از آنجاکه ضعف‌های عملکرد ممکن است بیش از یک علت داشته باشد می‌باید کلیه بررسی‌های هیدرولیکی و سازه‌ای و بهره‌برداری و زیست‌محیطی را تواما در نظر گرفت و سهم یا وزن نسبی کمبود عملکردی در هر زمینه را در بروز یک مشکل معین، تعیین نمود. این شیوه برخورد به ریشه‌یابی مسایل و مشکلات عملکردی در هر بخش شبکه، امکان یافتن راه حل‌های منطقی و متعادل را بیش‌تر می‌کند.

۲-۳-۳- تهیه و تنظیم برنامه اصلاحی

برای رفع کمبودها و ضعف‌های عملکردی که شناسایی شده و علل بروز آن‌ها نیز مشخص گردیده است باید راه‌حل‌هایی جامع و یکپارچه یافته و آن‌ها را در قالب یک برنامه اصلاحی تنظیم و تدوین نمود. گام‌های مختلف کار در این مرحله به شرح زیر است:

- جمع بندی ارزیابی‌های هیدرولیکی، سازه‌ای، بهره‌برداری و زیست‌محیطی.
- تهیه طرح‌های اصلاحی جامع برای رفع کمبودها و ارتقای سطح عملکرد فعلی شبکه به سطح عملکرد منتخب و مطلوب

1- Performance Indicators

- ارزیابی طرح‌های اصلاحی پیشنهادی
- تهیه برنامه اجرایی

نمونه‌های راه حل‌های هیدرولیکی عبارتند از:

- استفاده حداکثر ممکن از ظرفیت موجود انتقال جریان در شبکه، از طریق حذف گلوگاه‌ها و شستشوی فاضلابروها
- کاهش رواناب ورودی به شبکه فاضلاب به کمک روش‌های موسوم به «کنترل رواناب در منشاء»[1]
- تعدیل و کاهش اوج جریان در شبکه از طریق استفاده حداکثر از ظرفیت ذخیره موجود در شبکه (اعم از گنجایش بلااستفاده موجود در فاضلابروها و تاسیسات هیدرولیکی موجود) و یا افزودن مخازن ذخیره موقت فاضلاب به شبکه.

نمونه راه‌حل‌های زیست‌محیطی عبارتند از:

- استفاده از اطاقک‌ها یا مخازن رسوبگیری
- کنترل ورود فاضلاب‌های صنعتی و آلاینده‌های خطرناک به درون شبکه
- کاهش سرریز و تخلیه آلاینده‌ها به آب‌های پذیرنده از طریق اجرای کنترل‌های هیدرولیکی که در بالا به آن‌ها اشاره شد، بهبود و ارتقای سطح کنترل جریان در محل سازه‌های سرریز و همچنین استفاده از سیستم‌های کنترل به‌هنگام وپیوسته جریان[2] (RTC)
- کاهش نشت از فاضلابروها از طریق تعمیرات و بهسازی یا جایگزینی لوله‌های معیوب.

نمونه راه‌حل‌های سازه‌ای عبارتند از:

- تامین و حفظ پایداری و استحکام فاضلابرو از طریق تعمیر، جایگزینی و نوسازی یا بهسازی اجزای شبکه (از جمله استفاده از انواع روکش‌ها و پوشش‌های درون خطوط فاضلابرو[3])

نمونه راه‌حل‌های اصلاحی برای رفع ضعف‌های بهره‌برداری عبارتند از:

- تنظیم برنامه منظم بازدید و بازرسی و انجام عملیات شستشوی منظم فاضلابروها
- تشدید اقدامات نگهداری از جمله افزایش تعداد دفعات سرکشی به تاسیسات مهم نظیر ایستگاه‌های پمپاژ و انجام اقدامات پیشگیرانه برای ارتقای سطح عملکرد تاسیسات

پس از یافتن راه‌حل‌های اصلاحی می‌باید یک مجموعه از راه‌حل‌های مناسب را براساس نیازها و الزامات عملکردی منتخب و باتوجه به موارد و عوامل زیر انتخاب نمود:

1- Source Control
2- Real Time Control (RTC)
3- Linings or Internal Coatings

- ایمنی در اجرا و در بهره‌برداری (خطرات بالقوه در حین اجرا و سپس بهره‌برداری از شبکه اصلاح شده باید به حداقل ممکن کاهش یابد، یعنی راه‌حل‌ها می‌باید کاملا ایمن باشند).
- اختلال در زندگی روزمره (اختلال و کندی در ترافیک و در زندگی روزمره اهالی محل و سایرین که تحت تاثیر عملیات اجرایی قرار می‌گیرند، تولید سروصدا و گرد و غبار و سایر عوامل اجتماعی می‌باید در گزینش راه‌حل‌های منتخب مورد توجه قرار گیرد).
- استفاده صحیح و پایدار از منابع (مصرف انرژی و سایر منابع محدود در اجرای راه‌حل‌های اصلاحی پیشنهادی و در بهره‌برداری از شبکه اصلاح شده باید مورد توجه قرار گیرد و علاوه بر آن،امکان بازیافت مواد و مصالح مصرفی در بهسازی شبکه و بازیافت مواد زاید حاصل از عملیات اجرایی نیز باید مدنظر قرار گیرد).
- مرحله‌بندی کارهای اصلاحی (امکان مرحله‌بندی راه‌حل‌ها و اجرای آن‌ها در چند فاز یا مرحله پی در پی باید بررسی گردد. در این بررسی لازم است اولویت‌های اجرایی، عواید و فواید ناشی از اجرای اقدامات به‌خصوص از نظر ارتقای سطح عملکرد شبکه، برای هریک از مراحل کار یا فازها و همچنین صرفه‌جویی در هزینه‌ها به‌واسطه احاله بخشی از راه‌حل‌ها به فازهای بعدی برنامه اجرایی، مشخص و معلوم گردد).
- هماهنگی با سایر طرح‌های زیربنایی (فواید ناشی از هماهنگی مراحل یا فازهای اقدامات اصلاحی شبکه فاضلاب با طرح‌ها و برنامه‌های اجرایی سایر تاسیسات زیربنایی باید مورد توجه قرار گیرد).
- محدودیت ظرفیت‌ها و منابع (قیود و محدودیت‌های منابع از جمله منابع مالی، نیروی انسانی و خدمه مورد نیاز، مواد و مصالح می‌باید در انتخاب راه‌حل‌ها و در مرحله‌بندی آن‌ها مراعات گردد).
- مسوولیت و هزینه بهره‌برداری (هزینه‌های اقدامات بهره‌برداری و نگهداری شبکه که در سنوات آتی وجود خواهند داشت باید پیش‌بینی شود. همچنین پیامدهای زیست‌محیطی حمل و دفع مواد زاید که از شبکه استخراج و پاک‌سازی می‌شود باید مورد توجه قرار گیرد).
- ارزیابی اقتصادی (در مقایسه راه‌حل‌ها با یکدیگر باید هزینه‌ها و فایده‌های مربوطه را تعیین نمود و مزیت نسبی راه حل منتخب را نشان داد).
- هزینه‌ها در طول عمر مفید طرح[1] (کلیه هزینه‌های ذیربط در سراسر طول عمر مفید شبکه باید مورد توجه قرار گیرند که عبارتنداز: هزینه‌های مطالعات و طراحی، احداث تاسیسات موقت، جابجایی و عبور از موانع و خطوط سایر تاسیسات زیربنایی و خدماتی، هزینه‌های بهره‌برداری، نگهداری، مرمت و بهسازی و جایگزینی و همچنین هزینه‌های غیرمستقیم مانند هزینه‌های اجتماعی اختلال و وقفه در امور زندگی روزمره شهروندان).

پس از تکمیل بررسی و ارزیابی راه‌حل‌های اصلاحی پیشنهادی و انتخاب راه حل یا طرح اصلاحی منتخب، باید برنامه اجرا و پیاده‌سازی اقدامات اصلاحی منتخب را تهیه و تنظیم نمود.

1- Whole – Life Cost (Life-Cycle Cost)

راه‌حل‌های هیدرولیکی، سازه‌ای، بهره‌برداری و زیست‌محیطی منتخب را می‌باید در قالب یک طرح جامع و یکپارچه و واحد برای شبکه مورد نظر، تنظیم و مدون نمود که حاوی موارد ذیل باشد:

- شرح تفصیلی اهداف و مقاصد طرح اصلاحی
- مجوزها و سایر مدارک حقوقی و قانونی و فرجه زمانی اجرای طرح
- ضوابط عملکرد
- اولویت‌ها
- اقدامات اصلاحی منتخب، هزینه‌های مربوطه و مرحله‌بندی اجرای کارها.
- ارتباط طرح اصلاحی منتخب با سایر طرح‌های اجرایی یا طرح‌های توسعه آتی
- پیامدهای بهره‌برداری و نگهداری شبکه (مثلا ارتقای سطح بهداشت عمومی، ایمنی کارکنان بهره‌برداری، صرفه‌جویی در هزینه‌ها و نظایر آن‌ها)

به طورکلی ۴ نوع طرح و برنامه را می‌توان تهیه کرد:

الف- طرح توسعه جدید (حاوی اطلاعات مربوط به بخش جدید شبکه فاضلاب). این طرح در مواردی تهیه می‌شود که بخش قابل ملاحظه‌ای از شبکه موجود نیاز به نوسازی[1] دارد یا شبکه موجود باید توسعه و گسترش یابد.

در طرح پیشنهادی باید مشخص شود که آیا توسعه شبکه موجود مدنظر قرار دارد یا می‌باید شبکه مستقلی برای نواحی توسعه ایجاد شود و درصورتی‌که منظور توسعه شبکه موجود است، کدام اقدامات برای تقویت ظرفیت شبکه موجود باید صورت پذیرد تا بتوان جریان فاضلاب اضافی را که از نواحی توسعه به شبکه موجود می‌رسند، به درستی مدیریت نمود. تمامی اقدامات مزبور باید در طرح بهسازی شبکه موجود (که ذیلا بدان اشاره می‌شود) تشریح و معرفی شود.

ب- طرح بهسازی شبکه موجود (حاوی اقدامات پیشنهادی برای بهسازی و تقویت شبکه).

اقداماتی که در این طرح می‌گنجند مشتمل بر چهار گروه از اقدامات و طرح‌های هیدرولیکی، سازه‌ای، زیست‌محیطی و بهبود بهره‌برداری می‌باشند. کلیه اقداماتی که برای ارتقای سطح عملکرد شبکه موجود به سطح عملکرد منتخب و مطلوب (الزامات عملکردی) ضروریست می‌باید در طرح بهسازی شبکه موجود گنجانده شود وعلاوه برآن، شرحی از موارد و موضوعات زیر هم ارائه گردد:

- جزییات کارها و اقدامات بهسازی مورد نیاز و منتخب
- گزینه‌های دیگر برای بهسازی شبکه
- مرحله‌بندی (یا فازهای) پیش‌بینی شده برای اجرای اقدامات بهسازی
- اعلام وابستگی یا عدم وابستگی هریک از اقلام طرح بهسازی به طرح‌های توسعه دیگر

1- Redevelopment

ج- برنامه بهره‌برداری شامل برنامه زمان‌بندی بازدیدها و بازرسی شبکه، دستورالعمل‌های بهره‌برداری و طرح‌های ویژه اوقات اضطراری می‌باشد. برنامه بهره‌برداری شبکه فاضلاب باید رویکرد منتخب به امر بهره‌برداری و راهبری شبکه موردنظر را مشخص نماید و مشتمل بر اجزای ذیل باشد:

- برنامه منظم بازدید و بازرسی شبکه و تاسیسات آن
- دستورالعمل‌های بهره‌برداری مختص اجزا و عناصر شبکه فاضلاب
- برنامه‌های ویژه شرایط اضطراری و رخدادهای غیرمترقبه

د- برنامه نگهداری، حاوی شرح تفصیلی سیاست‌ها و برنامه زمان‌بندی اقدامات نگهداری کلیه اجزا و عناصرشبکه فاضلاب است. در برنامه نگهداری باید موضوعات زیر تشریح و اعلام گردد:

- استراتژی (راهبرد) مناسب برای نگهداری هریک از اجزای شبکه فاضلاب و همچنین معرفی سیستم پایش (مانیتورینگ[1]) مناسب به‌همراه تعیین تعداد دفعات لازم برای بازدید و بازرسی و ثبت رفتار اجزای شبکه.

استراتژی مناسب برای نگهداری شبکه می‌تواند از نوع برنامه‌ریزی شده، واکنشی[2] و یا ترکیبی از آن دو روش باشد. نگهداری برنامه‌ریزی شده که در واقع نگهداری پیشگیرانه است، برنامه اقدامات و عملیات نگهداری را پیشاپیش و قبل از بروز مشکلات جدی و براساس بازدید و بازرسی منظم شبکه به اجرا درمی‌آورد. این نوع مدیریت امور نگهداری شبکه به ویژه در مواردی الزامی و ضروریست که اثرات و پیامدهای بروز سوانح در شبکه بسیار جدی باشد. استفاده از این رویکرد، تعداد سوانح و بروز مشکلات جدی در شبکه را کاهش می‌دهد. نگهداری واکنشی (اضطراری یا رویکرد مقابله با بحران)، شامل عملیاتی است که پس از وقوع سانحه یا بروز مشکلی در شبکه و آشکارشدن مساله انجام می‌پذیرد. این نوع مدیریت نگهداری واکنشی عموما برای آن بخش‌هایی از شبکه فاضلاب مناسب است که بدون هرگونه اقدامات نگهداری (یا با اقدامات محدود) نیزمی‌تواند عملکرد عادی داشته باشد. استراتژی یا راهبرد ترکیبی، هر دو نوع اقدامات برنامه‌ریزی شده و اضطراری را شامل می‌شود.

- ارزیابی خطر بروز مشکلات در شبکه. این موضوع نیز باید در برنامه نگهداری گنجانده شود و احتمال بروز شکست، اعم از شکست سازه‌ای یا شکست عملکردی (هیدرولیکی، بهره‌برداری یا زیست‌محیطی) و پیامدهای مترتب بر آن، بررسی و تعیین گردد. بحث درباره انواع روش‌های رایج ارزیابی خطر بروز مشکلات در شبکه خارج از دامنه کار این ضابطه است.

۲-۳-۴- اجرا و پیاده‌سازی برنامه اصلاحی

پس از تکمیل برنامه اجرای طرح‌های اصلاحی می‌توان کارها را آغاز نمود. به‌منظور پیشبرد امور اجرایی باید سیستم مانیتورینگ یا پایش را فعال نمود. برای سنجش و ارزیابی میزان کارآیی و سودمندی راه‌حل‌ها، گردآوری و ثبت داده‌ها به

1- Monitoring
2- Planned Maintenance & Reactive Maintenance

کمک سیستم پایش (مانیتورینگ) ضروریست. این داده‌ها برای استفاده درمدل‌های هیدرولیکی، برای شناخت رفتار شبکه و برای بازنگریهای بعدی و آتی در طرح‌های اصلاح و بهسازی یا نوسازی شبکه کاربرد دارند.

بازبینی و کنترل ادواری و منظم عملکرد شبکه وارزیابی تطابق آن با الزامات عملکردی، امری ضروریست که نیاز به بازنگری در طرح مدیریت جامع شبکه فاضلاب را با گذشت زمان و در پاسخ به شرایط جدید مطرح می‌سازد.

۲-۴- مدیریت و کنترل جریان در شبکه فاضلاب (RTC)[1]

۲-۴-۱- کلیات

مدیریت و کنترل (به‌هنگام) جریان در شبکه فاضلاب یک روش مدیریت برای بهبود عملکرد و ارتقای سطح بهره‌برداری شبکه است. استفاده از ظرفیت‌های موجود در شبکه (اعم از ظرفیت انتقال و یا گنجایش و حجم ذخیره که بلااستفاده مانده) پایه و اساس این رویکرد به ارتقای عملکرد شبکه و بهبود بهره‌برداری از شبکه فاضلاب می‌باشد [۱۰۲ و ۲۱]. طبق روش‌های معمول و رایج، طراحی شبکه فاضلاب و اندازه‌یابی فاضلابروها به صورتی انجام می‌شود که اندازه و ابعاد فاضلابروها غالبا بزرگ‌تر از اندازه لازم است و از این رو، گنجایش و ظرفیت مازاد در اکثر شبکه‌ها وجود دارد. از سوی دیگر تاسیسات هیدرولیکی موجود (یا پیش‌بینی شده) در شبکه نیز عموما به صورتی عمل می‌کنند که نیازی به مداخله اپراتور یا خدمه بهره‌برداری ندارند. تجهیز تمامی یا بعضی از این‌گونه تاسیسات به تجهیزات فرمان‌پذیر، امکان مداخله فعال اپراتور در بهره‌برداری را ایجاد می‌کند. در سیستم‌های کنترل بلادرنگ فعالیت شبکه، ابتدا متغیرهایی (نظیر عمق آب یا میزان جریان در فاضلابرو) اندازه‌گیری و مشخص می‌شود. سپس از همین داده‌ها و اطلاعات بلافاصله برای فعال‌سازی تجهیزات کنترل کننده هر متغیر (جریان فاضلاب،تراز سطح آب یا متغیرهای دیگر) استفاده می‌شود. سنجش و اندازه‌گیری مداوم و پیوسته متغیرهای موردنظر، مخابره و ارسال بی‌درنگ این داده‌ها، پردازش آن‌ها و مقایسه مقدار متغیر در وضعیت جاری با مقدار مطلوب همان متغیر (که قبلا تعیین می شود) و صدور فرمان برای فعال سازی تجهیزات کنترلی موجود در شبکه (نظیر دریچه‌ها، سرریزهای متحرک، ایستگاه پمپاژ، بندهای لاستیکی و غیره)، اجزای اصلی در هر سیستم RTC می‌باشند. بدین ترتیب چهار جزء اصلی سخت‌افزاری در هر سیستم RTC عبارتند از [۷۳ و ۴۶ و ۲۱]:

- حس‌گرها[2] که متغیرهای مربوطه را به طور مداوم اندازه‌گیری می‌کنند.
- تجهیزات کنترلی یا تنظیم‌کننده‌ها[3] که می‌توانند در فرآیندها مداخله نموده و شرایط را به نفع شرایط مطلوب تغییر دهند.
- کنترل‌کننده‌ها[4] که وظیفه آن‌ها فعال‌سازی تنظیم‌کننده‌ها یا همان تاسیسات کنترلی است.

1- Real Time Control
2- Sensors
3- Regulators = Actuators
4- Controllers

- سیستم انتقال داده‌ها[1] که داده‌های اندازه‌گیری شده را از حس‌گرها به کنترل‌کننده‌ها می‌رسانند و علایم یا فرمان‌های[2] صادرشده از کنترل‌کننده‌ها را به تنظیم‌کننده‌ها انتقال می‌دهند.

انواع بسیار متنوعی از حس‌گرها وجود دارد اما فقط چندنوع معین از حس‌گرها برای شبکه فاضلاب عملا امتحان شده و مناسب‌اند که عبارتند از: باران‌سنج، جریان‌سنج، حس‌گر تراز سطح آب و کلیدها یا سوییچ‌های اعلام‌حد معین[3]. حس‌گرهای ویژه کیفیت فاضلاب اگر چه قابلیت‌های خوبی دارند ولی هنوز در مراحل ابتدایی توسعه بوده و فعلا برای کاربرد در شبکه فاضلاب توصیه نمی‌شوند [۲۱].

برخی از ضعف‌ها و مشکلات شبکه از جمله مساله سرریز فاضلاب خام به آبراهه‌ها، آب‌گرفتگی زیرزمین ساختمان‌ها یا غرقاب شدن و آب‌گرفتگی موضعی معابر را معمولا از طریق افزایش سرمایه‌گذاری در طرح‌های سازه‌ای مانند احداث فاضلابرو یا تونل کمکی و یا افزودن مخازن ویژه ذخیره موقت فاضلاب به شبکه، اصلاح می‌کنند. هزینه این قبیل طرح‌ها غالبا زیاد است و اجرای آن‌ها به ویژه در بخش‌های قدیمی‌تر شهر با مشکلات و موانع روبرو می‌شود. استفاده از سیستم‌های RTC طی دو تا سه دهه گذشته به صورت گزینه‌ای در مقابل طرح‌های سازه‌ای مذکور مطرح شده است [۹۶]. اهداف عملیاتی RTC در اوقات بارانی و ایام بدون باران ممکن است متفاوت باشد که در مرحله طراحی سیستم می‌باید این اهداف را مشخص نمود. نمونه‌هایی از این اهداف عبارتند از:

- کاهش یا حذف سرریز فاضلاب از شبکه مجزا یا مرکب
- کاهش یا حذف پس زدن آب در فاضلابروها یا آب‌گرفتگی معابر
- کاهش مصرف انرژی در بهره‌برداری از شبکه فاضلاب
- جلوگیری از رسوب‌گذاری شدید در فاضلابروها
- مدیریت و کنترل جریان برای امور برنامه‌ریزی شده (برای اجرای عملیات ساختمانی عمده)
- مدیریت و کنترل جریان در موارد پیش‌بینی نشده و شرایط اضطراری
- مدیریت و کنترل جریان فاضلاب که به سمت تصفیه‌خانه در حرکت است.

۲-۴-۲- شرایط کاربرد (بررسی‌های مقدماتی)

درباره شرایط لازم برای استفاده از RTC باید یادآور شد که استفاده از این شیوه مدیریت بهره‌برداری در اکثر موارد مفید بوده و عملکرد شبکه را بهبود می‌بخشد اما هزینه‌های مربوطه در قیاس با فواید و سودمندی کاربرد آن در شبکه‌های مختلف متفاوت است. سودمندی و فواید RTC در دو گروه از شبکه‌ها محدود و اندک است که عبارتند از: [۷۲و ۹۶و ۱۰۲ و ۲۱].

1- Data Transmission System
2- Signals
3- Limit Switches

- در مواردی که شبکه عملا هیچ ظرفیت ذخیره اضافی ندارد و فاضلابروها حتی در ایام بدون باران تقریبا پر هستند.
- در مواردی که شبکه ظرفیت مازاد داشته باشد[۱].

در سایر موارد، استفاده از RTC را می‌توان باتوجه به برخی ملاحظات عمومی مورد توجه قرار داد یا اولویت شبکه (یا بخش‌هایی ازهر شبکه) را برای کاربرد RTC بررسی نمود. ملاحظات مذکور عبارتند از:

- ظرفیت انتقال مازاد و حجم ذخیره بلااستفاده در شبکه. آیا شبکه مورد نظر دارای ظرفیت‌های اضافی و بلااستفاده می‌باشد؟ و آیا می‌توان با افزودن و تجهیز شبکه به تجهیزات و امکانات کنترل دینامیک از آن ظرفیت استفاده نمود؟ شبیه‌سازی رفتار شبکه با یکی از انواع مدل‌های هیدرولیکی دینامیک که در کشور رایج است[۲]، نشان خواهد داد که در کدام بخش‌های شبکه، فاضلابروها دچار اضافه بار هیدرولیکی (سورچارج) یا پس‌زدگی آب نیستند و ظرفیت انتقال اضافی در آن لوله‌ها وجود دارد. گنجایش یا حجم ذخیره موجود در شبکه را معمولا می‌توان در بخش‌های کم شیب حوزه و فاضلابروهایی که شیب ملایم دارند جستجو کرد. فاضلابروهای قطور نامزدهای خوبی در این زمینه هستند. هرچه قطر و طول فاضلابروها بیش‌تر باشد، استفاده از RTC برای کنترل رفتارآن‌ها نیز مفیدتر خواهد بود.
- زمان تمرکز، زمان انتقال یا زمان واکنش[۳]. زمان تمرکز یا زمان واکنش سیستم باید نسبتا طولانی باشد تا بتوان کاربرد RTC را مطرح نمود. دریافت اطلاعات از حس‌گرها، پردازش آن‌ها و تهیه و تنظیم فرمان‌های لازم برای کنترل دینامیک جریان واجرای فرامین فعالیتی زمان‌بر است و از این رو باید زمان کافی وجود داشته باشد. شبکه فاضلاب شهرهای بزرگ و شبکه‌هایی که متشکل از چند زیرحوزه با زمان‌های واکنش متفاوت هستند، نامزدهای خوبی برای کاربرد RTC محسوب می‌شوند.
- اندازه و توپوگرافی حوزه سرویس. حوزه‌های بزرگ و حوزه‌های مسطح از کاربرد RTC بهره بیش‌تری می‌برند.
- وجود سازه‌های مقسم عمده و ایستگاه پمپاژ. وجود این تاسیسات در شبکه فاضلاب شرایط مناسبی را برای انتقال بخشی از جریان فاضلاب به شاخه یا شاخه‌های دیگر پدید می‌آورد.
- تاسیسات هیدرولیکی موجود (یا پیش‌بینی شده) که کنترل «استاتیک» را بر جریان فاضلاب جاری در شبکه اعمال و برقرار می‌کنند، با صرف هزینه اندک به نقاط کنترل «دینامیک» تبدیل می‌شوند که این امر غالبا تاثیر چشمگیری بر بهبود عملکرد شبکه دارد. هرچه تعداد سازه‌های هیدرولیکی قابل کنترل (یا کنترل‌پذیر) بیش‌تر باشد، سودمندی استفاده از RTC نیز بیش‌تر و بالاتر خواهدبود.

۱- طراحی یا بهسازی این قبیل شبکه‌هادر بعضی ازمناطق ایالات متحده رایج است (درایران مرسوم نیست).

2- EPA-SWMM ; DHI-MOUSE

3- System Response Times / Time of Concentration

- شرایط شبکه از نظر سازه‌ای. استفاده از RTC باعث بروز تغییرات نسبتا زیاد در عمق و در میزان جریان فاضلاب در شبکه می‌شود. چنانچه وضعیت سازه‌ای شبکه مطمئن نباشد، این قبیل تغییرات در میزان و عمق جریان فاضلاب، پایداری سازه‌ای فاضلابروها را به مخاطره می‌اندازد.
- توانایی یاحد ظرفیت آب‌های پذیرنده برای دریافت آلاینده‌ها، اعم از سرریز فاضلاب خام از شبکه (SSO یا CSO) یا پساب تصفیه‌خانه فاضلاب. در مواردی که رعایت حد ظرفیت آب‌های پذیرنده برای دریافت آلاینده‌ها ضرورت داشته و ورود آلاینده‌ها نباید از حد توان خودپالایی آب‌های پذیرنده بیش‌تر شود، استفاده از RTC یک گزینه است. RTC می‌تواند کل مجموعه شبکه و تصفیه‌خانه و آب‌های پذیرنده را یک مجموعه واحد درنظر گیرد و رفتار اجزای این سیستم را مطابق با محدودیت‌های تخلیه‌گاه کنترل و تنظیم نماید.

۲-۴-۳- اولویت‌بندی نیازها به RTC

در مواردی که بررسی‌ها نشان دهد استفاده از RTC یک گزینه بالقوه مناسب است، موضوع اولویت‌بندی نواحی یا مناطق تحت پوشش شبکه برای تجهیزآن‌ها به سیستم RTC مطرح می‌شود. اولویت باید به آن نواحی و مناطقی داده شود که هم‌اکنون مشکلات قابل ملاحظه و جدی بهره‌برداری دارند یا آن مناطقی که امکانات و شرایط بسیار خوبی برای پذیرش و اجرای RTC دارند. نمونه‌هایی از این موارد عبارتند از:

- مناطقی که در حال حاضر سطح و کیفیت سرویس‌دهی در آن‌ها نازل‌تر از سطح استانداردهای فعلی (یا آتی) می‌باشد؛ مانند مناطقی که با مشکل فرار فاضلاب از شبکه و آب‌گرفتگی معابر مواجهند.
- نواحی و مناطقی از شهر که در آن‌ها نباید هیچ‌گونه تخطی از ضوابط عملکرد شبکه صورت گیرد، مثلا بخش‌هایی از شبکه که سرریز فاضلاب در اوقات بارانی در آن محدوده از شهر و شبکه مجاز نیست.
- در مواردی که طرحی پرهزینه تهیه شده است اما می‌توان اجرای طرح را به تعویق انداخت یا با افزودن سیستم RTC به طرح موجود آن طرح را به صورت مرحله‌ای، در چند مرحله به اجرا درآورد.
- مواردی که بهره‌برداری و نگهداری شبکه موجود باید بهبود یابد. مثلا لازم است رسوب‌گذاری در شبکه کاهش یابد یا هزینه‌های مصرف انرژی باید کم‌تر شود.

از جمله مواردی که با حداقل هزینه می‌توان RTC را اجرا نمود و بیش‌ترین فایده را به دست آورد عبارتند از: مواردی که مدل هیدرولیکی خوبی از شبکه حاضر و آماده است، یا شرایطی که تاسیسات هیدرولیکی موجوددر شبکه را به‌طور نسبی می‌توان به صورت تاسیسات فرمان‌پذیر و قابل کنترل درآورد و هزینه‌های RTC را به حداقل ممکن کاهش داد. [۱۰۲]

۲-۴-۴- بررسی‌های بعدی [۹۶ و ۷۲ و ۴۶]

چنانچه بررسی‌های اجمالی و اولیه حاکی از آن باشد که استفاده از RTC در شبکه مورد مطالعه فواید و مزایای بالقوه مناسبی دارد آنگاه می‌توان کار را با بررسی‌ها و مدل‌سازی تفصیلی دنبال نمود و ضمن طراحی RTC پیشنهادی و افزودن

آن به مدل شبکه سنتی موجود (یا شبکه طراحی شده)، هزینه‌های مربوطه را برآورد و تعیین نمود. در این حالت نقش مدل‌سازی دینامیک شبکه در ادامه کارهای اولیه حساس‌تر می‌شود، بدین معنا که در عمل، چهار فعالیت اصلی سیستم RTC (یا «حلقه کنترل») که عبارتند از:

- گردآوری اطلاعات به‌هنگام درباره وضعیت جاری و فعلی شبکه فاضلاب
- مقایسه وضعیت جاری و فعلی با وضعیت مطلوب عملکرد شبکه
- محاسبه میزان تنظیمات لازم برای تنظیم تاسیسات کنترلی به نحوی که وضعیت جاری و فعلی را به وضعیت مطلوب نزدیک کند.
- صدور فرمان‌های لازم برای اجرای تنظیمات به تاسیسات کنترلی و فرمان‌پذیر شبکه

در یکی از مدل‌های هیدرودینامیک رایج شبیه‌سازی می‌شود. برخی از مدل‌های رایج از جمله EPA-SWMM و DHI-MOUSE امکانات لازم و کافی رابرای این قبیل شبیه‌سازی‌ها دارند، خاصه در مواردی که سیستم کنترل موضعی[1] به جای سیستم کنترل مرکزی و سراسری[2] مدنظر باشد [۳۳]. شرح و بسط انواع استراتژی‌ها یا راهبردهای کنترل و الگوریتم‌های مربوطه خارج از دامنه کار این ضابطه است. سیستم کنترل موضعی در حال حاضر رایج‌ترین استراتژی در مدیریت و کنترل به‌هنگام شبکه‌های فاضلاب می‌باشد اگرچه، سیستم‌های کنترل مرکزی و سراسری شبکه و همچنین سیستم‌های کنترل جامع و یکپارچه (که شبکه، تصفیه‌خانه و آب‌های پذیرنده را یک‌جا در نظر می‌گیرد) نیز به تدریج اهمیت یافته و توجهات بیش‌تری را به خود جلب می‌کند.

1- Local Control
2- Global Control

مهندسین آب و فاضلاب تهر ا ن
(رابین کو)

فصل ۳

انواع شبکه جمع آوری فاضلاب

۳-۱- کلیات

شبکه‌های فاضلاب را از چند جنبه می‌توان تقسیم‌بندی نمود که ذیلا به اختصار مطرح می‌شود. اما پیش از ورود به این مبحث لازم است به حالت‌های مختلف هیدرولیک انتقال جریان در خطوط فاضلابرو اشاره شود [۱۰۱]:

الف- جریان ثقلی نیمه پر[1]: در این حالت، نیروی محرکه جریان نیروی ثقل بوده و جریان درون مجرا دارای سطح آزاد می‌باشد.

ب- جریان ثقلی در شرایط اضافه‌بار هیدرولیکی[2]: در این حالت، نیروی محرکه برای انتقال جریان نیروی ثقل است اما در قسمتی از شبکه به‌علت پس‌زدگی آب، ارتفاع بار هیدرولیکی در فاضلابرو بالاتر از رقوم تاج مجرا قرار می‌گیرد و آن قسمت از شبکه به‌صورت پر و تحت فشار عمل می‌کند.

ج- جریان تحت فشار[3]: در این حالت، نیروی محرکه اصلیِ برای انتقال جریان نیروی پمپاژ است که در اثر آن تمام یا قسمتی از شبکه به‌صورت تحت فشار عمل می‌کند تا بر نیروی ثقل غلبه کند یا با آن هماهنگ شده و آن را تقویت نماید.

د- جریان در شرایط خلا[4]: در این حالت، فاضلاب توسط نیروی مکش حاصل از پمپ‌های مکنده به داخل شبکه کشیده شده و حرکت می‌نماید.

۳-۲- شبکه‌های متعارف و غیرمتعارف

۳-۲-۱- شبکه‌های متعارف

علاوه بر ویژگی اصلی شبکه‌های متعارف که انتقال جریان در آن‌ها به‌صورت ثقلی است، لوله‌ها با شیب یکنواخت (از بالادست به پایین‌دست) به‌گونه‌ای طراحی می‌شوند که سرعت شستشو تقریبا در تمامی بازه‌ها تامین گردد ولی سرعت جریان به اندازه‌ای زیاد نشود که به بافت لوله صدمه بزند؛ این لوله‌ها که قطر ۲۰۰ میلی‌متر یا بیش‌تر دارند، معمولا در عمق ۰/۹ تا ۷/۵ متر از سطح زمین کار گذاشته می‌شوند و سازه‌های آدم‌رو در فواصل مختلف در طول مسیر خطوط لوله پیش‌بینی می‌شود [۹۲].

1- Partially Full Gravity Flow
2- Surcharged Gravity Flow
3- Pressure Flow
4- Vacuum Flow

۳-۲-۲- شبکه‌های غیرمتعارف[1]

شبکه‌های فاضلاب غیرمتعارف ممکن است در یک بخش و یا کل سامانه جمع‌آوری فاضلاب مورد استفاده قرارگیرند و عموما برای مناطق جدید توسعه شهری (حومه شهرها) و روستاها (اجتماعات کوچک) یا مکان‌هایی که عمر مفید سپتیک تانک در آن‌ها سپری شده است مناسب می‌باشند.

اگرچه شیوه‌های انتقال فاضلاب به صورت غیرمتعارف، از مبدا تولید فاضلاب تا تخلیه‌گاه متفاوت می‌باشند، ولی از سوی دیگر وجوه اشتراک زیادی نیز بین خصوصیات این شبکه‌ها وجود دارد؛ به طور مثال در تمامی آن‌ها معمولا از لوله‌های پلاستیکی استفاده می‌شود که در ترانشه با عمق کم کار گذاشته می‌شوند، درحالی‌که در روش متعارف، فاضلابروها عموما در اعماق بیش‌تر نصب می‌شوند. همچنین در اکثر شبکه‌های غیرمتعارف، تعداد و عمق آدم‌روها به حداقل ممکن رسیده و میزان نشتاب ورودی به طور محسوسی کاهش پیدا می‌نماید که با کم شدن میزان دبی، متناسبا حجم سرمایه‌گذاری در مراحل ساخت و بهره‌برداری نیز کاهش پیدا می‌کند.

معمولا درتمامی روش‌های غیرمتعارف، میزان سرمایه‌گذاری اجرایی در مقایسه با روش متعارف کم‌تری است (به‌جز در مناطقی که دارای تراکم بالای جمعیتی می‌باشند)، بنابراین چنانچه از روش‌های غیرمتعارف برای مناطق روستایی یا حومه‌های شهری استفاده شود، مزایای آن درصرفه جویی اقتصادی حاصل شده کاملا محسوس و نمایان خواهد شد. روش‌های غیرمتعارف برای مناطقی که به‌کارگیری روش متعارف در آن‌ها با سختی و هزینه بالا همراه است، جایگزین مناسبی بوده و در عین حال می‌توان از آن‌ها به عنوان یک قسمت الحاقی به کل سامانه جمع‌آوری فاضلاب نیز بهره برد.

ازآنجا که برخی از اجزای بحرانی شبکه‌های غیرمتعارف در مجاورت محل تولید فاضلاب و در مکان‌های خصوصی (داخل منازل) قرارخواهندگرفت، لذا لزوم اطلاع‌رسانی و افزایش آگاهی عمومی مردم برای عملکرد موفق سامانه فاضلاب ضروری است. اتخاذ این رویکرد، پتانسیل وقوع خرابی در هنگام اجرای سامانه فاضلاب را به حداقل رسانده و مزایای متعددی را در زمان بهره‌برداری به همراه خواهد داشت.

انواع شبکه‌های غیرمتعارف عبارتند از:

الف- شبکه فاضلاب تحت فشار[2]

ب- شبکه فاضلاب تحت خلا (مکشی)[3]

ج- شبکه فاضلاب با قطرکوچک[4]

د- شبکه فاضلاب ساده شده[5]

1- Alternative Sewers
2- Pressure Sewer
3- Vacuum System
4- Small Diameter Gravity Sewers
5- Simplified Sewer

در شبکه‌های غیرمتعارف (به‌جز شبکه ساده شده که در بند ۳-۲-۲-۴- مورد اشاره قرار گرفته است)، فاضلاب پیش از ورود به شبکه جمع‌آوری، موقتا در یک مخزن سپتیک[1] ذخیره شده یا از پمپ خردکننده[2] عبور داده می‌شود تا مورد پیش‌تصفیه قرار گرفته و عاری از ذرات جامد گردد؛ بدین ترتیب این امکان فراهم می‌شود که طراحی شبکه با محدودیت‌های کم‌تری در زمینه شیب کارگذاری و سرعت‌های حداقل و حداکثر جریان مواجه شود و استفاده از لوله‌هایی با قطر و عمق کارگذاری کم‌تری در قالب یک سیستم غیرثقلی امکان‌پذیر گردد [۹۲ و ۶۵].

چنانچه منطقه طرح دارای یک یا چند ویژگی زیر باشد، ممکن است شبکه غیرمتعارف درتمام یا بخشی از شهر راه حل بهتری را نسبت به شبکه متعارف ارائه دهد [۶۵]:

- منطقه طرح مسطح بوده و برای انتقال فاضلاب نیاز به تعداد زیادی تلمبه‌خانه باشد.
- خاک نامناسب بوده (مثلا خاک دیواره ترانشه به‌شدت ریزشی و ناپایدار باشد) یا به حفاری عمیق نیاز باشد.
- سطح سفره آب زیرزمینی بالا باشد.
- جنس زمین منطقه سنگی باشد.
- محل طرح دارای منازل مسکونی پراکنده و تراکم جمعیت پایین باشد.
- منطقه دارای پستی و بلندی زیاد باشد.
- منطقه طرح دارای کاربری‌های تجاری متراکم، معابر تنگ، باریک و پر رفت و آمد باشد.
- به‌دلایل مشخصی (ملاحظات اجتماعی و زیست‌محیطی) حداقل مزاحمت برای ساکنین مورد نظر باشد.

در انتخاب برخی از انواع شبکه‌های غیرمتعارف نظیر شبکه‌های مکشی باید به مواردی نظیر پذیرش و استقبال شهروندان، امکانات تهیه یا ساخت تجهیزات درکشور و مسایل نگهداری و بهره‌برداری نیز توجه شود.

در برخی از انواع شبکه‌های غیرمتعارف، مخازن سپتیک که در داخل منازل یا در معابر کار گذاشته می‌شوند، ممکن است به لحاظ نگرانی از انتشار بو (خصوصا در مناطق گرمسیر) مورد اعتراض و یا عدم استقبال شهروندان قرار گیرند. لذا در جانمایی و طراحی این مخازن باید به مسایل اجتماعی و زیست‌محیطی مربوطه نیز توجه شود.

عملکرد و ویژگی‌های انواع مختلف شبکه‌های غیرمتعارف، در ذیل مورد بررسی قرار گرفته است.

۳-۲-۲-۱- شبکه‌های تحت فشار

در یک شبکه غیرمتعارف تحت فشار، لوله‌های فاضلابرو دارای قطری کوچک هستند و فاضلاب پیش‌تصفیه شده به درون لوله‌ها پمپاژ می‌شود تا به‌صورت تحت فشار به تصفیه‌خانه فاضلاب منتقل شده یا به یک جمع‌کننده اصلی که به‌صورت ثقلی عمل می‌کند، تخلیه گردد [۶۵].

1- Septic Tank
2- Grinder Pump

در شبکه‌های تحت فشار معمولا از لوله‌های پلاستیکی استفاده می‌شود تا بتوان آن‌ها را به‌دقت آب‌بندی نموده و فشار داخلی شبکه را در حد معینی ثابت نگه داشت. این لوله‌ها معمولا به‌موازات سطح زمین و در عمق کم کار گذاشته می‌شوند و عمق کارگذاری آن‌ها نیز معمولا به اندازه‌ای است که لوله‌ها را از خطر یخزدگی و بارهای ترافیکی محافظت نماید و محدودیت دیگری در این زمینه اعمال نمی‌شود [۶۵].

شبکه‌های غیرمتعارف تحت فشار بر حسب نوع سیستم مورد استفاده برای پیش‌تصفیه فاضلاب به دو گروه تقسیم می‌شوند [۶۵]:

الف- سیستم مجهز به مخزن سپتیک و پمپ رانش (STEP)[1]

در این نوع شبکه تحت فشار، کل فاضلاب تولیدی در ساختمان‌های مسکونی، تجاری یا اداری به‌صورت ثقلی وارد مخزن سپتیک شده و از طریق ته‌نشینی، به سه لایه تفکیک می‌گردد؛ روغن و جامدات معلق در لایه بالایی قرار می‌گیرند، مواد جامد سنگین در لایه پایینی ته‌نشین می‌شوند و لایه میانی که سیالی عاری از مواد جامد است، بعد از عبور از یک فیلتر، از طریق پمپ به درون فاضلابروی تحت فشار رانده می‌شود. پمپ در داخل یک چاهک تر که داخل مخزن سپتیک یا درمجاورت آن قرار دارد، نصب می‌شود. سیال خروجی از فیلترِ مخزن سپتیک، به این چاهک تر تخلیه شده و بعد از رسیدن تراز سطح آب به ارتفاعی معین یک حس‌گر یا سنسور، پمپ را فعال می‌نماید تا پمپاژ آغاز شود؛ با پایین افتادن سطح آب در چاهک تر، سنسور دوم فعال شده و پمپاژ جریان قطع می‌گردد. لازم به ذکر است که معمولا یک سنسور سوم نیز در چاهک تر پیش‌بینی می‌شود که در صورت بروز مشکل در عملکرد سنسورهای اول و دوم، فعال شده و اعلام خطر می‌کند.

ب- سیستم مجهز به پمپ خردکننده[2]

در این نوع شبکه تحت فشار، مخزن سپتیک وجود ندارد و برای پیش‌تصفیه فاضلاب (به‌منظور جداسازی از مواد جامد) از پمپ خردکننده استفاده می‌شود؛ این پمپ معمولا در یک چاهک تر از جنس پلاستیک قرار گرفته و توسط سنسورهای تعبیه شده در چاهک، با تغییر سطح فاضلاب روشن و خاموش می‌شود. یک سنسور دیگر نیز وظیفه اعلام خطر در صورت بروز مشکل در سیستم را بر عهده دارد که وجود آن ضروری است زیرا به‌لحاظ حجم کوچک چاهک، در صورت بروز اشکال در سیستم، مشکل باید سریعا و در همان روز توسط خدمه نگهداری از تاسیسات برطرف شود.

۳-۲-۲-۱-۱- مقایسه دو نوع سیستم الف و ب

- پمپ‌های مورد استفاده در هر دو سیستم، در طول نخستین سال بعد از نصب، نیاز به بازبینی و سرویس منظم دارند تا از عدم بروز مشکل در سیستم اطمینان حاصل شود؛ بعد از گذشت این مدت، ممکن است پمپ‌ها تا

1- Septic Tank Effluent Pump (STEP)
2- Grinder Pump System

پنج سال نیاز به سرویس نداشته باشند ولی در هر صورت بازرسی و بازبینی پمپ‌ها و سایر اجزای سیستم، حداقل یک بار در سال ضروری است و می‌باید انجام شود.

- از لحاظ میزان مصرف انرژی، این سیستم‌ها چندان پرهزینه نیستند زیرا معمولا توان پمپ‌های مورد استفاده از یک یا دو اسب بخار تجاوز ننموده و به‌علاوه، این پمپ‌ها تنها چند دقیقه در روز فعال می‌شوند. به‌طور کلی در مقایسه بین این دو سیستم، مصرف انرژی در سیستم مجهز به پمپ خردکننده بالاتر است.
- در هر دو سیستم به جای آدم‌رو از دریچه‌های پاک‌سازی[1] استفاده می‌شود که ابعاد کوچک‌تری دارند و هزینه احداث آن‌ها کم‌تری است. تعبیه دریچه پاک‌سازی در محل پمپ‌ها، فیلترها و تمامی بخش‌های شبکه که نیاز به بازرسی، تعمیر و نگهداری دارند، ضروری است.
- در سیستم STEP، تخلیه مخزن سپتیک به تناوب مورد نیاز است که فواصل زمانی آن بستگی به شرایط موجود و پارامترهایی از قبیل ابعاد مخزن، عادات مصرف مشترکین سیستم و تعداد افراد تحت پوشش هر مخزن دارد. معمولا در اکثر مواقع تخلیه مخزن هر سه تا پنج سال یک بار ضرورت می‌یابد.

۳-۲-۲-۲- شبکه‌های تحت خلا (مکشی)[2]

در شبکه‌های مکشی، فاضلاب به‌صورت ثقلی از محل مصرف به یک انباره موقت[3] تخلیه شده و از آنجا توسط نیروی مکشیِ ایجاد شده در ایستگاه پمپاژ مرکزی با شدت زیاد به داخل شبکه اصلی کشیده می‌شود. شدت نیروی مکشی معمولا به اندازه‌ای زیاد است که کلیه قطعات جامد موجود در فاضلاب را در هم می‌شکند و بنابراین در این نوع شبکه‌ها نیز می‌توان مانند شبکه‌های تحت فشار، از لوله‌های پلاستیکی با قطر کم استفاده نمود. همچنین به دلیل عدم اتکای سیستم به نیروی ثقل، می‌توان لوله‌ها را در عمق کم و به‌موازات سطح طبیعی زمین کار گذاشت، اگرچه معمولا شیب اندکی به‌سمت پایین‌دست را برای شبکه در نظر می‌گیرند و هر جا که عمق لوله از حد معینی فراتر رود، از ایستگاه بالابر استفاده می‌شود [۶۵].

استفاده از این نوع شبکه معمولا تنها در مناطق مسطح یا با شیب اندک متداول است چون نیروی مکشی حاصل از خلا محدوده بوده و نمی‌تواند فاضلاب را بیش از ۶ متر ارتفاع به بالا بکشد. همچنین بیش‌ترین فاصله سرشاخه شبکه فاضلاب تا موقعیت ایستگاه مکش بسته به شرایط توپوگرافی عموما بیش از ۴ کیلومتر طول نمی‌تواند داشته باشد [۶۵].

زمانی‌که حجم فاضلاب در انباره موقت از حد معینی بیش‌تر شود، دریچه بادی یا پنوماتیک[4] انباره طبق فرمان سنسور باز شده و فاضلاب به‌سمت ایستگاه پمپاژ مکیده می‌شود؛ دریچه برای زمان کوتاهی پس از تخلیه انباره نیز باز

1- Cleanouts
2- Vacuum Sewers
3- Holding Tank
4- Pneumatic

می‌ماند و مقداری هوا به داخل شبکه می‌کشد. مخلوط فاضلاب و هوا در ایستگاه پمپاژ وارد یک مخزن بزرگ شده و در آنجا تصفیه می‌گردد یا مجددا به سمت تصفیه‌خانه پمپاژ می‌شود [۶۵].

در شبکه‌های تحت خلا به‌علت وجود نیروی مکشی شدید، معمولا رسوب‌گذاری و گرفتگی لوله‌ها رخ نمی‌دهد و بنابراین در این نوع شبکه نیازی به تعبیه آدم‌رو یا چاهک بازرسی نمی‌باشد [۶۵].

پمپ‌های خلا در ایستگاه پمپاژ مجهز به سنسور هشداردهنده یا اعلام خطر هستند؛ به‌علاوه برای مواقع قطع برق معمولا یک ژنراتور اضطراری پیش‌بینی می‌شود که وظیفه تامین انرژی مورد نیاز سیستم را بر عهده دارد؛ با این وجود کنترل روزانه پمپ‌های مکشی در ایستگاه پمپاژ و کنترل سالانه دریچه‌های پنوماتیکِ انباره‌های فاضلاب ضروری بوده و از اهمیت زیادی برخوردار است [۶۵].

۳-۲-۲-۳- فاضلابروهای ثقلی با قطر کوچک (SDGS)[1]

در شبکه‌های غیرمتعارف SDGS مانند شبکه‌های متعارف از نیروی ثقل برای جمع‌آوری و انتقال فاضلاب استفاده می‌شود اما این نوع شبکه سایر ویژگی‌های یک شبکه متعارف را دارا نبوده و مانند شبکه تحت فشار STEP، در آن از مخزن سپتیک برای پیش‌تصفیه فاضلاب و جداسازی ذرات جامد استفاده می‌شود. به علاوه، یکی دیگر از خصوصیاتی که سبب می‌شود شبکه‌های SDGS در گروه شبکه‌های غیرمتعارف قرار گیرند این است که فاضلابروهای ثقلی با قطر کوچک برخلاف شبکه‌های متعارف (که شیب آن‌ها همیشه به‌سمت پایین‌دست است)، از پروفیل سطح زمین تبعیت نموده و شیب متغیری دارند؛ این ویژگی سبب می‌شود که در مناطق کوهستانی یا نواحی خاص دیگری که برای احداث یک شبکه متعارف حجم زیادی از عملیات خاکی مورد نیاز است، استفاده از شبکه‌های SDGS یک گزینه اقتصادی‌تر باشد [۶۵].

به دلیل اینکه جریان فاضلاب در شبکه SDGS تا حد زیادی عاری از مواد جامد است، می‌توان مانند شبکه‌های تحت فشار یا مکشی، از لوله‌هایی با قطر کوچک‌تر برای طراحی این شبکه استفاده نمود اما معمولا قطر لوله‌ها را کمی بزرگ‌تر از سایر انواع شبکه‌های غیرمتعارف در نظر می‌گیرند، زیرا هیچ‌گونه مکش یا فشاری در این شبکه وجود ندارد که مواد جامد خارج شده از مخزن سپتیک را که به‌صورت اتفاقی یا در اثر پرشدن مخزن از آن خارج شده‌اند در طول مسیر به ذرات ریزتر تجزیه کند و این مواد به‌همان صورت در لوله‌ها منتقل می‌شوند که این امر ممکن است باعث گرفتگی لوله‌ها گردد؛ به‌ویژه آن‌که حداقل سرعت شستشو نیز در بسیاری از بخش‌های شبکه تامین نمی‌گردد [۹۲ و ۶۵].

نکته قابل توجه در طراحی شبکه‌های SDGS این است که با وجود امکان تبعیت مسیر لوله‌ها از پروفیل سطح زمین، سرشاخه هر مسیر همواره باید در ارتفاعی بالاتری از تخلیه‌گاه قرار داشته و ارتفاع هیچ نقطه‌ای در طول مسیر نیز نباید بالاتر از نقطه شروع (سرشاخه) باشد تا انتقال جریان به‌کمک نیروی ثقل میسر گردد [۹۲].

1- Small Diameter Gravity Sewers (SDGS)

تبعیت از پروفیل طبیعی سطح زمین در کارگذاری لوله‌ها غالبا به‌معنای ایجاد تعدادی گودی و برآمدگی در طول خطوط مسیر شبکه است که این امر باعث پس‌زدگی جریان و ایجاد شرایط اضافه بار هیدرولیکی می‌گردد. در این شرایط، ارتفاع جریان در بالادستِ برآمدگی‌های مسیر به‌تدریج افزایش می‌یابد تا فشار لازم برای عبور جریان فراهم شده و فاضلاب از آن گلوگاه عبور نماید. وقوع این پدیده در شبکه‌های SDGS طبیعی بوده و به دلیل عاری بودن فاضلاب از مواد جامد و پایین بودن احتمال رسوب‌گذاری، معمولا به مشکل خاصی در شبکه منجر نمی‌شود؛ با این وجود در صورت بروز انسداد یا گرفتگی می‌توان از چاهک‌های پاک‌سازی یا آدم‌روهایی که در بعضی نقاط شبکه تعبیه می‌شوند برای رفع گرفتگی و شستشوی شبکه استفاده نمود. تخلیه دوره‌ای و کنترل عملکرد مخزن سپتیک نیز از ضرورت‌های بهره‌برداری و نگهداری از این سیستم است که مشابه شبکه STEP باید در زمان مقتضی انجام پذیرد [۹۲ و ۶۵].

۳-۲-۲-۴- شبکه‌های ساده شده[1]

در شبکه ساده شده، ضابطه حداقل قطر فاضلابروها و حداقل پوشش روی لوله‌ها کاهش یافته و شیب فاضلابروها به جای ضابطه حداقل سرعت، بر مبنای تنش برشی و نیروی کششی[2] تعیین می‌شود. (روابط هیدرولیکی مربوط به تنش برشی، نرم‌افزار و مثال عددی در منبع شماره ۱۳ آمده است). در این نوع شبکه، فاضلابروها در صورت امکان در پیاده‌روها نصب می‌شوند تا بارهای سنگین ترافیکی بر آن‌ها وارد نشود و آدم‌روهای شبکه نیز حذف یا ساده‌تر شده و از تعداد آن‌ها کاسته می‌شود که مجموع این اقدامات معمولا منجر به صرفه‌جویی در هزینه‌های اجرایی پروژه می‌شود. سایر خصوصیات اصلی شبکه‌های ساده شده به شرح ذیل است [۱۳]:

الف- در صورت امکان، محدوده مورد نظر به چندین حوزه سرویس تقسیم می‌شود تا هر یک از آن‌ها شبکه جمع‌کننده و تصفیه‌خانه مربوط به‌خود را داشته باشند.

ب- در طراحی شبکه‌های ساده شده، دوره طرح را کوتاه‌تر در نظر می‌گیرند تا هزینه اجرای /پروژه کاهش یابد.

ج- در سرشاخه‌های شبکه که میزان جریان فاضلاب کم‌تری است، استفاده از لوله‌هایی با قطر کوچک‌تر منجر به افزایش عمق جریان و در نتیجه افزایش سرعت در لوله‌ها می‌شود که پاک‌سازی و خودشستشویی لوله‌ها را بهبود می‌بخشد. نتایج بررسی‌های تجربی نشان می‌دهد که استفاده از لوله‌هایی به‌قطر ۱۰۰ میلی‌متر در سرشاخه‌ها مشکل خاصی در بهره‌برداری و نگهداری شبکه ایجاد ننموده و هزینه‌های اجرایی را نیز کاهش می‌دهد.

د- به‌منظور تامین امکان شستشوی خودکار شبکه، به‌جای ضابطه حداقل سرعت از ضابطه حداقل تنش برشی مورد نیاز (که برای جابجایی و معلق‌سازی دانه ماسه به‌قطر یک میلی‌متر کافی است) استفاده می‌شود.

هـ- در شبکه فاضلاب ساده شده، به‌جای آدم‌روهای متداول، از آدم‌روهایی با قطر کم‌تری استفاده می‌گردد چون به علت کم‌تری بودن عمق کارگذاری لوله‌های شبکه و امکان استفاده از تجهیزات مدرن بهره‌برداری، دیگر نیازی

1- Simplified Sewerage
2- Tractive Force

به ورود پرسنل به داخل شبکه نمی‌باشد. در محل تغییر شیب یا تغییر راستای مسیر نیز به‌جای آدم‌رو از یک محفظه ساده مدفون در خاک[1] استفاده می‌شود. با این وجود، در موارد ذیل استفاده از آدم‌روهای سنتی اجتناب‌ناپذیر است:

- در فاضلابروهای عمیق (عمق بیش از ۳ متر)
- در خطوط فاضلابروهای بسیار کم‌شیب
- در فاضلابروهایی‌که دارای پله یا شیب‌شکن عمودی یا ریزشی[2] هستند.
- در نقاط دبی‌سنجی و نمونه‌برداری از جریان فاضلاب

و- مشارکت و همکاری مردم در اجرا، بهره‌برداری و نگهداری از شبکه‌های فاضلاب ساده شده، معمولا نقش مهمی در موفقیت این سیستم‌ها ایفا می‌نماید که این امر باید در مرحله برنامه‌ریزی مورد توجه قرار گیرد.

۳-۳- شبکه‌های مجزا، نیمه‌مرکب و مرکب

این نوع تقسیم‌بندی شبکه‌های فاضلاب، براساس واحد و یا مجزا بودن مجرای جمع‌آوری و انتقال فاضلاب با آب‌های سطحی می‌باشد. انتخاب نوع شبکه اساسا به عوامل زیر بستگی دارد [۲۰]:

- سیاست‌های ملی و محلی مدیریت آب.
- نوع سیستم فاضلاب موجود و این‌که چگونه می‌توان آن را تغییر داد.
- تغییرات محتمل در آینده برای حوزه آبریزی که شهر جزئی از آن است به‌وجود آید.
- ماهیت فاضلاب‌های ورودی به سیستم
- شرایط آب و هوایی به‌ویژه رژیم بارندگی
- ظرفیت و کیفیت آب‌های پذیرنده
- استانداردهای زیست‌محیطی
- نیاز به پیش‌تصفیه
- توپوگرافی و سایر خصوصیات زمین
- تصفیه‌خانه
- ملاحظات اقتصادی
- سایر شرایط محلی

1- Simple Underground Boxes or Chambers
2- Drop

اتخاذ یک رویکرد جامع به دفع آب‌های سطحی؛ به‌لحاظ منافع، هم برکیفیت و هم بر کمیت آب‌های پذیرنده تاثیرگذار است. هرگاه سیستم جدیدی پیشنهاد می‌شود بهتر است آب‌های سطحی را از سایر فاضلاب‌ها جدا نگه داشت.

در انتخاب نوع شبکه جمع‌آوری فاضلاب برای مناطق شهری ایران؛ بنا به دلایل زیر معمولا اولویت با انتخاب شبکه مجزا است:

- تفکیک وظایف و مسوولیت‌ها بین شهرداری‌ها و شرکت‌های آب و فاضلاب به‌نحوی‌که مسوول جمع‌آوری، انتقال و هدایت آب باران و رواناب‌های شهری؛ شهرداری‌ها بوده و وظیفه جمع‌آوری و دفع فاضلاب بهداشتی به‌عهده شرکت‌های آب و فاضلاب می‌باشد.
- میزان محدود و اندک بارندگی سالانه؛ کوتاه بودن فصل بارندگی و تعداد معدود روزهای بارانی در سال در اکثر مناطق کشور.
- وجود سیستم جمع‌آوری و انتقال آب باران به‌صورت جوی‌های روباز و اجرای هم‌زمان آن‌ها با احداث معابر.
- الزام به جداسازی شبکه فاضلاب و سیستم دفع آب باران در داخل منازل با اجرایی شدن فصل ۱۶ مقررات عمومی ساختمان.

۳-۳-۱- شبکه مرکب و نیمه‌مرکب

شبکه شهرهایی‌که از گذشته دارای شبکه سنتی جمع‌آوری فاضلاب بوده‌اند معمولا از نوع مرکب می‌باشند. در این قبیل شهرها به‌علت عدم امکان جداسازی شبکه فاضلاب و آب باران داخل منازل، طرح شبکه نیمه‌مرکب یا بعضامرکب ممکن است با واقعیت منطقه سازگارتر باشد. مهندس مشاور/ طراح باید ابتدا وضعیت شبکه آب باران و فاضلاب داخل منازل را مورد بررسی دقیق قرار داده و موارد زیر را مشخص نماید:

- امکان جداسازی آب باران و فاضلاب بهداشتی
- امکان حفظ شبکه موجود و اختصاص آن به دفع آب‌های سطحی و اجرای شبکه جدید و مجزای فاضلاب بهداشتی

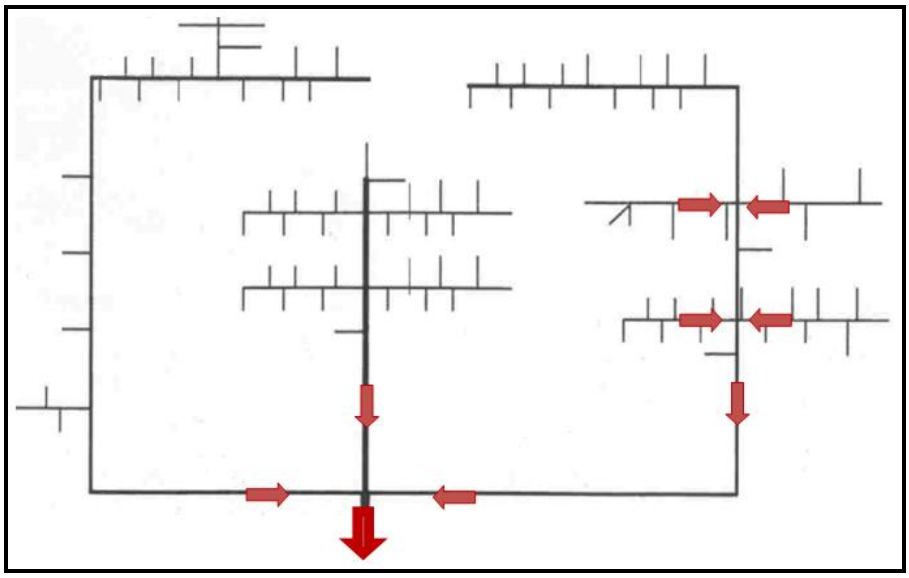
درصورت مثبت بودن پاسخ موارد فوق می‌توان شبکه جدید فاضلاب را براساس مبانی شبکه مجزا و ملحوظ داشتن مقدار پیشنهادی آب‌های نفوذی طراحی نمود. در غیراین‌صورت و با توجه به نتایج به‌دست آمده از بررسی‌های میدانی و تحلیل آمار بارندگی، شبکه جدید از نوع نیمه‌مرکب انتخاب می‌شود.

بدیهی است در مناطق توسعه آتی، با توجه به ابلاغ مقررات عمومی ساختمان و الزام رعایت مفاد فصل ۱۶ آن در ساختمان‌های مسکونی؛ امکان جداسازی شبکه آب و فاضلاب در ساختمان‌های جدیدالاحداث فراهم بوده و لذا در این نواحی شبکه از نوع مجزا انتخاب می‌شود.

۳-۴- انواع الگوی جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب

۳-۴-۱- الگوی متمرکز

در الگوی متمرکز (شکل ۳-۱)، فاضلاب از چندین منطقه پراکنده و مختلف به یک تصفیه‌خانه مرکزی منتقل می‌گردد.

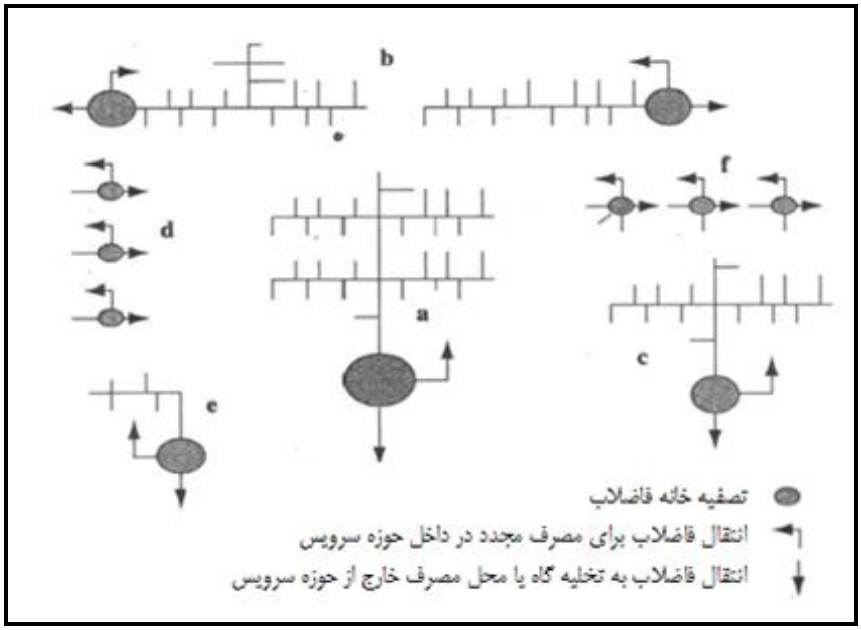


شکل ۳-۱- الگوی متمرکز جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب

۳-۴-۲- الگوی نامتمرکز

در الگوی نامتمرکز (شکل ۳-۲) فاضلاب در نزدیک‌ترین مکان به محل تولید یا به محل بالقوه مصرف، تصفیه و مورد استفاده مجدد قرار می‌گیرد. لذا در این نوع الگو برای تصفیه فاضلاب کل شهر ممکن است چند تصفیه‌خانه مورد نیاز باشد. به طور کلی در مناطق شهری یا روستایی چنانچه در هر کیلومتر طول فاضلابرو کم‌تری از یکصد واحد انشعاب فاضلاب متصل گردد و یا تفکیک اندازه قطعات زمین بیش از دو هزار مترمربع باشد استفاده از الگوهای متمرکز در این مناطق اقتصادی نبوده و به‌واسطه مزایای ذیل بیش‌تر الگوهای نامتمرکز می‌تواند مورد توجه قرار گیرد:

- کاهش آسیب‌پذیری سیستم (پدافند غیرعامل)
- افزایش فرصت‌های استفاده مجدد از فاضلاب
- کاهش قابل ملاحظه هزینه شبکه جمع‌آوری فاضلاب



شکل ۳-۲- الگوی نامتمرکز جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب

۳-۴-۳- ضوابط انتخاب الگوی متمرکز یا نامتمرکز

عوامل عمده موثر در انتخاب الگوی متمرکز یا نامتمرکز عبارتند از:

- سیاست‌های ملی و محلی مدیریت آب
- تعداد انشعاب فاضلاب قابل اتصال به ازای هر کیلومتر طول فاضلابروها
- اندازه تفکیک قطعات زمین و پراکنش آن‌ها
- درجه نیاز به استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه‌شده در مصارف شهری
- امکان تملک زمین برای ساخت تصفیه‌خانه‌های محلی و یا امکان ساخت تصفیه‌خانه در زیرزمین.
- شکل هندسی و جهات توسعه شهر
- شرایط توپوگرافی شهر، به ویژه در مواردی که شیب عمومی شهر در دو یا چند جهت مختلف بوده و ساخت بیش از یک تصفیه‌خانه امکان انتقال ثقلی کل فاضلاب شهر را فراهم می‌سازد
- برآورد اقتصادی دوره اجرا و بهره‌برداری

مهندسین آب و فاضلاب تهر ا ن

(رابین کو)

فصل ۴

مبانی و ضوابط طراحی

۴-۱- اطلاعات پایه مورد نیاز

- نقشه‌های توپوگرافی و شهری دارای رقوم ارتفاعی: حداقل مقیاس نقشه‌ها بسته به نیاز مراحل مختلف مطالعات شبکه فاضلاب به‌شرح زیر می‌باشد:
  ۱- برای مطالعات شناخت: ۱:۱۰۰۰۰ (برای کلان‌شهرها ۱:۲۵۰۰۰)
  ۲- برای مطالعات مرحله اول: ۱:۱۰۰۰۰ تا ۱:۵۰۰۰
  ۳- برای مطالعات مرحله دوم: ۱:۲۰۰۰ تا ۱:۱۰۰۰
  ۴- برای طراحی محوطه‌ها و تاسیسات خاص: ۱:۵۰۰
- مستندات طرح‌های هادی، جامع و تفصیلی
- نقشه‌های گذربندی و اسامی معابر
- نقشه کاربری اراضی
- اطلاعات جمعیتی
- اطلاعات مربوط به مصارف آب شهر
- اطلاعات هواشناسی به ویژه بارندگی
- گزارش ژئوتکنیک
- نقشه موقعیت تاسیسات زیر بنایی
- وضعیت موجود جمع‌آوری و دفع فاضلاب شهر

۴-۲- تعیین مقدار فاضلاب

در مناطقی‌که تحت پوشش شبکه جمع‌آوری فاضلاب قرار دارند، مقدار فاضلاب خام تولیدی باید با استفاده از آمار موجود یا اندازه‌گیری مستقیم جریان (دبی‌سنجی) در شبکه تعیین گردد. برای طرح‌های جدید، میزان فاضلاب خام تولیدی باید بر اساس مقدار آب مصرفی و با توجه به ضریب تبدیل آب به فاضلاب پس از کسر سهم آب‌هایی که به سیستم فاضلاب وارد نمی‌شوند از جمله مصارف فضای سبز (خانگی و عمومی) و تلفات فیزیکی آب از شبکه توزیع آب شهر تعیین گردد. ضریب تبدیل آب مصرفی به فاضلاب در دامنه ۷۵ تا ۸۵ درصد با توجه به اقلیم منطقه، فرهنگ مصرف و سطح زندگی مردم آن منطقه تعیین می‌شود [۲۱] و درصورت فقدان اطلاعات مورد نیاز برای تخمین نیاز آبی و متعاقبا برآورد فاضلاب خام تولیدی، می‌توان از مقادیر مجاز آب مصرفی که از سوی مراکز مسوول تعیین و اعلام شده و درصورت نبود آن اطلاعات، از میزان سرانه فاضلاب خام تولیدی در جوامع مشابه استفاده کرد [۱۰۱ و ۹].

یادآوری ۱- برای تعیین میزان جمعیت و برآورد مصرف سرانه آب به نشریه شماره ۳-۱۱۷ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس‌جمهور تحت عنوان «ضوابط طراحی سامانه‌های انتقال و توزیع آب شهری و روستایی (بازنگری اول)» مراجعه نمایید.

۴-۳- حوزه‌بندی[1] و تعیین سطوح فاضلاب‌گیر

برای تهیه طرح استقرار[2] شبکه فاضلاب ثقلی، ابتدا باید حوزه سرویس[3] و مسیر فاضلابروها بر روی نقشه توپوگرافی با دقت مناسب پیاده و مشخص گردد. حوزه سرویس شبکه جمع‌آوری فاضلاب شامل مناطقی می‌شود که فاضلاب آن‌ها (اعم از فاضلاب خام و آب‌های نفوذی) از طریق آدم‌روها وارد شبکه می‌گردد. پس از تعیین مسیر فاضلابروها و موقعیت آدم‌روها، برای حوزه‌بندی و تعیین سطوح فاضلاب‌گیر هرآدم‌رو[4]، باید مساحت سطوحی که فاضلاب آن‌ها (اعم از فاضلاب خام و آب‌های نفوذی) به یک آدم‌روی معین وارد می‌شوند، تعیین گردد.

۴-۴- ضریب حداکثر جریان فاضلاب[5]

برای تعیین ضریب حداکثر جریان فاضلاب باید اندازه‌گیری مستقیم فاضلاب (بده‌سنجی) در شبکه موجود انجام پذیرد. برای شبکه‌های جدید می‌توان از اندازه‌گیری‌هایی که در شبکه شهرهای مشابه صورت گرفته استفاده نمود. در صورت فقدان هر گونه اندازه‌گیری مقدار K_{max} را می‌توان از رابطه ۴-۱ استخراج نمود [۱۰۱ و ۶۴ و ۳۷ و ۱۰۱۹].

$$K_{max} = \frac{5}{P^{0.167}} \qquad (۱-۴)$$

که در آن، P، تعداد جمعیت بر حسب هزار نفر و K_{max} ضریب حداکثر جریان است.

حد بالای ضریب حداکثر جریان فاضلاب ۵ می‌باشد.

۴-۵- ضریب حداقل جریان فاضلاب[6]

اندازه‌گیری مستقیم جریان فاضلاب (بده‌سنجی) در شبکه موجود با استفاده از نتایج اندازه‌گیری‌هایی در شهرهای مشابه شهر مورد نظر بهترین منبع برای تعیین K_{min} می‌باشد و در صورت فقدان اطلاعات لازم می‌توان از رابطه ۴-۲ برای تعیین K_{min} استفاده نمود [۱۰۱].

1- Basin / Sewer shed Delineation
2- Layout
3- Service Areas
4- Drainage Area or Tributary Area
5- Peaking Factors
6- Minimum Flow Factor

$$K_{min} = 0.049(\frac{P}{1000})^{0.2} \quad (۴-۲)$$

که در آن، P تعداد جمعیت در حوزه سرویس مربوطه و K_{min} ضریب حداقل جریان فاضلاب می‌باشد.

۴-۶- نشتاب و آب‌های نفوذی

توصیه می‌شود مقادیر نشتاب و آب‌های نفوذی بر اساس نتایج حاصل از اندازه‌گیری جریان در شبکه فاضلاب محاسبه گردد. در صورت عدم امکان اندازه‌گیری و عدم دسترسی به چنین اطلاعاتی، باید از مقادیر تجربی زیر که از اندازه‌گیری شبکه‌های موجود در کشورهای مختلف به دست آمده است و در برگیرنده مجموع مقدار نشتاب و آب‌های نفوذی می‌باشد، استفاده نمود. مقدار نشتاب و آب‌های نفوذی برای طراحی شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب جدید با توجه به فاکتورهای زیر از ۰/۴ تا ۰/۶ لیتر بر ثانیه برای هر هکتار انتخاب می‌گردد [۹۷ و ۸۶ و ۷۷ و ۶۳ و ۴۳ و ۳۶ و ۹].

- وضعیت تراز سطح آب زیرزمینی نسبت به عمق شبکه فاضلاب
- میزان بارندگی منطقه
- جنس فاضلابرو و نوع اتصالات و کیفیت اجرا
- وجود یا فقدان شبکه فاضلاب سنتی و سن فاضلابرو
- تخمین تعداد اتصالات غیرمجاز آب باران (ازطریق پشت بام و حیاط) به فاضلابروها
- مشخصات خاک پیرامون لوله

برای طراحی تصفیه‌خانه می‌توان مقدار نشتاب (به تنهایی) را به صورت زیر در نظر گرفت: [۴۳ و ۹]

- در بخش‌هایی از شبکه که تراز آب زیرزمینی بالاتر از کف فاضلابروها است معادل: ۰/۱۵ لیتر بر ثانیه بر هکتار
- در بخش‌هایی از شبکه که تراز آب زیرزمینی پایین‌تر از کف فاضلابروها است معادل: ۰/۰۵ لیتر بر ثانیه بر هکتار

۴-۷- توصیه‌های عمومی در مورد عدم ورود آب‌های سطحی به شبکه فاضلاب

تکنیک‌های کاهش آب‌های نفوذی به شبکه جمع‌آوری فاضلاب و روش‌های نوین مدیریت رواناب‌های سطحی منشا کاهش حجم سیلاب ورودی به شبکه فاضلاب بوده و از آنجایی‌که به‌کارگیری این روش‌ها، موجب تقلیل توام حجم و اوج آب‌دهی رواناب‌های ورودی به شبکه می شود، لذا به‌کارگیری روش‌های یاد شده، کاهش ابعاد فاضلابرو، ظرفیت تصفیه‌خانه، حجم پمپاژ و در مواردی حذف تاسیسات ذخیره موقت و یا دائمی را به‌همراه خواهد داشت [۹۴].

عموما مهم‌ترین تکنیک های کاهش ورود آب‌های سطحی به شبکه جمع‌آوری فاضلاب را می توان در موارد زیر توصیه و خلاصه نمود:

- جلوگیری از ورود رواناب سطوح بام و حیاط به شبکه جمع‌آوری فاضلاب با استفاده از روش‌های نوین مدیریت رواناب‌های سطحی (عمده تکنیک‌های مورد استفاده شامل نفوذ دادن به زمین، تصفیه، ذخیره، تبخیر و نگهداری رواناب در نزدیکی منشا تولید آن می‌باشد).
- به‌کارگیری تاسیسات مسدود و یا محدود کننده جریان ورودی به شبکه جمع‌آوری فاضلاب و به تبع آن استفاده از حجم ذخیره موقت روی سطوح خیابان‌ها و معابر
- بهره‌گیری از چاله‌های جذبی و یا مخازن مدفون نفوذ آب باران در محل دریچه‌های ورود رواناب‌های سطحی به شبکه فاضلاب
- انحراف مسیر جریان آبراه‌های بالادست منتهی به شبکه جمع‌آوری فاضلاب [۹۱].

۴-۸- تعیین مقدار آب‌های سطحی

تعیین حجم و شدت جریان آب های سطحی (رواناب) در این ضابطه، در محدوده نیازهای طراحی شبکه فاضلاب نیمه مرکب بوده و اساسا به مواردی می پردازد که رواناب ناشی از بارندگی روی بام و حیاط ساختمان‌ها به درون شبکه هدایت می‌شود. بسته به شیب عمومی شهر و موقعیت معابر، معمولا رواناب حیاط نیمی از ساختمان‌ها، وارد معابر شهر می‌شود. چگونگی و کمیت این بخش از اراضی شهری که رواناب آن‌ها به درون شبکه فاضلاب هدایت نمی‌شود باید از طریق بازدیدهای میدانی در بافت‌های قدیمی و جدید شهر مورد مطالعه، برآورد و تعیین گردد.

به رغم وجود مقررات و ضوابط ساختمانی مبنی بر جلوگیری از ورود رواناب بام و حیاط ساخت و سازهای شهری (و انتقال رواناب مذکور به چاهک‌های ویژه آب باران)، مساله ورود رواناب بام و حیاط ساختمان‌های قدیمی و نیز اتصالات غیرمجاز هنوز در شهرهای مختلف کشور وجود دارد و از این‌رو باید مورد توجه قرار گرفته و پیش‌بینی‌های لازم به عمل آید. رواناب سایر سطوح شهری از جمله معابر و صحن اماکن و مستحدثات عمومی و همچنین رواناب حوزه‌های برون‌شهری مشرف به شهر (که جمع‌آوری، انتقال و دفع ایمن آن‌ها به مقوله کنترل سیلاب‌های شهری مربوط می‌شود) در این ضابطه مورد بحث قرار نمی‌گیرد.

آنچه باید مورد توجه قرار گیرد تامین شرایط ایمن و بهداشتی شهر از طریق احداث شبکه جمع‌آوری آب‌های سطحی و سیلاب‌های درون‌شهری و برون‌شهری است.

شبکه نیمه مرکب معمولا برای بخش‌هایی از شهر که بافت سنتی و قدیمی آن‌ها حفظ شده یا به کندی نوسازی می‌شود مطرح می‌گردد. اگرچه ورود رواناب ناشی از بارندگی بام و حیاط (یا صحن) ساختمان‌ها از این نواحی شهر به شبکه فاضلاب اجتناب‌ناپذیر است اما توانایی شبکه برای دریافت و انتقال آب باران محدود است و عملا فقط بارش‌های نسبتا کوچک را می‌توان به درون فاضلابروهای شبکه هدایت نمود. بدین ترتیب در شرایط وقوع بارش‌های نسبتا بزرگ یا بارش‌های حجیم و استثنایی (که هرچند ده سال یک‌بار حادث می‌شوند) شبکه نیمه مرکب قادر به دریافت و انتقال آب‌های سطحی مربوطه نبوده و مشکلات ناشی از فقدان شبکه آب‌های سطحی آشکار می‌شود. سیاست‌گذاری و وضع

مقررات برای کاهش مشکلات مذکور امری ضروریست که باید از طریق هماهنگی دستگاه‌های مسوول محلی دنبال و اجرا شود[۱] [۴۸ و ۲۴].

به منظور جلوگیری از فرار و تخلیه کنترل نشده جریان از شبکه نیمه مرکب (که به واسطه ورود آب باران به درون شبکه رخ می‌دهد) احداث و تعبیه سازه سرریز جریان مازاد در نقاط مناسب شبکه الزامی خواهد بود. ضابطه رایج در این زمینه اساسا متکی بر این رویه است که پیش از سرریز و تخلیه جریان، ضروریست فاضلاب شهری تا حد معین و مشخصی رقیق گردد، سپس می‌توان اقدام به احداث سرریز و تخلیه این فاضلاب رقیق شده نمود. میزان رقیق شدن فاضلاب شهری به وسیله آب باران قبل از تخلیه آن به آب‌های پذیرنده غالبا به صورت مضربی از DWF اعلام می‌گردد که برای ۱۲ کشور اروپایی ضریب مزبور بین ۲ تا ۱۰ می‌باشد [۱۰۱].

در این ضابطه حداقل میزان رقیق شدن جریان فاضلاب به منظور سرریز و تخلیه آن از شبکه (بسته به میزان حساسیت و آسیب‌پذیری آب‌های پذیرنده) معادل ۳ تا ۵ برابرِ متوسط DWF پیشنهاد می‌شود. به عنوان مثال، در صورت انتخاب 4 x DWF، سرریز از شبکه فاضلاب در نقاط و مکان‌هایی مجاز می‌باشد که میزان جریان حاوی فاضلاب خام و آب باران ورودی به شبکه در آن نقاط به حداقل یک قسمت فاضلاب و سه قسمت آب باران رسیده باشد.

۴-۹- محاسبه حجم، اوج آب‌دهی و هیدروگراف جریان سطحی

برای طراحی شبکه نیمه مرکب عموما باید اوج آب‌دهی جریان ناشی از بارندگی روی سطوح ذیربط را محاسبه و برآورد نمود. در مواردی که وسعت حوزه منتهی به نقطه محاسباتی بیش‌تر از ۱۰۰ هکتار باشد، تعیین اوج آب‌دهی کافی نیست و می‌باید هیدروگراف جریان سطحی را نیز تعیین نمود که ذیلا به روش‌های محاسباتی مربوطه اشاره می‌شود. برآورد حجم رواناب خصوصا در شرایطی مطرح می‌گردد که موضوع کاهش رواناب ورودی به شبکه از طریق نفوذ دادن آب باران به درون خاک یا ذخیره موقت رواناب بام ساختمان‌ها (در مخازن نسبتا کوچک که در حیاط یا محوطه مجاور ساختمان مستقر می‌شوند، یا روش‌های دیگر) مورد توجه قرار گیرد.

۴-۹-۱- داده‌ها

داده‌های اصلی برای کاربرد روش‌های محاسبه، حجم، اوج آب‌دهی و هیدروگراف جریان سطحی عبارتند از:

- مشخصات فیزیوگرافی حوزه آبگیر (حوزه آبریز) شامل مساحت، نوع خاک و پوشش زمین (کاربری)، ویژگی‌های سطوح از نظر تولید رواناب و زمان تمرکز.

۱- کاهش رواناب ورودی به شبکه نیمه مرکب از طریق انتقال رواناب حیاط و صحن ساختمان‌ها به درون باغچه یا چاهک‌های نفوذ، قطع ارتباط رواناب بام ساختمان‌ها با شبکه فاضلاب و هدایت این قبیل آب‌های سطحی به باغچه‌ها یا چاهک‌های نفوذ با ذخیره موقت رواناب در محدوده هر ساختمان قبل از تخلیه آن به شبکه فاضلاب چند نمونه از اقدامات معمول هستند که تمهیدات لازم برای گسترش کاربرد آن‌ها باید به عمل آید.

- بارش طراحی شبکه که یا مستقیما از نمودار شدت – مدت – فراوانی استخراج می‌شود و یا باید برای هر پروژه تولید گردد.

۴-۹-۱-۱- مشخصات فیزیوگرافی حوزه آبگیر

مشخصات فیزیکی و هیدرولیکی سطوح مولد رواناب با استفاده از نقشه‌های ۱:۲۰۰۰ موجود، بازدیدهای میدانی، وارسی و مرور مستندات محلی و گزارش‌های موجود تعیین می‌گردد. زمان تمرکز حوزه در محل هر نقطه محاسباتی به کمک چند روش تجربی محاسبه و برآورد می‌شود. حداقل زمان تمرکز باتوجه به کوچک‌ترین گام زمانی بارندگی که هم اکنون در ایران استخراج می‌شود معادل با ۱۰ دقیقه فرض می‌گردد[۱].

پوشش یا روکش بام‌ها در مناطق مختلف کشور متفاوت است. نوع غالب روکش بام و حیاط باید تعیین و پتانسیل یا استعداد تولید رواناب از این قبیل سطوح برآورد شود.

ضریب رواناب (ضریب C در فرمول منطقی) یا عدد منحنی رواناب (CN) را می‌توان، بسته به روش محاسباتی منتخب، در توصیف استعداد سطوح برای تولید رواناب (تبدیل بارش به رواناب) به‌کار برد.

جداول راهنمای انتخاب C یا CN و پارامترهای فرمول‌های تجربی ویژه برآورد تلفات بارندگی در منابع مختلف آمده است [۱۰۱ و ۸۵ و ۶۲ و ۵۹ و ۵۷ و ۲۳ و ۱۰].

برآورد نفوذپذیری خاک (که معمولا براساس نوع خاک و مراجعه به جداول راهنما و یا اندازه‌گیری مستقیم تعیین می‌شود) در مواردی ضرورت می‌یابد که رواناب بام یا حیاط ساختمان‌ها را باید به درون خاک نفوذ داد تا از بار ورودی به شبکه کاسته شود یا سرریز از شبکه در اوقات بارانی کاهش یابد [۵۹ و ۴۸ و ۲۴ و ۲۳].

۴-۹-۱-۲- باران طراحی

باران طراحی با ۴ مشخصه عمق یا ارتفاع باران، تداوم یا مدت بارش، توزیع زمانی و توزیع مکانی بارش معرفی و مشخص می‌گردد.

- تداوم یا مدت بارش، بسته به نوع روش محاسبه رواناب تعیین و انتخاب می‌شود. در مواردی که مساحت حوزه منتهی به نقطه محاسباتی از حدود ۱۰۰ هکتار بیش‌تر نباشد می‌توان از روش منطقی برای محاسبه اوج آب‌دهی رواناب استفاده نمود. تداوم بارش در این موارد معادل با زمان تمرکز حوزه (منتهی به هر نقطه محاسباتی) فرض می‌شود و شدت بارش مستقیما از نمودار شدت- مدت- فراوانی[۲] استخراج می‌گردد. هرگاه مساحت حوزه منتهی به نقطه محاسباتی بیش از ۱۰۰ هکتار باشد باید از روش‌هایی استفاده شود که

۱- استخراج داده‌های رگبارها در گام ۶ دقیقه نیز از برخی گراف‌های باران‌سنج ثبات صورت گرفته، اما این امر عمومیت ندارد. با این همه هرگاه داده‌های موجود در گام ۶ دقیقه یا کوتاه‌تر کافی باشد، می‌توان حداقل را معادل با ۶ دقیقه یا کم‌تر درنظر گرفت.

2- Intensity-Duration-Frequency (IDF)

هیدروگراف رواناب را به دست می‌دهند. در چنین مواردی، تداوم یا مدت بارش باید حداقل معادل با زمان تمرکز و معمولا مساوی یا بیش‌تر از ۲ برابر زمان حرکت و انتقال رواناب در سراسر طول شبکه باشد [۱۰]. زمان پیمایش شبکه یا زمان لازم برای ورود رواناب از دورترین نقطه، به درون شبکه و حرکت و انتقال رواناب به انتهای شبکه در اکثر قریب به اتفاق شهرها کوتاه‌تر از ۲ ساعت است و به ندرت به ۳ ساعت می‌رسد از اینرو تداوم بارش طراحی معمولا از ۶ ساعت تجاوز نمی‌کند. هرگاه از مخازن ذخیره موقت فاضلاب در شبکه مرکب استفاده می‌شود، تداوم بارش طراحی غالبا معادل با ۲۴ ساعت انتخاب می‌گردد. حداقل تداوم بارش، به واسطه محدودیت‌های اندازه‌گیری و انتشار داده‌های بارندگی در ایران برابر با ۱۰ دقیقه می‌باشد. حداکثر تداوم یا مدت بارش بسته به وسعت شهر و گستردگی شبکه، معادل با ۶ ساعت توصیه می‌شود.

- عمق یا ارتفاع بارش، پس از گزینش دوره بازگشت باران طراحی تعیین می‌شود. دوره بازگشت باران طراحی برابر با ۲ سال (مناطق مسکونی) یا ۵ سال (نواحی مهم کسب و کار، ادارات و سایر نواحی مهم شهر) توصیه می‌گردد. عمق یا ارتفاع بارندگی با تداوم معین را می‌توان به شدت بارندگی (میلی‌متر درساعت) نیز تبدیل نمود. روابط شدت- مدت- فراوانی (IDF) یا عمق- تداوم- فراوانی (DDF)[1] رایج‌ترین شکل ارائه اطلاعات مرتبط با فراوانی وقوع (یا دوره بازگشت)، عمق (یا شدت) و تداوم یا مدت بارندگی است. روابط شدت- مدت- فراوانی برای بسیاری از شهرهای ایران تهیه [۱۱۸ و ۱۱۷] و منتشر شده است. ازآنجاکه بین ۱۶ تا ۲۰ سال از زمان انتشار این اطلاعات می‌گذرد، حتی‌الامکان می‌باید روابط جدید براساس داده‌های تکمیلی موجود در هر شهر (هر پروژه) تهیه شود و از اطلاعات نام‌برده صرفا برای کسب آگاهی‌های عمومی استفاده گردد. روش تهیه روابط شدت- مدت- فراوانی در منابع مختلف از جمله [۱۰۱ و ۶۲ و ۵۹ و ۵۷ و ۲۲] آمده است.
- توزیع مکانی بارندگی، یا نحوه توزیع بارش در سطح شهر (محدوده طرح) معمولا و غالبا یکنواخت فرض می‌شود. در مواردی که وسعت محدوده مطالعات بیش‌تر از حدود ۱۰ کیلومترمربع (۱۰۰۰هکتار) باشد لازم است از ضرایب تبدیل عمق بارش نقطه‌ای به عمق بارش در سطح حوزه استفاده نمود. ضرایب تعدیل بارش نقطه‌ای در منابع مختلف از جمله [۱۱۲ و ۱۱۱ و ۸۴ و ۵۹] آمده است.
- توزیع زمانی بارش یا نحوه توزیع عمق بارندگی در طول مدتی که بارش ادامه دارد، یکی از داده‌های اصلی برای محاسبه هیدروگراف رواناب سطحی می‌باشد. توزیع زمانی بارش طراحی را می‌توان از روابط شدت– مدت – فراوانی استخراج نمود. روش کار در مرجع شماره [۶۲ و ۲۲] آمده است. توزیع زمانی بارش‌های ثبت شده محلی را نیز می‌توان مبنای کار قرار داد.

1- Intensity – Duration – Frequency / Depth – Duration – Frequency Curves

- در مواردی که از روش منطقی[1] استفاده می‌شود، توزیع زمانی بارش را می‌توان یکنواخت فرض نمود و نیازی به تعیین توزیع زمانی و مکانی بارش نیست؛ شدت یکنواخت بارش از نمودار شدت – مدت – فراوانی استخراج می‌شود.

۴-۹-۱-۳- تلفات بارندگی

محاسبه تلفات بارندگی برای تعیین عمق بارش خالص یا موثر و تعیین حجم رواناب ضروریست. تلفات بارندگی شامل دو بخش است که عبارتند از تلفات اولیه و تلفات ناشی از نفوذ باران به درون خاک، روش‌های مختلفی برای برآورد تلفات بارندگی رایج است (روش CN یا روش منحنی رواناب، فرمول‌های تجربی مانند فرمول‌های هورتن، ریچاردز، گرین– عمپت، هولتن، کاستیاکف[2] و غیره) که شرح آن‌ها در منابع مختلف آمده [۱۰۱ و ۱۰۰ و ۸۵ و ۶۲ و ۵۷ و ۲۲]. گزینش و کاربرد روش مناسب به عهده کارشناس است. روش محاسبه تلفات بارندگی (به ویژه روش منحنی رواناب (CN)، فرمول‌های هورتن و گرین- عمپت) رایج و مناسب است [۹۸ و ۸۴].

۴-۹-۲- روش‌های محاسبه رواناب

دو روش عمومی برای محاسبه رواناب ناشی از بارندگی رایج است:

- روشی که فقط پیک یا اوج جریان سطحی را به دست می‌دهد.
- روشی که هیدروگراف جریان سطحی را تهیه می‌کند.

روش منطقی رایج‌ترین روش برای محاسبه اوج آب‌دهی رواناب است و کاربرد آن در شرایطی مجاز است که مساحت حوزه منتهی به نقطه محاسباتی از ۱۰۰ هکتار تجاوز نکند. شرح تفصیلی روش منطقی و نحوه استفاده از آن در منابع مختلف آمده است [۵۹ و ۶۲ و ۱۰ و ۸۲ و ۱۴].

در مواردی که مساحت حوزه منتهی به نقطه محاسباتی بیش‌تر از ۱۰۰ هکتار باشد از روش‌هایی استفاده می‌شود که هیدروگراف جریان سطحی را به دست می‌دهند. انواع روش‌های مبتنی بر هیدروگراف واحد مصنوعی (از جمله روش SCS، اسنایدر، سانتاربارا، کلارک[3]) و یا روش‌های مبتنی بر مخزن خطی و غیرخطی و یا روش موج کینماتیک[4] را می‌توان به‌کار گرفت [۱۰۱ و ۸۲ و ۶۲ و ۵۹ و ۵۷ و ۵۶ و ۲۱ و ۱۴ و ۱۰].

1- Rational Method
2- Curve Number (CN) Method ; Horton , Richards , Green – Ampt ; Holtan ; Kostiakov
3- Synthetic Unit Hydrograph (SCS, Snyder , Santa – Barbara, Clark)
4- Linear & Non-Linear Reserviors / Kinematic Wave Hydrograph

۴-۱۰- ضوابط فنی طراحی شبکه فاضلاب ثقلی

۴-۱۰-۱- حداقل شیب و سرعت

برای جلوگیری از ته‌نشینی طولانی مدت و تجمع و تحکیم مواد رسوبی در فاضلابرو باید شرایطی ایجاد شود که مواد رسوبی به تصفیه‌خانه حمل و منتقل شود. روش متعارف برای جلوگیری از ته‌نشینی ذرات رسوبی، رسیدن سرعت جریان فاضلاب به سرعت شستشو است [۱۰۱]. طبق روش نیروی کششی[1] حداقل شیب فاضلابروها و سرعت شستشوی خودکار خودکار در شبکه‌های مجزا و مرکب برای اقطار مختلف به استثنای انشعابات خانگی به صورت جدول‌های (۴-۱) و (۴-۲) در نظر گرفته می‌شود [۴۷ و ۴۵]:

جدول ۴-۱- حداقل شیب و سرعت مجاز در فاضلابرو در شبکه‌های مجزا [۴۷ و ۴۵]

قطر (میلی‌متر)	شیب	سرعت شستشو (متر بر ثانیه)
۲۰۰	*۰/۰۰۶۰	۰/۷
۲۵۰	۰/۰۰۳۳	
۳۰۰	۰/۰۰۲۷	
۴۰۰	۰/۰۰۲۰	۰/۸
۵۰۰	۰/۰۰۱۶	
۶۰۰	۰/۰۰۱۴	
۷۰۰	۰/۰۰۱۲	۰/۹
۸۰۰ و بزرگ‌تر	۰/۰۰۱۰	

* در مسیرهایی که خطوط فاضلابرو به علت فقدان شیب کافی یا وجود موانع باعث عمیق شدن خطوط پایین دست می‌گردد، طراح مجاز است شیب لوله به قطر ۲۰۰ میلی‌متر (حداقل قطر فاضلابرو در شبکه‌های مجزا) در آن مسیرها را تا ۰/۰۰۴۱ کاهش دهد.

جدول ۴-۲- حداقل شیب و سرعت مجاز در فاضلابرو در شبکه‌های مرکب [۴۷ و ۴۵]

قطر (میلی‌متر)	شیب	سرعت شستشو (متر بر ثانیه)
۲۵۰	*۰/۰۰۷۲	۰/۹
۳۰۰	۰/۰۰۴۱	
۴۰۰	۰/۰۰۳۱	
۵۰۰	۰/۰۰۲۴	۱/۰
۶۰۰	۰/۰۰۲۰	
۷۰۰	۰/۰۰۱۷	
۸۰۰	۰/۰۰۱۵	۱/۱
۹۰۰	۰/۰۰۱۴	
۱۰۰۰	۰/۰۰۱۲	
۱۲۰۰ و بزرگ‌تر	۰/۰۰۱۰	

* در مسیرهایی که خطوط فاضلابرو به علت فقدان شیب کافی یا وجود مدافع باعث عمیق شدن خطوط پایین دست می‌گردد، طراح مجاز است شیب لوله به قطر ۲۵۰ میلی‌متر (حداقل قطر فاضلابرو در شبکه‌های مرکب) در آن مسیرها را تا ۰/۰۰۴۹ کاهش دهد.

1- Tractive Force Method

انشعابات خانگی نیز می‌باید با شیب حداقل ۱ درصد به فاضلابرو متصل شوند [۶۴ و ۹].

توصیه می‌گردد در کلیه انواع شبکه‌های فاضلاب، سرعت شستشو در فاضلابروها با اقطار مختلف برای حداکثر جریان ساعتی فاضلاب در طول ۲۴ ساعت بدون در نظر گرفتن نشتاب و جریان نفوذی آب‌های سطحی مطابق مقادیر مندرج در جدول‌های (۲-۱) و (۲-۲) تامین گردد. چنانچه با رعایت شیب‌های فوق، سرعت‌های محاسبه شده در فاضلابروها به سرعت شستشو (مندرج در جدول فوق) نرسد باید برای شستشوی فاضلابروها پیش‌بینی لازم انجام گردد. (به بند ۵-۱ مراجعه گردد.) به این منظور در مرحله طراحی لازم است سرعت جریان در فاضلابروها بر اساس جریان فاضلاب محاسبه شده در مقاطع زمانی ۵ ساله (از سال شروع بهره‌برداری (افق مبدا) تا پایان دوره طرح (افق مقصد)) با سرعت شستشو مقایسه گردد. درصورتی‌که مقدار سرعت موجود در هر یک از خطوط فاضلابرو کم‌تری از سرعت شستشو گردد باید آن فاضلابرو در نقشه‌های طراحی و جدول‌های هیدرولیکی محاسباتی پروژه مشخص گردند تا کارفرما از ضرورت اتخاذ تمهیدات لازم جهت شستشوی مصنوعی خطوط مذکور (شستشو با واترجت، شستشو با تخلیه ناگهانی جریان یا سایر روش‌های مشابه) در حین دوره بهره‌برداری آگاه گردد.

حداقل شیب فاضلابروها به دلیل محدودیت‌های اجرایی هیچگاه نباید از ۰/۰۰۱ (یک متر در یک کیلومتر) کم‌تری گردد.

۴-۱۰-۲- حداکثر سرعت

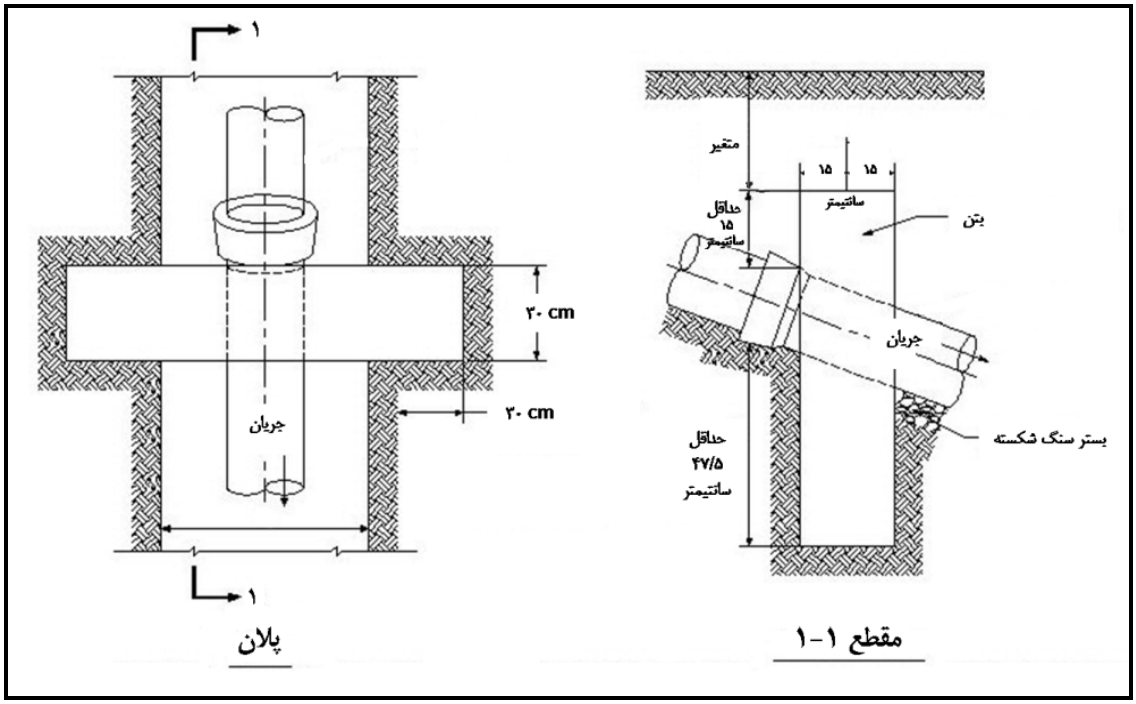
حداکثر سرعت در فاضلابروها تابعی از کمیت و کیفیت مواد رسوبی موجود در جریان فاضلاب می‌باشد و در حالت جریان طراحی شبکه و برای انواع جنس لوله [۱۱۴] باید در شبکه‌های مجزا به ۴/۵ متر بر ثانیه [۱۰۴ و ۱۰۱ و ۷۵ و ۶۶ و ۶۴ و ۳۴] و در شبکه‌های مرکب به ۶ متر بر ثانیه محدود گردد. [۸۱ و ۶۴]

در موارد خاص به شرط اتخاذ تدابیر ویژه برای جلوگیری از فرسایش یا جابجایی لوله‌ها در اثر نیروی ناشی از جریان (مانند استفاده از لوله چدنی [۱۰۱ و ۲۷] یا استفاده از مستهلک کننده‌های انرژی [۱۰۱]) سرعت حداکثر در شبکه‌های مجزا را می‌توان تا ۶ متر بر ثانیه افزایش داد [۱۰۱].

۴-۱۰-۳- حداکثر شیب

فاضلابروهایی که شیب بیش از ۲۰ درصد دارند باید به وسیله سازه بتنی (مانند شکل ۴-۱) مهار شوند، فاصله مرکز تا مرکز این مهارها به صورت زیر توصیه می‌شود [۱۰۴ و ۶۶ و ۶۴ و ۳۴]:

- کم‌تری از ۱۱ متر برای زاویه‌های بین ۲۰ تا ۳۵ درجه
- کم‌تری از ۷/۳ متر برای زاویه‌های بین ۳۵ تا ۵۰ درجه
- کم‌تری از ۴/۹ متر برای زاویه‌های بیش از ۵۰ درجه



شکل ۴-۱- سازه مهار کننده فاضلابروها

۴-۱۰-۴- حداقل ابعاد فاضلابرو

حداقل قطر فاضلابرو در شبکه‌های مجزا ۲۰۰ میلی‌متر [۱۰۴ و ۹۳ و ۸۳ و ۷۵ و ۶۶ و ۳۴ و ۲۷] و در شبکه‌های مرکب ۲۵۰ میلی‌متر [۱۱۴ و ۶۴] می‌باشد.

در نشریه شماره ۳۸۲ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس‌جمهور تحت عنوان «راهنمای نصب انشعابات فاضلاب ابنیه»، قطر فاضلابرو برای انشعابات خانگی ارائه گردیده است، لیکن با توجه به تجارب سایر کشورها، حداقل قطر انشعابات ۱۵۰ میلی‌متر توصیه می‌گردد [۱۰۴ و ۸۳ و ۷۸ و ۷۵ و ۶۶ و ۵۴ و ۱۲].

۴-۱۰-۵- عمق نصب فاضلابروها

حداقل و حداکثر عمق مجاز فاضلابروها با توجه به موارد زیر قابل تعیین است:

۴-۱۰-۵-۱- حداقل عمق کارگذاری لوله

پارامترهای موثر در تعیین حداقل عمق کارگذاری فاضلابروها به‌شرح ذیل می‌باشند:

الف- عمق یخبندان

حداقل پوشش خاک روی فاضلابرو باید به‌نحوی انتخاب گردد که از آسیب دیدن لوله در شرایط یخبندان محافظت کند. لوله‌هایی‌که در عمق کافی برای جلوگیری از اثرات یخبندان قرار ندارند باید عایق حرارتی شوند [۷۱ و ۳۵ و ۱۰۴ و ۷۵ و ۶۴ و ۳۴ و ۲۰].

ب- بارهای وارده

پوشش خاک روی فاضلابرو باید به اندازه‌ای باشد کـه لولـه را در مقابـل آسـیب‌هـای سـازه‌ای ناشـی از بارهـای وارده حفاظت نماید [۸۳ و ۷۱ و ۳۴ و ۹].

توصیه می‌شود پوشش خاک روی فاضلابروهایی که در زیرخیابان‌های اصلی (با عرض بیش از ۲ باند عبـوری وسـایل نقلیـه) قرار می‌گیرند حداقل ۱/۲ متر و برای فاضلابروهایی‌که در معابر دیگر قرار می‌گیرند حداقل ۰/۹ متر باشد [۱۰۹ و ۶۶].

ج- روش اجرا

با توجه به اینکه روش‌های اجرایی مختلف محدودیت‌های متفاوتی از نظرحداقل پوشـش خـاک روی فاضـلابرو دارنـد، حداقل پوشش خاک روی لوله می‌باید محدودیت‌های مربوط به روش اجرایی منتخب را درنظر گیرد و یا اینکه روش اجـرا متناسب با نیازهای حداقل پوشش خاک روی لولـه انتخـاب گـردد. (بـه عنـوان مثـال پوشـش خـاک روی لولـه در روش لوله‌رانی باید حداقل دو برابر قطر لوله و یا در روش تونل سنتی حداقل ۲ متر در نظر گرفته شود.)

د- دریافت انشعاب خانگی

عمق فاضلابرو باید به اندازه‌ای باشد که فاضلاب را از اکثر انشعابات خانگی به‌صورت ثقلی دریافت نمایـد. بـرای ایـن منظـور فاضلابرو باید در عمقی قرار داشته باشد که انشعاب خانگی با حداقل شیب به‌صورت ثقلـی بـه آن متصـل گـردد. بنـابراین کـف فاضلابرو باید حداقل ۰/۹ تا ۱/۵ متر پایین‌تر از کف طبقه همکف ساختمان‌های مجاور باشد. در مورد ساختمان‌هایی‌که زیـرزمین آن‌ها خیلی پایین‌تر از سطح خیابان قرار داشته و تخلیه فاضلاب ساختمان به فاضلابرو به‌صورت ثقلـی اقتصـادی نیسـت توصـیه می‌شود از پمپ فاضلاب استفاده گـردد [۱۰۴ و ۸۱ و ۷۱ و ۶۴ و ۳۵ و ۳۴ و ۹]. درصـورتی‌کـه در یـک محلـه یـا شـهر تعـداد زیرزمین‌ها قابل ملاحظه باشد می‌توان با مجوز کارفرما عمق شبکه را تا حدی‌که بتواند به زیرزمین‌ها سرویس دهد پایین آورد.

هـ- تلاقی و تداخل با تاسیسات شهری

در هنگام طراحی باید به مساله عدم تداخل و تلاقی فاضلابرو با سایر تاسیسات شهری کـه در خیابـان و پیـاده‌روهـای عمومی قرار دارند توجه شود. عمق فاضلابرو باید به‌نحوی انتخاب شود که فاضـلابرو از زیـر کلیـه تاسیسـات شـهری (بـه استثنای مترو و شبکه جمع‌آوری آب‌های سطحی) عبور کند [۹]. درصورتی‌که شبکه آب‌های سطحی بـه‌صـورت مـدفون باشد، فاضلابرو را می‌توان هم‌تراز یا بالاتر از لوله‌های شبکه آب‌های سطحی قرار داد.

۴-۱۰-۵-۲- حداکثر عمق کارگذاری لوله

حداکثر عمق نصب فاضلابرو با در نظر گرفتن موارد زیر تعیین می‌گردد [۱۰۱]:

- محدودیت‌های اجرایی روش اجرای منتخب
- نیازهای بهره‌برداری و نگهداری

- عمق آب زیرزمینی
- جنس فاضلابرو
- نیاز به استفاده از ایستگاه‌های بالابر در شبکه
- جنس زمین

توصیه می‌شود با توجه به ملاحظات اجرایی و بهره‌برداری، حداکثر عمق کارگذاری فاضلابروها بیش‌تر از ۷/۵ متر نباشد.

۴-۱۰-۶- ارتفاع جریان فاضلاب و درصد پرشدگی

ابعاد فاضلابرو برای جریان طراحی شبکه، باید به‌نحوی انتخاب گردد که همواره جریان آزاد برقرار باشد. حداکثر پرشدگی در شرایط جریان طراحی برای لوله‌های با قطر کوچک‌تر از ۴۰۰ میلی‌متر، ۰/۶۵ قطر لوله [۳۲ و ۳۱ و ۲۷] و برای لوله‌های با قطر ۴۰۰ میلی‌متر و بیش‌تر، حداکثر پرشدگی ۰/۷۵ قطر لوله می‌باشد [۳۲ و ۲۷ و ۹].

محدودیت‌های مربوط به تغییرات ناگهانی درصد پرشدگی در طول فاضلابروها در بخش تهویه شبکه‌های فاضلاب ذکر گردیده است.

۴-۱۰-۷- سایر ملاحظات

در مکان‌هایی که تغییر قطر فاضلابرو ضرورت یابد، توصیه می‌شود از روش موسوم به «تاج به تاج» استفاده گردد که ضمن آن تراز فوقانی تاج لوله‌های ورودی و خروجی به آدم‌رو، یکسان و برابر انتخاب می‌شود.

کاهش قطر فاضلابروها به سمت پایین‌دست مجاز نمی‌باشد؛ یعنی با توجه به شرایط توپوگرافی و نیازهای طراحی شبکه، قطر لوله‌های متوالی به سمت پایاب ثابت مانده یا افزایش می‌یابد.

۴-۱۱- معادلات مورداستفاده و ضرایب زبری جداره

برای محاسبه ظرفیت هیدرولیکی و تعیین اندازه مناسب فاضلابروها در مرحله طراحی شبکه ثقلی فاضلاب، استفاده از رابطه مانینگ، رابطه ۴-۳ توصیه می‌شود:

$$Q = 1/n.A.R^{2/3}.S^{1/2} \qquad (۴-۳)$$

Q: آب‌دهی یا میزان جریان (مترمکعب بر ثانیه)

N: ضریب زبری جداره لوله

A: مساحت تر شده لوله (مترمربع)

R: شعاع هیدرولیکی لوله (متر) = A/P

P: محیط ترشده لوله (متر)

S: شیب فاضلابرو (بدون بعد)

ضریب زبری مانینگ (n) عمدتا تابع جنس مجرا، عمق جریان، شکل سطح مقطع و نهایتا مدت زمان سپری شده از آغاز بهره‌برداری از فاضلابرو می‌باشد [۹].

۴-۱۱-۱- انتخاب ضریب مانینگ در طراحی شبکه‌های جدید

تاثیر جنس مجرا در ضریب زبری مانینگ در جدول (۴-۳) مشخص شده است [۱۱۵ و ۱۱۴ و ۵۸ و ۳۶ و ۱۷]؛ باید توجه داشت که طبق تحقیقات موسسه ASCE آمریکا، پس از گذشت مدتی نسبتا کوتاه از آغاز بهره‌بردای از شبکه، ضریب مانینگ در تمام فاضلابروها به مقدار ثابتی نزدیک می‌شود که دیگر تابع جنس مجرا نیست بلکه معرف زبری لایه لجنی[1] است که در کف و جداره فاضلابرو تشکیل می‌گردد [۹]؛ ضریب مانینگ در این حالت برای تمام انواع مجاری در حدود ۰/۰۱۳ می‌باشد بنابراین توصیه می‌شود در زمان طراحی و انتخاب قطر مناسب برای فاضلابروها، ضریب n در هیچ‌یک از انواع لوله‌ها با جنس‌های گوناگون، کوچک‌تر از ۰/۰۱۳ در نظر گرفته نشود [۱۰۴ و ۸۱ و ۷۵ و ۶۴ و ۲۵ و ۹]؛ در شرایط خاص و غیرمتعارف از لحاظ طراحی، اجرا و بهره‌برداری یا برای لوله‌هایی که جداره زبرتری دارند (نظیر لوله بتنی فاقد هرگونه روکش) می‌توان برای اطمینان بیش‌تر، ضریب زبری را در محدوده مندرج در جدول، بالاتر از ۰/۰۱۳ نیز در نظر گرفت. انتخاب ضرایب کوچک‌تر از ۰/۰۱۳ در محدوده مندرج در جدول نیز ممکن است در شرایط خاص (از قبیل طراحی مجرای انتقال جریان سرریز شده از شبکه مرکب یا طراحی مجرای انحراف موقت جریان) مجاز باشد اما این امر منوط به بررسی کامل شرایط پروژه و ارائه دلایل فنی می‌باشد.

ضریب مانینگ درلوله نیمه‌پر بزرگ‌تر از ضریب زبریِ همان لوله در شرایط پر بوده و مقدار این ضریب به‌ترتیب در مقاطع مستطیلی، مثلثی، ذوزنقه‌ای و دایره‌ای کاهش می‌یابد [۹]. با این وجود تغییر دادن ضریب مانینگ با کم و زیاد شدن عمق جریان، همچنین دخیل نمودن تاثیر شکل سطح مقطع در انتخاب این ضریب، در شرایط عادی متداول نمی‌باشد.

جدول ۴-۳- ضریب مانینگ برای مصالح مختلف [۱۱۵ و ۱۱۴ و ۵۸ و ۳۶ و ۱۷]

جنس مجاری بسته	ضریب مانینگ (n)
لوله آزبست سیمان	۰/۰۱۱ - ۰/۰۱۵
فاضلابروی آجری	۰/۰۱۳ - ۰/۰۱۷
لوله چدن با روکش سیمانی	۰/۰۱۱ - ۰/۰۱۵
لوله بتنی	۰/۰۱۱ - ۰/۰۱۵
بتن‌ریزی درجا - سطح قالب هموار است - سطح قالب ناهموار است	 ۰/۰۱۲ - ۰/۰۱۴ ۰/۰۱۵ - ۰/۰۱۷
لوله بتن پلیمری	۰/۰۰۹ - ۰/۰۱۱
لوله پلی اتیلن - جداره داخلی لوله هموار[2] است	۰/۰۰۹ - ۰/۰۱۵

1- Slime Layer

۲- لوله‌های پلی‌اتیلن از نوع اسپیرال معمولا ضریب زبری بالاتری نسبت به سایرانواع دارند.

ادامه جدول ۴-۳- ضریب مانینگ برای مصالح مختلف [۱۱۵ و ۱۱۴ و ۵۸ و ۳۶ و ۱۷]

جنس مجاری بسته	ضریب مانینگ (n)
لوله پی‌وی‌سی - جداره داخلی لوله هموار است	۰/۰۰۹ - ۰/۰۱۱
لوله پلاستیکی تقویت شده با الیاف شیشه (GRP)	۰/۰۰۹ - ۰/۰۱۱
سفال	
- لوله سفالی	۰/۰۱۱ - ۰/۰۱۵
- لوله با پوشش سفالی	۰/۰۱۳ - ۰/۰۱۷
لوله فلزی موجدار	
- بدون روکش	۰/۰۲۲ - ۰/۰۲۶
- فقط کف لوله روکش شده	۰/۰۱۸ - ۰/۰۲۲
- با روکش آسفالت	۰/۰۱۱ - ۰/۰۱۵
یادآوری: به واسطه تولید لجن در دیواره مجاری، مقدار ضریب مانینگ در تمامی موارد، حداقل برابر با ۰/۰۱۳ توصیه می‌شود.	

۴-۱۱-۲- تخمین ضریب مانینگ در شبکه‌های موجود

تخمین ضریب زبری لوله‌های شبکه در حال بهره‌برداری به منظور محاسبه ظرفیت هیدرولیکی آن‌ها نیازمند بازرسی داخل مجاری بوده و وابسته به پارامترهایی از قبیل جنس لوله، میزان انحراف از محور طولی لوله‌ها در محل اتصالات، عمر لوله و فرسودگی ناشی از آن، عمق لجن موجود در لوله و نهایتا وجود یا عدم وجود موانع خارجی (مثل اتصالات برجسته، قلوه‌سنگ یا ریشه درختان) در داخل فاضلابرو می‌باشد [۱۰۷]. یکی از روش‌های تخمین ضریب زبری در چنین شرایطی در منبع [۱۰۷] آمده است.

۴-۱۲- افت جریان در آدم‌رو

علاوه بر افت انرژی در طول مسیر فاضلابرو، افت موضعی و محلی انرژی نیز در برخی نقاط شبکه جمع‌آوری فاضلاب وجود دارد که علت آن اغتشاش و آشفتگی جریان، جریان‌های چرخشی که در اثرتغییرات سرعت و جهت جریان و یا گرفتگی مسیرجریان، ایجاد می‌شوند، می‌باشد. آدم‌روها، یکی از محل‌های عمده افت موضعی انرژی است [۳۷] که می‌باید در محاسبات هیدرولیک شبکه فاضلاب منظور گردد [۵۶ و ۲۰].

افت انرژی در محل آدم‌روها به شکل و ابعاد آدم‌رو، تعداد و ابعاد فاضلابروهای ورودی به و خروجی از آدم‌رو، وجود یا عدم وجود پرش هیدرولیکی در آدم‌رو، زاویه چرخش و انحراف جریان در آدم‌رو، میزان جریان و تراز قرارگیری ورودی و خروجی وابسته است. افت انرژی در محل آدم‌رو باید در محاسبات شبکه فاضلابرو در نظر گرفته شود. نحوه محاسبه افت انرژی در محل آدم‌روهای شبکه‌های فاضلاب به‌شرح زیر توصیه می‌گردد [۲۵ و ۷۱]:

- در مرحله طراحی یا تحلیل شبکه‌های فاضلاب توصیه می‌شود افت موضعی انرژی در آدم‌روها با افزایش ضریب مانینگ منظور و جبران شود. میزان افزایش ضریب مانینگ به‌طورکلی معادل با ۱۰ درصد توصیه می‌گردد. [۴۹ و ۳۷]
- درمواردی‌که ارزیابی دقیق‌تر افت انرژی درشبکه فاضلابرو مطرح باشد، توصیه می‌گردد که ازنرم افزارهایی استفاده شودکه قادر به محاسبه افت‌های موضعی درشبکه می‌باشند و معمولا از رابطه ($kv^2 / 2g$) استفاده می‌کنند. ضریب افت انرژی موضعی (k) بسته به شرایط آدم‌رو بر اساس جدول (۴-۴) برآورد می‌گردد [۹۹ و ۵۲ و ۲۸ و ۲۰].

جدول ۴-۴- ضریب افت انرژی موضعی در آدم‌روها [۹۹ و ۵۲ و ۲۸ و ۲۰]

شکل مقطع افقی آدم‌رو	ضریب افت بر حسب زاویه لوله خروجی با امتداد لوله ورودی		
	۰ درجه	۳۰ درجه	۶۰ درجه
مستطیلی	۰/۱	۰/۴۰	۰/۸۵
دایره‌ای	۰/۱۵	۰/۵۰	۰/۹۵

تذکر: اگر علاوه بر چرخش جریان در آدم‌رو، آدم‌رو به عنوان سازه اتصال نیز عمل نماید بسته به تعداد و میزان جریان فرعی ورودی و مشخصات هندسی محل اتصال، ضریب افت انرژی موضعی را باید ۷۰ تا ۱۰۰ درصد افزایش داد [۶۲].

- درمواردی‌که طراحی و استقرار سازه‌های خاص در محل آدم‌روها مد نظر باشد و محاسبه دقیق ارتفاع آب و خط انرژی جریان اهمیت داشته باشد، توصیه می‌گردد تا ضریب افت انرژی موضعی نیز با دقت مکفی و با استفاده از روش‌های موسوم به روش محاسبه انرژی و روش انرژی مختلط به کمک رابطه زیر محاسبه گردد [۱۰۱ و ۹۹ و ۷۹ و ۶۷ و ۵۶ و ۳۸ و ۳۶ و ۲۰]:

$$K = K_0.C_D.C_d.C_Q.C_P.C_B \qquad (۴-۴)$$

که در آن k_0 ضریب افت عمومی یا پایه، C_D ضریب تصحیح قطر لوله، C_d ضریب تصحیح عمق جریان، C_Q ضریب تصحیح میزان جریان، C_B ضریب تصحیح سکوی آدم‌رو و C_P ضریب تصحیح جریان ریزشی در آدم‌رو می‌باشد. نحوه برآورد و محاسبه ضرایب مذکور در منابع [۱۰۱ و ۹۹ و ۷۹ و ۶۷ و ۵۶ و ۳۸ و ۳۶ و ۲۰] درج شده است.

درمواردی‌که بنا به تشخیص مهندس طراح محاسبه افت‌های موضعی انرژی ضروری نباشد (مثلا در شبکه‌های کوچک فاضلاب با حوزه سرویس حداکثر ۳۰۰ هکتار)، به‌منظور جلوگیری از پس‌زدگی جریان در محل آدم‌روها، باید رقوم کف یا تاج لوله خروجی نسبت به لوله ورودی آدم‌رو بسته به سرعت و میزان تغییر در جهت جریان به‌میزان ۳ تا ۶ سانتی‌متر پایین‌تر آورده شود. میزان کاهش رقوم کف لوله خروجی برای آدم‌روهایی با چرخش ۴۵ درجه در جهت جریان، معادل ۳ سانتی‌متر و برای آدم‌روهای با چرخش ۹۰ درجه در جهت جریان، برابر با ۶ سانتی‌متر توصیه می‌گردد [۶۴ و ۳۷ و ۳۶].

۴-۱۳- ضوابط مربوط به پرش هیدرولیکی

به‌منظور پرهیز از شکل‌گیری جریان ناپایدارکه ممکن است باعث بروز نوسانات در سیال و درنتیجه کاهش ظرفیت شبکه شود، بیشینه عدد فرود[1] (F_R) درشرایط انتقال جریان طراحی می‌باید به عدد ۲ محدود گردد [۶۱ و ۴۱]. درصورتی‌که مقدارعدد فرود در بعضی مکان‌های خاص (مانند آدم‌روهای ریزشی) از ۲ بیش‌تر باشد، استفاده از سازه مناسب برای استهلاک انرژی سیال ضروری است [۲۶].

۴-۱۴- ضوابط مربوط به پس زدگی و اضافه‌بار هیدرولیکی

در شبکه‌های فاضلاب مجزا در شرایط انتقال جریان طراحی نباید هیچ‌گونه اضافه‌بار هیدرولیکی یا سورچارج[2] بر مجاری فاضلابرو تحمیل شود [۷۸ و ۶۰ و ۲۰]. در مرحله طراحی شبکه‌های فاضلاب مختلط، وجود اضافه‌بار هیدرولیکی با در نظر گرفتن موارد زیر مجاز شمرده می‌شود [۲۰]:

الف- کنترل فراوانی یا بسامد بروز اضافه‌بار هیدرولیکی: در طراحی شبکه‌های فاضلاب مختلط باید فراوانی وقوع اضافه‌بار هیدرولیکی به مقادیر مناسب محدود گردد و از وقوع مکرر این پدیده پیشگیری شود.

ب- مهار اثرات سوء پس‌زدگی: اضافه‌بار هیدرولیکی علاوه بر کاهش ظرفیت مجاری ممکن است موجب پس زدن فاضلاب در انشعابات شبکه شود، از این رو ضروری است اثرات سوء این پدیده بررسی و تمهیدات لازم برای مهار آن اندیشیده شود.

ج- پرهیز از تداوم شرایط بی‌هوازی: پرشدگی لوله‌های فاضلابرو در شرایط اضافه‌بار هیدرولیکی، به تدریج باعث شکل‌گیری شرایط بی‌هوازی و تولید سولفید هیدروژن (H_2S) می‌گردد. این شرایط ضمن ایجاد بوی نامطبوع، باعث خوردگی مجاری فاضلابرو نیز خواهد شد [۱۰۵ و ۳۰]. بنابراین باید به‌منظور جلوگیری از تداوم شرایط بی‌هوازی، مدت زمان سورچارج در شبکه، کوتاه و محدود باشد.

۴-۱۵- انتخاب جنس لوله

انتخاب جنس مناسب برای لوله‌های مورد استفاده در اجرای شبکه‌های فاضلاب یکی از پارامترهای مهم و موثر در عملکرد، کارایی، دوام، عمر مفید و هزینه تمام شده اجرای شبکه به‌شمار می‌رود. انتخاب مناسب‌ترین جنس لوله برای فاضلابروها بیش از هر چیز بستگی به شرایط محل اجرا و مشخصات طرح دارد اما به‌طورکلی می‌توان گفت که استفاده از هر دو نوع لوله‌های صلب و انعطاف‌پذیر (طبق جدول ۴-۵) در طراحی و اجرای شبکه‌های فاضلاب مجاز است به‌شرط آن‌که جمیع معیارهای اقتصادی، سازه‌ای، هیدرولیکی و زیست‌محیطی که مرتبط با پروژه تحت بررسی هستند، در این

1- Froude Number
2 - Surcharge

انتخاب مدنظر قرار گیرند (بند ۴-۱۵-۱). شایان توجه است که الزاما تمام معیارهای مندرج در بند مذکور، در یک پروژه خاص مطرح نیستند و انتخاب جنس لوله باید برمبنای شاخص‌های عملکردیِ مورد نیاز در هر پروژه و باتوجه به معیارهای مرتبط صورت پذیرد.

جدول ۴-۵- لوله‌های مجاز برای استفاده در طراحی و اجرای شبکه‌های فاضلاب

لوله‌های صلب (انعطاف ناپذیر)	لوله‌های انعطاف‌پذیر
بتنی ساده یا مسلح (به همراه پوشش داخلی)	پلاستیک تقویت شده با الیاف شیشه (GRP)
بتن پلیمر	پلی‌اتیلن فشرده (HDPE)
سفالی	پلی وینیل کلراید سخت (UPVC)
چدنی	

۴-۱۵-۱- معیارهای تصمیم‌گیری در انتخاب جنس لوله

برخی از مهم‌ترین معیارهای تصمیم‌گیری در انتخاب جنس لوله عبارتند از:

- فاصله حمل تا محل اجرا
- قیمت واحد لوله و اتصالات
- عمر مفید لوله
- نیاز یا عدم نیاز به اجرای پوشش‌های داخلی و خارجی برای محافظت از لوله
- روش بسترسازی و اجرا از حیث هزینه‌ها و سهولت عملیات اجرایی
- میزان تلفات در زمان حمل، دپو و اجرا (مقاومت در برابر ضربه، شکستگی و تغییرشکل)
- محدودیت در قطرهای تولیدی
- توانایی تحمل بارهای خارجی
- مقاومت شیمیایی سطح خارجی و داخلی لوله در برابر خورندگی خاک و فاضلاب‌های خورنده
- مقاومت جداره داخلی در برابر سایش (ناشی از مواد معلق موجود در فاضلاب یا در زمان شستشو با واترجت)
- ضریب زبری جداره داخلی لوله
- طول شاخه‌های لوله و تعداد اتصالات (تعدد اتصالات، احتمال بروز نشتاب را افزایش داده و ورود نشتاب سبب کاهش ظرفیت هیدرولیکی مجرا برای انتقال فاضلاب می‌شود. همچنین تعدد اتصالات، احتمال خروج فاضلاب و آلودگی آب‌های زیرزمینی را افزایش می‌دهد)
- وزن لوله
- نحوه آب‌بندی لوله با بدنه آدم‌رو
- قابلیت آب‌بندی اتصالات و جلوگیری‌از ورود نشتاب به داخل شبکه یاخروج فاضلاب و آلودگی آب‌های زیرزمینی

- میزان آلایندگی فرایند تولیدِ یک جنس معین لوله در محل کارخانه
- زیان‌آور نبودن بقایای لوله‌های فرسوده برای محیط زیست و امکان بازیافت آن‌ها

۴-۱۵-۲- شاخص‌های عملکردی موردانتظار از لوله انتخابی

در هر پروژه، شاخص‌های عملکردیِ موردانتظار، بسته به شرایط محل اجرا و مشخصات طرح تعیین می‌گردند با این همه، برخی از شاخص‌های عملکردی لوله‌های فاضلاب باید در هر شرایطی تامین شوند؛ این شاخص‌های اصلی به‌شرح زیر می‌باشند:

۴-۱۵-۲-۱- مقاومت در برابر سایش

امروزه شستشوی فاضلابروها با دستگاه واترجت یکی از مهم‌ترین فعالیت‌های مرتبط با بهره‌برداری و نگهداری از شبکه‌های فاضلاب به‌شمار می‌رود؛ بنابراین لازم است سطح جداره داخلی کلیه لوله‌های مورداستفاده در شبکه، در برابر حداکثر فشار استاندارد واترجت مقاوم باشند؛ حداکثر فشار استاندارد پمپ واترجت با حداکثر زمان نگهداشتِ[1] ۶۰ ثانیه روی یک نقطه از جداره لوله، برای جنس‌های مختلف لوله در جدول (۴-۶) آورده شده است [۱۰۸].

جدول ۴-۶- حداکثر فشار مجاز پمپِ واترجت در لوله‌های سالم با جنس‌های مختلف (حداکثر زمان نگهداشتِ نقطه‌ای ۶۰ ثانیه) [۱۰۸]

جنس لوله	حداکثر فشار مجاز پمپ واترجت bar (psi)
آزبست سیمان	۳۴۰ (۵۰۰۰)
سفالی	۳۴۰ (۵۰۰۰)
بتنی	۳۴۰ (۵۰۰۰)
پلاستیکی (UPVC, HDPE)	۱۸۰ (۲۶۰۰)

۴-۱۵-۲-۲- قابلیت تحمل بار[2]

لوله‌های فاضلابرو که در زیرزمین کارگذاشته می‌شوند باید در برابر بارهای وارده مقاومت کافی داشته باشند تا دچار تغییر شکل غیرقابل‌قبول (لوله‌های انعطاف‌پذیر) یا شکستگی و ترک (لوله‌های صلب) نگردند. مقاومت سازه‌ای لوله‌های مورداستفاده[3]، عمق کارگذاری، نوع بسترسازی و کیفیت اجرا موثرترین عوامل در تعیین توانایی لوله برای تحمل بارها می‌باشند. به‌طورکلی هدف از طراحی سازه‌ای لوله‌ها آن است که نوع و مشخصات لوله به‌گونه‌ای انتخاب شود که در شرایط کارگذاری شده، توانایی تحمل بارهای وارده را داشته باشد. در شرایطی‌که پوشش خاک روی لوله در بزرگراه‌ها کم‌تری از ۱/۲ متر و در سایر مکان‌ها کم‌تری از ۰/۹ متر باشد و همچنین درمواردی‌که ارتفاع خاک روی لوله بیش از ۶ متر باشد، توصیه می‌شود طراحی سازه‌ای لوله با استفاده از منابع [۶۹ و ۴۵] صورت پذیرد اما در سایر موارد درصورتی‌که

1- Hold Time
2- Structural Performance or Supporting Strength
3- Pipe Strength

بسترسازی به‌صورت مناسب و اصولی و برطبق مشخصات فنی مورد نیاز و ضوابط نشریه ۲۹۱- آلبوم جزییات تیپ خطوط انتقال و شبکه‌های آب و فاضلاب اجرا گردد، نیازی به طراحی مذکور نیست.

۴-۱۶- ضوابط طراحی تخلیه‌گاه‌ها

در محل تخلیه سرریز شبکه‌های مرکب یا نیمه مرکب به آب‌های پذیرنده باید ضوابط سازه‌ای، هیدرولیکی و زیست محیطی به شرح ذیل مد نظر قرار گیرد:

- ضوابط هیدرولیکی

- کف مجرا یا لوله در محل اتصال به تخلیه‌گاه نباید پایین‌تر از کف آبراه یا مجرای پذیرنده باشد و حتی‌الامکان باید بالاتر از آن قرار گیرد.
- تراز سطح جریان (در حالت سیلاب طراحی) در محل اتصال به تخلیه‌گاه باید مساوی یا بالاتر از حداکثر سطح جریان آب متناظر با سیلاب ۵ ساله در آبراه پذیرنده باشد به نحوی که جریان خروجی از شبکه به صورت آزاد تخلیه گردد. در مواردی که رعایت این امر ممکن نباشد و احتمال پس زدن و برگشت جریان به مجرای تخلیه از شبکه وجود داشته باشد، توصیه می‌شود در محل اتصال شبکه به تخلیه‌گاه از دریچه یا شیر یک‌طرفه[1] استفاده شود [۸۱ و ۶۲ و ۵۶ و ۲۰].
- زاویه بین راستای جریان تخلیه شونده و محور آبراه پذیرنده نباید بیش از ۹۰ درجه باشد و توصیه می‌شود که حتی‌الامکان این زاویه بین ۳۰ تا ۴۵ درجه درنظر گرفته شود.

- ضوابط زیست محیطی

- سازه تخلیه‌گاه شبکه باید به صورتی طراحی شود که از بروز فرسایش در محل تخلیه جریان به آب‌های پذیرنده جلوگیری به عمل آید [۸۱ و ۷۱ و ۵۶ و ۲۰ و ۹].
- اثرات تخلیه شبکه فاضلاب به آب‌های پذیرنده بر محل تخلیه از نظر زیست محیطی بررسی و ارزیابی شده و مواردی نظیر اثرات تخلیه بر چشم‌انداز و جنبه‌های زیباشناختی [۲۰]، اکولوژی [۴۴] و آلودگی آب‌های پذیرنده مدنظر قرار گیرد. تاثیر این عوامل باید در حد و اندازه‌ای باشد که مورد تائید استانداردهای زیست محیطی است.

یادآوری ۱: برای آگاهی از سایر ضوابط به نشریه شماره ۵۳۵ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس‌جمهور تحت عنوان «ضوابط زیست‌محیطی استفاده مجدد از آب‌های برگشتی و پساب‌ها» مراجعه نمایید.

1- Flap Gate or non-return Valve

- ضوابط سازه‌ای

- برای حفاظت سازه تخلیه‌گاه در مقابل سیلاب‌های احتمالی به ویژه فرسایش و آب‌شستگی پی سازه باید تمهیدات خاص مانند دیوار آب‌بند[1]، سپرکوبی[2] و نظایر آن‌ها پیش‌بینی گردد [۴۴].

مطالعات هیدرولیکی و هیدرولوژی لازم برای حصول اطمینان از تخلیه جریان فاضلاب به تخلیه‌گاه باید انجام پذیرد. این مطالعات باید نشان دهد که تخلیه آزادانه امکان‌پذیر بوده یا در صورت عدم امکان تخلیه آزاد مشکلات مربوطه به ویژه تداوم و گسترش پس زدگی در شبکه و پیامدهای آن شامل غرقاب شدگی، انتشار بو و رسوب‌گذاری در شبکه تا چه حد و به چه میزانی می‌باشد.

۴-۱۷- روش‌های تحلیل و طراحی

روش‌های مختلفی برای طراحی شبکه‌های فاضلاب وجود دارد که با توجه نوع شبکه (مجزا یا مرکب)، اهمیت ناحیه، پیچیدگی و بزرگی شبکه در دست طراحی، به شرح ذیل طبقه‌بندی می‌گردند [۲۰]:

- روش‌های ساده/ تجربی[3]: در این قبیل روش‌ها جریان فاضلاب به صورت پایدار و یکنواخت[4] فرض می‌شود و برای محاسبه زمان حرکت جریان از سرعت در لوله پر استفاده می‌گردد. این روش‌های ساده و تجربی برای طراحی شبکه فاضلاب نواحی با مساحت کوچک (تا ۱۰۰ هکتار) به کار می‌رود.
- روش موج کینماتیک[5]: در این روش جریان به صورت ناپایدار و یکنواخت[6] فرض می‌شود و زمان لازم برای انتقال و ذخیره جریان در شبکه محاسبه می‌گردد. روش موج کینماتیک را می‌توان برای طراحی مقدماتی نواحی با مساحت بزرگ (بیش از ۱۰۰ هکتار)، ارزیابی رفتار شبکه‌های موجود و مدل‌سازی رفتار و عملکرد شبکه با استفاده از سری طولانی داده‌های بارندگی استفاده نمود.
- روش موج دینامیک[7]: از این روش می‌توان برای مدل‌سازی جریان‌های ناپایدار و غیریکنواخت[8] به ویژه مدل‌سازی شرایط پس‌زدگی[9] و اضافه‌بار هیدرولیکی[10] استفاده کرد. آنالیز یا ارزیابی رفتار و عملکرد سیستم‌هایی که در شرایط غرقاب شدگی[11] قرار می‌گیرند نیز با استفاده از این روش امکان‌پذیر است.

1- Cutoff Wall
2- Sheet Piling
3- Simple/ Empirical Methods
4- Uniform and Steady
5- Kinematic Wave Methods
6- Uniform and Unsteady
7- Dynamic Wave Methods
8- None-uniform and Unsteady
9- Backwater
10- Surcharge
11- Flooding

با توجه به ویژگی‌های سه روش فوق که به اختصار مطرح شد توصیه می‌گردد روش طراحی و یا آنالیز شبکه‌های فاضلاب مطابق با جدول (۴-۷) در نظر گرفته شود.

جدول ۴-۷- روش‌های طراحی و یا آنالیز شبکه‌های فاضلاب [۲۰]

شرایط کاربرد	روش مورد استفاده		
	روش ساده/ تجربی	روش موج کینماتیک	روش موج دینامیک
طراحی شبکه مجزا در نواحی با مساحت کم (تا ۱۰۰ هکتار)	✓		
طراحی شبکه مجزا در نواحی با مساحت بزرگ (بیش از ۱۰۰ هکتار)	✓		
طراحی شبکه مرکب/ نیمه‌مرکب در نواحی با مساحت کم (تا ۱۰۰ هکتار)	✓		
طراحی شبکه مرکب/ نیمه‌مرکب در نواحی با مساحت بزرگ (بیش از ۱۰۰ هکتار)		✓	✓
مدل‌سازی اضافه بار هیدرولیکی و غرقاب شدگی			✓
ارزیابی رفتار و عملکرد سیستم‌های موجود یا طراحی شده		✓	✓
مدیریت به‌هنگام[1] شبکه (مجزا یا مرکب)			✓

1- Real Time Control

مهندسین آب و فاضلاب تهر ا ن

(رابین کو)

فصل ۵

متعلقات شبکه فاضلاب

www.TWWE.ir

۵-۱- سازه‌های دسترسی به منظور بهره‌برداری و نگهداری از شبکه

۵-۱-۱- آدم‌روها

آدم‌روها ابنیه فنی هستند که برای دسترسی به شبکه فاضلاب ساخته می‌شوند. آدم‌رو از چند قسمت اصلی شامل درپوش، میله یا شفت ورودی آدم‌رو و مجرای آبروی فاضلاب تشکیل شده است.

به طورکلی در طراحی آدم‌روها موارد زیر باید مد نظر قرار گیرد:

- به‌منظور دسترسی به فاضلابرو برای بازرسی، تعمیر و نگهداری و شستشو باید فضای کافی در آدم‌رو پیش‌بینی شود.
- کم‌ترین اختلال در شرایط هیدرولیکی فاضلابرو ایجاد شود.
- عمر و دوام آدم‌رو مناسب بوده و از نظر آب‌بندی نیز قابل قبول باشد.
- در برابر بارهای وارده مقاومت کافی داشته باشد.

۵-۱-۱-۱- محل احداث آدم‌رو

در رابطه با محل احداث آدم‌روها، توجه به نکات ذیل ضروری است [۷۶ و ۳۶ و ۹]:

الف- آدم‌روها باید در نقاط زیر تعبیه گردند:

- ابتدای هر خط
- در محل تغییر شیب، تغییر قطر و تغییر راستا یا مسیر لوله
- در محل اتصال لوله‌ها (به جز در محل اتصال انشعابات با قطر ۱۵۰ میلی‌متر یا کم‌تری به شبکه)
- درنقاطی‌که رقوم لوله ورودی به آدم‌رو با رقوم لوله خروجی متفاوت باشد (آدم‌رو ریزشی)
- در محل‌هایی‌که به‌نظر طراح دسترسی به فاضلابرو برای بهره‌برداری و نگهداری یا دسترسی اضطراری ضروری باشد.

ب- فاصله بین آدم‌روها در مسیرهای مستقیم باتوجه به قطر لوله فاضلابرو و تجهیزات بهره‌برداری به‌شرح زیر است:

- برای لوله‌های به‌قطر ۵۰۰ میلی‌متر و کم‌تر ۹۰ – ۱۲۰ متر
- برای لوله‌های به‌قطر ۶۰۰ میلی‌متر و بیش‌تر ۱۲۰ – ۱۵۰ متر

۵-۱-۱-۲- ابعاد آدم‌رو

حداقل ابعاد آدم‌رو باتوجه به قطر فاضلابروی اصلی، اتصالات جانبی، ارتفاع ریزش، زاویه بین فاضلابروهای ورودی و خروجی و عمق کارگذاری آدم‌رو تعیین می‌گردد. حداقل ابعاد آدم‌روها بر اساس پارامترهای فوق در جدول (۵-۱) درج

گردیده است. ابعاد مندرج حداقل ابعاد مورد نیاز می‌باشد و در مواردی که ایجاد فضای بزرگ‌تری در آدم‌رو لازم باشد (مثلا برای احداث سازه خاص در آدم‌رو) طراح می‌تواند ابعاد آدم‌رو را بزرگ‌تر انتخاب نماید.

جدول ۵-۱- حداقل ابعاد آدم‌روها (متر)

$H = 1.2 - 3.0$ m		$H = 0.6 - 1.20$ m		$H \le 0.6$ m		$\frac{d_0}{d_i}$
$400 < d_0 \le d_i$	$d_0 \le 400$	$400 < d_0 \le d_i$	$d_0 \le 400$	$400 < d_0 \le d_i$	$d_0 \le 400$	
دایره‌ای D = 1.5		دایره‌ای D = 1.2				$d_i \le 400$
نیاز به طراحی خاص دارد.				دایره‌ای D = 1.8 یا مستطیلی (L*W) = 1.8*1.8	دایره‌ای D = 1.5 یا مستطیلی: (L*W) = 1.5*1.5	d_i = 500 - 600
				دایره‌ای D =1.5 یا مستطیلی (L*W) = 1.5*1.5	دایره‌ای D =1.5 یا مستطیلی (L*W) = 1.5*1.5	d_i = 700
				مستطیلی (L*W) = 1.8*1.8	مستطیلی (L*W) = 1.8*1.8	d_i = 800
				مستطیلی (L*W) = 2.75*3.5	مستطیلی (L*W) = 2.0*3.0	d_i = 900 - 1000
				مستطیلی (L*W) = 3.25*3.75	مستطیلی (L*W) = 2.5*3.0	d_i =1200 – 1400

۱- ابعاد مندرج در جدول برای آدم‌روهای بتنی درجا و پیش ساخته می‌باشد. استفاده از آدم‌روهای ساخته شده با بلوک سیمانی یا آجر فقط تا عمق حداکثر ۳ متر اقطار فاضلابرو تا ۴۰۰ میلی‌متر شرایطی که تراز پی بالاتر از تراز آب‌های زیرزمینی است، مجاز می‌باشد.

۲- D قطر داخلی آدم‌رو، L و W به ترتیب طول و عرض آدم‌رو مستطیلی بر حسب متر، d_O قطر فاضلابرو فرعی و d_i قطر فاضلابرو اصلی بر حسب میلی‌متر می‌باشند.

۳- H ارتفاع ریزش آب، بیش‌ترین اختلاف ارتفاع کف فاضلابروهای ورودی و خروجی (متر)

۵-۱-۱-۳- اجزای آدم‌رو

الف- درپوش یا دریچه ورودی

دریچه ورودی درتراز خیابان یا معبر برای ورود به آدم‌رو ساخته می‌شود و از جنس‌های فولاد مقاوم دربرابرخوردگی، چدنی، بتن‌پلیمری، ترکیب بتن باچدن وپلی‌اتیلنی ساخته می‌شود.

دریچه‌ها باتوجه به محل استقرار آدم‌رو و بارترافیکی وارده براساس کلاس‌های معرفی شده در استاندارد EN124 انتخاب می‌گردد. قطر دهانه ورودی به آدم‌رو باید حداقل ۶۰۰ میلی‌متر باشد.

ب- میله یا شفت ورودی آدم‌رو

شکل مقطع میله ورودی می‌تواند به‌صورت مربع یا دایره باشد که بهتر است از مقطع دایره شکل استفاده گردد. حداقل قطر داخلی میله ورودی آدم‌رو ۹۰ سانتی‌متر می‌باشد. به منظور ایمنی کارگران و همچنین سهولت بهره‌برداری، ارتفاع میله ورودی در آدم‌روهای عمیق‌تر از ۶ متر، به‌وسیله صفحه یا دال میانی به‌فواصل ۳ الی ۴ متری تقسیم می‌شود

و به‌همین منظور بهتر است قطر میله ورودی آدم‌رو ۱۲۰ سانتی‌متر باشد تا فضای کافی برای تردد خدمه بهره‌برداری ایجاد گردد. در چنین حالتی مقتضی است دریچه‌ای به قطر ۷۰ الی ۸۰ سانتی‌متر در صفحه یا دال میانی اجرا گردد.

ج- اطاقک بازدید

حداقل ابعاد اتاقک بازدید باتوجه به اعداد مندرج در جدول (۵-۱) تعیین می‌گردد. ارتفاع سطح سکو تا سقف اتاقک باید حداقل ۱/۸ متر بوده وشیب سکو حداقل ۴ درصد باشد. تعداد سکوها تابعی از نحوه اتصال فاضلابروها در آدم‌رو می‌باشد. هیچ فاضلابروی فرعی، انشعاب خانگی یا لوله آدم‌رو ریزشی نباید روی سطح سکو تخلیه شود.

د- پله‌های آدم‌رو

اجرای پله در بدنه میله ورودی آدم‌رو به‌منظور فراهم آوردنِ امکان ورود پرسنل بهره‌برداری ضروری است. انواع پله‌های قابل استفاده در آدم‌روها (از نظر جنس) به‌شرح زیر می‌باشند:

- پله چدنی مطابق با استاندارد اروپایی EN 13101
- پله با هسته فولادی و روکش پلی پروپیلن مطابق با استاندارد BS 1247 - Part 2
- پله آلومینیمی BS 1247 - part 3
- پله گالوانیزه BS 1247 - part 1

ریشه‌های هر پله باید کاملا در ضخامت دیواره آدم‌رو جای گرفته باشد.

ه- نرده، حفاظ و غیره

به‌منظور ایمنی کارگران بهره‌برداری، چنانچه کف آب‌رو نسبت به پاگرد مجاور آن بیش از ۷۰ سانتی‌متر اختلاف ارتفاع داشته باشد، باید از نرده محافظ در لبه پاگرد استفاده شود. شایان ذکر است نرده محافظ باید مقاوم به محیط خورنده فاضلاب باشد، از این‌رو استفاده از نرده‌هایی از جنس فولاد گالوانیزه، فولاد با روکش پلی پروپیلن، چدن و سایر مواد مقاوم به خوردگی توصیه می‌گردد. نرده محافظ باید تحمل بار افقی به میزان ۱۵۰ کیلوگرم را داشته، مقاوم به خوردگی بوده و برای ورود کارگر به کف معبر دارای زنجیر بازشو باشد. همچنین به‌منظور بهبود ایمنی محیط کار می‌توان از پله‌های آدم‌روها که به‌صورت عمودی در پاگرد کار گذاشته می‌شوند به‌عنوان دستگیره استفاده نمود.

۵-۱-۱-۴- ویژگی‌های آدم‌رو در ارتباط با شستشوی شبکه

بازرسی، تعمیر و بهسازی فاضلابروها جزو ضروری‌ترین فعالیت‌های بهره‌برداری و نگهداری از شبکه‌های فاضلاب می‌باشند؛ بنابراین کلیه آدم‌روها باید به‌گونه‌ای طراحی و اجرا گردند که امکان ورودتجهیزات شستشو، بازرسی و بهسازی فاضلابروها را داشته باشند همچنین شستشوی دوره‌ایِ فاضلابروها در بخش‌هایی از شبکه که سرعت خودشستشویی حداقل یک‌بار در شبانه‌روز تامین نمی‌گردد، ضروری است؛ بدین منظور موارد زیر باید مورد توجه قرار گیرد:

الف- آدم‌روهایی‌که برای فعالیت‌های بهره‌برداری و نگهداری لازم است خدمه بهره‌بردار وارد آن‌ها شوند، باید قطر داخلی ۱۰۰۰ میلی‌متر یا بیش‌تر داشته باشند [۲۰ و ۱۹].

ب- آدم‌روهایی‌که فعالیت‌های بهره‌برداری و نگهداریِ شبکه تنها از طریق ورودتجهیزات مربوطه به داخلِ آن‌ها انجام می‌شود و پرسنل بهره‌بردار به‌ندرت وارد آدم‌رو می‌شوند، باید قطر داخلیِ بیش‌تر از ۸۰۰ و کم‌تری از ۱۰۰۰ میلی‌متر داشته باشند [۲۰ و ۱۹].

۵-۱-۱-۵- جزییات ساختمانی آدم‌روها

آدم‌روها باید به‌نحوی طراحی شوندکه تحمل بارهای وارده اعم از وزن آدم‌رو، فاضلاب، بار ترافیک (که ازطریق دریچه و دال فوقانی به بدنه آدم‌رو منتقل می‌شود)، بارهای جانبی همانند زلزله، فشار خاک و مصالح پرکننده پیرامون بدنه آدم‌رو، فشار آب و نیروهای بالادهنده[1] را داشته باشد.

برخی ضوابط مربوط به جزییات ساختمانی آدم‌روها که باید در زمان طراحی مدنظر قرار گیرند به‌شرح زیر است:

- درصورت استفاده از آجر یا بلوک برای ساخت میله آدم‌رو، ضخامت دیوار آجری نباید کم‌تری از ۲۲سانتی‌متر و ضخامت دیوار بلوکی نباید کم‌تری از ۲۰ سانتی‌متر باشد. در مکان‌هایی‌که تراز سطح آب زیرزمینی بالاست، استفاده از این نوع مصالح برای ساخت آدم‌رو مجاز نیست.
- در سطوحی از بتن که در تماس با سیال و سایر عوامل خورنده (از قبیل خاک دارای سولفات و غیره) است، باید حداقل ۶ سانتی‌متر پوشش بتنی روی میلگردها وجود داشته باشد.
- به‌منظور جلوگیری از خوردگی بتن در آدم‌روها بسته به شرایط محیطی و اجرایی، استفاده ازسیمان‌های تیپ ۲، ۵ وسیمان پوزولانی ضروری خواهدبود. همچنین به‌منظور آب‌بندی و محافظت بتن در مقابل عوامل خورنده، استفاده از مواد افزودنی در بتن مصرفی همانند میکروسیلیس و سایر افزودنی‌های ارتقا دهنده پایایی و استفاده از پوشش‌های محافظ در مقابل رطوبت همانند انواع پوشش‌های قیری، اپوکسی و غیره و یا استفاده از لایه‌های روکش از جنس فایبرگلاس، پلی‌اتیلن، پی‌وی‌سی‌سخت و غیره توصیه می‌گردد.
- در زمین‌هایی‌که امکان بالاآمدن سطح آب زیرزمینی و رسیدن تراز آب به کف آدم‌رو وجود دارد، باید آدم‌روها کاملا آب‌بندی شوند. درمواردی‌که تراز سطح آب زیرزمینی بالاتر از کف آدم‌رو باشد، استفاده از واتراستاپ در سطوح لاریز بتن در زیر تراز آب زیرزمینی از جمله محل اتصال دیواره آدم‌رو به پی و فونداسیون ضروری است.
- در محل اتصال قطعات پیش‌ساخته بتنی آدم‌روها، استفاده از مواد آب‌بند همانند چسب بتن به‌همراه ملات بندکشی یا انواع ماستیک توصیه می‌گردد.

1- Uplift Force

- چنانچه آدم‌رو در زمین کشاورزی واقع شود، سطح فوقانی میله یا شفت آدم‌رو درصورت امکان باید ۶۰ سانتی‌متر از سطح زمین طبیعی مجاور بالاتر قرار داده شود سپس اطراف میله آدم‌رو خاکریزی شود تا از ورود آب‌های سطحی به درون آدم‌رو جلوگیری به‌عمل آید.
- از دفن درپوش یا دریچه آدم‌رو باید جدا خودداری شود و در مواردی‌که این‌کار اجتناب‌ناپذیر باشد باید محل آدم‌رو با علائمی کاملا مشهود مشخص گردد.
- برای اتصال لوله انعطاف‌پذیر (از قبیل پلی‌اتیلن، PVC، GRP و غیره) به دیواره آدم‌روهای صلب (مانند آدم‌روی آجری، بلوکی و بتنی) حتی‌المقدور باید از اتصال رابط (کوپلر) استفاده شود یا یک فاصله بین محل اتصال لوله و دیواره آدم‌رو ایجاد نموده سپس این فاصله با مواد ماستیک یا مواد آب‌بند انعطاف پذیر پر گردد.

یادآوری ۱- برای آگاهی از سایر ضوابط به نشریه شماره ۲۹۱ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس‌جمهور تحت عنوان «جزییات تیپ خطوط انتقال و شبکه‌های آب و فاضلاب» مراجعه نمایید.

۵-۱-۱-۶- انواع آدم‌روها

الف- آدم‌روهای ریزشی

هرگاه تراز کف فاضلابرو ورودی بیش از ۶۰۰ میلی‌متر بالاتر از کف فاضلابرو خروجی باشد باید از آدم‌رو ریزشی استفاده شود. چنانچه این اختلاف ارتفاع کم‌تری از ۶۰۰ میلی‌متر باشد، باید کف آدم‌رو با بتن شکل داده شود تا از جمع شدن رسوبات در آدم‌رو جلوگیری گردد [۹].

انواع آدم‌روهای ریزشی عبارتند از: مجرای ریزشی قائم[1] داخلی و خارجی، سرسره‌ای[2] و مارپیچ[3]

در آدم‌روهایی که مجرای ریزشی قائم دارند مجرای ریزشی در خارج آدم‌رو ساخته می‌شود و در صورت نیاز به استفاده از اتصالات داخلی کلیه اتصالات باید به دیواره آدم‌رو محکم شده و امکان دسترسی برای پاک‌سازی آن وجود داشته باشد. با توجه به فشارهای نامتقارن خاک که ناشی از عملیات خاکی پیرامون آدم‌رو است اطراف اتصال خارجی باید با بتن پوشانده شود [۳۴].

در آدم‌روهای سرسره‌ای یک سطح شیب‌دار به‌حوضچه آرامش منتهی می‌گردد و در طراحی این قبیل آدم‌روها باید موارد زیر مدنظر قرار گیرد [۲۰]:

- اثرات هیدرولیکی ناشی از ورود هوا به داخل جریان سیال
- آزاد شدن گاز سولفید هیدروژن در اثر اغتشاش جریان
- فرسایش تاسیسات

1- Internal and External Backdrop manhole
2- Ramp Manhole
3- Vortex Manhole

- تمهیدات خاص برای مستهلک کردن انرژی ناشی از اختلاف تراز هیدرولیکی در داخل آدم‌رو
- مسایل مرتبط با ایمنی بهره‌برداری

ب- آدم‌روی مجهز به سرریز

سرریزها سازه‌هایی برای تنظیم و اندازه‌گیری جریان و ابزاری برای انحراف بخشی ازجریان از یک فاضلابرو به فاضلابرو دیگر و یا به خارج از شبکه می‌باشند. زمانی‌که مقدارجریان یا تراز سطح آب به مقدارمعینی برسد آنگاه سرریز فعال و وارد عمل می‌شود [۷۶].

سرریزها عموما در شبکه‌های فاضلاب مرکب مورد استفاده قرار می‌گیرند. در شبکه‌های مجزا سرریز به‌منظورعمل در شرایط اضطراری (به‌طور مثال در محل ورود به تصفیه‌خانه) طراحی می‌شود. همچنین در بالادست تصفیه‌خانه و ایستگاه‌های پمپاژ و سایر نقاط حساس و بحرانی شبکه می‌توان از آدم‌روی مجهز به سرریزهای اضطراری استفاده نمود [۲۰].

در مواردی‌که جریان خروجی از سرریز به منابع آب‌های پذیرنده تخلیه می‌گردد باید میزان آلودگی ناشی از این تخلیه به آب‌های پذیرنده کنترل و مهار گردد. روش‌های مختلفی مانند نگه‌داشت موقت و ته‌نشینی را می‌توان برای کاهش و محدود کردن میزان آلودگی ورودی به آب‌های پذیرنده به‌کار برد. عواملی‌که برای توصیف ویژگی‌های تخلیه جریان فاضلاب به منابع آب‌های پذیرنده باید در نظر گرفت عبارتند از [۲۰]:

- میزان یا شدت جریان تخلیه شونده
- حجم، مدت و فراوانی جریان‌های تخلیه شونده
- غلظت آلاینده‌ها و بار آلودگی
- تنش‌های هیدروبیولوژیکی
- تاثیر جریان تخلیه شونده بر زیبایی محیط‌زیست (ایجاد بو، وجودزباله و پسماندهای شناور و غیره)

ج- آدم‌روهای ویژه

آدم‌روهایی‌که برای اندازه‌گیری جریان (درمحل تخلیه‌گاه یا نقطه خروجی حوزه‌های اصلی) مورداستفاده قرار می‌گیرند باید دارای شرایط زیر باشند:

- بازه بالادست و پایین‌دست آدم‌رو باید مستقیم و یکنواخت و فاقد پیچ و خم باشد. [۱۰۶ و ۲۹]
- میزان جریان تغییرات ناگهانی غیرعادی نداشته باشد. [۲۹]
- آدم‌رو در محل‌های پر تردد با بار ترافیکی سنگین واقع نشده باشد. [۱۰۶ و ۲۹]
- سرعت جریان کم نبوده و احتمال رسوب‌گذاری درکف فاضلابروها ناچیز باشد.[۱۰۶]
- جریان ورودی به آدم‌رو دارای سرعت و شیب زیاد و عمق کم نباشد. [۱۰۶]
- عمق جریان در آدم‌رو نباید زیاد باشد به‌نحوی که نصب تجهیزات اندازه‌گیری، اقدامی دشوار و خطرناک تلقی شود. [۱۰۶]

سایر شرایط مورد نیاز برای استفاده صحیح از دستگاه اندازه‌گیری‌که از سوی کارخانه سازنده تصریح شده، فراهم گردد. [۲۹]

۵-۱-۲- چاهک‌های بازدید[1]

چاهک‌های بازدید نیز مانند آدم‌روها، به‌منظور دسترسی به فاضلابروها برای شستشو، بازرسی و بهسازی شبکه مورد استفاده قرار می‌گیرند لیکن بر خلاف آدم‌روها به هیچ‌وجه امکان ورود پرسنل بهره‌برداری به داخل سازه وجود ندارد. چاهک‌های بازدید در شبکه‌های غیرمتعارف و فاضلاب روستائی به‌جای آدم‌رو، همچنین در شبکه‌های متعارف در مسیر انشعابات خانگی، پیش از اتصال به شبکه فاضلاب نصب می‌گردند. استفاده از چاهک‌های بازدید در مسیر انشعابات خانگی علاوه بر آنکه امکان بازدید و رفع گرفتگی‌های احتمالی را فراهم می‌سازد، از بازگشت احتمالی جریان فاضلاب از داخل شبکه به داخل منازل نیز جلوگیری می‌نماید زیرا مجهز به دریچه یک‌طرفه می‌باشد. به‌طورکلی تعبیه چاهک‌های بازدید در محل اتصال انشعاب منازل به شبکه فاضلاب بسیار مفید بوده و با توجه به هزینه اندک اجرایی، استفاده از آن‌ها توصیه می‌شود. قطر داخلی چاهک‌های بازدید عموما کوچک‌تر از ۸۰۰ میلی‌متر می‌باشد [۲۰ و ۱۹].

۵-۱-۳- چاهک‌های شستشو[2]

در شبکه‌های فاضلاب علاوه بر آدم‌روها و چاهک‌های بازدید، سازه‌هایی وجود دارند که هدف از تعبیه آن‌ها منحصرا ایجاد امکانِ شستشوی فاضلابروهاست؛ این سازه‌ها به دو گروه اصلی تقسیم می‌گردند که عبارتند از چاهک‌های شستشو و تاسیسات شستشوی خودکار.

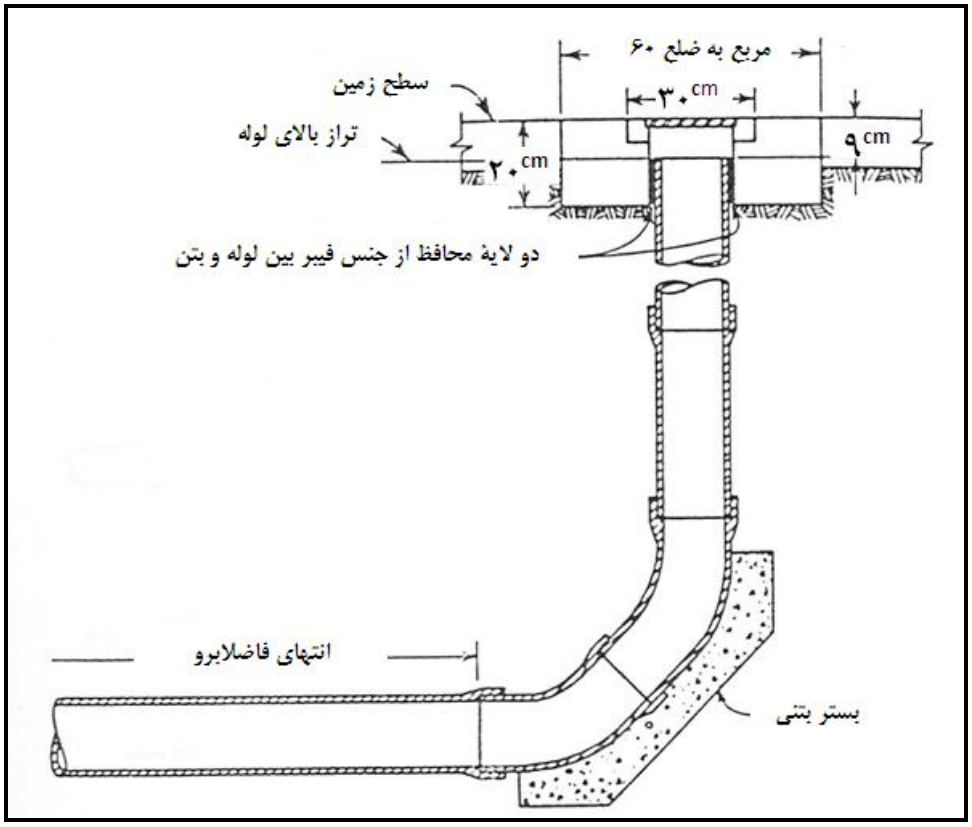
چاهک شستشو سازه‌ای ساده و کوچک است که اغلب در ابتدای سرشاخه‌ها قرار گرفته و امکان ورود واترجت به داخل شبکه یا تخلیه ناگهانی جریان از یک منبع آب را برای شستشوی فاضلابرو فراهم می‌آورد. علاوه بر آن، از محل چاهک شستشو می‌توان یک منبع نور را به داخل فاضلابرو هدایت کرده و فضای داخل آن را برای بازرسی روشن نمود اما چاهک‌های شستشو معمولا به اندازه‌ای بزرگ نیستند که بتوان تجهیزات ویدئومتری یا بهسازی را از طریق آن‌ها وارد فاضلابرو نمود [۹].

چاهک شستشو در واقع یک لوله هم‌قطر با فاضلابروی مربوطه است که به سمت بالا خم شده و از طریق یک زانویی از انتهای فاضلابروی متصل به آن تا سطح زمین ادامه می‌یابد. دهانه ورودی چاهک شستشو در روی سطح زمین با یک درپوش فولادی بسته می‌شود. حداکثر فاصله چاهک شستشو تا نزدیک‌ترین آدم‌رو معمولا ۴۵ تا ۶۰ متر است [۹].

توصیه می‌شود در زمان طراحی شبکه فاضلاب، یک چاهک شستشو در ابتدای هر سرشاخه پیش‌بینی گردد. همچنین درصورتی‌که طول انشعاب خانگی بیش از ۲۰ متر باشد، ضروری است یک چاهک شستشو بر روی آن (خارج از دیوار

1- Inspection Chamber
2- Terminal Cleanouts

ساختمان) پیش‌بینی گردد تا برای رفع گرفتگی‌های احتمالی مورد استفاده قرار گیرد. نمای کلی یک چاهک شستشو در شکل (۵-۱) نشان داده شده است.



شکل ۵-۱- نمای کلی چاهک شستشو [۹]

۵-۱-۴- تاسیسات شستشوی خودکار

تاسیسات شستشوی خودکار سازه‌هایی هستند که در آن‌ها تجهیزات ویژه‌ای به‌منظور شستشوی خودکار فاضلابروها نصب می‌شود. این تاسیسات در محل‌هایی قرار داده می‌شوند که سرعت خودشستشویی تامین نشده و امکان شستشوی فاضلابروها با واترجت یا سایر روش‌های دستی وجود ندارد یا دشوار است. تاسیسات شستشوی خودکار شبکه‌های فاضلاب اغلب به روش شستشو با جریان ناگهانی[1] کار می‌کنند، بدین معنا که ابتداجریان فاضلاب را به طریقی ذخیره کرده یا از یک منبع خارجی آب استفاده نموده[2] سپس در فواصل زمانی مناسب، آب ذخیره شده را به‌صورت ناگهانی در فاضلابرو تخلیه می‌کنند تا مجرا شسته شده و رسوب‌زدایی گردد. برخی از انواع این تاسیسات را درون آدم‌روها نصب می‌کنند اما باید توجه داشت که همه انواع آن‌ها الزاما درون آدم‌روها تعبیه نمی‌شوند بلکه معمولا در مجاورت این تاسیسات یک یا چند آدم‌رو پیش‌بینی می‌شود تا امکان بازدید و تعمیر آن‌ها فراهم آید.

1- Flushing

۲- آب مورد نیاز این تاسیسات، حتی الامکان نباید از شبکه‌های توزیع آب شرب تامین گردد.

۵-۱-۵- خطوط کمکی و انحراف جریان

در شبکه‌های فاضلاب موجود ممکن است به‌علت کمبود ظرفیت در برخی خطوط فاضلابرو، شرایط اضافه بار هیدرولیکی بیش از حد مجاز یا خارج از ضوابط استاندارد ایجاد گردد. در چنین شرایطی از خطوط فاضلابرو کمکی برای رفع کمبود ظرفیت هیدرولیکی استفاده می‌شود. این خطوط کمکی معمولا به‌موازات خط موجود و به‌منظورهدایت جریان به‌سمت پایین‌دست احداث می‌گردند.

خطوط انحراف جریان، برای انحراف تمام یا بخشی از جریان فاضلاب از یک نقطه از شبکه به یک تخلیه‌گاه جدید مورد استفاده قرار می‌گیرد. در ابتدای مرحله طراحی هر خط انحراف باید مشخص گردد که آیا این خط انحراف برای انتقال کل جریان فاضلاب موجود است یا این‌که فقط آن بخشی از جریان که مازاد بر ظرفیت فاضلابرو موجود است به‌وسیله این خط دریافت و منتقل خواهد شد. همچنین به جای انحراف بخشی از جریان، می‌توان انحراف حجم مشخصی از جریان ورودی از بالادست فاضلابروی موجودرا به‌عهده این قبیل خطوط گذاشت. [۹]

* توضیح: ضوابط طراحی خطوط کمکی و انحراف جریان مطابق با ضوابط طراحی فاضلابروها می‌باشد. چنانچه برخی از ضوابط (مانند سرعت شستشو) در این خطوط تامین نگردد، باید برای آن‌ها دستورالعمل ویژه مرحله بهره‌برداری تهیه گردد.

۵-۱-۶- تقسیم‌بندی تلمبه‌خانه‌ها

تلمبه‌خانه‌ها به دو نوع ایستگاه‌های بالابر و ایستگاه‌های پمپاژ به شرح ذیل طبقه‌بندی می‌گردند:

۵-۱-۶-۱- ایستگاه‌های بالابر

ایستگاه‌های بالابر در شبکه‌های فاضلاب به تلمبه‌خانه‌هایی اطلاق می‌گردند که در یک مکان محدود فقط نسبت به انتقال عمودی جریان فاضلاب اقدام نموده و بعد از این نقطه، جریان به صورت ثقلی انتقال می‌یابد. در یک نمونه از این ایستگاه‌ها از تلمبه‌های پیچوار که نوعی تلمبه با جابه‌جایی مثبت است، استفاده می‌گردد. این تلمبه‌ها از نوع انسداد ناپذیر بوده و با ظرفیت‌های قابل توجه، برای انتقال مایعات به ارتفاع محدود به کار می‌رود. با توجه به پره‌های باز آن و فواصل کافی بین آن نیازی به آشغالگیری ابتدایی (جز آشغالگیری دهانه درشت) ندارد. تلمبه‌های پیچوار در دو نوع ساخته می‌شود. [۱۲۰]

۵-۱-۶-۲- ایستگاه‌های پمپاژ

ایستگاه‌های پمپاژ در شبکه‌های فاضلاب به نوعی از تلمبه‌خانه‌ها اطلاق می‌گردند که در محل‌هایی از شبکه با افزایش فشار، جریان فاضلاب را تا نقطه‌ای دیگر به‌صورت تحت فشار منتقل می‌نمایند.

۵-۱-۷- کلیات طراحی

در طراحی ایستگاه های پمپاژ علاوه بر جنبه های فنی و مهندسی موارد زیادی دارای اهمیت هستند که از جمله می توان به کل هزینه در طول عمر ایستگاه، میزان مصرف انرژی، ملزومات بهره برداری و نگهداری، خسارات ناشی از

خرابی، حفظ سلامت عمومی و پرسنل بهره‌برداری، تبعات زیست‌محیطی، نوع و جنس مواد تشکیل دهنده فاضلاب، دفعات خاموش/ روشن شدن پمپ ها، زمان ماند حداکثر به ویژه در شرایط حداقل جریان فاضلاب در سال های اولیه بهره‌برداری و غیره توجه کرد [۲۰].

الف- کاربرد تلمبه‌خانه‌ها

در شرایط زیر پمپاژ فاضلاب مورد نیاز می‌باشد: [۲۰]

- اجتناب از عمق زیاد فاضلابروها. هر گاه عمق شبکه به دلیل وضعیت توپوگرافی زمین دارای عمق بیش از ۷ متر گردد، حتما استفاده از ایستگاه پمپاژ به عنوان یک گزینه اصلی در کاهش عمق شبکه مد نظر قرار می‌گیرد.
- زهکشی قسمت‌های گود یا سایر بخش‌های شهر که مستعد غرقاب شدن هستند.
- مناطقی که فاقد شیب مناسب برای جریان فاضلاب به صورت ثقلی می باشند از طریق تلمبه خانه به شبکه فاضلاب موجود، تصفیه‌خانه فاضلاب یا یک دهانه خروجی متصل می‌شوند.
- عبور از موانع و ارتفاعات همانند تپه‌ها، آبراهه، خط راه‌آهن یا به منظور اجتناب از سیفون وارون
- اجتناب از عمیق شدن فاضلابرو در خاک‌های ریزشی
- تامین ارتفاع کافی پروفیل جریان در تصفیه‌خانه
- تسهیل در استفاده از الگوی متمرکز شبکه و تصفیه خانه[1]
- انتقال فاضلاب به مخازن ذخیره موقت فاضلاب

ب- انتخاب محل تلمبه‌خانه‌ها

برای انتخاب محل تلمبه‌خانه‌ها باید به عوامل مهم ذیل توجه داشت: [۲۰]

- ملاحظات مکانی با در نظر گرفتن عواملی از قبیل بستر سیلابگیر مسیل‌ها، رودخانه‌ها، موقعیت راه‌آهن‌ها، راه‌های اصلی و توپوگرافی کلی زمین
- انطباق با سیستم فاضلاب موجود
- رعایت ملاحظات زیست‌محیطی به ویژه امکان تاثیر عملکرد ایستگاه پمپاژ با توجه به سر ریز جریان مازاد ورودی به تاسیسات در شبکه مرکب
- راه‌های دسترسی
- تملیک اراضی
- شرایط دسترسی به برق، آب و سیستم‌های ارتباطات

1- Centralisation

- در نظرگرفتن خطراتی از قبیل خطر انفجار، غرقاب شدن
- اجتناب از ورود نشتاب آب شور در اراضی ساحلی به درون شبکه مختلط
- شرایط ژئوتکنیکی
- پدافند غیر عامل

ج- ظرفیت تلمبه خانه

عوامل موثر در تعیین ظرفیت ایستگاه‌های پمپاژ به شرح زیر می‌باشد:

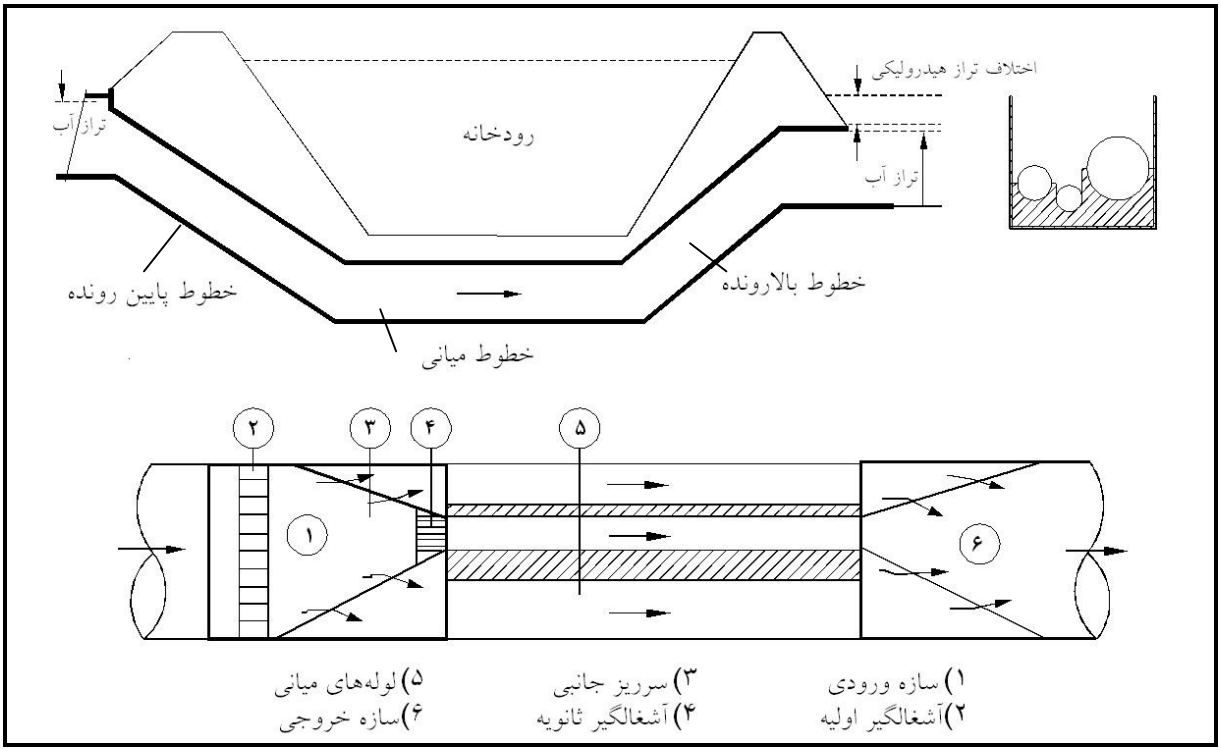
- دامنه تغییرات ارتفاع پمپاژ، ماهیت و کمیت جریان شامل دامنه نوسانات جریان (تغییرات شبانه روزی، جریان فاضلاب در جریان بدون بارش و با بارش، نشتاب و غیره) [۱۱۳ و ۲۰]
- مقدار فاضلاب ورودی به تلمبه‌خانه باید بر حسب سال مقصد برآورد شود تا براساس آن ظرفیت تجهیزات، شیوه افزایش آن، ابعاد ساختمانی و تسهیلات مربوطه طراحی شود.
- مقدار فاضلاب ورودی به تلمبه خانه تابع سرانه‌های فاضلاب در کاربری‌های خانگی، تجاری، عمومی و فاضلاب‌های صنعتی، جمعیت حوضه، درصد اتصالات فاضلاب، میزان جریان آب‌های نفوذی و نشتاب شبکه می‌باشد.
- جریان انتقال یافته به تصفیه‌خانه فاضلاب از طریق ایستگاه‌های پمپاژ تا حد امکان باید به صورت پیوسته و یکنواخت بوده و از ایجاد تغییرات ناگهانی و شوک جریان ورودی به سیستم تصفیه‌خانه جلوگیری به عمل آید.

یادآوری ۱- برای آگاهی از سایر ضوابط، به نشریه شماره ۳۴۷ سازمان برنامه و بودجه کشور تحت عنوان «راهنمای طراحی تلمبه‌خانه‌های فاضلاب» مراجعه نمایید.

۵-۱-۸- سیفون وارون[1]

سیفون وارون سازه‌ای است که برای عبور جریان فاضلاب از زیر موانع موجود در مسیر خط فاضلابرو (مانند رودخانه، بزرگراه و غیره) احداث می‌شود و به صورت تحت فشار ثقلی عمل می‌کند [۴۴ و ۲۹]. (شکل ۵-۲)

1- Inverted Siphon



شکل ۵-۲- شکل عمومی سیفون وارون [۴۷]

به واسطه پیچیدگی‌های طراحی هیدرولیکی و مشکلات بهره‌برداری و نگهداری توصیه می‌شود تا حد امکان از سیفون وارون در شبکه فاضلاب استفاده نشود [۷۵] اما در صورت ضرورت به استفاده از این سازه باید موارد زیر مدنظر قرار گیرد:

الف- مجرای سیفون

- به منظور جلوگیری از رسوب‌گذاری و تامین سرعت شستشو و همچنین تسهیل عملیات بهره‌برداری و نگهداری مناسب باید حداقل از دو ردیف خط موازی استفاده شود [۱۰۴ و ۷۵ و ۳۴ و ۲۹ و ۲۰] قطر هر خط لوله باید حداقل ۲۰۰ میلی‌متر باشد [۲۹].
- حداقل سرعت شستشوی مجاز در خط لوله سیفون‌های وارون برابر با ۰/۹ متر بر ثانیه می‌باشد [۱۰۴ و ۷۵ و ۳۴ و ۲۹ و ۹].
- شیب خطوط پایین رونده نباید کم‌تر از ٪۳۳ (۱ به ۳، عمودی به افقی) و بیش از ٪۱۰۰ (۱ به ۱) انتخاب شود [۴۷ و ۴۴]. حداکثر شیب مناسب برای خطوط بالا رونده ٪۱۵ (۱ به ۶، عمودی به افقی) می‌باشد [۴۴ و ۲۹ و ۹] اما در صورت لزوم می‌توان این شیب را تا ٪۵۰ (۱ به ۲، عمودی به افقی) نیز درنظر گرفت [۹ و ۱]. شیب خطوط میانی نباید کم‌تر از ۰/۰۰۵ (پنج در هزار) باشد [۱].
- بزرگی شعاع چرخش زانویی‌ها در خطوط سیفون وارون باید به نحوی انتخاب شود که در عملیات شستشو اختلال ایجاد ننماید [۹].
- حداقل ارتفاع پوشش مصالح خاکی روی لوله‌های سیفون وارون باید طبق ضوابط زیر رعایت گردد [۲۹ و ۱]:

- جاده‌های اصلی و فرعی مطابق بند (۴-۱۰-۵-۱)
- زهکش‌های ساخته شده: ۱ متر (حداقل فاصله بتنی بالای لوله تا کف زهکش)
- کانال‌های خاکی: ۰/۶ متر
- کانال بتنی پوشش شده: حداقل ۰/۳ متر
- مسیل‌ها و رودخانه‌ها (با توجه به عمق آبشستگی بستر رودخانه): ۱ متر

ب- سازه‌های ورودی و خروجی

- تقسیم جریان در محل ورودی سیفون باید توسط سازه سرریز یا به وسیله ایجاد اختلاف در تراز کف خطوط پایین رونده سیفون انجام پذیرد [۴۷ و ۴۴ و ۹].
- پیش از ورود جریان به محل سازه ورودی یا مجرای سیفون باید حداقل یک آشغالگیر با حداکثر اندازه دانه عبوری ۰/۱ متر نصب گردد [۱۰۴ و ۴۷].
- سازه‌های ورودی و خروجی سیفون وارون باید به نحوی طراحی گردند که بتوان جریان را به خطوط لوله دیگر منحرف نموده و یک خط لوله را کاملا از سرویس خارج و تعمیر یا شستشو نمود. برای انسداد جریان در یک خط لوله سیفون می‌توان از دریچه استفاده کرد [۱۰۴ و ۴۴ و ۳۴].
- در محل ورودی و خروجی سیفون باید آدم‌روهایی با فضای کافی و مناسب برای استفاده از تجهیزات شستشو پیش‌بینی شود، همچنین باید کلیه ملاحظات مرتبط با ایمنی پرسنل بهره‌برداری و نگهداری در این آدم‌روها در نظر گرفته شود [۱۰۴ و ۷۵ و ۴۴ و ۳۴].
- به منظور سهولت بازدید، بهره‌برداری و نگهداری پیشنهاد می‌شود در صورت امکان در پایین‌ترین تراز مجرای سیفون، سازه دسترسی تعبیه و ایجاد گردد [۴۴ و ۲۰].

ج- مجرای تهویه

برای جلوگیری از ایجاد بو به علت محبوس شدن هوا در حواشی قسمت ورودی سیفون پیشنهاد می‌شود از لوله عبور هوا استفاده گردد. این لوله، هوا را از ورودی سیفون به خروجی آن هدایت می‌کند. قطر این لوله تهویه یک سوم (۱/۳) تا یک دوم (۱/۲) قطر فاضلابروی ورودی می‌باشد. لوله عبور هوا یا در ترازی بالاتر از تراز هیدرولیکی فاضلابرو کارگذاشته می‌شود و یا به موازات لوله سیفون احداث می‌شود. در صورت عبور دادن لوله تهویه به موازات لوله سیفون باید از خشک بودن این لوله و عدم نشت جریان فاضلاب به درون آن اطمینان حاصل نمود. [۲۹ و ۹]

۵-۱-۹- آب‌بندی خطوط فاضلابرو

یکی از مهم‌ترین فعالیت‌های مربوط به بازرسی شبکه فاضلاب شناسایی و ارزیابی آب‌بندی شبکه است. کنترل آب‌بندی لوله‌ها و سازه‌های شبکه باید به‌طور منظم و مستمر انجام پذیرد. بررسی وضعیت آب‌بندی کلیه خطوط و تاسیسات شبکه باید هر ده سال یک‌بار تکرار گردد. بررسی آب‌بندی شبکه شامل موارد زیر است:

- لوله‌ها و آدم‌روها
- محل اتصال لوله‌ها به یکدیگر
- محل اتصال لوله به آدم‌رو

۵-۱-۹-۱- انواع روش‌های ارزیابی آب‌بندی

الف- بازدید چشمی یا بازدید به‌کمک دوربین مدار بسته (CCTV)

بازدید چشمی و بازرسی سطح خارجی لوله‌ها و مسیر کارگذاری لوله‌ها ساده‌ترین راه برای پی‌بردن به وجود نشت می‌باشد. در این آزمون می‌توان با پیمایش مسیر به‌صورت پیاده یا سواره لوله‌ها و اتصالات را بازدید کرده و نسبت به وجود یا نبود نشت اطمینان یافت. در صورت مشاهده هرگونه نشت باید از محل نشت عکس یا فیلم گرفت.

اگر خط لوله در دسترس نباشد می‌توان دوربین مدار بسته‌ای را به داخل مسیرمورد نظر فرستاد تا از شرایط آب‌بندی لوله و اتصالات آگاه شد. در این روش از دوربین مدار بسته و تجهیزات مربوطه استفاده می‌شود [۷۷].

ب- آزمون دود[1]

آزمون دود در موارد زیر کاربرد دارد:

- شناسایی آن بخش‌هایی از شبکه فاضلاب که در خلال بارندگی امکان نشت فاضلاب از آن وجود دارد.
- شناسایی و تعیین سازه‌های آسیب دیده.
- نشت از محل اتصالات خطوط فاضلابرو.
- نقاطی از شبکه فاضلاب مجزا که امکان ورود رواناب به آن‌ها وجود دارد.
- شناسایی انشعابات غیرمجاز (ازجمله محل اتصال شبکه آب‌های سطحی به شبکه فاضلاب).

دود استفاده شده در این روش حاصل یک واکنش شیمیایی است که بخش قابل مشاهده آن به‌صورت رطوبت موجود در هوا می‌باشد. مدت زمان آزمایش بسته به نوع دود انتخاب شده و طول خط لوله مورد آزمایش متفاوت می‌باشد [۸۰].

1- Smoke Test Method

ج- آزمون هوا[1]

- انتخاب استاندارد بر اساس جنس لوله
  - استاندارد C 924M - 02

این آزمون با استفاده از هوای کم‌فشار انجام می‌شود و مختص لوله‌های بتنی با قطر ۱۰۰ تا ۶۰۰ میلی‌متر با اتصالات واشری می‌باشد. میزان فشار به‌کار رفته در این تست ۲۷ کیلو پاسکال است. مقدار مجاز افت فشار هوا در خط لوله مورد آزمایش تا ۷ کیلو پاسکال می‌باشد که در این‌صورت آب‌بندی خط لوله مورد آزمون قابل قبول خواهد بود [۲].

  - استاندارد ASTM – F 1417 – 92

این آزمون با عنوان «روش آزمون استاندارد برای پذیرش نصب و راه‌اندازی خطوط گرانش فاضلاب و پلاستیک با استفاده از هوای کم فشار»، برای تمامی خطوط فاضلابرو شبکه ثقلی اعم از جنس ترموپلاستیک، لوله‌های رزین‌دار تقویت شده با حرارت (RTRP)، و لوله‌های پلاستیکی تقویت شده با ملات (RPM) در دامنه قطرهای ۱۰۰ تا ۹۰۰ میلی‌متر، استفاده می‌شود [۶].

- انتخاب استاندارد بر اساس قطر لوله
  - استاندارد ASTM C 828 - 03

این آزمون با استفاده از هوای کم‌فشار انجام می‌شود و مختص لوله سفالی لعاب‌دار می‌باشد. میزان فشار به‌کار رفته در این تست ۲۸ کیلو پاسکال می‌باشد که بسته به قطر لوله، زمان لازم برای تثبیت فشار مذکور ۲ تا ۵ دقیقه است. مقدار مجاز افت فشار هوا در خط لوله مورد آزمایش تا ۷ کیلو پاسکال می‌باشد که در این‌صورت آب‌بندی خط لوله مورد آزمون قابل قبول خواهد بود. از آنجا که وجود آب زیرزمینی در بالای خط لوله فاضلابرو فشار هوا را کاهش می‌دهد، بنابراین اگر در محدوده مورد آزمایش نفوذ قابل توجه آب زیرزمینی مشاهده شد باید آزمون ASTM C 1091 را برای تست آب‌بندی انجام داد [۴].

د- آزمون آب

آزمایش آب‌بندی با استفاده از آب تحت فشار در بسیاری از استانداردها به عنوان تنها روش مورد استفاده برای ارزیابی آب‌بندی لوله‌های جدیدا اجرا شده، ذکر می‌شود [۱۱۶]. با توجه به قطر لوله، وضعیت آب زیرزمینی و جنس لوله می‌توان نوع استاندارد و جزییات فنی آزمایش را تعیین کرد.

- انتخاب استاندارد بر اساس قطر لوله
  - استاندارد EN 1610

1- Air Test Method

- برای تست خط لوله استفاده می‌شود.
- برای اقطار بیش از ۱۰۰۰ میلی‌متر می‌توان به جای کل خط لوله تنها اتصالات را تست نمود [۱۸].

• استاندارد C 1103-2

- برای اقطار ۷۰۰ میلی‌متر و بیش‌تر با اتصالات و واشرهای لاستیکی کاربرد دارد [۵].

• استاندارد C 969

- برای اقطار کوچک‌تر یا مساوی ۶۰۰ میلی‌متر استفاده می‌شود [۳].

– انتخاب استاندارد با توجه به وضعیت آب زیرزمینی

• استاندارد C 1103-2

- تا سطح آب زیرزمینی مساوی ۶۰ سانتی‌متر بالای تاج لوله این روش قابل استفاده است. در شرایط دیگر باید از استاندارد C 969 استفاده شود [۵].

• استاندارد C 969

- برای سطح آب زیرزمینی بیش از ۶۰ سانتی‌متر بالای تاج لوله از تست نشت وفرارِ آب به داخل و خارج لوله استفاده شود [۳].

– انتخاب استاندارد بر اساس جنس لوله

• استاندارد C 1103-2

- مختص لوله بتنی می‌باشد[۵].

• استاندارد C 969

- برای لوله‌های بتنی است. طول خط لوله مورد آزمایش نباید بیش‌تر از ۲۱۳ متر باشد [۳].

• استاندارد F 2487 – 06

- برای لوله‌های پلی‌اتیلن موج‌دار با چگالی بالا در تمامی اقطار استفاده می‌شود.
- برای انجام تست نشت به خارج لوله در اقطار مساوی یا بزرگ‌تر از ۶۰۰ میلی‌متر، می‌توان از بازدید چشمی استفاده کرد [۷].

• استاندارد C 1091 – 03a

- این تست برای تعیین نشت آب به داخل لوله در شرایط ایستایی و برای لوله‌های سفالی لعابدار یا ترکیبی از لوله‌های سفالی و سایر لوله‌ها استفاده می‌شود. محدوده اقطار قابل قبول در این تست از ۱۰۰ تا ۱۲۰۰ میلی‌متر می‌باشد. این تست فقط برای خطوط لوله فاضلابرو مناسب است [۸].

مهندسین آب و فاضلاب تهر ا ن

(رابین کو)

فصل ۶

کنترل بو و شستشوی شبکه فاضلاب

www.TWWE.ir

۶-۱- کنترل بو در شبکه‌های فاضلاب

بوی نامطبوع و خوردگی در شبکه‌های فاضلاب، پدیده‌هایی هستند که عمدتا ناشی از تشکیل گاز سولفید هیدروژن می‌باشند؛ این گاز در شرایط بی‌هوازی از کاهش یون سولفات توسط باکتری‌هایِ ویژه‌ای ایجاد می‌شود که اکسیژن را از یون‌ها جدا نموده و صرف تجزیه مواد آلیِ موجود در فاضلاب می‌نمایند. مهم‌ترین عوامل موثر در تشکیل گاز مذکور عبارتند از: قطر فاضلابرو، دمای فاضلاب، شدت بار آلودگی، سرعت جریان و pH فاضلاب [۸۶ و ۷۰].

روش پیشنهادی برای کنترل و اصلاح طراحی شبکه‌های فاضلاب در خصوص مشکل تولید و انتشار بو، مشتمل بر سه گام اساسی است: تخمین پتانسیل تشکیل گاز سولفید هیدروژن در فاضلابروها، تعیین محل‌های خروج و انتشار این گاز و نهایتا اتخاذ تصمیمات و اقدامات اصلاحی در مناطقی که هم پتانسیل تولید گاز بالاست و هم احتمال خروج آن از شبکه وجود دارد.

۶-۱-۱- تخمین پتانسیل تشکیل گاز سولفید هیدروژن در شبکه‌های فاضلاب

۶-۱-۱-۱- فاضلابروهای با قطر کوچک‌تر یا مساوی ۶۰۰ میلی‌متر

با استفاده از رابطه ۶-۱ می‌توان احتمال تشکیل گاز سولفید هیدروژن در فاضلابروهای با قطر کوچک‌تر از ۶۰۰ میلی‌متر را مورد بررسی قرارداد [۷۰ و ۳۹ و ۱۶]؛ توصیه می‌شود مقدار این رابطه در موقعیت‌هایی که احتمال خروج و انتشار بو از شبکه وجود دارد (موقعیت‌های مذکور در بند ۶-۱-۲ و فاضلابروهای مجاور آن‌ها) محاسبه گردد تا در صورت نیاز، اقدامات اصلاحی در بخش طراحی صورت پذیرد.

$$Z = \frac{3.BOD_5.1.07^{(T-20)}}{S^{\frac{1}{2}}.Q^{\frac{1}{3}}}.\frac{P}{b} \qquad (۱-۶)$$

Z: پارامتر معرف احتمال تولید گاز سولفید هیدروژن

BOD_5: اکسیژن بیولوژیکی مورد نیاز (معمولا بین ۲۰۰ تا ۳۰۰ برای فاضلاب شهری) (گرم اکسیژن بر مترمکعب)

T: میانگین دمای فاضلاب در گرم‌ترین فصل سال (معمولا بین ۲۰ تا ۲۵ درجه) (درجه سانتی‌گراد)

S: شیب لوله برحسب درصد [متر در ۱۰۰ متر]

Q: متوسط آب‌دهی جریان فاضلاب (لیتر بر ثانیه)

P: پیرامون خیس (متر)

b: عرض سطح جریان (متر) (در لوله‌های تمام پر، این پارامتر ۰/۰۱ متر فرض می‌شود [۳۹])

جدول (۶-۱)، احتمال تولید گاز سولفید هیدروژن بر حسب مقادیر مختلف Z را نشان می‌دهد؛ چنانچه احتمال تشکیل گاز زیاد یا قطعی باشد، ضروری است نسبت به اصلاح طراحی آن فاضلابرو اقدام گردد [۷۰ و ۳۹].

جدول ۶-۱- بررسی احتمال تشکیل گاز سولفید هیدروژن در فاضلابروها بر حسب پارامتر Z

حد بالای Z	حد پایین Z	احتمال تولید گاز سولفید هیدروژن
۵۰۰۰	۰	بسیار اندک
۱۰۰۰۰	۵۰۰۰	محتمل
۲۵۰۰۰	۱۰۰۰۰	زیاد
∞	۲۵۰۰۰	قطعی

۶-۱-۱-۲- فاضلابروهای با قطر بزرگ‌تر از ۶۰۰ میلی‌متر

در فاضلابروهای با قطر بزرگ‌تر از ۶۰۰ میلی‌متر، از روش پیش‌بینی غلظت سولفید هیدروژنِ تولیدی برای تعیین پتانسیل تشکیل این گاز استفاده می‌شود؛ بدین معنا که هرچه تشکیل غلظت بیش‌تری از این گاز پیش‌بینی شود، می‌توان نتیجه گرفت که پتانسیل تشکیل بو بالاتر است. رویه کار بدین صورت است که نرخ تولید سولفید هیدروژن و زمان ماند جریان در فاضلابرو محاسبه شده و از رابطه ۶-۲ برای پیش‌بینی غلظت سولفید هیدروژن تولیدی استفاده می‌گردد [۵۰]. لازم به ذکر است که روابط ذیل برای فاضلابروهای با قطر کوچک‌تر از ۶۰۰ میلی‌متر نیز قابل استفاده هستند.

$$C = \frac{r_a}{R}.t \qquad (۲-۶)$$

$$r_a = 1.10^{-3}.BOD_5.1.07^{(T-20)} \qquad \text{و} \qquad t = \frac{V_W}{Q}$$

C: غلظت سولفید هیدروژن تولیدی (گرم بر مترمکعب)

r_a: نرخ تولید سولفید هیدروژن (گرم سولفید بر مترمربع در هر ساعت)

R: شعاع هیدرولیکی (متر)

t: زمان ماند (ساعت)

BOD_5 اکسیژن بیولوژیکی مورد نیاز (معمولا بین ۲۰۰ تا ۳۰۰ برای فاضلاب شهری) (گرم اکسیژن بر مترمکعب)

T: دمای فاضلاب (معمولا بین ۲۰ تا ۲۵ درجه) (درجه سانتی‌گراد)

V_w: حجم آب داخل فاضلابرو (حاصلضرب مساحت تر شده در طول لوله) (مترمکعب)

Q: متوسط آب‌دهی جریان فاضلاب (مترمکعب بر ساعت)

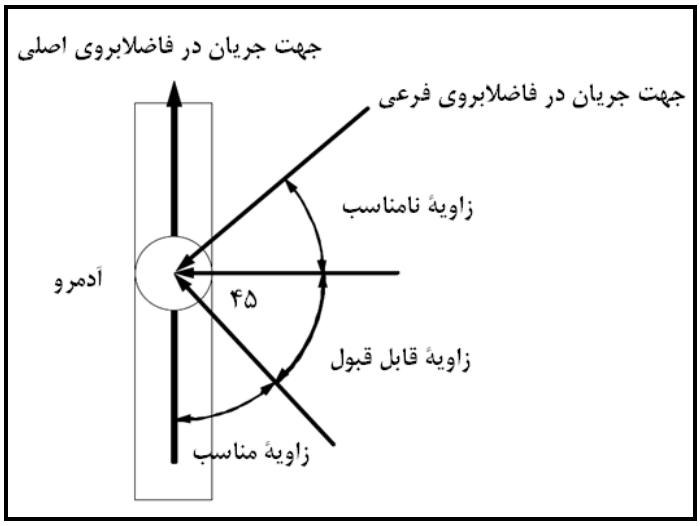
فاضلابروهایی که غلظت سولفید هیدروژن تولیدی در آن‌ها بیش از ۳ گرم بر مترمکعب تخمین زده شود، پتانسیل بالایی برای ایجاد بو دارند ولازم است در طراحی آن‌ها اقدامات اصلاحی مورد توجه قرار گیرد؛ در صورتی که غلظت پیش‌بینی شده کم‌تری از ۰/۵ باشد، پتانسیل ایجاد بو قابل توجه نیست. همچنین متذکر می‌گردد که غلظت بالای ۳۰۰ ppm از این گاز خطر جانی در پی دارد [۵۱].

۶-۱-۲- عوامل موثر در خروج گاز سولفید هیدروژن از شبکه فاضلاب و انتشار بو

علت اصلی خروج گاز سولفید هیدروژن از شبکه فاضلاب و انتشار بـو، فشـرده شـدنِ هـوای موجـود در فضـای بـالای فاضلابروها[1] در یکی از موقعیت‌های زیر می‌باشد [۸۹ و ۸۷ و ۱۱ و ۳۰]:

- بالا بودنِ نسبیِ ارتفاع سطح جریان نسبت به قطر فاضلابرو (d/D).
- کم‌تری بودنِ قطر فاضلابروی پایین‌دست نسبت به فاضلابروی بالادست.
- وجود سیفون وارون در شبکه.
- وجود شیب شکن[2] یا پرش هیدرولیکی در سیستم و ایجاد اغتشاش در جریان.
- کاهش ناگهانی شیب در دو فاضلابروی متوالی.
- تلاقی دو فاضلابرو با زاویه نامناسب (که در جریان ایجاد آشفتگی می‌نماید.)

در شکل (۶-۱) زاویه مناسب برای تلاقی دو فاضلابرو نشان داده شده است.



شکل ۶-۱- زاویه مناسب برای تلاقی دو فاضلابرو [۱۱]

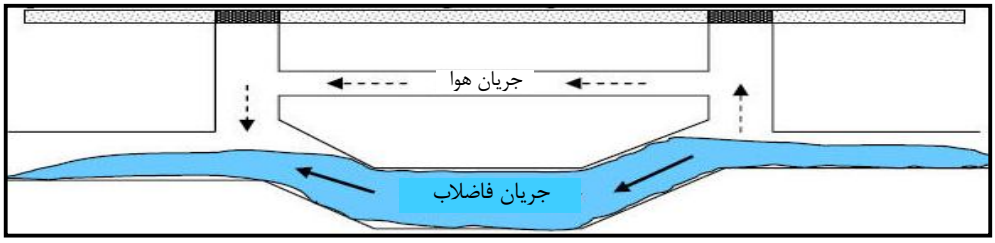
۶-۱-۳- اقدامات اصلاحی در مرحله طراحی، برای کنترل بو

زمانی‌که احتمال تشکیل گاز سولفید هیدروژن در محل یک فاضلابرو بالا باشد، یا پیش‌بینی شود که غلظت ایـن گـاز در یک فاضلابرو فراتر از حد مجاز خواهد رفت، لازم است اقدامات اصلاحی ذیل مد نظر قرار گیرند:

- پیشگیری از تشکیل رسوب در آن فاضلابرو از طریق تامین سـرعت شستشـو و رعایـت ضـوابط شـیب حـداقل [۸۹ و ۸۷ و ۷۰ و ۱۱ و ۳۰]

1- Pressurization of the Headspace
2- Drop

- جلوگیری از سپتیک شدن جریان در آن فاضلابرو در شرایط اضافه بار هیدرولیکی (سورچارج)، از طریق کاهش زمان ماند که ترجیحا کم‌تری از ۴ ساعت بوده و تحت هیچ شرایطی از ۸ ساعت تجاوز ننماید. [۱۱۰].
- عدم استفاده از لوله‌های آسیب‌پذیر در برابر خوردگی برای آن فاضلابرو (به‌خصوص لوله‌های بتنی فاقد پوشش).
- کسب اطمینان از عدم وجود شرایط مذکور در بند ۶-۲ (که سبب انتشار گازهای ایجاد شده می‌گردند) و تغییر طرح به منظور احتراز از ایجاد آن شرایط (در صورت امکان). به‌طور مثال، طراحی هیدرولیکی شیب‌شکن‌ها و محل وقوع پرش‌های هیدرولیکی باید به‌گونه‌ای انجام شود که اغتشاش کم‌تری در جریان ایجاد گردد، یا در محل سیفون‌ها لازم است یک لوله کمکی با قطر کوچک[1] در بالای سیفون تعبیه شود تا هوا از این طریق جریان پیدا کرده و از آدم‌روها خارج نشود [۸۹ و ۸۷ و ۳۰]. قطر این لوله کمکی معمولا برابر با نصف قطر سیفون انتخاب می‌شود (شکل ۶-۲) [۸۷].



شکل ۶-۲- تعبیه لوله کمکی در بالای سیفون [۳۰]

در مناطقی که پتانسیل تولید بو بالاست و پیشگیری از ایجاد و انتشار آن در مرحله طراحی شبکه فاضلاب از طریق ایجاد اصلاحات در طرح مقدور نمی‌باشد، لازم است مهندس طراح، محل‌های بروز مشکل را به طریق مقتضی به اطلاع کارفرما برساند تا سایر روش‌های کنترل بو در مرحله بهره‌برداری و نگهداری در آن مناطق به‌کار گرفته شوند.

۶-۱-۴- سایر روش‌های کنترل بو

چنانچه پیشگیری از ایجاد و انتشار بو در مرحله طراحی شبکه فاضلاب از طریق ایجاد اصلاحات در طرح مقدور نباشد، لازم است پس از اجرای شبکه فاضلاب و در قالب برنامه بهره‌برداری و نگهداری، به طریق مقتضی نسبت به کنترل بو اقدام نمود که به روش‌های مختلف قابل انجام است؛ اما صرف نظر از نوع روش انتخابی، در هر صورت هدف نهایی از کلیه روش‌های کنترل بو، تامین شرایط ذیل است [۸۸]:

- مقدار اکسیژن محلول در فاضلاب بیش از ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر باشد.
- سطح سولفید محلول در فاضلاب کم‌تری از ۰/۳ میلی‌گرم بر لیتر باشد.
- میزان سولفید موجود در هوای بالای فاضلابرو کم‌تری از ۵ ppm باشد.
- pH در سطوح بتنی به میزان ۴ یا بیش‌تر باشد (به منظور جلوگیری از خوردگی)

1- Air Jumper

پارامترهای فوق می‌توانند به عنوان معیاری در ارزیابی اثربخشی اقدامات انجام شده برای کنترل بو در طول دوره بهره‌برداری و نگهداری مورد سنجش مداوم قرار گیرند.

روش‌های کنترل بو عبارتند از:

۶-۱-۴-۱- تصفیه فاز مایع[1]

تصفیه فاز مایع عبارت است از اضافه نمودنِ مواد شیمیاییِ ویژه به جریان فاضلاب، به منظور تامین شرایط قلیایی و محدود نمودنِ تولید گاز سولفید هیدروژن؛ مواد گوناگونی را می‌توان برای این منظور به کار برد که برخی از متداولترینِ آن‌ها عبارتند از: نیترات کلسیم (بیوکسید)، نمک آهن، پرمنگنات پتاسیم، کلرین، هیپوکلریت سدیم، پروکسید هیدروژن، هیدروکسید سدیم (کاستیک) و هیدروکسید منیزیم[2] [۱۱ و ۳۰].

۶-۱-۴-۲- کنترل یا تصفیه فاز گاز[3]

کنترل یا تصفیه فاز گاز همانطور که از نامش برمی‌آید، مشتمل بر دو رویکرد اصلی است: یکی محبوس نمودنِ گازهای بدبو به منظور جلوگیری از انتشار آن‌ها به فضای اطراف (کنترل) و دیگری بوزدایی از آن‌ها با استفاده از روش‌هایی مانند عبوردهی از فیلترهای ویژه (تصفیه) [۱۱ و ۳۰].

۶-۱-۴-۲-۱- محبوس نمودن گازهای بدبو و جلوگیری از انتشار آن‌ها به فضای اطراف[4]

در پی شکایات مردمی و در محلی که مرتبا گازهای بدبو از شبکه خارج می‌شود، سوراخ‌ها و درزهای موجود در درپوش آدم‌روها و چاهک‌های بازدید با استفاده از مخلوط قیر و ماسه، مسدود می‌گردد [۳۰].

کاربرد این روش بیش‌تر در فاضلابروهای با قطر بزرگ که هوای موجود در فضای بالای آن‌ها تحت فشار قرار می‌گیرد، توصیه می‌شود. با این اقدام ممکن است گازها از محل دیگری از شبکه خارج شده و ایجاد مزاحمت نمایند که در این صورت احداث تله گاز یا سایر اقدامات مشابه ضرورت می‌یابد [۳۰].

الف- احداث تله گاز در چاهک بازدید[5] یا آدم‌رو

در این روش، یک دریچه یک‌طرفه[6] درون چاهک بازدید یا آدم‌رو نصب می‌شود که مانع از حرکت گازهای تولید شده، به سمت بالادست می‌گردد. تله گاز معمولا در محل‌هایی ساخته می‌شود که فاضلابروهای با قطر کوچک به یک فاضلابروی قطور ریزش می‌نمایند و تله مانع از ورود گازهای بدبو به داخل فاضلابروهای کوچک و انتقال به بالادست می‌گردد [۳۰].

1- Liquid Phase Treatment
2- Calcium Nitrate (Bioxide), Iron Salt-Ferrous Chloride or Ferrous Sulfate, Potassium Permanganate, Chlorine, Sodium Hypochlorite, Hydrogen Peroxide, Sodium Hydroxide (Caustic), Magnesium Hydroxide
3- Vapor Phase Control or Treatment
4- Odor Containment
5- Gas Trap Maintenance Hole
6- Flap

ب- استفاده از سازه مارپیچ[1]

سقوط آزاد جریان در شیب شکن‌های قائمِ[2]موجود در شبکه فاضلاب از قبیل شیب شکن‌های موجود در چاهکِ ترِ ایستگاه پمپاژ یا آدم‌روهای ریزشی، معمولا با ایجاد اغتشاش، سبب آزاد شدن گاز سولفید هیدروژن و تولید بو می‌گردد. در چنین مکان‌هایی می‌توان با نصب یک سازه مارپیچ (سیستم ورتکس) در محل شیب شکن، مشکل انتشار بو را حل نمود؛ عبور از مارپیچ، سرعت جریان را افزایش داده و نیروی گریز از مرکز، ستونی با فشار منفی در میان مارپیچ ایجاد می‌نماید که گازهای موجود در آدم‌رو را به سمت پایین می‌کشد [۸۷ و ۵۵ و ۳۰].

۶-۱-۴-۲-۲- بوزدایی از گازهای تولید شده در شبکه پیش از انتشار آن‌ها به خارج

یکی از روش‌های بوزدایی از گازهای خروجی، نصب فیلتر ویژه‌ای در چاهک بازدید یا آدم‌روی محل انتشار بو است که حاوی میکروارگانیزم‌هایی برای اکسید کردنِ مولکول‌های بو و تصفیه گاز خروجی می‌باشد. روش دیگر، تعبیه و ساخت تجهیزات بزرگ تصفیه هوا در محل انتشار بو است که مشتمل بر یکی از انواعِ اسکرابرِ کربن[3]، بیوفیلتر[4] یا بیوفیلترِ عبور تدریجی[5] می‌باشد [۳۰].

۶-۱-۴-۳- تهویه تحت فشار شبکه فاضلاب

در مناطقی که تهویه طبیعی شبکه به صورت کارآمد انجام نمی‌شود و امکان بی‌هوازی شدن فاضلاب در مجاری وجود دارد، می‌توان با نصب فنهای مکنده و دمنده در مناطق مناسب، تهویه شبکه را به صورت تحت فشار تامین نمود.

با افزایش حجم جریان در فاضلابرو و بالا آمدنِ سطح فاضلاب، هوای بالای مجرا فشرده شده و به سمت خارج از شبکه هدایت می‌شود؛ همچنین با کاهش آب‌دهی و پایین آمدن سطح جریان، مکش درون فاضلابرو ایجاد شده و هوای تازه از روزنه‌های درپوش آدم‌رو به داخل مجرا کشیده می‌شود. این چرخه روزانه، تهویه طبیعی شبکه فاضلاب را سبب می‌شود که با افزایش سرعت جریان و در نتیجه افزایش سرعت حرکت هوا در تماس با سطح فاضلاب، روند آن تسریع می‌گردد. در صورت نیاز می‌توان این چرخه را به صورت مصنوعی تامین نمود که از آن به عنوان تهویه تحت فشار نام برده می‌شود [۸۷ و ۳۰ و ۱۶].

1- Vortex
2- Vertical Drops
3- Carbon Scrubbers
4- Biofilters
5- Biotrickling Filter

۶-۱-۴-۴- کنترل فاضلاب ورودی به شبکه

یکی دیگر از راه‌های کنترل بو، اجرای قوانین محدودکننده بر صنایع و کارگاه‌های محلی است که فاضلاب خود را به درون شبکه فاضلاب شهری تخلیه می‌نمایند. فاضلاب‌های دارای سولفید زیاد، BOD بالا، pH پایین، دمای بالا و چربی زیاد، پتانسیل بیش‌تری برای تشکیل بو دارند و بهتر است در صورت ایجاد مشکل، قبل از ورود به شبکه پیش‌تصفیه شوند [۸۹].

۶-۱-۵- نمونه محاسبات تخمین پتانسیل تشکیل گاز سولفید هیدروژن و پیش‌بینی غلظت آن

در این بخش با حل دو مساله عملی، نحوه استفاده از (رابطه ۶-۱) و (رابطه ۶-۲)، مندرج در بخش کنترل بو، تشریح می‌گردد.

الف- محاسبه پارامتر Z

مثال ۱: فاضلابرویی بتنی به قطر ۵۰۰ میلی‌متر با ضریب مانینگ $n = 0.013$ و شیب ۰/۱۶٪ مفروض است. اگر $BOD_5 = 500\ mg/l$ و دمای فاضلاب ۳۰ درجه سانتی‌گراد باشد و در زمان آب‌دهی متوسط، لوله به صورت نیمه‌پر عمل نماید، پتانسیل تشکیل گاز سولفید هیدروژن در این فاضلابرو را تخمین بزنید [۲۱].

مساحت تر شده: $A = \pi D^2 / 8 = 0.098\ (m^2)$

پیرامون تر شده: $P = \pi D / 2 = 0.785\ (m)$

عرض سطح جریان: $b = D = 0.5\ (m)$

متوسط آب‌دهی جریان فاضلاب:

$$Q = \frac{A}{n}.R^{\frac{2}{3}}.S^{\frac{1}{2}} = \frac{0.098}{0.013}.(\frac{0.098}{0.785})^{\frac{2}{3}}.0.16^{\frac{1}{2}} = 0.075\ m^3/s = 75\ l/s$$

پارامتر Z:

$$Z = \frac{3.BOD_5.1.07^{(T-20)}}{S^{\frac{1}{2}}.Q^{\frac{1}{3}}}.\frac{P}{b} = \frac{3.500.1.07^{(30-20)}}{0.16^{\frac{1}{2}}.75^{\frac{1}{3}}}.\frac{0.785}{0.5} = 2746$$

مقدار محاسبه شده برای پارامتر Z حاکی از آن است که احتمال تشکیل سولفید هیدروژن در این فاضلابرو بسیار اندک می‌باشد.

مساله ۲: برای یک فاضلابروی ثقلی نیمه‌پر با قطر ۶۰۰ میلی‌متر و ضریب مانینیگ $n = 0.015$ که فاضلاب با دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد و $BOD_5 = 250\ gr/m^3$ در آن جریان دارد، پارامتر Z را با فرض شیب‌های۰/۰۳، ۰/۱ و ۰/۳ محاسبه کنید [۵۰].

S %	V m/s	Q l/s	Z Value
۰/۰۳	۰/۳۲	۴۵	۱۹۳۷۰
۰/۱	۰/۵۸	۸۲	۸۷۴۰
۰/۳	۱/۰۰	۱۴۱	۴۲۲۰

نتایج جدول فوق حاکی از آن است که احتمال تشکیل مقادیر قابل توجهی از گاز سولفید هیدروژن در فاضلابروهای اصلی و جمع‌کننده با شیب ملایم، وجود دارد [۵۰].

ب- محاسبه غلظت سولفید هیدروژن تولیدی

مساله: خط لوله‌ای تحت فشار به طول ۴۰۰۰ متر با قطر ۴۰۰ میلی‌متر مفروض است. چنانچه نرخ تولید سولفید هیدروژن در این فاضلابرو $0.1\ gS/m^2.hr$ و آب‌دهی جریان برابر با $100\ m^3/hr$ باشد، غلظت سولفید هیدروژن تولیدی در این فاضلابرو را محاسبه نمایید [۵۰].

زمان ماند:

$$t = \frac{V_w}{Q} = \frac{\frac{\pi}{4}.D^2.L}{Q} = \frac{\pi.0.4^2.4000}{4.100} = 5.03\ \ hr$$

غلظت سولفید هیدروژن تولیدی:

$$C = \frac{r_a}{R}.t = \frac{0.1}{\frac{0.4}{4}}.5.03 = 5.03\quad gr/m^3$$

بنابراین ملاحظه می‌شود که این فاضلابرو پتانسیل بالایی برای ایجاد بو دارد و لازم است در طراحی آن اقدامات اصلاحی مورد توجه قرار گیرد.

۶-۲- شستشوی شبکه

به‌طورکلی، شستشوی فاضلابروها در شبکه به چهار منظور انجام می‌پذیرد:

- شستشوی پیش‌گیرانه که به‌صورت دوره‌ای و طبق برنامه زمان‌بندی مشخص صورت می‌گیرد و هدف آن جلوگیری از رسوب‌گذاری و بروز انسداد در فاضلابروها می‌باشد. (کاهش تولید گازهای بد بو و جلوگیری از خوردگی جداره فاضلابروها نیز از دیگر مزایای شستشوی پیشگیرانه است)
- شستشوی اضطراری که برای رفع انسداد و گرفتگی فاضلابروهاست و معمولا در زمانی انجام می‌پذیرد که فاضلابروها با مشکل کمبود ظرفیت هیدرولیکی مواجه می‌شوند.
- شستشو پیش از آغاز عملیات ویدیومتری که برای پاک‌سازی فاضلابرو به‌منظور آماده‌سازی محیط کار و تشخیص بهتر شرایط فاضلابرو انجام می‌شود.
- شستشو پیش از شروع عملیات بهسازیِ شبکه که با هدف آماده‌سازی سطح داخلی فاضلابروها برای تعمیر پوشش موجود یا اجرای روکش جدیدصورت می‌گیرد.

یادآوری می‌شود که در طراحی شبکه‌های فاضلاب همواره باید سعی شود سرعت خودشستشویی، حداقل یک‌بار در هر شبانه‌روز در تمام فاضلابروها تامین گردد؛ چنانچه به هر دلیل ایجاد این سرعت در بعضی از لوله‌های فاضلابرو میسر

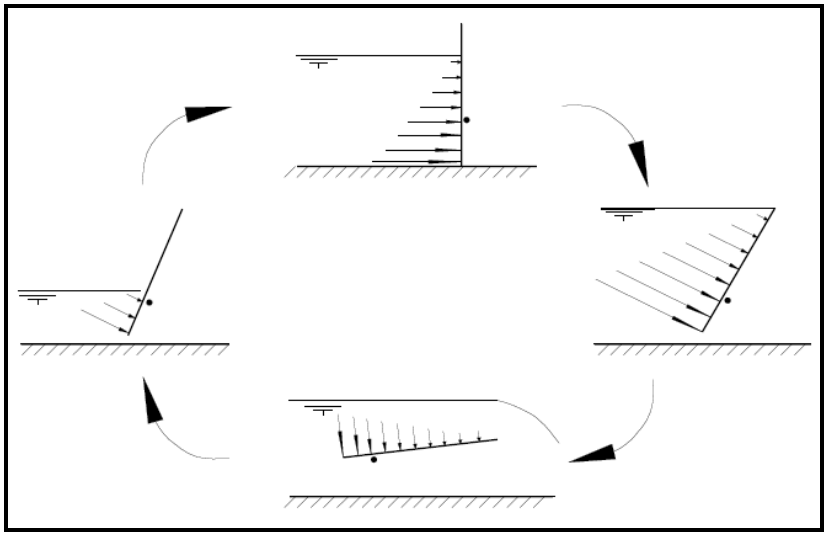
نباشد، شستشوی پیش‌گیرانه به تناوب در آن مجاری ضرورت می‌یابد و بی‌توجهی به این نیاز، توسل به شستشوی اضطراری و کوتاه شدن عمر فاضلابروها را در پی خواهد داشت. مهندس طراح باید بازه‌هایی را که نیاز به شستشو دارند مشخص نموده و موقعیت مکانی آن‌ها را درج و اعلام نماید.

۶-۲-۱- انواع تاسیسات شستشوی خودکار

۶-۲-۱-۱- سیستم هایدرس[1]

این نوع سیستم شستشو که از تخلیه ناگهانی جریان برای پاک‌سازی فاضلابرو استفاده می‌کند، نخستین بار در کشور فرانسه ابداع شده و ساختاری بسیار ساده دارد؛ این سیستم متشکل از یک دریچه به شکل سطح مقطع فاضلابروست که حول یک محور آزادانه گردش می‌نماید. زمانی‌که جریان فاضلاب در شبکه اندک باشد، دریچه تحت تاثیر وزن خود به‌صورت عمودی باقی می‌ماند و جریان به تدریج در بالادست دریچه جمع شده و ارتفاع می‌گیرد تا این‌که نهایتا نیروی هیدرواستاتیک ناشی از انباشت آب در بالادست، بر وزن دریچه غلبه کرده و آن را حول محور افقی دریچه به گردش در می‌آورد؛ این امر سبب می‌شود که حجم زیادی از آب به‌صورت ناگهانی و با سرعت به داخل فاضلابرو تخلیه گردیده و آن را شستشو دهد؛ پس از تخلیه آب و از میان رفتن نیروی هیدرواستاتیک ناشی از آن، دریچه به حالت اولیه بازمی‌گردد و این چرخه مرتب تکرار می‌شود. بدین ترتیب با به‌کارگیری این سیستم شستشوی خودکار، از انباشت رسوبات در فاضلابروهایی که سرعت خودشستشویی در آن‌ها تامین نمی‌گردد، جلوگیری می‌شود. تعداد دریچه‌ها و فاصله بین آن‌ها بستگی به ویژگی‌های مواد رسوبی و بعضی مشخصات مجرا از جمله شیب طولی و ضریب زبری فاضلابرو دارد [۹۵ و ۹۰].

شکل (۶-۳) نحوه عملکرد سیستم هایدرس را نشان می‌دهد.



شکل ۶-۳- نحوه عملکرد سیستم هایدرس [۹۰]

1- Hydrass

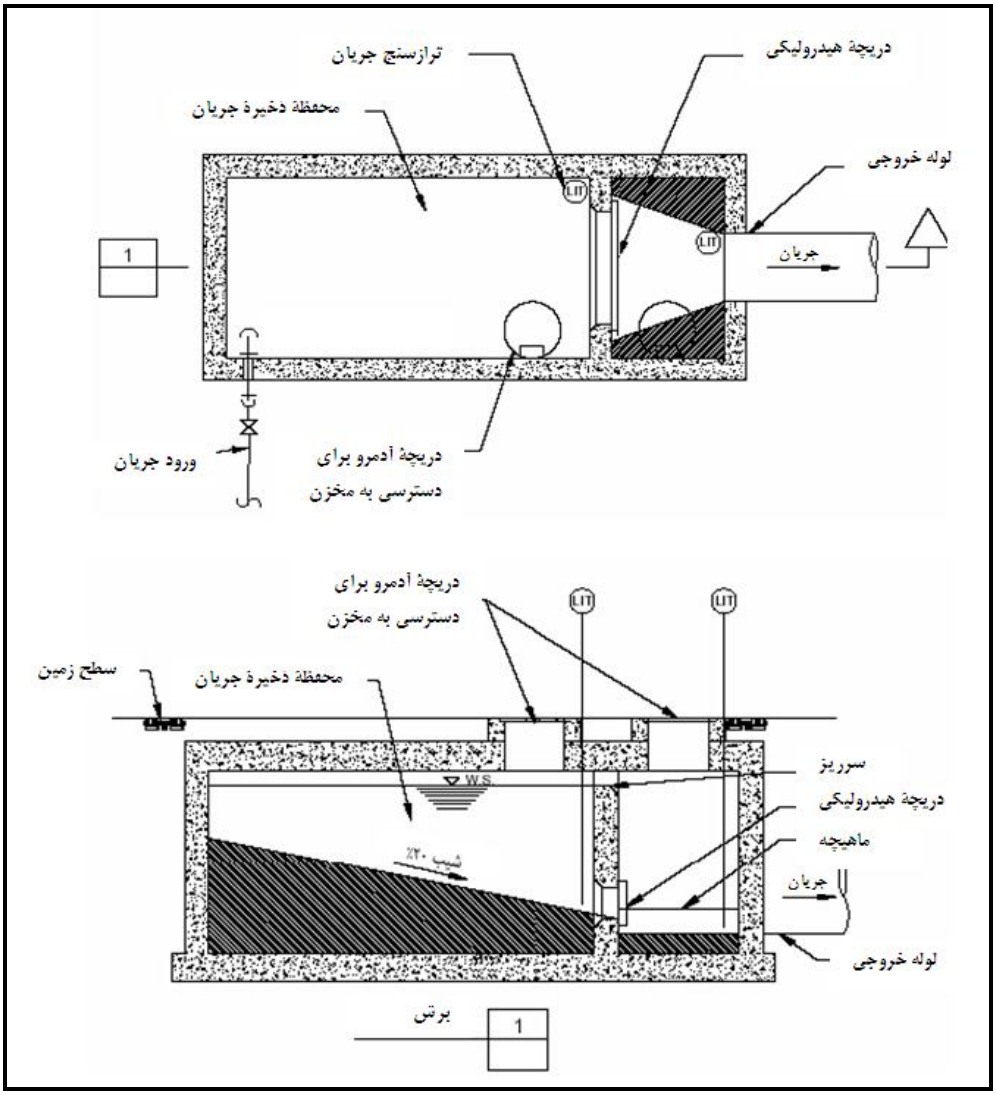
۶-۲-۱-۲- سیستم هایدروسلف[1]

هایدروسلف سیستمی ساده برای رسوب‌زدایی کانال‌ها، مخازن نگه‌داشت موقت جریان، تونل‌ها و جمع‌کننده‌های اصلی شبکه فاضلاب است که بدون نیاز به جریان برق و آب تمیز، می‌تواند از طریق آزادسازی ناگهانی جریان، رسوب‌های سخت نشده را تا حد زیادی پاک‌سازی نموده و ظرفیت هیدرولیکی مخزن یا مجرا را در طول زمان تقریبا ثابت نگاه دارد. استفاده از سیستم هایدروسلف در پاک‌سازی «منبع ذخیره جریان سرریز شده از شبکه مختلط»[2] نیز بسیار متداول است. در این‌جا ساختار و عملکرد نوعی از این سیستم که برای پاک‌سازی تونل‌ها و جمع‌کننده‌های اصلی شبکه فاضلاب مورداستفاده قرار می‌گیرد، به اختصارتشریح می‌گردد [۹۵ و ۹۰ و ۵۳].

ساختار و ترکیب اجزای سیستم هایدروسلف برحسب نوع کاربرد متفاوت است اما به‌طورکلی متشکل از یک محفظه ذخیره جریان و یک دریچه هیدرولیکی است که با فرمانِ یک وسیله شناور (که در فاضلابرو نصب می‌شود) باز شده و جریان را به‌صورت ناگهانی رها می‌نماید. معمولا محفظه ذخیره جریان در درون مسیر شبکه فاضلاب یا در مجاورت[3] آن تعبیه می‌گردد اما در فاضلابروهایی‌که بیش از ۲ متر قطر دارند، این محفظه را می‌توان با ساخت دو دیواره بتنی در داخل خود فاضلابرو ایجاد نمود. در هر صورت، برای جلوگیری از رسوب‌گذاری در داخل محفظه ذخیره جریان، باید کف مخزن به‌صورت شیبدار (با شیبی بین ۵ تا ۲۰ درصد) ساخته شود؛ اگرچه میزانِ این شیب تا حد زیادی حداکثر طول قابل شستشو در هر بار تخلیه ناگهانی جریان را تعیین می‌کند اما از لحاظ نظری هیچ محدودیتی در حداکثر طول قابل شستشوی فاضلابروها با این روش وجود ندارد زیرا می‌توان چندین واحد دریچه را به‌صورت پی‌درپی یا سری در طول مسیر فاضلابرو نصب نمود [۹۵ و ۹۰ و ۵۳].

شکل (۶-۴) ساختار سیستم هایدروسلف را نشان می‌دهند.

1- Hydroself
2- CSO Storage Tank
3- In-line or Adjacent



شکل ۶-۴- نمایی از سیستم هایدروسلف [۹۵]

همان‌طورکه اشاره شد، سیستم هایدروسلف به‌طور خودکار و بدون نیاز به جریان برق عمل شستشو را به‌صورت متناوب انجام می‌دهد اما در صورت نیاز، اپراتور نیز می‌تواند به دریچه فرمان دهد تا با صرف اندک انرژی برق، مطابق نیاز باز یا بسته شود [۹۵ و ۹۰].

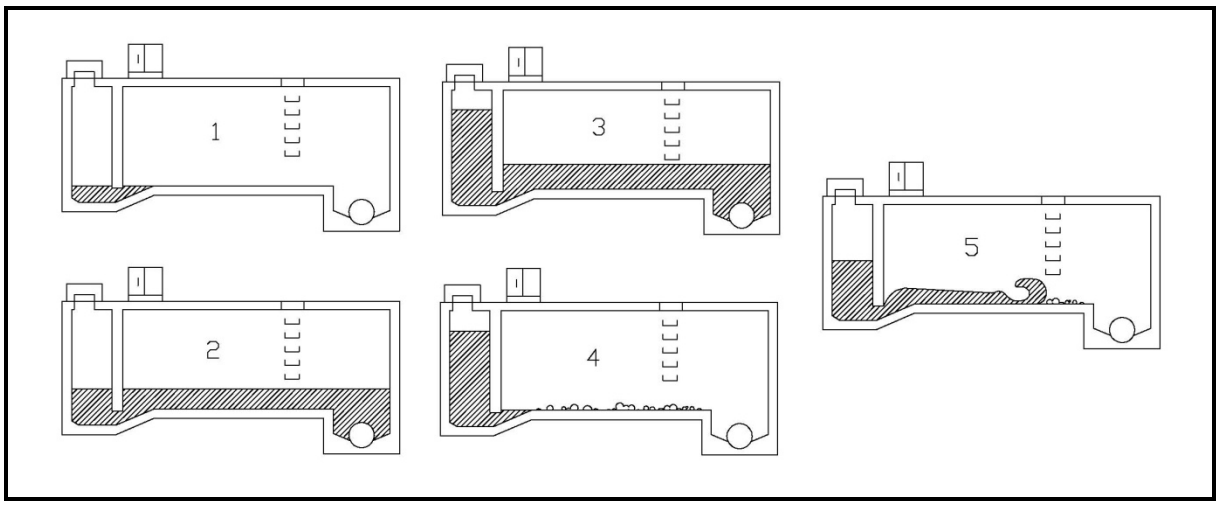
۶-۲-۱-۳- سیستم بایوجست[1]

این سیستم، متشکل از یک محفظه بتنی برای ذخیره آب، یک یا چند پمپ مکشی[2]، یک عدد دریچه دیافراگمی[3] و پانل کنترل می‌باشد. نحوه عملکرد سیستم به این صورت است که با رسیدن سطح جریان در فاضلابرو به مقداری

1- Biogest
2- Vacuum Pump
3- Diaphragm Valve

مشخص، پمپ مکشی از طریق یک حس‌گر یا سنسور فعال می‌شود و با تخلیه هوای درون محفظه ذخیره جریان، سبب می‌گردد که فاضلاب از درون فاضلابرو آنقدر به داخل محفظه مکیده شود تا ارتفاع آب در درون محفظه به سطح معینی برسد؛ در این حالت پمپ مکشی خاموش شده و آب درون محفظه در همان سطح باقی می‌ماند. نهایتا یک سنسور ثانویه که درون فاضلابرو قرار دارد، با تشخیص سطح فاضلاب و زمان مناسب برای آزادسازی ناگهانی جریان ذخیره شده، دستور باز شدن دریچه دیافراگمی را صادر می‌کند. با باز شدن دریچه، حجم عظیمی از آب به‌صورت ناگهانی وارد فاضلابرو شده و عمل شستشو انجام می‌شود [۹۵ و ۹۰ و ۱۵].

شکل (۶-۵) مراحل عملکرد سیستم با یوجست را نشان می‌دهد.



شکل ۶-۵ - مراحل عملکرد سیستم بایوجست [۱۵]

۶-۲-۱-۴- سیستم هایدروفلاش[1]

چنانچه میزان آب‌دهی جریان در فاضلابروها اندک باشد، ذخیره کردن فاضلاب در یک محفظه به‌منظور استفاده از آن برای شستشوی مجاری عملی نیست زیرا مدت زمان زیادی طول می‌کشد تا حجم قابل توجهی از فاضلاب ذخیره شود و این امر منجر به ایجاد شرایط سپتیک و تولید بوی زننده می‌گردد. در چنین مواقعی، یکی از راه‌کارهای مناسب استفاده از سیستم هایدروفلاش می‌باشد. در این سیستم، ابتدا رواناب جاری شده بر روی سطح خیابان‌ها و پشت‌بام‌ها یا آب خاکستریِ تولید شده در منازل مسکونی، جمع‌آوری شده و پس از عبور از آشغالگیر، درون یک استوانه یا شفت مخصوص[2] ذخیره می‌گردد تا از آن برای شستشوی سریع و ناگهانی فاضلابرو استفاده شود. این شفت از طریق یک لوله که در کف آن تعبیه شده به فاضلابرویی‌که نیاز به شستشو دارد متصل شده و درون شفت نیز یک سیفون ویژه[3] نصب می‌گردد که با رسیدن آب به سطح معین، محتوای شفت را به‌صورت ناگهانی تخلیه می‌نماید تا عمل شستشو انجام شود [۵۳].

1- Hydroflush
2- Flushing Shaft
3- Flushing Siphon

۶-۲-۱-۵- سیستم خلا خودکار برای شستشوی فاضلابروها[1]

اصول عملکرد این سیستم بسیار شبیه به سیستم هایدروفلاش بوده و اساسا به‌نظر می‌رسد که هایدروفلاش حالت خاصی از این سیستم باشد؛ در اینجا نیز یک مخزن ذخیره جریان[2] وجود دارد که در داخل «منبع ذخیره جریان سرریز شده از شبکه مختلط»[3] یا درون مسیر شبکه مختلط نصب می‌گردد. مخزن مذکور دارای یک دهانه ورودی/خروجی[4] است که آب از طریق آن به مخزن وارد یا از آن خارج می‌شود؛ همچنین یک شیر هوا در بالای این مخزن تعبیه شده که با پر شدنِ مخزن بسته شده و یک سیستم تحت خلا برای نگهداری آب[5] پدید می‌آورد. با گذر از حالت حداکثر آب‌دهی و پایین آمدن سطح آب در فاضلابرو، هوا از طریق یک مجرای ویژه ورود هوا[6] به داخل مخزن کشیده می‌شود و شرایط خلا را از بین می‌برد که این امر منجر به تخلیه ناگهانی آب ذخیره شده از مخزن و شستشوی رسوبات می‌گردد [۹۵].

1- EPA Automatic Vacuum Flushing System
2- Flushing Water Reservoir
3- CSO Storage Tank
4- Ingress/Egress Port
5- Water-Retaining Vacuum
6- Air Intake Conduit

مهندسین آب و فاضلاب تهر ا ن

(رابین کو)

فصل ۷

نقشه‌های شبکه فاضلاب

www.TWWE.ir

۷-۱- کلیات

نوع نقشه و مقیاس مناسب آن‌ها در شبکه‌های فاضلاب باید به شرح جدول (۷-۱) باشد [۴۲]:

جدول ۷-۱- نوع و مقیاس نقشه‌های شبکه فاضلاب [۴۲]

ردیف	نوع نقشه و مقیاس	مطالعات شناخت	مطالعات مرحله اول	مطالعات مرحله دوم
۱	نقشه‌های موقعیت عمومی طرح مقیاس از ۱:۵۰۰۰۰ تا ۱:۱۰۰۰۰	✓	✓	-
۲	نقشه‌های سیمای عمومی طرح مقیاس از ۱:۵۰۰۰ تا ۱:۲۰۰۰	✓	✓	-
۳	نقشه‌های پلان اجرایی طرح مقیاس از ۱:۲۰۰۰ تا ۱:۵۰۰ یا ۱:۲۰۰	-	-	✓
۴	نقشه‌های آنالیز هیدرولیکی مقیاس از ۱:۲۵۰۰ تا ۱:۵۰۰	-	✓	✓
۵	نقشه‌های اجرایی مقاطع طولی مقیاس از ۱:۱۰۰۰/۱۰۰ تا ۱:۲۵۰/۱۰۰	-	○	✓
۶	نقشه‌های سازه‌ای و خاص مقیاس= ۱:۱۰۰، ۱:۵۰	-	○	✓

✓ لازم است.
○ لزوم آن بر اساس نظر کارفرما تعیین گردد.
- لازم نیست.

۷-۱-۱- نقشه‌های موقعیت عمومی طرح

نقشه‌های عمومی نحوه ارتباط پروژه با فضای بیرون پروژه و سایر پروژه‌ها را نشان می‌دهد. حداقل اطلاعات نمایش داده شده در نقشه‌های عمومی با مقیاس‌های ۱:۵۰۰۰۰، ۱:۲۵۰۰۰ و ۱:۱۰۰۰۰ به شرح زیر می‌باشد [۴۲]:

- حوزه‌های سرویس[1]:۱- حوزه تحت پوشش طرح ۲- حوزه‌های اصلی ۳- حوزه‌های برون شهری
- نواحی حفاظت شده (مثلا مسیل‌ها، چشمه‌های آب معدنی، منابع طبیعی و غیره)
- آب‌های سطحی پذیرنده و پهنه سیلاب گیر آن‌ها
- کلکتورهای اصلی
- محل‌های تصفیه‌خانه‌های فاضلاب
- سازه‌های خاص
- خطوط تراز

1- Catchment Area

۷-۱-۲- نقشه‌های سیمای عمومی طرح

نقشه‌های عمومی طرح با مقیاس‌های ۱:۵۰۰۰، ۱:۲۵۰۰ و ۱:۲۰۰۰ می‌باشند. این نقشه‌ها باید حداقل اطلاعات زیر که جزییات بیش‌تری از پروژه را نسبت به نقشه‌های سیمای کلی طرح نمایش می‌دهد ارائه نمایند [۴۲]:

- حوزه‌های سرویس: ۱- حوزه‌های اصلی ۲- حوزه‌های فرعی ۳- حوزه‌های برون شهری
- نواحی حفاظت شده (مثلا مسیل‌ها، چشمه‌های آب معدنی، منابع طبیعی و غیره)
- آب‌های سطحی پذیرنده و پهنه سیلاب‌گیر
- نقاط تخلیه به آب‌های پذیرنده
- مناطق با کاربری خاص
- مسیر فاضلابروهای اصلی طراحی شده و موجود به همراه جهت جریان
- شکل و ابعاد مقطع و شیب فاضلابرو
- سازه‌های خاص شامل ایستگاه‌های پمپاژ، مخازن ذخیره، سرریز جریان، سیفون‌های وارونه و تخلیه‌گاه جریان
- تصفیه‌خانه‌های فاضلاب

۷-۱-۳- نقشه‌های پلان اجرایی طرح

این نقشه‌ها باید شامل کلیه جزییات مورد نیاز طرح به همراه ابعاد و اندازه باشد. مقیاس نقشه‌ها در این مرحله باید ۱:۲۰۰۰، ۱:۱۰۰۰، ۱:۵۰۰ و ۱:۲۰۰ باشد. این نقشه‌ها شامل موارد زیر خواهد بود [۴۲]:

- ساختمان‌ها (مسکونی، اداری، تجاری و صنعتی) و محدوده پیاده‌روها
- محدوده و اسم خیابان‌ها
- فضای سبز
- مسیر فاضلابروهای طراحی شده و موجود شامل جهت جریان، شکل و ابعاد مقاطع، شیب و جنس فاضلابروها و همچنین در صورت نیاز جریان‌های ورودی از سایر حوزه‌ها و لوله‌هایی که به تمهیدات ویژه برای حفاظت نیاز دارند.
- محل آدم‌روها
- شماره‌گذاری آدم‌رو و فاضلابروها
- جزییات سازه‌های خاص به طور مثال ایستگاه‌های پمپاژ، ایستگاه‌های بالابر، سازه‌های انحراف جریان، مخازن ذخیره، سازه‌های سرریز جریان، سیفون‌های وارونه، پل‌های عبور فاضلابرو از روی موانع، آدم‌روهای مخصوص شستشوی فاضلابروها و سازه‌های تخلیه جریان
- منابع آب‌های پذیرنده: شامل نام منبع آب پذیرنده، مسیر جریان
- نقاط تخلیه به آب‌های پذیرنده

- نواحی سیل‌گیر طبیعی یا از پیش تعیین شده
- نقاط ارتفاعی و در صورت لزوم خطوط تراز
- حوزه‌های سرویس اصلی و زیر حوزه‌ها (در صورت نیاز اسم آن‌ها)
- مشخص نمودن سیستم انتقال جریان در فاضلابروها به صورت تحت فشار یا ثقلی
- تصفیه‌خانه‌های فاضلاب

۷-۱-۴- نقشه‌های آنالیز هیدرولیکی

نقشه‌های کامپیوتری شبکه فاضلاب باید ساختار اصلی شبکه فاضلاب را ارائه نماید. با استفاده از این نقشه‌ها می‌توان منطق به کار رفته در محاسبات هیدرولیکی را کنترل نمود [۴۲].

با توجه به بزرگی طرح، مقیاس نقشه‌ها را می‌توان ۱:۲۵۰۰، ۱:۲۰۰۰، ۱:۱۰۰۰ و در صورت نیاز ۱:۵۰۰ در نظر گرفت. نقشه‌های آنالیز هیدرولیکی شامل موارد زیر است [۴۲]:

- نام خیابان‌های اصلی
- کلیه فاضلابروها و آدم‌روها به صورت شماره گذاری شده
- آب‌های سطحی پذیرنده در نقاط تخلیه
- ابعاد طراحی شده هر فاضلابرو
- مقادیر جریان طراحی هر فاضلابرو

۷-۱-۵- نقشه‌های اجرایی مقاطع طولی

کلیه مقاطع طولی باید در جهت کاهش تراز فاضلابرو و از چپ به راست با مقیاسی مانند نقشه‌های پلان اجرایی طرح باشند. در کلیه نقشه‌ها باید مقیاس ارتفاعی ۱:۱۰۰ در نظر گرفته شود [۴۲].

مقیاس نقشه‌های مقاطع طولی شبکه فاضلاب باید معادل ۱:۱۰۰۰، ۱:۵۰۰ و در صورت لزوم ۱:۲۵۰ باشد. این نقشه‌ها باید حاوی حداقل اطلاعات به شرح زیر باشند [۴۲]:

- رقوم تراز کف فاضلابروها
- رقوم زمین طبیعی
- عمق کف آدم‌رو از سطح زمین
- شیب فاضلابرو
- محل آدم‌روها و سایر سازه‌های خاص
- محل تاسیسات اندازه‌گیری و کنترل جریان
- طول فاضلابرو

- ارتفاع سرریز
- محل و مشخصات انشعابات ورودی شامل ابعاد و رقوم کف
- فاصله هر آدم‌رو از ابتدای خط
- جزییات مربوط به روش‌های اجرای خاص (به طور مثال: حداکثر طول لوله‌رانی، بدون احداث شفت‌های میانی، در روش اجرای میکروتونلینگ، عمق شمع کوبی، غلاف بتنی دور لوله و غیره)
- تراز حداکثر منابع آب‌های پذیرنده در محل تخلیه‌گاه
- محل ایستگاه‌های بالابر و پمپاژ
- برای خطوط انتقال می‌توان نقشه‌های مقاطع طولی عمومی را با مقیاس طولی ۱:۱۰۰۰۰، ۱:۵۰۰۰، ۱:۲۵۰۰ و ۱:۲۰۰۰ ارائه نمود. این نقشه‌ها باید دید مناسبی از اندازه‌های کل طرح حاوی مهم‌ترین اطلاعات را نشان دهد [۴۲].

۷-۱-۶- نقشه‌های سازه‌ای

جزییات نقشه‌های سازه‌ای با توجه به اهداف تهیه نقشه در طرح‌های مختلف متفاوت می‌باشد. مقیاس این نقشه‌ها باید ۱:۱۰۰، ۱:۵۰ و یا بیش‌تر بوده و شامل حداقل اطلاعات زیر باشد [۴۲]:

- نوع و کیفیت مصالح
- ابعاد و اندازه‌ها
- رقوم‌های ارتفاعی
- تاسیسات مکانیکی و الکتریکی
- تاسیسات اندازه‌گیری
- جزییات مربوط به تمهیدات ویژه برای روش‌های اجرای خاص

۷-۲- موقعیت مکانی شبکه فاضلاب در معابر عمومی[۱]

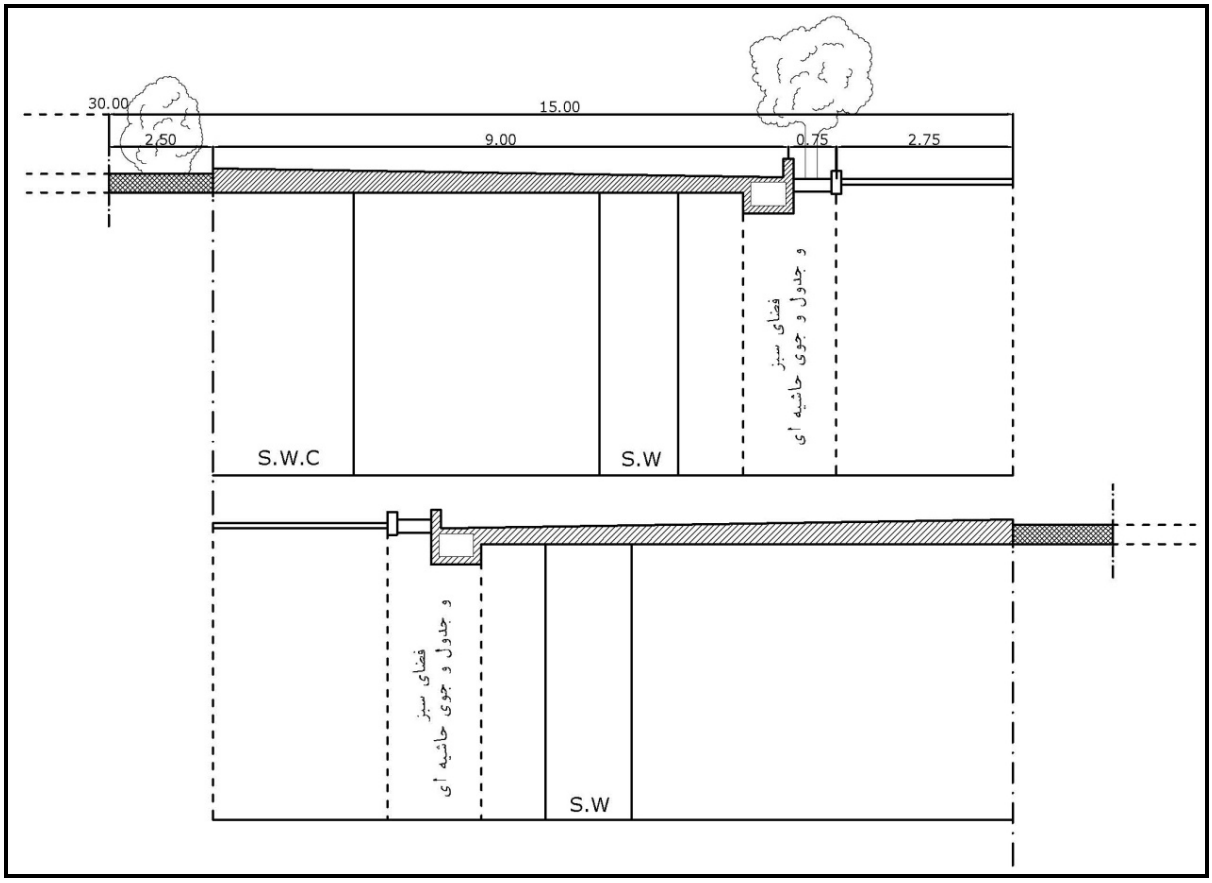
در تعیین موقعیت قرارگیری و عمق کارگذاری لوله‌های فاضلاب در مجاورت سایر تاسیسات زیرزمینی، توجه به نکات ذیل ضروری است [۱۱۹]:

۱- کمیسیون عالی هماهنگی امور اجرایی شهرهای کشور متشکل از نمایندگان وزارت‌خانه‌های نیرو، مخابرات، مسکن و شهرسازی، راه و ترابری و سازمان برنامه و بودجه، در اجرای مصوبه مورخ ۶۶/۱۱/۴ هیات وزیران، دستورالعمل نحوه هماهنگی و صدور مجوز حفاری در سطح کشور را تهیه نموده است که طی بخشنامه شماره ۳/۳۴/۱۰۹۴ مورخ ۶۸/۱/۲۱ به استانداری‌های کشور به منظور اجرا ابلاغ گردیده است. از دستورالعمل مذکور، بخش مربوط به موقعیت تاسیسات شهری زیرزمینی در معابر عمومی، در جلسات کمیته آب و فاضلاب بررسی شده و اصصلاحات لازم در مورد تاسیسات آب و فاضلاب در آن اعمال گردیده است [۱۱۹].

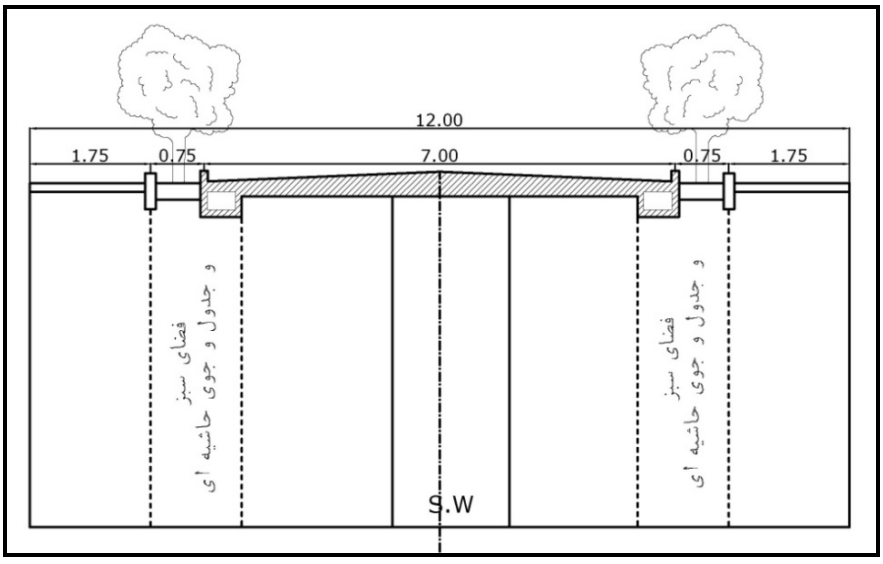
- بهتر است از نصب تاسیسات شهری زیرزمینی در عرض‌های اختصاص یافته به جوی یا فضای سبز به‌منظور سهولت دسترسی برای تعمیرات و نگهداری اجتناب شود.
- جزییات تقاطع و امتداد لوله‌های آب با لوله‌های فاضلاب مشتمل بر فواصل افقی و عمودی مجاز بین آن‌ها، در آلبوم جزییات تیپ خطوط انتقال و شبکه‌های آب و فاضلاب (نشریه شماره ۲۹۱ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس‌جمهور)، تشریح شده است.
- در معابر تا عرض ۳۰ متر[۱]، یک خط فاضلابرو حتی‌الامکان در وسط خیابان کار گذاشته شده و در معابر با عرض ۳۰ متر یا بیش‌تر، دو خط لوله فاضلابرو در طرفین خیابان ترجیحا در نزدیکی حاشیه معبر با فاصله عمودی و افقی کافی از لوله‌های آب پیش‌بینی می‌گردد. چنانچه نیاز به تعبیه یک خط جمع‌کننده اصلی نیز باشد، این خط در نزدیکیِ محور میانیِ معبر (خارج از محدوده فضای سبز) قرار می‌گیرد.
- اتصال مستقیم انشعابات ساختمان‌ها به فاضلابروهای با قطر بزرگ‌تر از ۴۰۰ میلی‌متر مجاز نبوده و لازم است ابتدا فاضلاب به یک خط کمکی تخلیه شده، سپس آن خط در فواصل مناسب و با پیش‌بینی آدم‌رو یا سازه اتصال مناسب به فاضلابرو با قطر بیش از ۴۰۰ میلی‌متر متصل گردد.

موقعیت مکانی فاضلابروها و لوله آن‌ها در شکل‌های (۷-۱) و (۷-۲) نشان داده شده است.

۱- عرض معبر شامل حریم، سواره‌رو و پیاده‌روها می‌باشد.



شکل ۷-۱- موقعیت مکانی فاضلابروها (S.W) و کلکتور اصلی فاضلاب (S.W.C) در معبر با عرض ۳۰ متر [۱۱۹]



شکل ۷-۲- موقعیت مکانی لوله فاضلابرو (S.W) در معبر با عرض ۱۲ متر [۱۱۹]

مهندسین آب و فاضلاب تهر ا ن
(رابین کو)

پیوست ۱

نمونه محاسبات جریان طراحی

پ.۱-۱- محاسبه جریان طراحی و تعیین قطر لوله

در جدول (پ.۱-۱)، نمونه‌هایی از محاسبه مقدار جریان فاضلاب برای زیر حوزه‌هایی با مساحت‌های ۲۰۰ تا ۳۰۰۰ هکتار و با مفروضات تراکم جمعیت ۲۰۰ نفر بر هکتار در سال مقصد طرح، نشتاب و آب‌های نفوذی ۰/۴ لیتر بر ثانیه بر هکتار و سرانه تولید فاضلاب ۱۸۰ لیتر بر روز ارائه شده و در نهایت قطر لوله مورد نیاز با فرض ۸۰ درصد پرشدگی مجاز ($h/D=0.8$) و مانینیگ ۰/۰۱۳ محاسبه گردیده است. در ذیل، روش انجام محاسبات برای یک زیر حوزه با مساحت ۸۰۰ هکتار آورده شده است:

پ.۱-۱-۱- محاسبه جریان طراحی

جمعیت = مساحت × تراکم جمعیت $=800\times200=160000$ نفر

ضریب حداکثر جریان: $K_{max}=\frac{5}{(\frac{p}{1000})^{0.167}}=\frac{5}{160^{0.167}}=2.1$

جریان فاضلاب در ایام بدون باران و ذوب برف: DWF = جمعیت × سرانه تولید فاضلاب $=160000\times180$

جریان فاضلاب در ایام بدون باران و ذوب برف: DWF = جمعیت x= سرانه تولید فاضلاب ۱۶۰۰۰۰ x 180

$=28800000\ \ l/d\ =333.3\ \ l/s$

حداکثر جریان فاضلاب: $Q_{max}=K_{max}\times DWF=2.1\times333.3=699.9\ \ l/s$

جریان نشتاب و آب‌های نفوذی $Q_{I/I}$ نرخ نشتاب و آب‌های نفوذی × مساحت $=800\times0.4=320\ \ l/s$

جریان طراحی: $Q_{design}=Q_{max}+Q_{I/I}=699.9+320=1019.9\ \ l/s$

پ.۱-۱-۲- تعیین قطر لوله با فرض شیب ۰/۰۱

معادله مانینگ: $Q=1/n.A.R^{2/3}.S^{1/2}$

$S=0.01\ ,\ n=0.013\ ,\ Q=1019/9\rightarrow AR^{2/3}=0.1326\ \rightarrow$ قطر لوله مورد نیاز $D=800\ mm$

پ.۱-۱-۳- تعیین قطر لوله با فرض شیب ۰/۰۰۵

معادله مانینگ: $Q=1/n.A.R^{2/3}.S^{1/2}$

$S=0.005\ ,\ n=0.013\ ,\ Q=1019.9\ \rightarrow\ AR^{2/3}=0.1875\ \rightarrow$ قطر لوله مورد نیاز $D=900\,mm$

جدول پ.۱-۱- نمونه‌هایی از محاسبه جریان طراحی و تعیین قطر لوله

مساحت (هکتار)	تراکم جمعیت (نفر بر هکتار)	سرانه تولید فاضلاب (لیتر بر روز)	جمعیت (نفر)	ضریب حداکثر جریان (K_{max})	جریان فاضلاب در ایام بدون باران و ذوب برف (DWF)	حداکثر جریان فاضلاب (Q_{max})	نشتاب و آب‌های نفوذی (لیتر بر ثانیه بر هکتار)	جریان نشتاب و آب‌های نفوذی (لیتر بر ثانیه)	جریان طراحی (لیتر بر ثانیه)	قطر لوله مورد نیاز با فرض شیب ۰/۰۱	قطر لوله مورد نیاز با فرض شیب ۰/۰۰۵
۲۰۰	۲۰۰	۱۸۰	۴۰۰۰۰	۲/۷	۸۳/۳۰	۲۴۴/۹	۰/۴	۸۰	۳۰۴/۹	۵۰۰	۶۰۰
۴۰۰	۲۰۰	۱۸۰	۸۰۰۰۰	۲/۴	۱۶۶/۷۰	۴۰۰/۱	۰/۴	۱۶۰	۵۶۰/۱	۶۰۰	۷۰۰
۶۰۰	۲۰۰	۱۸۰	۱۲۰۰۰۰	۲/۲	۲۵۰/۰۰	۵۵۰/۰	۰/۴	۲۴۰	۷۹۰/۰	۷۰۰	۸۰۰
۸۰۰	۲۰۰	۱۸۰	۱۶۰۰۰۰	۲/۱	۳۳۳/۳۰	۶۹۹/۹	۰/۴	۳۲۰	۱۰۹۱/۹	۸۰۰	۹۰۰
۱۰۰۰	۲۰۰	۱۸۰	۲۰۰۰۰۰	۲/۱	۴۱۶/۷۰	۸۷۵/۱	۰/۴	۴۰۰	۱۲۷۵/۱	۸۰۰	۱۰۰۰
۱۲۰۰	۲۰۰	۱۸۰	۲۴۰۰۰۰	۲/۰	۵۰۰/۰۰	۱۰۰۰/۰	۰/۴	۴۸۰	۱۴۸۰/۰	۹۰۰	۱۰۰۰
۱۴۰۰	۲۰۰	۱۸۰	۲۸۰۰۰۰	۲/۰	۵۸۳/۳۰	۱۱۶۶/۶	۰/۴	۵۶۰	۱۷۲۶/۶	۹۰۰	۱۲۰۰
۱۶۰۰	۲۰۰	۱۸۰	۳۲۰۰۰۰	۱/۹	۶۶۶/۷۰	۱۲۶۶/۷	۰/۴	۶۴۰	۱۹۰۶/۷	۱۰۰۰	۱۲۰۰
۱۸۰۰	۲۰۰	۱۸۰	۳۶۰۰۰۰	۱/۹	۷۵۰/۰۰	۱۴۲۵/۰	۰/۴	۷۲۰	۲۱۴۵/۰	۱۰۰۰	۱۲۰۰
۲۰۰۰	۲۰۰	۱۸۰	۴۰۰۰۰۰	۱/۸	۸۳۳/۳۰	۱۴۹۹/۹	۰/۴	۸۰۰	۲۲۹۹/۹	۱۰۰۰	۱۲۰۰
۲۲۰۰	۲۰۰	۱۸۰	۴۴۰۰۰۰	۱/۸	۹۱۶/۷۰	۱۶۵۰/۱	۰/۴	۸۸۰	۲۵۳۰/۱	۱۲۰۰	۱۲۰۰
۲۴۰۰	۲۰۰	۱۸۰	۴۸۰۰۰۰	۱/۸	۱۰۰۰/۰۰	۱۸۰۰/۰	۰/۴	۹۶۰	۲۷۶۰/۰	۱۲۰۰	۱۴۰۰
۲۶۰۰	۲۰۰	۱۸۰	۵۲۰۰۰۰	۱/۸	۱۰۸۳/۳۰	۱۹۴۹/۹	۰/۴	۱۰۴۰	۲۹۸۹/۹	۱۲۰۰	۱۴۰۰
۲۸۰۰	۲۰۰	۱۸۰	۵۶۰۰۰۰	۱/۷	۱۱۶۶/۷۰	۱۹۸۳/۴	۰/۴	۱۱۲۰	۳۱۰۳/۴	۱۲۰۰	۱۴۰۰
۳۰۰۰	۲۰۰	۱۸۰	۶۰۰۰۰۰	۱/۷	۱۲۵۰/۰۰	۲۱۲۵/۰	۰/۴	۱۲۰۰	۳۳۲۵/۰	۱۲۰۰	۱۴۰۰

منابع و مراجع

1- Aisenbrey, Jr A. J. et. al., 1978: Design of small canal structures; United States Department of Interior Bureau of Reclamation.

2- American Society for Testing and Materials (ASTM), 2002: Standard Practice for Testing Concrete Pipe Sewer Lines by Low-Pressure Air Test Method (Metric) ; ASTM C 924M, ASTM International ; PA, USA.

3- American Society for Testing and Materials (ASTM), 2002: Standard Practice for Infiltration and Exfiltration Acceptance Testing of Installed Precast Concrete Pipe Sewer Lines ; ASTM C969M, ASTM International; PA, USA.

4- American Society for Testing and Materials (ASTM), 2003: Standard Test Method for Low-Pressure Air Test of Vitrified Clay Pipe Lines ; ASTM C 828, ASTM International; PA, USA.

5- American Society for Testing and Materials (ASTM), 2003: Standard Practice for Joint Acceptance Testing of Installed Precast Concrete Pipe Sewer Lines ; ASTM C1103, ASTM International; PA, USA.

6- American Society for Testing and Materials (ASTM), 2005: Standard Test Method for Installation Acceptance of Plastic Gravity Sewer Lines Using Low-Pressure Air ; ASTM F1417, ASTM International; PA, USA.

7- American Society for Testing and Materials (ASTM), 2006: Standard Practice for Infiltration and Exfiltration Acceptance Testing of Installed Corrugated High Density olyethylene Pipelines ; ASTM F 2487, ASTM International; PA, USA.

8- American Society for Testing and Materials (ASTM), 2008: Standard Test Method for Hydrostatic Infiltration Testing of Vitrified Clay Pipe Lines ; ASTM C 1091 , ASTM International; PA, USA.

9- American Society of Civil Engineers (ASCE), 1982: Gravity Sanitary Sewer Design & Construction; ASCE Manuals & Reports on Engineering Practice No.60, WPCF & ASCE, New York.

10- American Society of Civil Engineers (ASCE), 1996: Hydrology Handbook ; ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice 28, ASCE, New York.

11- Apgar, D., et. al., 2007: Minimization of Odors and Corrosion in Collection Systems - Phase I; Co-published by the Water Environment Research Foundation (WERF) & IWA Publishing, London, UK.

12- Asian Development Bank, 2009: Sewerage Master Plan of Hapur - Capacity Development of the National Capital Region Planning Board (NCRPB), Component B (TA No. 7055-IND), NCR Planning Board; ADB.

13- Bakalian, A., et al, 1994: Simplified Sewerage Design Guidelines ; UNDP-World Bank Water and Sanitation Program & See Also: http://www.efm.leeds.ac.uk/CIVE/Sewerage/.

14- Bedient, P.B., Huber,W.C., and B.E. Vieux, 2008: Hydrology and Floodplain Analysis_ 4th Edition ; Prentice Hall/Pearson Educational International.

15- BIOGESTr-Flushing-System type OF - Planning assistance; www.biogest.com (website accessed Sept. 2012)

16- Boon, A. G., 1992: Septicity in Sewers: Causes, Consequences and Containment ; IWEM Journal Feb. 1992 ; Wiley.

17- Brater, E. F., and H.W. King, 1976: Handbook of Hydraulics for the Solution of Hydraulic Engineering Problems ; 6th Edition ; Mc Graw-Hill.

18- British Standard/European Standard, 1998: Construction and Testing of Drains and Sewers ; BS EN 1610 ; European Committee for Standardization/British Standards Institute.
19- British Standard/European Standard, 1998: General Requirements for Components Used in Discharge Pipes - Drains and Sewers for Gravity Systems ; BS EN 476 ; European Committee For Standardization / BSI.
20- British Standard/European Standard, 2008: Drain and Sewer Systems Outside Buildings ; BS-EN752 ; European Committee for Standardization /British Standards Institute.
21- Butler D. & J. W. Davies, 2011: Urban Drainage, 3rd Edition ; Spon Press, Oxon, England.
22- Chow, V.T., Maidment, D.R., and L.W. Mays, 1988: Applied Hydrology; chapters 4,5, and 14 ; Mc Graw Hill.
23- CIRIA, 1996: Infiltration Drainage- Manual of Good Practice ; Construction Industry Research and Information Association (CIRIA), London, UK.
24- CIRIA, 2007: The SUDS Manual; CIRIA, c-697; London, UK.
25- City and County of Denver, 2008: Sanitary Sewer Design Technical Criteria Manual ; Department of Public Works, City of Denver, Colorado.
26- City of Bismarck, Engineering Department, 2000: City of Bismarck Stormwater Design Standards Manual ; City of Bismarck, North Dakota.
27- City of Gardner, 2007: Design Criteria For Sanitary Sewers and Appurtenances ; City of Gardner, Kansas.
28- City of Los Angeles Sanitation Department of Public Works, Bureau of Engineering, 1986: Storm Drain Design (Part G); City of Los Angeles, CA.
29- City of Los Angeles Sanitation Department of Public Works, Bureau of Engineering, 1992: Sewer Design (Part F); City of Los Angeles, CA.
30- City of Los Angeles, Department of Public Works, Bureau of Sanitation, 2006: Sewer Odor Control Master Plan; City of Los Angeles, CA.
31- City Of Oakland, 2008: Sanitary Sewer Design Standards ; Public Works Agency, Engineering Design & ROW Management Division, City Of Oakland, CA.
32- City of Vacaville, 2007: Sanitary Sewer System Design Standards ; Section DS 6 ; Department Of Public Works, City of Vacaville, CA.
33- Colas, H., et al, 2004: Practical Perspective on Real–Time Control; Water Qual. Res.J.Canada, Volume 39, No. 4, 466-478.
34- Committee of the Great Lakes - Upper Mississippi River Board of State and Provincial Public Health and Environmental Managers,2004: Ten-State Recommended Standard For Wastewater Facilities ; Health Education Services Division, Health Research Inc.
35- Commonwealth of Massachusetts Department of Environmental Protection 2004: Guidelines For The Design, Construction, Operation, & Maintenance Of Small Wastewater Treatment Facilities With Land Disposal ; CMDEP, Division of Watershed Permitting, MA.
36- Davis, M. L., 2010: Water and Wastewater Engineering - Design Principles and Practice ; Mc Graw-Hill.
37- Davis, C. V., and K. E. Sorensen, 1969: Handbook of Applied Hydraulics ; 3rd Edition ; Mc Graw Hill.
38- Department of Planning and Permitting, 2000: Rules Relating to Storm Drainage Standards ; City and County of Honolulu, Honolulu, Hawaii.

39- DHI Water & Environment, 2007: MOUSE TRAP Software Technical Reference - Water Quality Module ; DHI Software.

40- European Standard (EN), 1998: Structural Design of Buried Pipelines Under Various Conditions of Loading, Part 1: General Requirements ; EN 1295-1 ; European Committee For Standardization.

41- Flood Control District of Maricopa County, 1996: Drainage Design Manual for Maricopa County ; Maricopa County, Arizona.

42- German Association for Water Environment (ATV), 1996: Planning of Drain and Sewer Systems - New Construction, Rehabilitation and Replacement ; Advisory Leaflet ATV - M 101E, 1996: pp 18,34.

43- German Association for Water Environment (ATV), 1999: Arbeitsblatt A118: Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen (ATV - Working sheet A118: Hydraulic Design and Proof of Sewerage Networks) ; ISBN 3-933707-25-0.

44- German Association for Water, Wastewater and Waste (DWA), 2000: STANDARD ATV-DVWK-A 157E: Sewer System Structures, ISBN 978-3-937758-46-6

45- German Association for Water Environment (ATV), 2001: Hydraulic Dimensioning and Performance Verification of Sewers and Drains; Advisory Leaflet ATV-DVWK-A 110E.

46- German Association for Water, Wastewater and Waste (DWA), 2005: Scope of Action for the Planning of Flow Control in Sewer Networks; German DWA Rules and Standards, Advisory Leaflet DWA-M 180E; DWA.

47- Hager, W. H., 2010: Wastewater Hydraulics - Theory and Practice; Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

48- Heaney, J. P., Pitt, R., and R. Field, 2000: Innovative Urban Wet-Weather Flow Management Systems; EPA/600/R-99/029; EPA, Washington DC.

49- Huber, W. C., and R.E. Dickinson, 1992: Stormwater Management Model, Version 4, User's Manual; EPA/600/3-88/001a; US EPA, Athens, GA.

50- Hvitved-Jacobsen, T., 2002: Sewer Processes, Microbial and Chemical Process Engineering of Sewer Networks; CRC Press; Florida, USA.

51- Hvitved-Jacobsen, T., et al., 2002: Sewer Microbial Processes, Emissions and Impacts; Aalborg University of Denmark, Department of Environmental Engineering; Sewer Processes and Networks; Paris, France.

52- Hydraulic Research, 1983: Design and Analysis of Urban Stormwater Drainage; The Wallingford Procedure_ Volume 1: Principles, Methods & Practice; HR Wallingford / UK National Water Council; Oxford, England.

53- HydroSelf and Hydroflush Flushing Systems: http://steinhardtgmbh.com/flushing/ (website accessed Sept. 2012)

54- Iller Bank, 2011: Turkish Regulation for Design of Sewers (according to directions no. 3) ; http://web.deu.edu.tr/atiksu/toprak/ani4152.html (website accessed Sept. 2012)

55- Inserts for Sewer Odor & Corrosion Control; www.spdionline.com/docs/IPEX_Vortex_Flow_Inserts.pdf (accessed Sept. 2012)

56- Klotz, D., Strafaci, A., & C. Totz (Editors), 2007: Stormwater Conveyance Modeling and Design; Bentley Institute Press/Haestad Press, CT., USA.

57- Maidment, D.R. (editor), 1993: Handbook of Hydrology; chapters 5, 9, and 28; McGraw Hill.

58- Manning's Roughness Coefficient: http://www.engineeringtoolbox.com/mannings-roughness-d_799.html (website accessed Sept. 2012)

59- McCuen, R., 1998: Hydrologic Design and Analysis; Second Edition, Chapter 3: Watershed Characteristics; Prectice-Hall Inc.
60- Maryland Department of Public Works, 2009: Cecil County Water and Sewer Design Guidelines; Cecil County, Maryland.
61- Mays, L. W., (editor), 1999: Hydraulic Design Handbook; McGraw Hill.
62- Mays, L. W., (editor), 2001: Stormwater Collection Systems Design Handbook; Mc Graw Hill.
63- Metcalf & Eddy, G. Tchobanoglous, 1981: Wastewater Engineering - Collection and Pumping of Wastewater; McGraw-Hill.
64- Ministry of the Environment, 2008: Design Guidelines For Sewage Works; MOE, Ontario, Canada.
65- National Small Flows Clearinghouse & Purdue University, 1996: Alternative Sewers - A Good Option for Many Communities; Indiana, USA.
66- North Carolina Department of Environment and Natural Resources (NCDENR), 1996: Minimum Design Criteria for the Permitting of Gravity Sewers; NCDENR.
67- O'Loughlin, G., and B. Stack, 2002: Algorithms for Pit Pressure Changes and Head Losses in Stormwater Drainage Systems; Proc. 9th International Conference on Urban Drainage, Portland, Oregon.
68- Poehls, D. J., and G. J. Smith, 2009: Encyclopedic Dictionary of Hydrogeology; Elsevier.
69- Polypipe Civils Limited Company, 2011: Design and Installation Manual ; www.polypipecivils.co.uk (website accessed Sept. 2012)
70- Pomeroy, R.D., 1990: The Problem of Hydrogen Sulphide in Sewers; Clay Pipe Development Association, London, England.
71- Saskatchewan Ministry of Environment, 2008: Guidelines for Sewage Works Design; Saskatchewan Ministry of Environment, Canada.
72- Schutze, M., 2004: PASST – A Planning Aid for Sewer System Rael Time Control; 6th International Conference on Urban Drainage, Dresden, Germany.
73- Schutze, M., et al, 2004: Real Time Control of Urban Wastewater Systems – Where do we stand Today ? ; Journal of Hydrology , v. 299, pp. 335-348.
74- Smith, P.G. & J. G. Scott, 2005: Dictionary of Water and Waste Management; Elsevier.
75- State of Tennessee Department of Health and Environment, 1989: Design Criteria For Sewage Works; Division of Water Pollution Control, DHE-DWPC.
76- Steel, E. W., and T. J., McGhee, 1979: Water Supply and Sewerage; McGraw-Hill.
77- Stein, D., 2001: Rehabilitation & Maintanance of Drains and Sewers; Ernst & Sohn Verlag; Berlin, Germany.
78- Texas Commission on Environmental Quality, 2001: Design Criteria For Sewerage System; TCEQ, Texas.
79- Texas Department of Transportation, 2009: Hydraulic Design Manual; Section 7 - Conduit Systems Energy Losses; TxDOT, Texas.
80- The SUPERIOR Smoke Testing Technique ; www.superiorsignal.com/sewerpdf.pdf (accessed Sept. 2012)
81- Toronto Technical Services, 2009: Design Criteria for Sewers and Water Mains; Toronto, Canada.
82- UNESCO, 1987: Manual on Drainage in Urbanized Areas: Volume 1- Planning & Design of Drainage Systems; UNESCO, Paris.
83- US Army Corps of Engineers, 1998: Wastewater Collection; Technical Instructions; TI-814-10; (and UFC 3-240-04A, 2004) ; USCOE, Washington DC.

84- US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center (HEC), 2010: Hydrologic Modeling System (HEC-HMS) User's Manual 3.5; HEC, Davis, Ca.
85- USDA, SCS, 1986: Urban Hydrology for Small Watersheds, TR-55, USDA, SCS.
86- US Environmental Protection Agency (USEPA), 1974: Process Design Manual for Sulfide Control in Sanitary Sewerage Systems; EPA, Washington DC.
87- US Environmental Protection Agency (USEPA), 1985: Design Manual - Odor and Corrosion Control in Sanitary Sewerage Systems and Treatment Plants; EPA/625/1-85/018; EPA, Washington DC.
88- US Environmental Protection Agency (USEPA), 1991: Hydrogen Sulfide Corrosion - Its Consequences, Detection and Control; EPA/832/S/9100; EPA, Washington DC.
89- US Environmental Protection Agency (USEPA), 1991: Hydrogen Sulfide Corrosion in Wastewater Collection and Treatment Systems - Report to Congress ; EPA/430109/91/010 ; EPA, Washington DC.
90- US Environmental Protection Agency (USEPA), 1998: Sewer and Tank Sediment Flushing: Case Studies ; EPA/600/R-98/157 ; EPA, Washington DC.
91- US Environmental Protection Agency (USEPA), 1999: Combined Sewer OverFlow - Technology Fact Sheet: Inflow Reduction ; EPA, Washington DC.
92- US Environmental Protection Agency (USEPA), 2000: Decentralized Systems Technology Fact Sheet: Small Diameter Gravity Sewers ; EPA, Washington DC.
93- US Environmental Protection Agency (USEPA), 2002: Collection Systems Technology Fact Sheet: Conventional Gravity Sewers ; EPA, Washington DC.
94- US Environmental Protection Agency (USEPA), 2004: Report to Congress_ Impacts and Control of CSOs and SSOs ; EPA 833-R-04-001 ; EPA, Washington DC.
95- US Environmental Protection Agency (USEPA), 2004: Sewer and Sediment Control - A Management Practices Reference Guide ; EPA/600/R-04/059 ; EPA, Washington DC.
96- US Environmental Protection Agency (USEPA), 2006: Real Time Control of Urban Drainage Networks; EPA/600/R-06/120 ; EPA, Washington DC.
97- US Environmental Protection Agency (USEPA), 2008: Review of Sewer Design Criteria and Rainfall-Derived Infiltration & Inflow (RDII) Prediction Methods ; EPA/600/R-08/010 ; EPA, Washington DC.
98- US Environmental Protection Agency (USEPA), 2011: Stormwater Management Model (SWMM) User's Manual 5.0 ; EPA/600/R-05/040 ; EPA, Washington DC.
99- US Department of Transportation, Federal Highway Administration (FHWA), 2009: Urban Drainage Design Manual ; Hydraulic Engineering Circular No. 22 (hec-22), Third Edition ; FHWA-NHI-10-009 ; FHWA.
100- Viessman, W., et al, 2009: Water Supply and Pollution Control ; Eighth Edition ; Pearson Educational Inc., NJ.
101- Walski, T. M., et al, 2004: Wastewater Collection System Modelling and Design ; Bentley Institute Press, CT.,
102- WaPUG, 2009: Evaluating Potential for RTC _ Checklist of Factors & General Guidance; WaPUG User Note 32,WaPUG (by,Mann,J.S. and A. Baldwin).
103- WaPUG, 2009: Modelling Dry Weather Flow ; User Note No. 33 (by R.J. Armstrong) ; http://www.ciwem.org/media/144839/WAPUG_User_Note_33.pdf (accessed Sept. 2012)

104- Washington State Department of Ecology, 2006: Criteria For Sewage Works Design ; Washington State Department of Ecology Water Quality Program, WSDE.
105- Water Environment Federation (WEF), 2008: Alternative Sewer Systems ; FD-12 ; WEF.
106- Water Research Center (WRc), 1987: A Guide to Short Term Flow Surveys of Sewer System ; WRc, Wiltshire, England.
107- Water Research Center (WRc), 2001: Sewerage Rehabilitation Manual - Volume I: Rehabilitation Planning ; 4th Edition ; WRc, Wiltshire, England.
108- Water Research Center (WRc), 2005: Sewer Jetting Code of Practice, 2nd Edition ; WRc, Wiltshire, England.
109- Water Research Center (WRc), 2006: Sewers for Adoption ; WRc, Wiltshire, England.
110- Water Services Association of Australia, 2005: Pressure Sewerage Code of Australia ; WSA 07-2005 ; Water Services Association, Melbourne, Australia.
111- Wilson, E. M., 1983: Engineering Hydrology, 3rd Edition; McMilan Publishers Ltd.
112- World Meteorological Organization (WMO), 2008: Guide to Hydrological Practices ; WMO No. 168, Geneva, Switzerland.

۱۱۳- «مبانی و ضوابط طراحی شبکه‌های جمع‌آوری آب‌های سطحی و فاضلاب شهری»؛ نشریه ۳-۱۱۸، سازمان برنامه و بودجه، وزارت نیرو، ۱۳۷۱.

۱۱۴- «فاضلاب شهری (جلد اول) جمع‌آوری فاضلاب»؛ چاپ دوازدهم؛ موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، منزوی، محمدتقی؛ ۱۳۸۵.

۱۱۵- «راهنمای تهیه برنامه‌های جامع آب در سطح ملی»، نشریه شماره ۶۵ از سری نشریات منابع آب سازمان اسکاپ؛ وزارت نیرو، بزرگ‌زاده، مصطفی؛ جهانی، عباسقلی؛ و انوش نوری اسفندیاری،۱۳۷۰.

۱۱۶- «راهنمای بهره‌برداری و نگهداری از شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب»؛ نشریه شماره ۵۲۰، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور؛ وزارت نیرو، ۱۳۸۸.

۱۱۷- «اصول و مبانی، نرم افزار و بانک اطلاعات برای ترسیم منحنی‌های شدت – مدت – بارندگی در ایران»؛ به اهتمام ف. وزیری؛ دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی؛ تهران، ۱۳۷۶.

۱۱۸- «روابط شدت – مدت – فراوانی بارندگی در ایستگاه‌های سینوپتیک ایران»؛ مرکز تحقیقات هواشناسی کاربردی، وزارت راه و ترابری، ۱۳۷۴.

۱۱۹- «مکمل ضوابط طراحی شبکه‌های جمع‌آوری آب‌های سطحی و فاضلاب شهری»؛ نشریه ۱۶۳، سازمان برنامه و بودجه - وزارت نیرو، ۱۳۷۶.

۱۲۰- «راهنمای طراحی تلمبه‌خانه‌های فاضلاب»؛ نشریه شماره ۳۴۷، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، وزارت نیرو، ۱۳۸۶.

مهندسین آب و فاضلاب تهر ا ن

(رابین کو)

خواننده گرامی

امور نظام فنی و اجرایی سازمان برنامه و بودجه کشور، با گذشت بیش از چهل سال فعالیت تحقیقاتی و مطالعاتی خود، افزون بر هفتصد عنوان ضابطه تخصصی - فنی، در قالب آیین‌نامه، ضابطه، معیار، دستورالعمل، مشخصات فنی عمومی و مقاله، به‌صورت تالیف و ترجمه، تهیه و ابلاغ کرده است. ضابطه 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.

Masoud Faghihi Habib Abadi	Dezon Company	M.Sc. in Mechanical Engineering
Mansour Ghasemi	Freelance Engineer	M.Sc. in Mechanical Engineering
Shahir Kanani	Ministry of Energy Bureau of Technical, Engineering, Social and Environmental Standards of Water and Waste Water	M.Sc. in Civil Engineering (Environmental Engineering)
Arash Kiayee	National Water & Wastewater Co.	M.Sc. in Civil Engineering (Environmental Engineering)

Steering Committee:

Alireza Toutounchi	Deputy of Technical and Executive Affairs Department
Farzaneh Agharamezanali	Head of Water & Agriculture Group, Technical and Executive Affairs Department
Seyed Vahidoddin Rezvani	Expert in Irrigation & Drainage Engineering, Technical and Executive Affairs Department

Guidelines for Design of Wastewater Collection Systems

(Supersedes Publications No. 118-3 & 163) [No. 118]

Executive Body: Mahab Ghodss Consulting Engineering Co.
Project Advisor: Amir Reza Ahmadi Motlagh

Authors & Contributors Committee:

Amir Reza Ahmadi Motlagh	Mahab Ghodss Consulting Engineering Co.	M.Sc. in Civil Engineering (Water)
Ali Emami	Mahab Ghodss Consulting Engineering Co.	B.Sc. in Civil Engineering
Mostafa Bozorgzadeh	Freelance Engineer	M.Sc. in Hydraulic Engineering
Mohammad Tahadjodi Langroudi	Mahab Ghodss Consulting Engineering Co.	B.Sc. in Civil Engineering
Arash Karimzadeh	Mahab Ghodss Consulting Engineering Co.	M.Sc. in Civil Engineering
Javad Karimi Parchian	Mahab Ghodss Consulting Engineering Co.	M.Sc. in Civil Engineering
Sahereh Kaykhosravi	Mahab Ghodss Consulting Engineering Co.	M.Sc. in Civil Engineering
Borna Mirahmadian	Mahab Ghodss Consulting Engineering Co.	M.Sc. in Civil Engineering

Supervisory Committee

Hossein Aboutorab	National Water & Wastewater Co.	M.Sc. in Civil Engineering
Peyman Arbabha	National Water & Wastewater Co.	M.Sc. in Civil Engineering
Reza KheirAndish	Pajouhab Consultant Engineers Co.	PH.D. in Civil Engineering (Water)
Mina Zamani	Ministry of Energy Bureau of Technical, Engineering, Social and Environmental Standards of Water and Waste Water	B.Sc. in Chemical Engineering

Confirmation Committee:

Mohammad Ebrahim Nia	Ministry of Energy	M.Sc. in Civil Engineering (Water)
Hossein Aboutorab	National Water & Wastewater Co.	M.Sc. in Civil Engineering
Amir Reza Ahmadi Motlagh	Mahab Ghodss Consulting Engineering Co.	M.Sc. in Civil Engineering (Water)
Reza KheirAndish	Pajouhab Consultant Engineers Co.	PH.D. in Civil Engineering (Water)
Jalaleddin Shayegan	Sharif University of Technology	PH.D. in Biochemical Engineering

Abstract

This publication constitutes criteria and guidelines regarding design of wastewater collection networks. Although construction, implementation, operation, maintenance and rehabilitation of sewer networks are not covered herein, main prerequisites which must be considered in the design stage to facilitate these activities are fully considered in all parts. It goes without saying that detailed standards are not completely covered in this publication, but some mandatory details which are of great importance have been provided in some sections. Main objective of this standard is to create a unified framework and criteria for selection of network type and designing different parts of a wastewater collection network. Based on guidelines of this publication, design of sewer networks shall be performed in a manner that besides increasing level of public health and safety, environmental concerns will be fully noted. Furthermore, by utilizing these guidelines, performance criteria of the network, as well as principles of sustainable development and occupational health and safety shall be met.

Islamic Republic of Iran
Plan and Budget Organization

Guidelines for Design of Wastewater Collection Systems

(Supersedes Publications No. 118-3 & 163)

Tehran Water &
Wastewater Engineer's
(Rabin Co.)

No. 118

Deputy of Technical and Infrastructure Development Affairs
Department of Technical and Executive Affairs
nezamfanni.ir

Ministry of Energy
Water and Wastewater Standards and Projects Bureau
seso.moe.gov.ir

2017

www.TWWE.ir

مهندسین آب و فاضلاب تهر ا ن

(رابین کو)

www.TWWE.ir

این ضابطه

ضـابطه حاضـر، اصـول و مبـانی مـرتبط بـا طراحی شبکه‌های فاضلاب را پوشش می‌دهـد و اگرچه بـه مقولـه سـاخت، اجـرا، بهـره‌بـرداری، نگهداری و بهسازی شـبکه وارد نمـی‌شـود، امـا پیش‌نیازهای لازم مربوطه را در مرحله طراحـی مد نظر قرار مـی‌دهـد. بایـد توجـه داشـت کـه هرچند ایـن ضـابطه در برخـی مـوارد بـه بیـان جزییـات مهـم و الزامـی در زمینـه طراحـی می‌پردازد، لـیکن پوشـش کامـل اسـتانداردهای تفصیلی در دامنه کـار ایـن ضـابطه نمـی‌باشـد. هدف از تدوین این ضـابطه، ایجـاد چـارچوب و تبیین الزامات طراحی، بـه‌منظـور گـزینش نـوع مناسـب شـبکه جمـع‌آوری فاضـلاب و طراحـی اجـزای مختلـف آن مـی‌باشـد. طراحـی شـبکه فاضلاب بر طبق اصول ایـن ضـابطه بـه‌گونـه‌ای انجام می‌شود که ضامن افزایش سطح بهداشـت عمـومی و حفاظـت از محـیط زیسـت باشـد؛ همچنین مطابق ایـن اصـول، اهـداف و الزامـات عملکردیِ شبکه با در نظر گرفتن مبانی توسـعه پایدار و توجه به ایمنـی شـهروندان و کارکنـان اجرا و بهره‌برداری تامین می‌گردد.