

جمهوری اسلامی ایران
ریاست جمهوری
معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی

ضوابط طراحی سامانه‌های آبیاری با لوله‌های کم‌فشار

نشریه شماره ۵۸۲

وزارت نیرو
دفتر مهندسی و معیارهای فنی آب و آبفا
<http://seso.moe.org.ir>

معاونت نظارت راهبردی
امور نظام فنی
nezamfanni.ir

۱۳۹۱

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی:

امور نظام فنی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه این نشریه نموده و آن را برای استفاده به جامعه مهندسی کشور عرضه نموده است. با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلط‌های مفهومی، فنی، ابهام، ابهام و اشکالات موضوعی نیست.

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

گزارش فرمایید:

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

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

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

۴- نشانی خود را برای تماس احتمالی ذکر فرمایید.

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

پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

نشانی برای مکاتبه: تهران، میدان بهارستان، خیابان صفی علی‌شاه - مرکز تلفن ۳۳۲۷۱

معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، امور نظام فنی

Email: info@nezamfanni.ir

web: nezamfanni.ir



بسمه تعالی

ریاست جمهوری

معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور

شماره : ۲۰/۲۰۵۸۰	بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران
تاریخ : ۱۳۹۱/۳/۲۱	
موضوع : ضوابط طراحی سامانه‌های آبیاری با لوله‌های کم‌فشار	
<p>به استناد ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه و ماده (۶) آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی مصوب سال ۱۳۵۲ و در چارچوب نظام فنی و اجرایی کشور (موضوع تصویب‌نامه شماره ۴۲۳۳۹/ت/۳۳۴۹۷ هـ.، مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیأت محترم وزیران)، به پیوست نشریه شماره ۵۸۲ امور نظام فنی، با عنوان «ضوابط طراحی سامانه‌های آبیاری با لوله‌های کم‌فشار» از نوع گروه سوم ابلاغ می‌شود.</p> <p>رعایت مفاد این ضابطه برای دستگاه‌های اجرایی، مشاوران، پیمانکاران و سایر عوامل ذی‌نفع نظام فنی و اجرایی، در صورت نداشتن ضوابط معتبر بهتر، از تاریخ ۱۳۹۱/۶/۱ اجباری است.</p> <p>محمد مهدی رحمتی معاون نظارت راهبردی</p>	

بسمه تعالی

پیشگفتار

با توجه به پایین بودن راندمان آبیاری در کانال‌های خاکی در شبکه‌های آبیاری ساخته شده و همچنین شبکه انهار سنتی، لزوم استفاده از فن‌آوری‌هایی که امکان ارتقای راندمان آبیاری را تحقق بخشد، ضرورت دارد. کاربرد لوله‌های کم‌فشار برای شبکه مجاری توزیع آبیاری می‌تواند در دسترسی به این نیاز کمک نماید.

طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور وزارت نیرو که رسالت تدوین ضوابط و معیارهای طراحی در زمینه‌های مختلف آب کشور را به عهده دارد با توجه به محدودیت منابع فارسی در دسترس در زمینه طراحی لوله‌های کم‌فشار نشریه حاضر را به منظور فراهم آوردن نیازهای طراحی سامانه‌های آبیاری با لوله‌های کم‌فشار تدوین نموده است.

در این نشریه ابتدا مبانی و ضوابط عمومی طراحی سامانه‌های لوله‌های کم‌فشار آبیاری بیان گردیده و سپس به ارائه مبانی انتخاب و معیارهای طراحی هیدرولیکی لوله‌های کم‌فشار و سازه‌های وابسته پرداخته شده است. در این نشریه همچنین نمونه‌هایی از نقشه‌های طراحی سازه‌های لوله‌های کم‌فشار ارائه گردیده است.

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

نشریه حاضر به‌منظور راهنمایی و کمک به مدیریت منابع آب سطحی جهت توسعه پایدار کمی و کیفی این منابع در ارتباط با فعالیت‌های کشاورزی، با شناسایی آثار سوء این فعالیت‌ها و ارائه راهکارهای تقلیل این اثرات تهیه شده است. در این راستا رعایت اصول و فنون اجرایی متناسب با امکانات داخلی و نیز دستاوردهای حاصل از تجارب خارجی بر پایه استانداردها، رهنمودها و دستورالعمل‌های بین‌المللی مورد توجه خاص قرار گرفته است.

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

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

معاون نظارت راهبردی

بهار ۱۳۹۱

تهیه و کنترل

مجری: معاونت پژوهشی دانشگاه علم و صنعت

مولفان اصلی: محمد کاظم سیاهی شرکت مهندسين مشاور پندام
عباس قاهری دانشگاه علم و صنعت ایران

اعضای گروه تهیه کننده:

رضا احمدآبادی	شرکت مهندسين مشاور پندام	فوق لیسانس مهندسی تاسیسات آبیاری
بهنام باغبانزاده	شرکت مهندسين مشاور پندام	فوق لیسانس مهندسی آبیاری و زهکشی
بابک روشنی باویلی	شرکت مهندسين مشاور فرید مشاور	فوق لیسانس مهندسی عمران - سازه‌های هیدرولیکی
محمد کاظم سیاهی	شرکت مهندسين مشاور پندام	فوق لیسانس مهندسی عمران و آبیاری و زهکشی
عباس قاهری	دانشگاه علم و صنعت ایران	دکترای مهندسی عمران (منابع آب)

اعضای گروه نظارت:

سیدمجتبی رضوی نبوی	شرکت مادر تخصصی مدیریت منابع آب ایران	فوق لیسانس مهندسی آبیاری و زهکشی
عزت اله فرهادی	شرکت مهندسين مشاور پویاب	لیسانس مهندسی آبیاری
انسیه محرایی	طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور - وزارت نیرو	فوق لیسانس مهندسی تاسیسات آبیاری

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

محمدصادق جعفری	شرکت مهندسی مشاور مهتاب قدس	فوق لیسانس مهندسی آبیاری و زهکشی
مهرداد زریاب	شرکت پانیر	لیسانس مهندسی عمران
سیدمجتبی رضوی نبوی	شرکت مادر تخصصی مدیریت منابع آب ایران	فوق لیسانس مهندسی آبیاری و زهکشی
سیدرحیم سجادی	وزارت جهاد کشاورزی	لیسانس مهندسی آبیاری
محمدکاظم سیاهی	شرکت مهندسين مشاور پندام	فوق لیسانس مهندسی عمران و آبیاری و زهکشی
محمدحسن عبدالله شمشیرساز	شرکت مهندسين مشاور پژوهاب	فوق لیسانس مهندسی آبیاری و زهکشی
ایرج غلامی علم	وزارت نیرو	فوق لیسانس مهندسی عمران
انسیه محرایی	طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور - وزارت نیرو	فوق لیسانس مهندسی تاسیسات آبیاری
احمد محسنی	شرکت مهندسين مشاور آبیاری نوآور صحرا	دکترای ترویج کشاورزی
محمدجواد منعم	دانشگاه تربیت مدرس	دکترای منابع آب

اعضای گروه هدایت و راهبردی پروژه:

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

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	مقدمه
۳	فصل اول - کلیات
۵	۱-۱- تعاریف
۵	۱-۱-۱- سامانه لوله‌های کم‌فشار
۵	۱-۱-۲- خط لوله انتقال
۶	۱-۱-۳- شبکه توزیع
۶	۱-۱-۴- سازه‌های کنترل
۶	۱-۱-۵- سازه‌های آبگیر
۶	۱-۱-۶- اتصالات و متعلقات
۷	فصل دوم - طبقه‌بندی لوله‌های کم‌فشار
۹	۱-۲- طبقه‌بندی به لحاظ کنترل فشار
۱۳	۲-۲- طبقه‌بندی سامانه لوله‌های کم‌فشار به لحاظ منبع فشار
۱۴	۳-۲- طبقه‌بندی سامانه لوله‌های کم‌فشار به لحاظ نحوه جانمایی
۱۷	فصل سوم - سوابق جهانی و ملی استفاده از سامانه لوله‌های کم‌فشار
۱۹	۱-۳- سابقه کاربرد سامانه لوله‌های کم‌فشار در آبیاری سطحی در سطح جهان
۲۰	۲-۳- سوابق ملی استفاده از سامانه لوله‌های کم‌فشار آبیاری
۲۰	۱-۲-۳- شبکه آبیاری شمال جزیره آبادان و خرمشهر
۲۱	۲-۲-۳- طرح توسعه نیشکر و صنایع جانبی
۲۲	۳-۲-۳- شبکه آبیاری دشت رامهرمز
۲۵	فصل چهارم - مزایا و معایب سامانه لوله‌های کم‌فشار
۲۷	۱-۴- مزایا و معایب سامانه‌های لوله‌های کم‌فشار
۲۷	۱-۱-۴- مزایا
۲۸	۲-۱-۴- محدودیت‌ها
۲۹	فصل پنجم - ضوابط عمومی طراحی سامانه لوله‌های کم‌فشار آبیاری
۳۱	۱-۵- ملاحظات کلی
۳۲	۲-۵- انتخاب ظرفیت طراحی
۳۵	فصل ششم - برنامه‌ریزی طراحی سامانه لوله‌های کم‌فشار
۳۷	۱-۶- کلیات

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۳۷	۲-۶- توجیه فنی - اقتصادی طرح
۳۸	۳-۶- جانمایی سامانه
۳۸	۴-۶- ملاحظات طراحی هیدرولیکی لوله‌ها
۴۱	فصل هفتم - ضوابط طراحی هیدرولیکی خطوط لوله آبیاری
۴۳	۱-۷- کلیات
۴۳	۱-۱-۷- بده جریان
۴۳	۲-۱-۷- سرعت طراحی
۴۴	۳-۱-۷- فشار
۴۴	۲-۷- هیدرولیک جریان در خطوط لوله انتقال آب و افت فشار در لوله‌ها
۴۴	۱-۲-۷- رابطه داریسی و ایسباخ
۴۵	۲-۲-۷- رابطه هیزن ویلیامز
۴۵	۳-۲-۷- رابطه مانینگ
۴۶	۴-۲-۷- عوامل موثر در تغییر ضریب زبری لوله‌ها و انتخاب ضریب زبری
۴۷	۵-۲-۷- فرمول‌های افت‌های جزئی (موضعی)
۵۱	۳-۷- تعیین ضخامت لوله‌ها
۵۳	فصل هشتم - ضوابط طراحی خط لوله انتقال آب آبیاری
۵۵	۱-۸- انتخاب مسیر خط لوله
۵۶	۲-۸- انتخاب شرایط لوله‌گذاری
۵۶	۳-۸- انتخاب لوله‌ها و شیرآلات
۵۷	۱-۳-۸- لوله‌های فولادی
۵۷	۲-۳-۸- لوله‌های آریست سیمانی
۵۸	۳-۳-۸- لوله‌های بتنی مسلح پیش تنیده (PRCP)
۵۸	۴-۳-۸- لوله‌های فایبرگلاس (GRP)
۵۹	۵-۳-۸- لوله‌های پلی اتیلن
۵۹	۶-۳-۸- لوله‌های پی‌وی‌سی
۵۹	۷-۳-۸- لوله‌های پلاستیکی تاشونده
۶۰	۸-۳-۸- شیرآلات
۶۳	فصل نهم - ضوابط طراحی هیدرولیکی لوله‌های کم‌فشار توزیع آب

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۶۵	۱-۹- کلیات
۶۶	۲-۹- سرعت طراحی
۶۷	۳-۹- شیب طراحی
۶۹	فصل دهم - نحوه انتخاب و نصب لوله‌های آبیاری کم‌فشار
۷۱	۱-۱۰- انتخاب قطر و جنس لوله
۷۱	۲-۱۰- معیار انتخاب لوله‌ها
۷۲	۳-۱۰- شرایط خاک مسیر و انتخاب جنس لوله
۷۳	۴-۱۰- حمل و نصب و کارگذاری لوله‌ها
۷۳	۱-۴-۱۰- تحویل و جابجایی لوله‌ها
۷۳	۲-۴-۱۰- شناسایی مشخصات مصالح
۷۴	۳-۴-۱۰- تخلیه لوله‌ها
۷۵	۴-۴-۱۰- انبار کردن لوله‌ها در پای کار
۷۵	۵-۴-۱۰- به خط کردن لوله‌ها
۷۵	۶-۴-۱۰- حداقل ارتفاع خاک بر روی لوله
۷۶	۷-۴-۱۰- پوشش روی لوله‌ها در تقاطع با جاده‌ها
۷۶	۸-۴-۱۰- حفر، بسترسازی و پرکردن ترانشه لوله
۷۸	۹-۴-۱۰- نصب و اتصال لوله‌های پلی‌اتیلن
۷۹	۱۰-۴-۱۰- پرکردن
۸۰	۱۱-۴-۱۰- انواع کوبه‌ها
۸۱	فصل یازدهم - روند کلی طراحی هیدرولیکی سامانه لوله‌های کم‌فشار
۸۳	۱-۱۱- روند کلی طراحی هیدرولیکی سامانه لوله‌های کم‌فشار در حالت باز
۸۳	۲-۱۱- روند کلی طراحی هیدرولیکی سامانه لوله‌های کم‌فشار در حالت نیمه‌بسته
۸۴	۳-۱۱- روند کلی طراحی هیدرولیکی سامانه لوله‌های کم‌فشار در حالت بسته
۸۵	فصل دوازدهم - بهینه‌سازی قطر لوله
۸۷	۱-۱۲- کلیات
۸۷	۲-۱۲- فشار در دسترس از منبع آب به صورت ثقلی یا پمپاژ
۸۸	۳-۱۲- نوع سامانه
۸۹	فصل سیزدهم - ضربه موج آب در خطوط لوله
۹۱	۱-۱۳- کلیات

فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۹۱	۱۳-۲- حفاظت در برابر ضربه آبی
۹۲	۱۳-۳- روش محاسبه ضربه آبی
۹۳	۱۳-۴- راه‌های جلوگیری از ضربه موج آب
۹۴	۱۳-۵- سامانه‌های باز و نیمه بسته
۹۴	۱۳-۶- سامانه‌های بسته
۹۴	۱۳-۷- توقف ناگهانی پمپ
۹۴	۱۳-۸- تخلیه ناگهانی هوا
۹۵	۱۳-۹- بستن ناگهانی شیر
۹۶	۱۳-۱۰- روش‌های کاهش خسارت افزایش فشار ناشی از بستن ناگهانی شیر
۹۶	۱۳-۱۰-۱- کنترل میزان بستن شیر
۹۶	۱۳-۱۰-۲- نصب رایزرهای ضربه‌گیر
۹۶	۱۳-۱۰-۳- نصب شیرهای رهاکننده فشار و خلازدا
۹۶	۱۳-۱۰-۴- مراقبت هنگام نصب لوله
۹۷	۱۳-۱۱- ضوابط طراحی سامانه بسته با لوله باز تخلیه هوا
۹۷	۱۳-۱۲- برآورد بیشینه فشار ضربه موج آب بعد از بستن ناگهانی شیر
۹۷	۱۳-۱۲-۱- گام ۱؛ محاسبه حداکثر مجاز افزایش فشار ضربه موج آب
۹۷	۱۳-۱۲-۲- گام ۲؛ برآورد اولیه برای بیشینه فاصله بین محل افزایش فشار و هر موقعیت سطح آزاد آب
۹۷	۱۳-۱۲-۳- گام ۳؛ محاسبه بیشینه افزایش فشار در شرایط جریان بیشینه و بستن لحظه‌ای شیر
۹۸	۱۳-۱۲-۴- گام ۴؛ محاسبه افزایش فشار برای مقادیر کاهش جریان که کم‌تر از شرایط بستن لحظه‌ای می‌باشد
۹۹	۱۳-۱۲-۵- گام ۵؛ مقایسه مقادیر محاسبه شده افزایش فشار با بیشینه فشار ضربه موج آب مجاز
۱۰۱	فصل چهاردهم - پروفیل طولی و سازه‌های لوله‌های کم‌فشار
۱۰۳	۱۴-۱- پروفیل طولی خط لوله
۱۰۳	۱۴-۲- سازه‌های لوله‌های کم‌فشار
۱۰۳	۱۴-۲-۱- سازه ورودی
۱۰۵	۱۴-۲-۲- شبکه آشغال‌گیر وتوری
۱۰۸	۱۴-۲-۳- حوضچه رسوب‌گیر
۱۰۹	۱۴-۲-۴- سازه لوله ایستاده
۱۱۲	۱۴-۲-۵- خروجی‌ها (آبگیرها)

فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۱۱۶	۱۴-۲-۶- شیرها و تخلیه‌کننده‌های هوا
۱۱۹	۱۴-۲-۷- توصیه‌های طراحی و بهره‌برداری از تخلیه‌کننده‌ها و شیرهای هوا
۱۲۱	فصل پانزدهم - ملاحظات طراحی سازه‌های سامانه لوله‌های کم‌فشار
۱۲۳	۱۵-۱- سازه ورودی، لوله ایستاده پمپ و برج تامین فشار اولیه
۱۲۳	۱۵-۲- لوله ایستاده پمپ و مخزن تامین فشار
۱۲۴	۱۵-۳- سازه‌های ورودی ثقیلی
۱۲۵	۱۵-۴- سازه‌های کنترل و تنظیم جریان
۱۲۵	۱۵-۵- سازه لوله ایستاده سرریزدار
۱۳۰	۱۵-۶- سازه لوله ایستاده با شیر شناور در سامانه‌های لوله‌ای نیمه‌بسته
۱۳۳	فصل شانزدهم - نقشه‌های نمونه
۱۳۵	۱۶-۱- کلیات
۱۴۷	منابع و مراجع

فهرست شکل‌ها و نمودارها

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۱۰	نمودار ۲-۱- طبقه‌بندی سامانه لوله‌های کم‌فشار به لحاظ عملکرد هیدرولیکی
۱۱	شکل ۲-۱- سامانه‌های لوله‌های کم‌فشار با منبع آب ثقیلی (کانال)
۱۲	شکل ۲-۲- تامین فشار نسبتاً ثابت در محل آبگیرها در لوله‌های کم‌فشار با قطر زیاد
۱۳	شکل ۲-۳- دیگرام جریان در لوله‌های کم‌فشار (باز، نیمه بسته، بسته)
۱۵	شکل ۲-۴- شمای کلی سامانه لوله زیرزمینی شاخه‌ای
۱۶	شکل ۲-۵- شمای کلی سامانه لوله زیرزمینی حلقه‌ای
۳۹	نمودار ۶-۱- روند برنامه‌ریزی و طراحی سامانه لوله‌های کم‌فشار
۴۰	نمودار ۶-۲- مراحل جانمایی سامانه لوله‌های کم‌فشار
۴۹	نمودار ۷-۱- تعیین مقادیر ضرایب افت بار در زانوها
۷۷	شکل ۱۰-۱- مقاطع ترانشه و نحوه کارگذاری لوله‌های پلی‌اتیلن
۹۵	نمودار ۱۳-۱- روند بررسی مقابله با ضربه موج آب در سامانه‌های بسته با لوله باز تخلیه هوا
۱۰۵	شکل ۱۴-۱- سازه لوله ایستاده پمپ
۱۰۷	نمودار ۱۴-۱- ضرایب افت بار در شبکه یا توری آشغال‌گیر برای انواع شکل مقطع میله‌ها
۱۰۸	نمودار ۱۴-۲- مقطع تیپ تهویه هوا (شیر هوا یا شیر باز)
۱۱۰	شکل ۱۴-۳- انواع شیر شناور در حوضچه‌های کنترل لوله‌های کم‌فشار نیمه‌بسته

فهرست شکل‌ها و نمودارها

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۱۱۱	شکل ۱۴-۴- لوله ایستاده سرریزدار
۱۱۱	شکل ۱۴-۵- نمونه‌هایی از شیرهای شناور هاریس
۱۱۳	شکل ۱۴-۶- نمونه‌ای از سازه آبیگری مزرعه از یک لوله کم‌فشار زیرزمینی
۱۲۷	شکل ۱۵-۱- نمونه برج تقسیم آب لوله زیرزمینی
۱۲۸	شکل ۱۵-۲- مخزن تأمین فشار ابتدایی با کنترل در بالا (آرایش لوله‌ها در داخل)
۱۲۹	شکل ۱۵-۳- مخزن تأمین فشار ابتدایی با کنترل در بالا (آرایش لوله‌ها در خارج)
۱۳۱	شکل ۱۵-۴- سازه لوله ایستاده با سرریز تنظیم سطح آب
۱۳۲	شکل ۱۵-۵- سازه لوله ایستاده دریچه‌دار با سرریز تنظیم سطح آب

فهرست جدول‌ها

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۱۹	جدول ۳-۱- خلاصه مساحت تحت آبیاری در جهان (هزار هکتار)
۲۰	جدول ۳-۲- برآورد مساحت تحت پوشش سامانه لوله‌های کم‌فشار در کشورهای مختلف
۴۸	جدول ۷-۱- ضریب افت موضعی (K_m) برای انواع متعلقات لوله
۴۹	جدول ۷-۲- ضریب افت موضعی در اتصالات و شیرها
۵۰	جدول ۷-۳- ضریب افت اصطکاکی (K_m) در تبدیل‌های تدریجی
۵۰	جدول ۷-۴- ضریب افت اصطکاکی (K_m) در تبدیل‌های ناگهانی مشخصه‌های مورد توجه طراحی خط لوله انتقال آب آبیاری
۶۰	جدول ۸-۱- افت فشار برای بده جریان در اقطار مختلف لوله‌های نو هیدروفلوم (سانتی‌متر در هر ۱۰۰ متر)
۷۶	جدول ۱۰-۱- عرض ترانشه
۹۸	جدول ۱۳-۲- سرعت موج فشار در انواع لوله‌ها
۹۹	جدول ۱۳-۳- حداکثر فشار توصیه شده برای لوله‌های مختلف مورد استفاده در سامانه لوله‌های کم‌فشار
۱۱۰	جدول ۱۴-۱- اندازه‌های شیر شناور هاریس، ضرایب جریان و بده متناظر با افت بار
۱۱۴	جدول ۱۴-۲- مقادیر بده در شیرهای آلفالفا و باغی متناسب با افت
۱۱۸	جدول ۱۴-۳- حداقل قطر روزنه برای دریچه‌های مکانیکی تخلیه هوا
۱۱۹	جدول ۱۴-۴- حداقل قطر روزنه ورودی هوا در شیرهای خلازدا
۱۲۰	جدول ۱۴-۵- حداقل اندازه شیر تخلیه هوا برای لوله‌های با بده مختلف و شرایط تخلیه دائمی هوا

مقدمه

توسعه شبکه‌های آبیاری در سطح کشور به‌منظور ارتقای بهره‌وری از آب کشاورزی در دهه‌های اخیر مورد توجه خاص بوده است. در این راستا استفاده از فن‌آوری‌هایی که امکان افزایش راندمان انتقال و توزیع آبیاری را در بر داشته باشد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در مناطق توسعه یافته جهان نیاز به راندمان بالاتر آبیاری همراه با کاهش تعداد و هزینه کارگر انگیزه اصلی سرمایه‌گذاری در سامانه‌های آبیاری با استفاده از لوله‌های تحت فشار و یا کم‌فشار بوده است. در هر حال سامانه‌های آبیاری با لوله‌های کم‌فشار به‌عنوان گزینه‌ای جایگزین کانال‌های روباز با نیاز به سرمایه‌گذاری کم‌تر و هزینه پایین‌تر انرژی در مقایسه با گزینه تبدیل کانال‌های آبیاری روباز به آبیاری تحت فشار (بارانی و قطره‌ای) مورد توجه ویژه می‌باشد. به‌طور کلی می‌توان گفت که سامانه‌های آبیاری با لوله‌های کم‌فشار یک فن‌آوری میانه بین شبکه کانال‌های روباز و آبیاری تحت فشار، برای بهسازی آبیاری جهت ارتقای بهره‌وری آب کشاورزی می‌باشد.

- هدف

هدف از این نشریه معرفی، ارائه تعاریف و طبقه‌بندی سامانه‌های کم‌فشار و مشخصات و ضوابط عمومی و هیدرولیکی طراحی لوله‌های کم‌فشار برای انتقال و توزیع آبیاری می‌باشد.

- دامنه کاربرد

مبانی و ضوابط طراحی ارائه شده در این نشریه که براساس مستندات در دسترس بین‌المللی و تجارب داخلی تدوین شده، برای طراحی خطوط لوله انتقال و توزیع سامانه‌های کم‌فشار آبیاری قابل استفاده می‌باشد.

فصل ۱

کلیات

۱-۱- تعاریف

۱-۱-۱- سامانه لوله‌های کم‌فشار

سامانه لوله‌های کم‌فشار عبارت است از مجموعه‌ای از مجاری لوله‌ای با جانمایی حلقوی یا شاخه‌ای که از کانال، مخزن آب یا ایستگاه پمپاژ تغذیه شده و نقش انتقال و توزیع آب با فشار کم تا آبگیر قطعات زراعی^۱ را به عهده دارد. سامانه لوله‌های کم‌فشار عموماً جایگزین کانال‌های آبرسان مزارع (کانال‌های درجه ۳) برای توزیع آب در نهرچه‌های آبیاری مزارع (کانال‌های درجه ۴) یا گزینه‌های قابل رقابت با کانال‌های درجه ۴ مانند لوله‌های آلومینیومی دریچه‌دار^۲، لوله‌های پلاستیکی تاشونده دریچه‌دار با نام تجاری هیدروفلوم^۳ می‌گردد. لوله‌های کم‌فشار همچنین به عنوان گزینه جایگزین کانال‌های درجه ۲ برای توزیع آب به آبگیر مزارع (آبگیر کانال‌های درجه ۳) به کار گرفته می‌شوند.

لوله‌های کم‌فشار ممکن است به صورت ثابت، نیمه متحرک و یا متحرک طراحی و نصب شوند.

در سامانه ثابت آب از منبع تا محل مصرف به صورت لوله‌های زیرزمینی ثابت امکان انتقال و توزیع آب در مزرعه را تا جریان یافتن آب در نشتی‌ها و کرت‌ها فراهم می‌نماید.

در سامانه نیمه ثابت انتقال آب تا قطعات زراعی با استفاده از لوله‌های زیرزمینی ثابت (عموماً به صورت مدفون) و توزیع آب به کرت‌ها و نشتی‌ها با لوله‌های نصب شده روی زمین که معمولاً از نوع لوله‌های آلومینیومی دریچه‌دار یا لوله‌های تاشونده پلاستیکی دریچه‌دار می‌باشند، صورت می‌گیرد.

در سامانه متحرک لوله‌ها به صورت روزمینی و قابل جابجایی برای انتقال و توزیع آب به کار گرفته می‌شوند.

سامانه لوله‌های کم‌فشار معمولاً دارای یک سازه ورودی در ابتدا، تعدادی سازه کنترل و حفاظت در مسیر لوله‌ها برای مقابله با ضربه موج آب، کاهش فشار، خروج هوا (لوله باز تخلیه هوا یا شیر تخلیه هوا)، اندازه‌گیری جریان، کنترل فشار هیدرولیکی توسط لوله ایستاده با سرریز کنترل یا لوله ایستاده با شیر شناور، و نیز سازه‌های خروجی (آبگیرها) می‌باشد که کار تحویل آب به مزارع را میسر می‌سازد. سامانه لوله‌های کم‌فشار در ابتدا به عنوان یک راهکار مناسب توزیع و تحویل آب با شرایط قابلیت انعطاف، برای سامانه‌های کوچک آبیاری معرفی گردیده است. لوله‌های کم‌فشار در مقایسه با کانال‌های روباز، به دلیل هزینه نسبی ظاهراً بالاتر و تصور نادرست در رابطه با محدودیت‌های کاربرد و بهره‌برداری از آنها تا حدی توسعه کاربرد آنها را تحت تاثیر قرار داده است.

۱-۱-۲- خط لوله انتقال

خط لوله‌ای که جریان آب را از محل مخزن آب، ایستگاه پمپاژ و یا کانال روباز تا محل انشعاب لوله‌های کم‌فشار توزیع آب هدایت می‌نماید، خط لوله انتقال نامیده می‌شود. در ابتدای خط لوله انتقال آب سازه ورودی جریان قرار می‌گیرد.

۱-۱-۳- شبکه توزیع

مجموعه خطوط لوله انشعابی از خط لوله انتقال که به صورت حلقوی یا شاخه‌ای بوده و توسط سازه‌های آبیاری و کنترل واقع در مسیر لوله‌ها، تحویل آب به قطعات زراعی را ممکن می‌سازند، شبکه توزیع نامیده می‌شود.

۱-۱-۴- سازه‌های کنترل

مجموعه سازه‌ها یا تجهیزاتی که بده جریان ورودی و فشار در ابتدای خط لوله انتقال و همچنین بده جریان و فشار در خطوط لوله توزیع را تنظیم و کنترل می‌نماید سازه‌های کنترل نامیده می‌شود. سازه‌های کنترل در سامانه لوله‌های کم‌فشار شامل برج یا مخزن ابتدا، لوله ایستاده با سرریز، لوله ایستاده با دریچه و لوله ایستاده با شیر شناور، لوله باز تخلیه هوا و شیر هوا می‌باشد.

۱-۱-۵- سازه‌های آبیگر

سازه‌های آبیگر یا خروجی‌ها^۱ سازه‌هایی هستند که برای تحویل آب از لوله‌های کم‌فشار به مزارع و یا قطعات زراعی مورد استفاده قرار می‌گیرند و عموماً شامل لوله آبیگر، دریچه آبیگر و یا شیر آبیگری می‌باشند. نوع سازه آبیگر متناسب با میزان بده آبیگری و روش توزیع آب در مزرعه انتخاب می‌گردد.

۱-۱-۶- اتصالات و متعلقات

مجموعه قطعات وابسته به سامانه لوله‌های کم‌فشار مانند سه راهی‌ها، زانویی‌ها، تبدیل‌ها، فلنج‌ها و شیرها به نام اتصالات و متعلقات نامیده می‌شود.

فصل ۲

طبقه‌بندی لوله‌های کم‌فشار

۲-۱ - طبقه‌بندی سامانه لوله‌های کم‌فشار به لحاظ کنترل فشار

سامانه لوله‌های کم‌فشار به لحاظ نحوه کنترل فشار به سامانه‌های باز، نیمه‌بسته و بسته طبقه‌بندی می‌شوند. سامانه بسته: در سامانه بسته تمامی خروجی‌ها (آبگیرها) به لحاظ هیدرولیکی به منبع آب (منبع تامین فشار) متصل می‌باشند. در سامانه‌های بسته لوله‌های کم‌فشار، در فاصله بین سازه ورودی لوله و خروجی‌ها (آبگیرها) هیچ‌گونه بازشدگی به اتمسفر وجود ندارد، فشار در لوله‌ها ناشی از بار هیدرولیکی آب در ورودی لوله و افت‌های اصطکاکی ناشی از جریان در مسیر خط لوله می‌باشد. به عنوان مثال از سامانه لوله‌ای بسته می‌توان از سامانه آب خانگی که به صورت سیستم بسته بین تانک آب روی پشت بام و شیر مصرفی در دستشویی یا ظرفشویی عمل می‌نماید، نام برد.

جریان آب در سامانه بسته با باز و بسته کردن شیرهای خروجی در محل آبگیرها کنترل می‌گردد و بنابراین جریان در این سامانه به صورت کنترل از پایین دست می‌باشد. اما اگر خروجی‌های (آبگیرها) زیاد در این سامانه وجود داشته باشد، فشار بهره‌برداری در سامانه بسته به میزان زیادی نوسان خواهد داشت که ناشی از افت اصطکاکی در شرایط عبور جریان متغیر می‌باشد. این سامانه را می‌توان در اراضی مسطح، اراضی دارای پستی و بلندی و اراضی با شیب سربالا مورد استفاده قرار داد، مشروط به آن که فشار لازم در محل خروجی برای هر حالت در ابتدای سازه ورودی سامانه فراهم گردد. در سامانه‌های بسته پیش‌بینی تجهیزات کنترل فشار به منظور مقابله با تغییرات فشار بیش‌تر از حد مجاز با کاربرد تانک موج‌گیر یا شیر فشارشکن ضروری می‌باشد. در سامانه بسته منبع تامین آب بایستی ظرفیت لازم برای پذیرش تغییرات در تقاضای آب را داشته باشد.

سامانه باز: سامانه باز لوله‌های کم‌فشار در اراضی شیب‌دار مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این سامانه در طول مسیر خط لوله از سازه لوله ایستاده با سرریز که نقش مستهلک‌کننده انرژی مازاد بر بار هیدرولیکی موردنیاز را به عهده دارد، استفاده می‌شود. در این سامانه، باز و بسته کردن هر خروجی (آبگیر) تاثیری بر جریان بالادست سازه لوله ایستاده سراب و جریان پایین دست سازه لوله ایستاده پایین دست که مسیر خط لوله را به بازه‌های مجزا (بازه‌های واقع بین لوله‌های ایستاده متوالی) تقسیم می‌کند، ندارد. سامانه باز لوله‌های کم‌فشار دارای نقاط کنترل مرتبط به اتمسفر در فواصل مختلف مسیر می‌باشد. این نوع سامانه مشابه کانال روبازی می‌باشد که دارای سازه‌های شیب‌شکن سرریزدار در انتهای هر بازه مسیر بوده و بنابراین کنترل جریان در آن از نوع کنترل از بالادست می‌باشد.

فشار در هر بازه از مسیر لوله کم‌فشار از طریق سازه روبازی که به صورت حوضچه سرریزدار (سازه لوله ایستاده با سرریز) در انتهای هر بازه قراردارد کنترل می‌گردد.

عملکرد سامانه لوله‌های کم‌فشار باز برای توزیع آبیاری، مشابه سیستم کنترل جریان از بالادست در کانال‌های روباز است، با این وجود به لحاظ کاهش مساحت زمین اشغالی برای احداث خط لوله و کاهش هزینه‌های نگهداری سامانه لوله‌های کم‌فشار بر کانال روباز ارجحیت دارد.

سامانه نیمه بسته: در سامانه نیمه بسته برای خنثی کردن بار هیدرولیکی مازاد بر نیاز، بجای سازه لوله ایستاده با سرریز که در سامانه باز مورد استفاده قرار می‌گیرد، سازه لوله ایستاده با شیر شناور^۱ به کار گرفته می‌شود که با ایجاد ارتباط هیدرولیکی بین پایین دست و بالادست، تغییر میزان جریان در پایین دست را به صورت تغییر فشار به سازه ورودی سامانه منتقل می‌نماید و همانند سیستم‌های کنترل پایین دست در شبکه کانال‌های روباز عمل می‌کند.

سامانه نیمه بسته لوله‌های کم‌فشار دارای مزایای مشخص از نقطه نظر بهره‌برداری می‌باشد، خطوط لوله در این سامانه به طور متعارف به اتمسفر باز نبوده اما فشار در طول خط لوله در فواصل معینی کنترل می‌گردد، به طوری که بار هیدرولیکی با وجود تغییر در مقدار جریان عبوری از میزان پیش تعیین شده برای هر بازه مسیر، تجاوز نمی‌نماید.

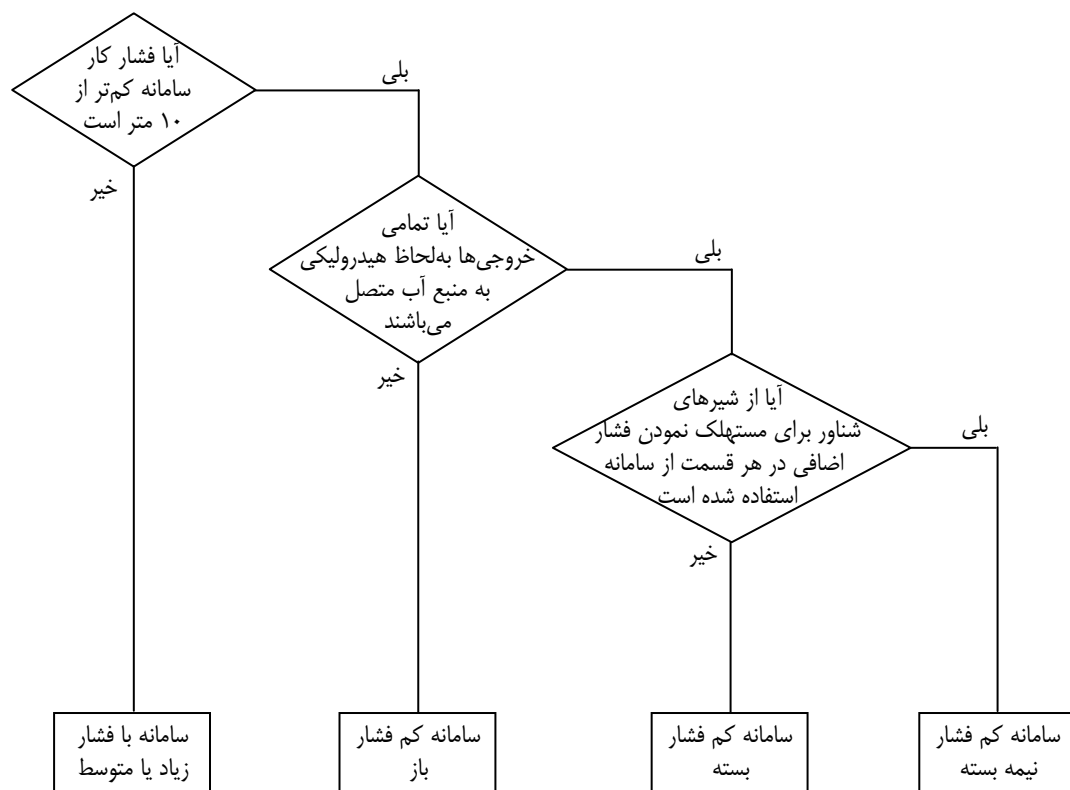
سازه کنترل فشار معمولاً مجهز به شیرهای شناور نوع هریس بوده که به طور خودکار موجب کنترل جریان از پایین دست می‌گردد. با این نوع عملکرد و درجه کنترل، مزایای لوله‌های کم‌فشار به لحاظ امکان استفاده از لوله‌های با مشخصات فنی و اتصالات ساده و امکان هدایت جریان نسبتاً ثابت در آبیگرها (خروجی‌ها) در محدوده بده مورد نظر، مشخص می‌گردد.

در سامانه لوله‌های کم‌فشار نوع نیمه بسته، قطر لوله‌ها برای بده مشابه نسبت به سامانه بسته که آب را به خروجی‌های دور هدایت می‌کند، بیش‌تر است. مزیت عملکرد سامانه نیمه بسته برای شرایط بهره‌برداری از چندین خروجی (آبیگر) در مسیر با برنامه تحویل انعطاف‌پذیر آب (نیمه تقاضا) می‌باشد.

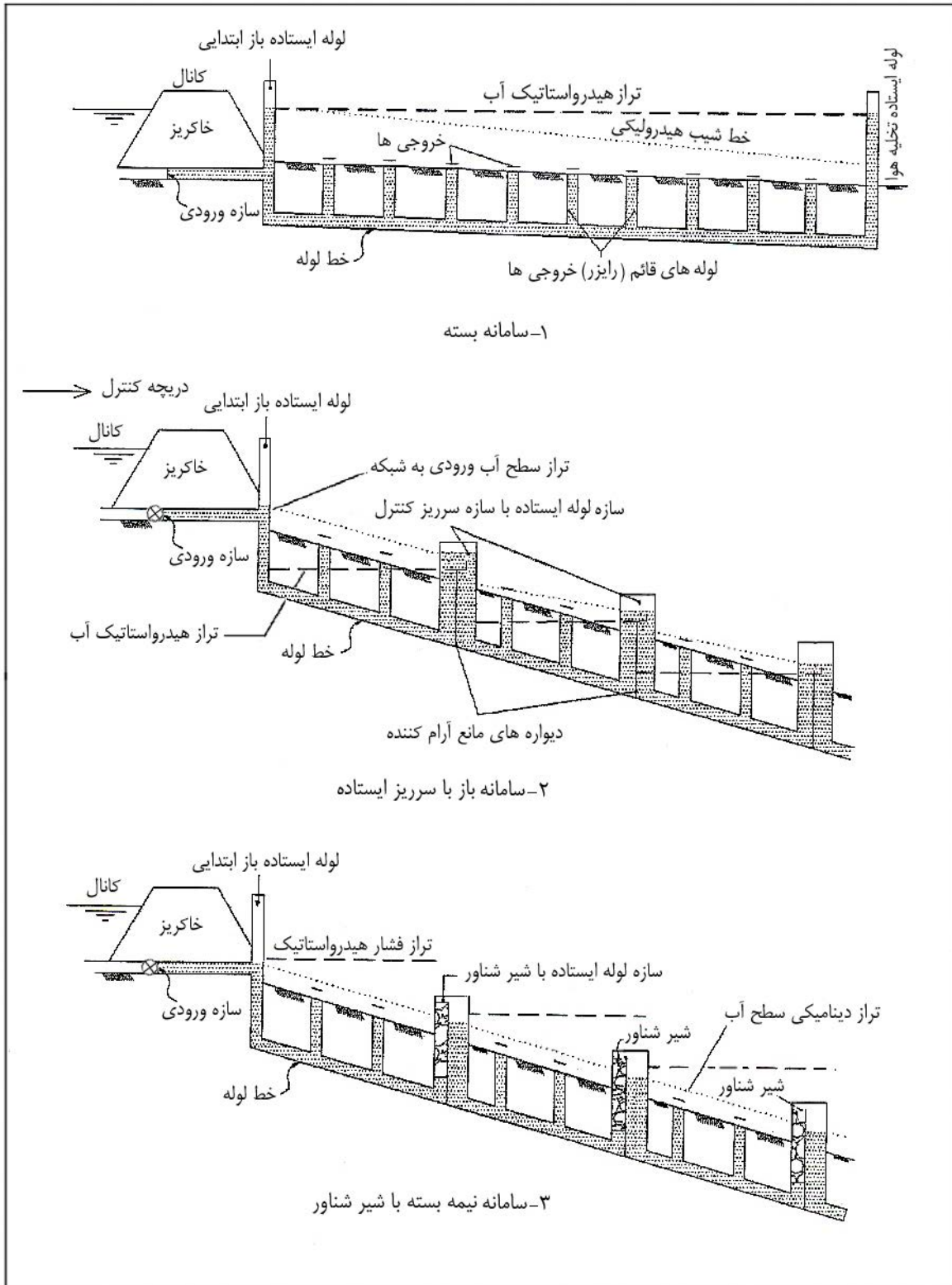
در این سامانه امکان کنترل مناسب فشار در مسیر لوله و بده جریان از خروجی‌ها با جایگزینی شیرهای خودکار فعال شونده به روش الکتریکی یا هیدرولیکی، به جای شیر شناور هریس وجود دارد.

در ایالت کالیفرنیا کشور امریکا جایگزینی شیرهای شناور فرسوده و قدیمی نوع هریس با شیرهای فلکه‌ای کنترل شونده با رایانه با موفقیت انجام شده است.

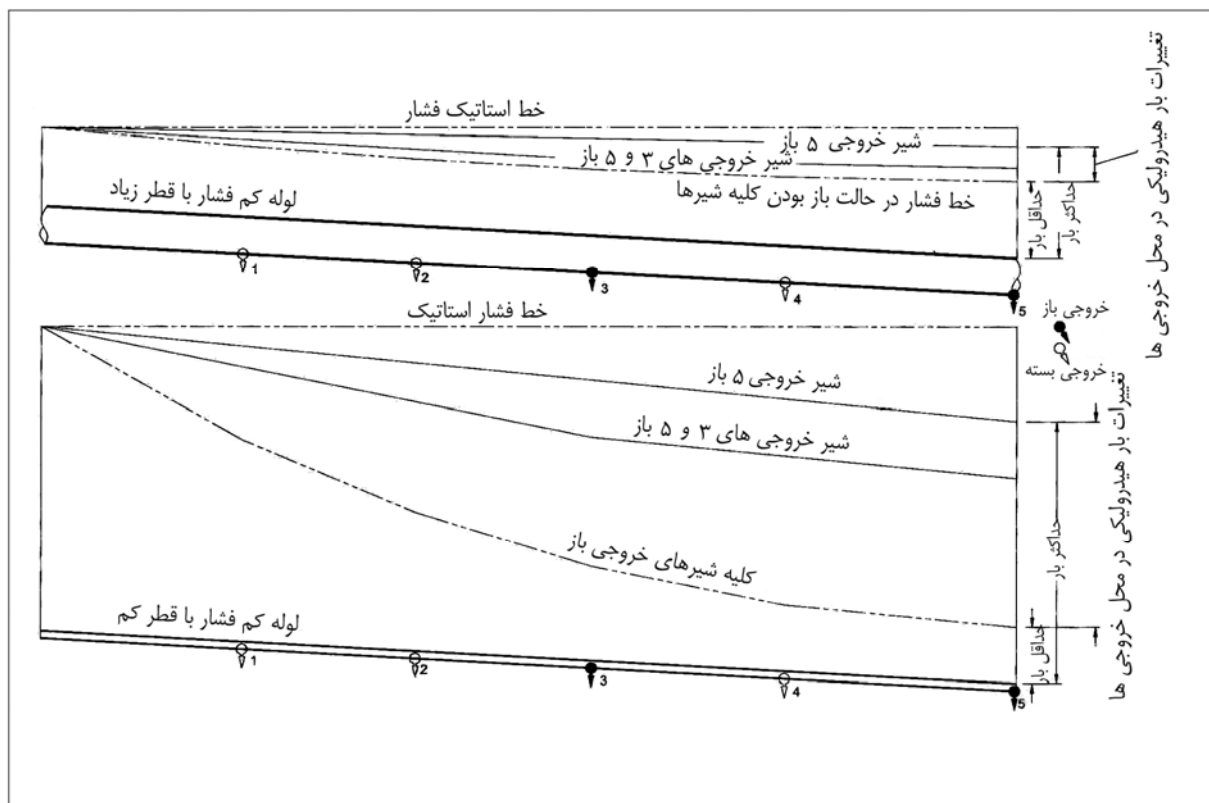
نمودار (۱-۲) و شکل (۱-۲) نحوه طبقه‌بندی سامانه‌های کم‌فشار را به لحاظ کنترل فشار در سامانه ارائه می‌نماید. اشکال (۲-۲) و (۳-۲) روند تغییرات محدود افت هیدرولیکی و تامین فشار نسبتاً ثابت در محل آبیگرها و همچنین دیاگرام جریان در لوله‌های کم‌فشار را نشان می‌دهد.



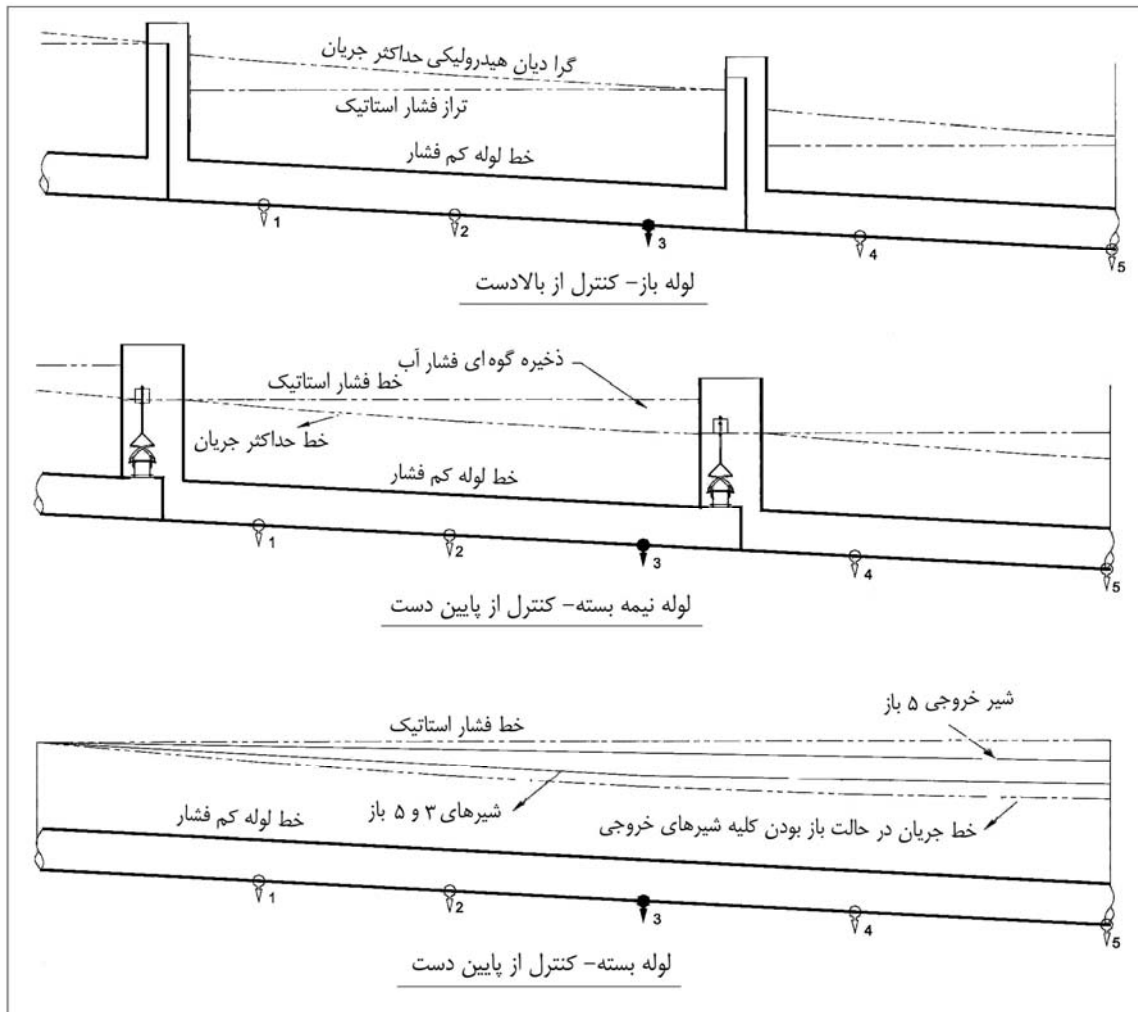
نمودار ۱-۲ - طبقه‌بندی سامانه لوله‌های کم‌فشار به لحاظ عملکرد هیدرولیکی



شکل ۱-۲- سامانه‌های لوله‌های کم‌فشار با منبع آب ثقی (کانال)



شکل ۲-۲- تامین فشار نسبتا ثابت در محل آبیگرها در لوله‌های کم‌فشار با قطر زیاد



شکل ۲-۳- دیاگرام جریان در لوله‌های کم‌فشار (باز، نیمه بسته، بسته)

۲-۲- طبقه‌بندی سامانه لوله‌های کم‌فشار به لحاظ منبع فشار

لوله‌های کم‌فشار به لحاظ منبع تامین فشار به دو سامانه ثقیلی و پمپاژ طبقه‌بندی می‌گردند.

سامانه ثقیلی: از سامانه ثقیلی در مواردی استفاده می‌شود که تراز آب در کانال یا مخزن آب تغذیه‌کننده سامانه کفایت تامین بار هیدرولیکی مورد نیاز در محل خروجی‌ها (آبگیرها) با لحاظ نمودن افت اصطکاکی در مسیر لوله‌ها را داشته باشد، در غیر این صورت از سامانه پمپاژ برای تامین فشار مورد نیاز سامانه استفاده می‌گردد. برای سامانه ثقیلی در اراضی با شیب تند طراحی خطوط لوله با حداکثر سرعت و در اراضی مسطح با شیب کم، با حداقل سرعت صورت می‌گیرد.

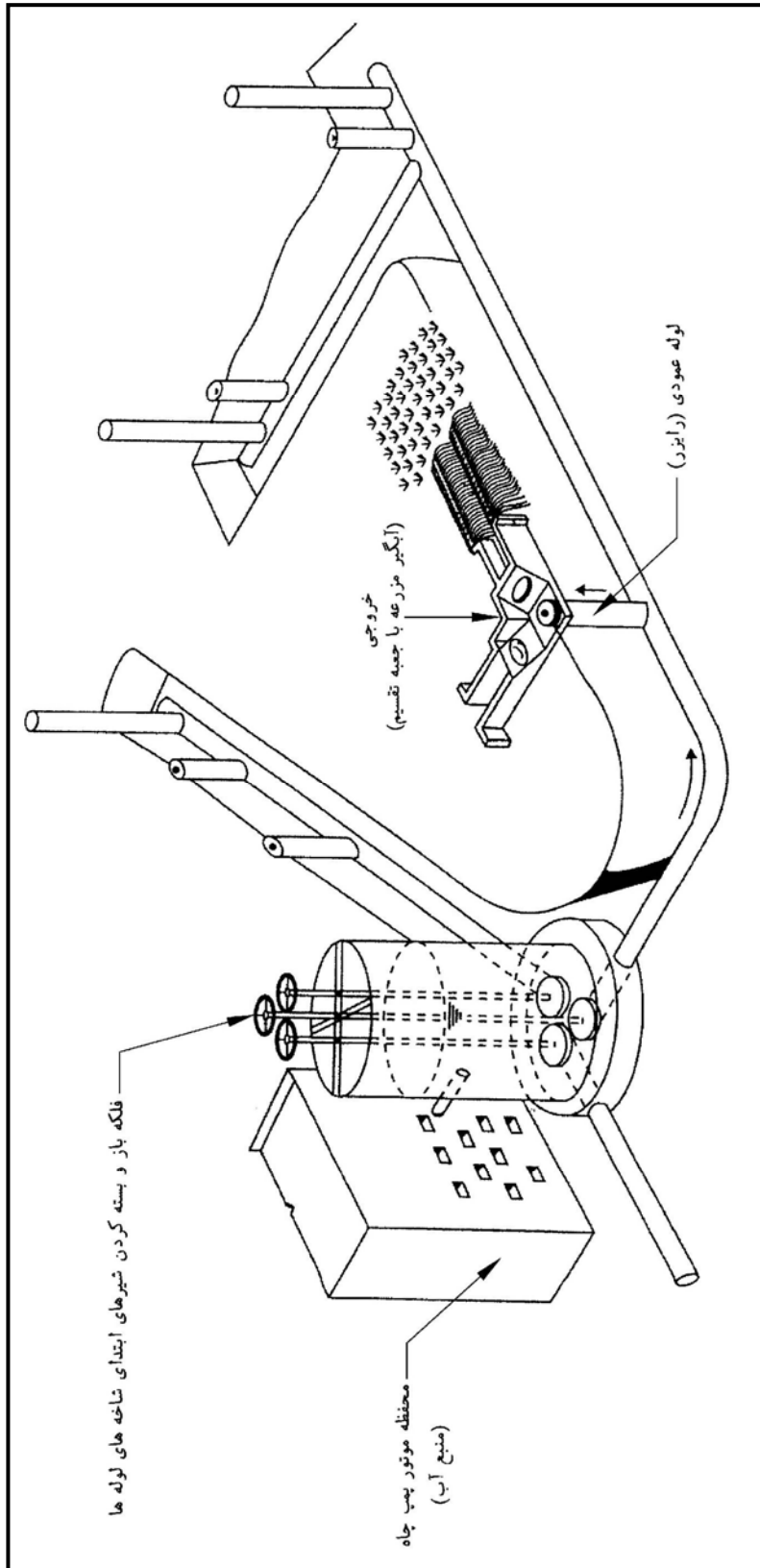
سامانه پمپاژ: سامانه بسته با پمپاژ اغلب در مواردی که منبع آب چاه (عمیق یا نیمه عمیق) مجهز به موتور پمپ باشد، مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین در سامانه باز در مواردی که بار هیدرولیکی لازم در کانال یا منبع آب برای تامین فشار در محل آبگیر مزارع و جبران افت اصطکاکی در لوله‌ها کافی نباشد، از پمپاژ استفاده می‌گردد. این شرایط در مواردی که شیب زمین برای جبران

تلفات اصطکاکی در لوله کافی نباشد و در موقعیت‌هایی که رقوم ارتفاعی اراضی بالاتر از تراز منبع آب باشد، حاکم است. در اراضی مسطح و با شیب کم تعیین ارتفاع مناسب سطح آب در مخزن هوایی ابتدای خط لوله انتقال دارای اهمیت است. سامانه تلفیقی ثقلی و پمپاژ: در مواردی که امکان انتقال ثقلی آب با لوله به بخشی از اراضی محدوده آبخور فراهم باشد، اما به لحاظ رقوم ارتفاعی بخشی از ناحیه آبخور سامانه نیاز به پمپاژ داشته باشد، از سامانه توأم ثقلی و پمپاژ استفاده می‌گردد. در مواردی که از بخش ثقلی سامانه آب به قسمت پمپاژ منتقل می‌گردد از طریق یک شبکه لوله بسته یا نیمه بسته امکان کنترل خودکار پمپ و بهره‌برداری از سامانه برای تحویل آب بر حسب تقاضا فراهم می‌گردد.

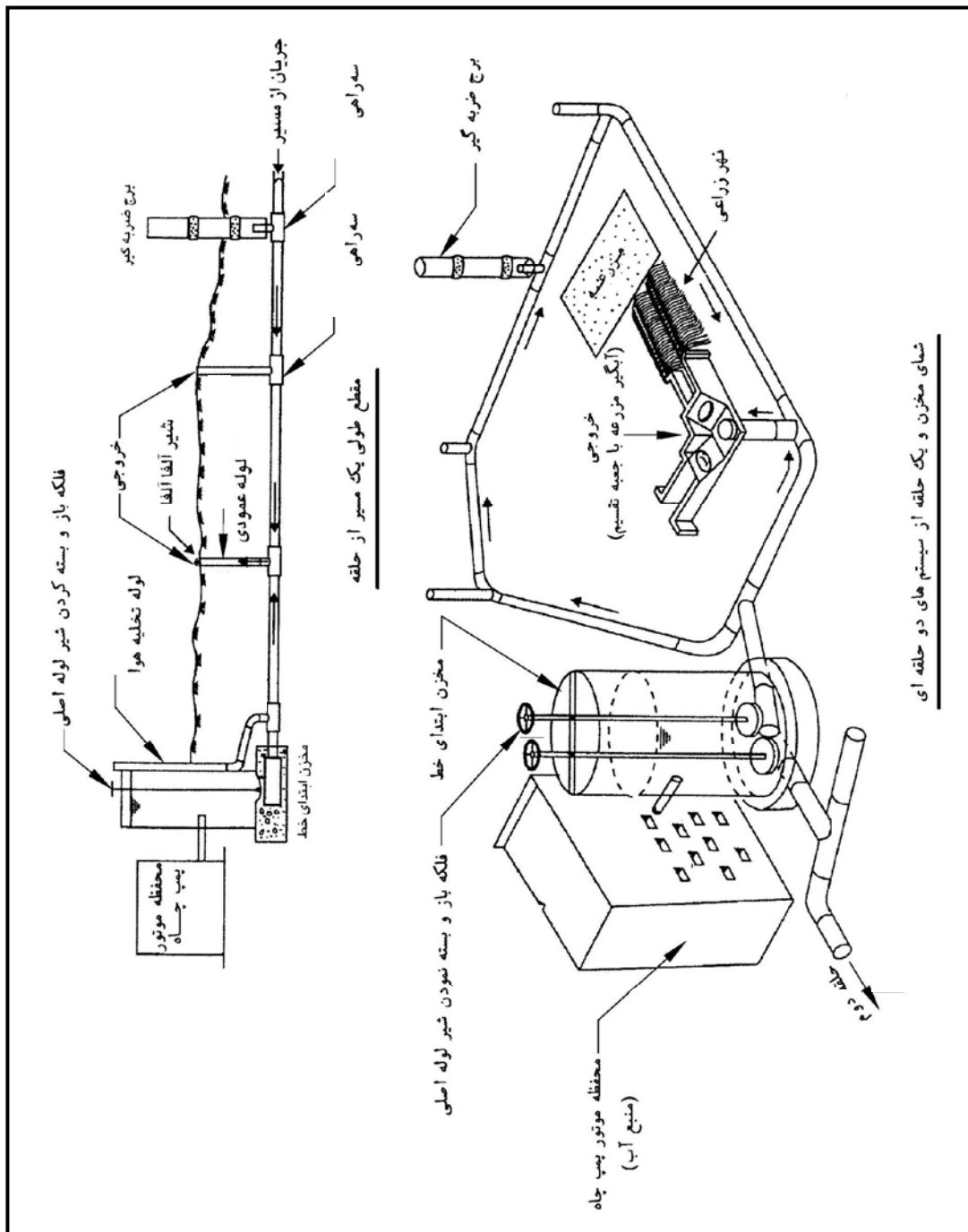
۲-۳- طبقه‌بندی سامانه لوله‌های کم‌فشار به لحاظ نحوه جانمایی

سامانه لوله‌های کم‌فشار به لحاظ جانمایی خطوط لوله به صورت شبکه شاخه‌ای، شبکه حلقوی و یا ترکیبی از این دو طراحی می‌شوند. شبکه شاخه‌ای: در شبکه شاخه‌ای بده جریان مورد نیاز سامانه از ابتدا تا آگیر انتهایی در یک خط لوله جریان می‌یابد. (شکل ۲-۴) در این نوع شبکه به لحاظ آنکه جریان آب در یک خط لوله هدایت می‌شود، قطر لوله به مراتب از شبکه حلقوی بالاتر است. شبکه شاخه‌ای به لحاظ سازگاری بهتر با الگوی استقرار آگیر مزارع در انطباق با مالکیت اراضی، بیش‌تر مورد استفاده قرار می‌گیرد. علاوه بر آن طول لوله در شبکه شاخه‌ای اغلب کم‌تر از شبکه حلقوی است به‌خصوص در مناطقی که قطعات آبیاری منفصل بوده و اراضی شکل غیرمنظم دارند.

شبکه حلقوی: در شبکه حلقوی (همانند شبکه توزیع آب شهری) بده جریان مورد نیاز سامانه بین دو یا چند لوله تا محل آگیر انتهایی تقسیم می‌شود. سامانه‌های بسته عموماً به صورت شبکه حلقوی طراحی می‌گردند. شبکه حلقوی به دلیل انعطاف‌پذیری بیش‌تر از نظر بهره‌برداری و نگهداری مطلوب‌تر است و در آن قطع آب در فصل آبیاری کمتر به وقوع می‌پیوندد. (شکل ۲-۵) برای انتخاب یکی از دو نوع شبکه حلقوی یا شاخه‌ای لازم است که طول لوله‌های مصرفی و قطر آنها به لحاظ اقتصادی مورد بررسی قرار گرفته و انتخاب نهایی سامانه با توجه به شرایط اجتماعی و فنی - اقتصادی صورت گیرد.



شکل ۲-۴ - شمای کلی سامانه لوله زیرزمینی شاخه‌ای



شمای مخزن و یک حلقه از سیستم های دو حلقه ای

شکل ۲-۵- شمای کلی سامانه لوله زیرزمینی حلقه‌ای

فصل ۳

سوابق جهانی و ملی استفاده از سامانه

لوله‌های کم فشار

۳-۱- سابقه کاربرد سامانه لوله‌های کم‌فشار در آبیاری سطحی در سطح جهان

در بسیاری از کشورهای در حال توسعه، کاهش هزینه اجرایی سامانه آبیاری با لوله کم‌فشار نسبت به سامانه کانال‌های روباز از دلایل اصلی برای انتخاب این نوع سامانه می‌باشد. در مناطق توسعه یافته جهان نیاز به راندمان بیش‌تر استفاده از آب، همراه با کاهش تعداد و هزینه کارگر انگیزه اصلی سرمایه‌گذاری در سامانه لوله‌های کم‌فشار و توسعه فن‌آوری به منظور افزایش کارایی این سامانه بوده است. در هر حال سامانه آبیاری با لوله‌های کم‌فشار به عنوان گزینه‌ای که نیاز به سرمایه‌گذاری کم‌تر و هزینه پایین‌تر انرژی نسبت به گزینه تبدیل شبکه آبیاری روباز به آبیاری تحت فشار (بارانی و قطره‌ای) دارد، مورد توجه می‌باشد.

توسعه ساخت لوله‌های پلی‌اتیلن و پی‌وی‌سی^۱ سخت و لوله‌های پلاستیکی و لاستیکی تاشونده نیز از عوامل تاثیرگذار در توسعه آبیاری با لوله‌های کم‌فشار بوده است. از این‌رو سامانه لوله‌های کم‌فشار آبیاری یک فن‌آوری میانه (بین کانال‌های روباز و سیستم تحت فشار) در بهسازی سامانه‌های آبیاری برای ارتقای بهره‌وری آب می‌باشد.

در حال حاضر آمار دقیقی در مورد سطح تحت پوشش آبیاری سطحی با استفاده از سامانه‌های لوله کم‌فشار در دست نیست. براساس اطلاعات مندرج در نشریات سازمان خواربار جهانی و بانک جهانی، مجموع سطوح تحت آبیاری در دنیا حدود ۲۵۶ میلیون هکتار می‌باشد که ۹۴ درصد آن تحت پوشش آبیاری سطحی است. برآورد مساحت تحت آبیاری سامانه‌های مختلف در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه براساس آمار سال ۱۳۷۲ به شرح زیر است:

جدول ۳-۱- خلاصه مساحت تحت آبیاری در جهان (هزار هکتار) [۲]

مجموع		کشورهای توسعه یافته		کشورهای در حال توسعه		نوع سامانه آبیاری
درصد	مساحت (هکتار)	درصد	مساحت (هکتار)	درصد	مساحت (هکتار)	
۸۹/۵	۲۲۵۸۸۳	۶۸/۶	۴۶۶۲۸	۹۷	۱۸۰۲۵۵	آبیاری سطحی (بدون سامانه لوله‌های کم‌فشار)
۴/۵	۱۱۴۲۵	۱۱/۴	۷۷۴۰	۲	۳۶۸۵	سامانه آبیاری با لوله‌های کم‌فشار (برآورد شده)
۵/۵	۱۴۰۹۲	۱۸/۵	۱۲۵۹۲	۰/۸۵	۱۵۰۰	آبیاری بارانی
۰/۵	۱۲۰۰	۱/۵	۱۰۰۰	۰/۱۵	۲۰۰	آبیاری قطره‌ای

اگر چه هنوز آبیاری سطحی به عنوان روش غالب در جهان محسوب می‌گردد، ولی به علت نیاز به بالا بردن راندمان مصرف آب، افزایش روزافزون هزینه‌های تامین آب و محدودیت منابع آب در دسترس، تمایل کشورها به ویژه ممالک توسعه یافته برای کاربرد سامانه آبیاری بارانی و قطره‌ای افزایش یافته است. این تمایل به کارایی ضعیف (راندمان آبیاری پایین) و نیاز زیاد به نیروی کارگری بیش‌تر در آبیاری سطحی نیز مرتبط می‌باشد.

در حقیقت سامانه آبیاری کم‌فشار با لوله زیرزمینی یک راه حل میانه بین سامانه کانال‌های روباز (خاکی و یا پوشش شده) و سامانه آبیاری تحت فشار (قطره‌ای و بارانی) بوده و امکان حصول راندمان توزیع آب در شبکه آبرسان مزرعه تا حد ۹۵ درصد را در شرایط اجرای خوب و بهره‌برداری و نگهداری مناسب فراهم می‌آورد. به طور عمده در سطح جهان سامانه آبیاری با لوله کم‌فشار در دو دهه گذشته با استفاده از لوله‌های بتن غیرمسلح رایج بوده ولی در دهه اخیر کاربرد لوله‌های پلاستیکی از جنس پی‌وی‌سی سخت و پلی‌اتیلن رو به گسترش است.

سامانه لوله‌های کم‌فشار آبیاری به طور عمده به عنوان جایگزین کانال‌های درجه ۳ و ۴ مزرعه در سطح جهان مطرح می‌باشد، ولی در موارد متعددی نیز از لوله‌های کم‌فشار برای انتقال و توزیع آب آبیاری (جایگزین کانال‌های درجه ۲) استفاده شده است.

جدول ۳-۲- برآورد مساحت تحت پوشش سامانه لوله‌های کم‌فشار در کشورهای مختلف [۲]

کشورهای در حال توسعه	مساحت تحت پوشش (هزار هکتار)	کشورهای توسعه یافته	مساحت تحت پوشش (هزار هکتار)
چین	۲۵۰۰	آمریکا	۷۳۱۰
هندوستان	۱۰۰۰	فرانسه	۲۰۰
بنگلادش	۱۰	ژاپن	۶۰
آفریقا	۱۰۰	استرالیا	۴۰
نپال	۵	اسپانیا و پرتغال	۱۳۰
جنوب شرق آسیا	۲۰		
آمریکای جنوبی	۵۰		
جمع	۳۶۸۵	جمع	۷۷۴۰

از نظر مساحت تحت پوشش سامانه‌های آبیاری با لوله کم‌فشار، آمریکا با $7/31$ میلیون هکتار بزرگ‌ترین سهم جهانی را بخود اختصاص داده و در مرتبه بعد چین و هندوستان می‌باشند. اگرچه سامانه‌های آبیاری با لوله‌های کم‌فشار زیرزمینی تقریباً ۴۳ درصد سطوح آبیاری سطحی را در آمریکا شامل می‌شود، ولی در سطح جهانی این سامانه تنها حدود ۵ درصد مساحت تحت آبیاری را تحت پوشش قرار داده است.

۳-۲- سوابق ملی استفاده از سامانه لوله‌های کم‌فشار آبیاری

در دهه اخیر استفاده از لوله‌های کم‌فشار برای آبیاری سطحی در سطح کشور توسعه یافته است که نمونه‌هایی از آن بشرح زیر می‌باشد. لازم به توضیح است که عمر بهره‌برداری سامانه‌های مورد بحث در کشور کوتاه بوده و مزایا و محدودیت‌های کاربرد این سامانه‌ها تاکنون ارزیابی نشده است.

۳-۲-۱- شبکه آبیاری شمال جزیره آبادان و خرمشهر

مطالعات مرحله اول این طرح در سال ۱۳۵۵ توسط شرکت مهندسی مشاور مه‌اب قدس با همکاری شرکت مهندسی مشاور سوئدی سوئکو برای مساحت حدود ۱۴۵۰۰ هکتار نخیلات واقع در محدوده انتهایی دشت آبادان (شمال اراضی حاشیه رودخانه کارون، بهمنشیر و جزیره مینو) با امکان آبیاری ثقلی به‌وسیله کانال‌های روباز انجام گرفت. مطالعات مرحله دوم طرح در سال‌های ۱۳۵۷ تا ۱۳۶۱ انجام و مطالعات بازنگری طرح نیز در سال ۱۳۷۷ توسط شرکت مهندسی مشاور مه‌اب قدس با کاربرد سامانه آبیاری با لوله کم‌فشار بعمل آمده که تاکنون قسمت‌هایی از شبکه مذکور به اجرا درآمده است. سامانه انتقال و توزیع آب در این طرح به گونه‌ای است که کانال‌های اصلی و درجه ۱ شبکه آبیاری به صورت کانال‌های روباز و توزیع آب در مجاری درجه ۲ و ۳ با لوله‌های کم‌فشار طراحی شده است. در این سامانه آب از رودخانه کارون به ارون‌رود انتقال یافته و سپس از این رودخانه به کانال‌های درجه ۱ پمپاژ و از طریق ایستگاه‌های پمپاژ ثانویه واقع در ابتدای مسیر کانال‌های توزیع با ظرفیت $0/5$ تا $1/5$ مترمکعب بر ثانیه به داخل

مخازن هوایی ابتدایی خط لوله پمپاژ و از این طریق جریان تحت فشار در لوله‌های توزیع آب که از جنس پلی‌اتیلن یا فایبرگلاس^۱ به اقطار ۴۰۰ تا ۱۲۰۰ میلی‌متر با فشار مجاز ۲/۵ اتمسفر می‌باشد، هدایت می‌گردد. سرعت آب در لوله‌ها به‌طور متوسط ۱/۵ متر بر ثانیه طراحی شده است. این لوله‌ها به عنوان مجاری انتقال آب درجه ۲ شبکه آبیاری به‌شمار رفته که نقش انتقال آب تا ابتدای واحدهای مزارع (حدود ۲۳۵ هکتاری) را به عهده دارند. هر واحد مزرعه ۲۳۵ هکتاری به پنج قطعه زراعی ۴۷ هکتاری تقسیم شده که برای آبرسانی به سرقطعات زراعی لوله‌های پلی‌اتیلن به قطر ۴۰۰ میلی‌متر (به عنوان مجاری درجه ۳ شبکه آبیاری) در نظر گرفته شده است. به منظور تامین فشار لازم در ابتدای خطوط لوله درجه ۲ برج‌های تنظیم فشار با ارتفاع ۵ متر پیش‌بینی شده است. ضمناً در ابتدای هر یک از قطعات زراعی واقع در مسیر لوله‌های درجه ۳ خروجی (شیر آب پخش) با بده ۸۰ لیتر بر ثانیه و بار هیدرولیکی لازم به میزان حداقل ۰/۵ متر برای آبیاری سطحی پیش‌بینی شده است، این طرح در حال حاضر در مراحل نهایی اجرا می‌باشد.

۳-۲-۲- طرح توسعه نیشکر و صنایع جانبی

این طرح با مساحت خالص ۸۴۰۰۰ هکتار مشتمل بر هفت واحد توسعه نیشکر در استان خوزستان می‌باشد که عملیات اجرایی آن از سال ۱۳۶۹ آغاز شده است.

شبکه آبیاری در ۵ واحد از طرح مذکور به گونه‌ای است که آب توسط کانال‌های اصلی روباز انتقال و از طریق ایستگاه‌های پمپاژ ثانویه به خطوط لوله توزیع آبیاری (مجاری توزیع آب درجه ۲) هدایت می‌گردد. به منظور توزیع آب در نشتی‌های قطعات زراعی به جای استفاده از نهرچه خاکی آبیاری^۲ از لوله‌های پلاستیکی تاشونده^۳ با نام تجاری هیدروفلوم استفاده شده است. در واحدهای طرح توسعه نیشکر جنس لوله‌های کم‌فشار مورد استفاده برای هدایت آب از ایستگاه‌های پمپاژ ثانویه تا ابتدای لوله‌های هیدروفلوم به طور عمده پلی‌اتیلن دوجداره سخت^۴ می‌باشند که به صورت مارپیچ^۵ تولید می‌شوند. علاوه بر آن از انواع دیگر لوله‌ها از جمله لوله‌های فایبرگلاس و بتنی مسلح نیز استفاده شده است.

طول هریک از لوله‌های توزیع آب (مجرای درجه ۲ شبکه آبیاری) ۲۸۰۰ متر بوده که هریک از این خطوط لوله آب مورد نیاز ۲۴ مزرعه به مساحت خالص هر یک ۲۴/۵ هکتار را تامین می‌کند. مساحت زیر پوشش آبیاری هر خط لوله حدود ۵۸۸ هکتار خالص بوده و آبدهی هر خط لوله با توجه به هیدرومدول آبیاری (۲/۸ لیتر بر ثانیه بر هکتار) برابر با ۱/۶۵ مترمکعب بر ثانیه است که توسط یک ایستگاه پمپاژ مجهز به سه واحد الکتروموتور پمپ شناور به ظرفیت هر یک ۰/۶ مترمکعب بر ثانیه از کانال اصلی آبیاری می‌نماید. قطر لوله‌های پلی‌اتیلن مجاری درجه ۲ در طول مسیر از ۵۰۰ تا ۱۲۰۰ میلی‌متر متغیر بوده و سرعت جریان آب در این خطوط لوله بین ۱ تا ۱/۷۵ متر بر ثانیه طراحی شده است. فشار آب در ابتدای مجرای لوله درجه ۲ حدود ۱۰ متر می‌باشد که در انتهای خط لوله به ۱/۵ متر تقلیل می‌یابد.

نحوه توزیع آب از خطوط لوله تحت فشار آبیاری به لوله‌های پلاستیکی دریچه‌دار مزارع (موسوم به هیدروفلوم) به شکلی است که در امتداد لوله درجه ۲ آبیاری در محل انشعاباتی به فواصل ۵۰۰ متری یک سازه تقسیم برای چهار قطعه زراعی (به وسعت خالص هر

1- Glass fiber Reinforced Pipe (GRP)
 2- Irrigation ditch
 3- Layflat Tube
 4- High Density Poly Ethylene (HDPE)
 5- Spiral

یک ۲۴/۵ هکتار) با خروجی لوله هیدروفلوم پیش‌بینی شده است. طول هر یک از لوله‌های هیدروفلوم مزارع ۱۰۰۰ متر، قطر آنها ۲۵۰ تا ۳۰۰ میلی‌متر و بده طراحی آنها ۷۵ لیتر بر ثانیه می‌باشد. در فواصل ۱/۵ متری مسیر لوله‌های هیدروفلوم دریچه‌هایی پیش‌بینی شده که قابل باز و بسته شدن می‌باشند. به منظور تامین و کنترل فشار در ابتدای لوله‌های پلی‌اتیلن توزیع آب (مجاری درجه ۲) برج‌های تنظیم فشار به ارتفاع ۱۰ متر استفاده شده است. بدین صورت توسط ایستگاه‌های پمپاژ ثانویه آب از کانال اصلی به داخل برج‌های فوق وارد و خروجی برج به لوله‌های درجه ۲ متصل می‌گردد. به این ترتیب این سامانه امکان آبیاری ثقلی با فشار کم را فراهم می‌نماید. عملیات اجرایی این طرح آبیاری عمدتاً تا سال ۱۳۸۳ خاتمه یافته و در مرحله بهره‌برداری می‌باشد.

۳-۲-۳- شبکه آبیاری دشت رامهرمز

دشت رامهرمز به مساحت ناخالص حدود ۳۰۰۰۰ هکتار در استان خوزستان در ۱۰۰ کیلومتری شرق اهواز واقع شده و مشتمل بر اراضی ساحل راست و چپ رودخانه اعلا است. مطالعات مرحله اول شبکه آبیاری دشت رامهرمز در سال ۱۳۶۰ توسط شرکت مهندسی مشاور مهتاب قدس انجام و مطالعات مرحله دوم شبکه انتقال و توزیع (درجه ۱ و ۲) آن توسط شرکت مهندسی مشاور دزآب و مطالعات مرحله دوم شبکه آبیاری مزارع (سامانه درجه ۳) اراضی ساحل راست و چپ رودخانه توسط شرکت مهندسی مشاور پندام در سال‌های ۱۳۸۲ تا ۱۳۸۴ انجام شده است.

سامانه آبیاری برای این شبکه به گونه‌ای است که مجاری انتقال و توزیع درجه ۱ و ۲ به صورت کانال‌های روباز ذوزنقه‌ای شکل و مجاری درجه ۳ به صورت لوله‌های کم‌فشار از جنس پلی‌اتیلن (با فشار کار مجاز ۴ اتمسفر) پیش‌بینی شده است. آبیگری لوله‌های درجه ۳ (کانال آبرسان مزارع) به روش ثقلی از کانال‌های روباز درجه ۱ و ۲ صورت می‌گیرد. طول متوسط لوله‌ها حدود ۹۰۰ متر و از ۳۰۰ تا ۱۳۰۰ متر متغیر بوده و با اقطار خارجی ۲۲۵ تا ۶۳۰ میلی‌متر می‌باشد.

سرعت آب در لوله‌های کم‌فشار مزارع از ۱ تا ۱/۵ متر بر ثانیه متغیر می‌باشد. مساحت هر مزرعه تحت پوشش یک خط لوله درجه ۳، ۴۰ تا ۷۰ هکتار است که به طور متوسط ۴ تا ۷ قطعه زراعی ۱۰ هکتاری را مشروب می‌سازد. این سامانه به گونه‌ای طراحی شده است که فشار لازم در ابتدای لوله‌های درجه ۳ از طریق بار هیدرولیکی جریان در کانال‌های درجه ۱ و ۲ روباز تامین گردیده و فشار مورد نیاز برای جبران افت اصطکاکی در طول مسیر لوله‌های درجه ۳ نیز عمدتاً از شیب طبیعی زمین به دست می‌آید. حداقل فشار هیدرولیکی در ابتدای لوله‌های درجه ۳ معادل ۰/۵ متر می‌باشد. حداقل فشار هیدرولیکی در محل آبیگری‌های بحرانی آنها درجه ۴ (نهرچه‌های آبیاری) ۳۰ سانتی‌متر تامین شده است.

افت فشار در سازه ورودی به مجرای لوله‌ای درجه ۳ معادل ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شده است که افت فشار اصطکاکی جریان آب در مجرای آبیگری از کانال روباز (درجه ۱ و ۲) و دریچه مدول آبیگر را تامین می‌نماید.

در ابتدای هر خط لوله درجه ۳ یک حوضچه ورودی در نظر گرفته شده است تا جریان آب خروجی از سازه آبیگر مجهز به دریچه مدول نیروییک به آن تخلیه شود و از طریق این حوضچه وارد لوله درجه ۳ گردد.

برای هر قطعه ۱۰ هکتاری (قطعه زراعی) نیز آبیگر مستقل یا حوضچه مجهز به شیر پروانه‌ای که بر روی لوله آبیگر نصب می‌شود در نظر گرفته شده است.

برای فراهم آوردن امکان تخلیه آب هر شاخه لوله در انتهای آن (به منظور فراهم آوردن امکان تعمیر احتمالی در دوره بهره‌برداری) یک حوضچه انتهایی با شیر فلکه در نظر گرفته شده است.

انتخاب سامانه لوله‌های کم‌فشار برای آبیاری مزارع دشت رامهرمز بر اساس مقایسه گزینه‌های کانال روباز با مقطع دوزنقه و کانال با مقطع نیم‌لوله پیش‌ساخته و لوله‌های کم‌فشار به لحاظ فنی - اقتصادی صورت گرفته است. این طرح آبیاری در مرحله برنامه‌ریزی برای اجرا می‌باشد.

فصل ۴

مزایا و معایب سامانه لوله‌های کم‌فشار

۴-۱- مزایا و معایب سامانه‌های لوله‌های کم‌فشار

مجارى انتقال و توزیع آب با لوله‌های کم‌فشار که در شبکه‌های آبیاری می‌توانند در سطح کانال‌های درجه ۳ مزرعه و گاهی کانال‌های درجه ۲ (جایگزین کانال‌های روباز) مورد استفاده قرار گیرند دارای مزایا و معایبی نسبت به کانال‌های روباز به شرح زیر می‌باشند:

۴-۱-۱- مزایا

سامانه لوله‌های کم‌فشار دارای مزایای زیر می‌باشد:

- وابستگی کم پروفیل خط لوله به توپوگرافی زمین که موجب سهولت فنی و اجرایی قابل ملاحظه و صرفه‌جویی اقتصادی می‌گردد و سرعت عمل در ساخت و اجرا را موجب می‌گردد.
- کاهش تنوع سازه‌های هیدرولیکی که موجب سرعت و سهولت در اجرای خط لوله شده و صرفه‌جویی در هزینه‌های طرح را دربر دارد.
- حذف سازه‌های تقاطعی در عبور از زهکش‌ها و جاده‌ها به دلیل زیرزمینی بودن سامانه لوله‌ها.
- نیاز به تنوع کم‌تر عملیات اجرایی و بکارگیری ماشین‌آلات محدود در مقایسه با اجرای کانال‌های روباز که علاوه بر سهولت و سرعت اجرا، کاهش موارد عملیاتی ویژه کانال‌های روباز (خاکریزی، خاک‌برداری، حمل خاک، رگلاژ، پوشش بتنی و ...) که گاهی می‌توانند موجب ادعاهای مالی پیمانکاران در شرایط مختلف اجرایی شود را موجب گردد.
- سرعت عمل در توزیع و تحویل آب به لحاظ افزایش سرعت جریان آب در سامانه.
- کاهش تلفات ناشی از تبخیر و نشست آب به لحاظ حذف شرایط تبخیر و نشست که در کانال‌های روباز وجود دارد.
- انعطاف‌پذیری سامانه در برنامه تحویل آب و امکان کنترل بهتر بر توزیع و تحویل آب آبیاری به لحاظ کاهش تداخل زارعین در بهره‌برداری.
- کاهش نیروی انسانی مورد نیاز بهره‌برداری به لحاظ مکانیزه بودن سامانه.
- امکان آبیاری اراضی ناهموار و پرشیب به لحاظ تحت فشار بودن سامانه.
- جلوگیری از توسعه و پخش علف‌های هرز در سطح مزارع.
- نگهداری راحت‌تر و ارزان‌تر سامانه و کارایی بیش‌تر در جهت مدیریت آب در مزرعه.
- اشغال کم‌تر زمین زراعی به لحاظ کاهش حریم ساخت و کاهش مسایل اجتماعی ناشی از استملاک اراضی در دوره اجرا.
- طول عمر بیش‌تر سامانه به لحاظ عدم دسترسی آسان به آن و جلوگیری از بروز خسارت به سامانه.
- عدم تاثیرپذیری از ورود ماسه بادی به داخل مجرا ناشی از وزش بادها که در کانال‌های روباز در مناطق خاص ایجاد می‌گردد.
- جنبه‌های بهداشتی و زیست محیطی مناسب‌تر به لحاظ کاهش تلفات آب و زمین، حذف میزبان بیماری‌های شیستوزیا و مالاریا، کاهش شرایط ماندابی و زه‌دار شدن اراضی.
- عدم تاثیرپذیری از شرایط خاک‌های نامناسب مسیر که ساخت کانال روباز را در این خاک‌ها با سختی مواجه می‌سازد.

– مزایا و قابلیت‌های مجاری انتقال با لوله‌های کم‌فشار گسترش قابل توجه این مجاری را در دهه‌های اخیر، موجب شده است.

۴-۱-۲- محدودیت‌ها

محدودیت‌های عمده عدم استفاده گسترده از سامانه لوله‌های کم‌فشار به شرح زیر می‌باشد:

- بالا بودن نسبی هزینه سرمایه‌گذاری اولیه.
 - البته این مورد همیشه صادق نمی‌باشد و بستگی به ظرفیت طراحی، ارزش زمین حریم، ارتفاع خاکریز کانال روباز و شرایط توپوگرافی محل پروژه دارد.
 - نیاز به بار هیدرولیکی بیش‌تر در ابتدای مسیر خط لوله کم‌فشار در مقایسه با کانال روباز درجه ۳ و یا درجه ۲.
 - ثابت بودن موقعیت خروجی‌ها (آبگیرها) و عدم سهولت تغییر محل آنها به لحاظ زیرزمینی بودن لوله‌ها
 - سختی در شناسایی نقاط برداشت غیرمجاز آب و نقاط آسیب دیده به لحاظ کارگذاری لوله‌ها در زیرزمین.
 - بالا بودن هزینه نسبی رسوب‌زدایی در مقایسه با کانال روباز در شرایط سرعت‌های کم طراحی، به لحاظ نیاز به عمل شستشو به روش جت‌آب
 - نیاز به کارگر ماهر برای نگهداری و تعمیر خط لوله در مقایسه نسبی با کانال روباز.
 - روبرو شدن زارعین با فن‌آوری جدید که ضرورت توجه اجتماعی و اقتصادی کاربرد این سامانه را در شرایط محل طرح می‌طلبد.
 - آشنایی کم‌تر مهندسين و تکنسین‌ها با طراحی و اجرای سامانه لوله‌های کم‌فشار در مقایسه با کانال‌های روباز.
- در هر حال مقایسه و انتخاب سامانه لوله‌های کم‌فشار برای هر پروژه باید با رعایت کلیه موارد فنی، اقتصادی - اجتماعی و زیست محیطی توسط مهندس طراح صورت پذیرد.

فصل ۵

ضوابط عمومی طراحی سامانه

لوله‌های کم‌فشار آبیاری

۵-۱- ملاحظات کلی

سامانه توزیع آبیاری با لوله‌های کم‌فشار عموماً به صورت شبکه لوله‌های مدفون در ترانشه برای انتقال و توزیع آب به نقاط تحویل آب در مزارع^۱ مورد استفاده قرار می‌گیرند.

معمولاً مسیر لوله‌ها در مجاورت جاده‌ها انتخاب می‌گردد. لوله‌ها می‌توانند در شیب‌های به طرف بالا و یا پایین کار گذاشته شوند، مشروط بر آن‌که رقوم ارتفاعی روی لوله‌ها زیر خط شیب هیدرولیکی مسیر قرار گیرد. در سامانه لوله‌های کم‌فشار برخلاف کانال‌های روباز، لازم نیست که حتماً مسیر نصب لوله در امتداد خطوط تراز با شیب رو به پایین مسیر حرکت نماید. با این وجود به لحاظ این‌که مسیر سربالایی در لوله‌های کم‌فشار می‌تواند موجب بروز تغییرات فشاری در محل تحویل آب گردیده و کنترل بده را با مشکلاتی روبرو سازد ترجیحاً انتخاب مسیر در جهت شیب یا خطوط تراز توصیه می‌گردد.

هر نقطه تحویل آب در مسیر لوله کم‌فشار معمولاً به تجهیزات اندازه‌گیری مجهز می‌گردد تا بده جریان و حجم کلی جریان تحویل شده در فصل آبیاری مشخص باشد.

در سامانه لوله‌های کم‌فشار، معمولاً بار هیدرولیکی ۰/۵ تا ۱/۵ متر در نقطه تحویل آب در مزرعه تامین می‌گردد تا زارعین بتوانند از طریق نهرچه‌های آبیاری خاکی یا لوله‌های پلاستیکی از نوع صاف تاشونده^۲ یا لوله‌های آلومینیومی دریچه‌دار^۳ اقدام به آبیاری به روش سطحی از طریق نشتی‌ها یا کرت‌ها در قطعات زراعی نمایند.

در مقایسه با سامانه کم‌فشار، در سامانه تحت فشار معمولاً در محل تحویل آب به مزرعه (آبگیر مزرعه) بار هیدرولیکی به میزان ۱۵ تا ۲۰ متر برای آبیاری قطره‌ای و ۳۰ تا ۴۰ متر برای آبیاری بارانی تامین می‌گردد.

در سامانه لوله‌های کم‌فشار انتقال و توزیع آب اگر چه بار هیدرولیکی در حد ۱۰ متر کنترل می‌گردد، با این وجود به دلیل تغییرات فشاری در مسیر لوله‌ها و ضریب اطمینان معمولاً از لوله‌های بتنی یا پلاستیکی (پی‌وی‌سی و پلی‌اتیلن) با فشار کار ۲/۵ تا ۳ اتمسفر استفاده می‌گردد. این لوله‌ها در طول مسیر دارای سازه‌های لوله ایستاده با سرریز کنترل یا لوله ایستاده با شیر شناور به ترتیب برای سامانه‌های باز و نیمه‌بسته می‌باشند.

لوله‌های ایستاده با سرریز کنترل، نقش مشابه سازه تنظیم سطح آب در کانال‌های روباز را داشته و تراز تاج سرریز آنها باید به صورتی باشد که بار هیدرولیکی لازم در نقاط تحویل آب به مزارع (آبگیرها) بالادست خود را تا محل سرریز کنترل بالادست بعدی، در شرایط عدم عبور جریان از روی آن فراهم آورد. تراز فوقانی دیوار سازه لوله ایستاده باید با رعایت حداقل ارتفاع آزاد بالاتر از تراز سطح آب جریان عبوری از روی سرریز در شرایط عبور جریان حداکثر طراحی، پیش‌بینی گردد.

بر روی هر لوله ایستاده تنظیم سطح آب یک دهانه خروجی هرزآبرو^۴ منظور می‌گردد تا در شرایط بهره‌برداری غیرمعارف و عدم آبگیری در نقاط تحویل در مسیر بالادست، جریان اضافی از سامانه خارج گردد و از سرریز شدن جریان از روی لوله ایستاده سرریزدار تنظیم سطح آب جلوگیری شود. کنترل بهره‌برداری از سامانه لوله‌های کم‌فشار باید در ابتدای لوله‌های فرعی، لوله‌های توزیع و نقاط تحویل آب به مزارع انجام شود.

1- Delivery Points
2- Layflat tubes
3- Gated pipes
4- Wasteway

مواظبت‌های لازم برای جلوگیری از سرریز شدن جریان و هرز رفتن آب از روی سرریز کنترل جریان سازه لوله ایستاده باید به عمل آید.

وسایل اندازه‌گیری و شیر کنترل باید در سر لوله‌های توزیع (شاخه‌های فرعی) و خروجی‌های محل تحویل آب به مزارع پیش‌بینی گردد تا امکان تنظیم جریان توسط مسوول بهره‌برداری سامانه فراهم شود.

لوله‌های سامانه کم‌فشار آبیاری در محل‌هایی که در معرض یخبندان می‌باشند (مناطق سردسیر) باید برای مقابله با یخ زدن و ترکیدگی، در فصل غیرآبیاری از آب تخلیه گردند. تمهیدات لازم برای تخلیه کامل لوله‌ها باید منظور گردد و در نقاط گود مسیر خط لوله شیر تخلیه^۱ با امکان هدایت آب اضافی به چاه خشک، نقاط پست یا زهکش و مسیل فراهم گردد. در انتهای هر خط لوله توزیع آب باید تمهیدات لازم برای سرریز شدن جریان مازاد احتمالی و هدایت آن به محل مناسب در مزرعه پیش‌بینی گردد.

به منظور محدود نمودن فشار بر روی شیرهای تحویل آب به واحدهای زراعی (خروجی‌ها)، فراهم آوردن امکان کاربرد لوله‌های با فشار کار کم، امکان دسترسی به سازه‌های لوله ایستاده و کاهش هزینه‌های ساخت آنها، ارتفاع سرریز کنترل سازه‌های لوله ایستاده به ۶ متر محدود می‌گردد.

۵-۲- انتخاب ظرفیت طراحی

برای تعیین ظرفیت طراحی سامانه آبیاری با لوله‌های کم‌فشار مشخصات و داده‌های کشاورزی طرح از جمله الگوی زراعی، نیاز آبی ماهانه، نیاز آبی الگوی زراعی در دوره حداکثر مصرف برای طراحی سامانه آبیاری با لوله‌های کم‌فشار مشابه شبکه کانال‌های روباز مورد نیاز می‌باشد. مواردی که در طراحی سامانه لوله‌های کم‌فشار باید رعایت گردد به شرح زیر می‌باشد:

– نیاز آب در هر نقطه تحویل آب به واحد زراعی با ملحوظ نمودن موارد زیر مشابه تحویل آب در شبکه کانال‌های روباز خواهد بود:

- تلفات انتقال آب در سامانه کم‌فشار در مقایسه با شبکه کانال‌های روباز کم و قابل صرف‌نظر کردن می‌باشد. راندمان قابل پیش‌بینی در طراحی سامانه انتقال و توزیع (تا نقطه تحویل آب به آبگیر قطعات زراعی) ۹۵٪ پیش‌بینی می‌شود.
- راندمان آبیاری سطحی در مزرعه^۲ بستگی به روش و مدیریت آبیاری در قطعات زراعی دارد. راندمان مزرعه در حالت استفاده از لوله‌های تاشونده به جای نه‌رچه آبیاری و روش آبیاری نشتی، از ۵۰ تا ۶۵٪ قابل پیش‌بینی است.
- در یک محدوده زراعی، مساحت خالص قابل آبیاری برای سامانه لوله‌های کم‌فشار بیش‌تر از مساحت متناظر برای شبکه کانال‌های روباز می‌باشد، زیرا مساحت زمین اشغال شده در شبکه کانال‌های روباز بیش‌تر از سامانه لوله‌های کم‌فشار است.
- ظرفیت طراحی آبگیر در نقاط تحویل آب به مزارع در سامانه لوله‌های کم‌فشار مشابه شبکه کانال‌های روباز می‌باشد. زیرا در هر دو حالت باید نیاز دوره حداکثر مصرف نباتات الگوی زراعی تامین گردد. با این وجود ضریب انعطاف‌پذیری

1- Blowoff

2- Field Application Efficiency

ظرفیت آبیگرهای مزارع در این سامانه به منظور کاهش هزینه ساخت لوله‌های توزیع آب ۱/۱ و حداکثر ۱/۲ توصیه می‌شود.

ملاحظات زیر در انتخاب ظرفیت طراحی باید ملحوظ گردد:

- حداقل ظرفیت طراحی لوله باید به صورتی باشد که نیازهای آبیاری مزرعه را از طریق آبیگرهای مسیر براساس بهره‌برداری ۲۴ ساعته در دوره حداکثر مصرف تامین نماید. برای کاهش هزینه‌های کارگری آبیاری مزارع معمولاً توصیه می‌شود که ظرفیت آبیگر مزرعه براساس تحویل نیاز حداکثر آب به چندین کشاورز (آبیگر گروهی) با برقراری گردش آبیاری (تناوبی) پیش‌بینی گردد. جزییات گردش آب در مزرعه باید با همکاری مسوولین کشاورزی منطقه در نظر گرفته شود.

- از آنجایی که هزینه اجرایی سامانه لوله‌های توزیع کم‌فشار آبیاری با بالا رفتن ظرفیت طراحی به شدت افزایش می‌یابد، بنابراین عموماً برنامه تناوبی تحویل آب به قطعات زراعی، نسبت به روش تحویل آب براساس تقاضا، ترجیح داده می‌شود.

- مقدار بار هیدرولیکی در نقاط تحویل آب به آبیگر مزارع در مسیر لوله‌های کم‌فشار آبیاری به شرح زیر توصیه می‌گردد:

- در حالتی که آبیاری در داخل قطعات زراعی مزرعه با استفاده از نهرچه‌های آبیاری خاکی صورت می‌گیرد، نقطه تحویل در بالاترین رقوم ارتفاعی مزرعه انتخاب و حداقل ۰/۵ تا ۰/۷۵ متر بار هیدرولیکی در مسیر لوله در محل تحویل آب (آبیگر مزرعه) تامین می‌گردد. با تامین این میزان بار هیدرولیکی پس از کسر افت بار در سازه آبیگری، حداقل ۰/۳ تا حداکثر ۰/۶ متر بار هیدرولیکی خالص در نقطه تحویل آب به مزرعه برای آبیاری سطحی برقرار می‌باشد.

- در حالتی که آبیاری سطحی در داخل قطعات زراعی با کاربرد لوله‌های پلاستیکی تاشونده (موسوم به هیدروفلوم) یا انواع دیگر لوله‌های دریچه‌دار صورت می‌گیرد، باید حداقل بار هیدرولیکی خالص معادل ۰/۶ متر در محل بلندترین نقطه مزرعه تامین و افت انرژی جریان آب در لوله نیز برای تامین این فشار در نقاط آبیگری منظور گردد. بر این اساس بار هیدرولیکی حدود ۱/۵ متر در هر نقطه آبیگری تحویل آب به لوله آبیاری مزرعه باید در مسیر خط لوله توزیع آب تامین گردد.

فصل ۶

برنامه‌ریزی طراحی سامانه لوله‌های

کم فشار

۶-۱- کلیات

در برنامه‌ریزی طراحی سامانه آبیاری با لوله‌های کم‌فشار موارد زیر باید ملحوظ گردد:

- نوع منبع تامین آب و موقعیت آن
- محدوده اراضی قابل آبیاری
- تعداد بهره‌برداران، نحوه مالکیت اراضی و حقایق‌های فعلی
- الگوی زراعی که با توجه به خصوصیات اقلیمی، شرایط اجتماعی - اقتصادی منطقه، کشت‌های موجود و نظرخواهی از آب‌بران تعیین می‌گردد.
- هیدرومدول الگوی زراعی
- بده مناسب آبیگرهای مزارع با توجه به هیدرومدول الگوی زراعی
- روش توزیع آب تا انشعابات مزرعه و روش آبیاری در سطح مزرعه
- جنس لوله‌های در دسترس
- نوع سامانه لوله‌های کم‌فشار به لحاظ هیدرولیکی (نحوه کنترل فشار سامانه) که می‌تواند به صورت باز، نیمه‌باز و یا بسته باشد. انتخاب هر یک از انواع سامانه‌های مذکور و سازه‌های کنترل فشار در ورودی سامانه و طول مسیر با توجه به شرایط توپوگرافی، بار هیدرولیکی موجود و شرایط بهره‌برداری خواهد بود.
- به طور کلی سامانه لوله‌های کم‌فشار در اراضی مسطح تا اراضی با شیب طبیعی به میزان تا ۵٪ (ارضی مناسب برای آبیاری سطحی در مزرعه) قابل استفاده می‌باشد. در اراضی با شیب تندتر از ۵٪ به دلیل هزینه‌های سنگین آماده‌سازی اراضی مزرعه (تسطیح و قطعه‌بندی) کاربرد این روش ممکن است اقتصادی نباشد. در اراضی با شیب ۱۰ درصد و بیش‌تر، کاربرد سامانه لوله‌های کم‌فشار توصیه نمی‌گردد و در صورت توجیه استفاده از این‌گونه اراضی برای توسعه آبیاری، استفاده از آبیاری تحت فشار پیشنهاد می‌گردد.
- مراحل برنامه‌ریزی طراحی سامانه لوله‌های کم‌فشار را می‌توان به شرح نمودار (۶-۱) دنبال نمود.

۶-۲- توجیه فنی - اقتصادی طرح

مطالعات توجیهی سامانه آبیاری باید مشابه سایر طرح‌های مهندسی قبل از تهیه طرح نهایی صورت گیرد. این مرحله شامل جمع‌آوری داده‌های فیزیکی، اجتماعی و اقتصادی مرتبط با محدوده طرح، تجزیه و تحلیل داده‌ها جهت حصول اطمینان از انطباق خصوصیات فنی طرح با شرایط متعارف و مقایسه بازده اقتصادی طرح با شرایط قابل قبول به لحاظ نرخ بازگشت داخلی سرمایه^۱ و نسبت منافع به هزینه^۲ می‌باشد.

به طور کلی نتایج مطالعات توجیهی که دربرگیرنده نکات اصلی شرایط توسعه به ویژه اثرات اجتماعی - اقتصادی اجرای طرح می‌باشد بایستی مورد توجه ویژه قرار گیرد.

1- Internal Rate of Return (IRR)

2- Benefit / Cost (B/C)

این نکات شامل جنبه‌های فنی، اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی، مالی و اداری، بهداشتی و زیست محیطی می‌باشد که در ترسیم سیمای طرح دارای اهمیت است.

۶-۳- جانمایی سامانه

نقشه‌های جانمایی سامانه لوله‌های کم‌فشار براساس داده‌های فیزیکی طرح، نقشه کاداستر مالکیت اراضی، مشاوره با کشاورزان ذینفع (آب‌بران) در مورد مسیر خطوط لوله، محل آبیگرها و نحوه بهره‌برداری از سامانه تهیه می‌گردد. چارچوب سیمای طرح باید با مذاکره و مشورت با کشاورزان (آب‌بران) کارشناسان ادارات محلی مرتبط و معتمدین روستاها انتخاب گردد.

در تدوین سیمای طرح تا حد امکان مرز مالکیت روستا و مالکین اراضی مد نظر قرار گیرد تا در زمان ساخت و دوره بهره‌برداری طرح با مسایل کم‌تری مواجه باشد.

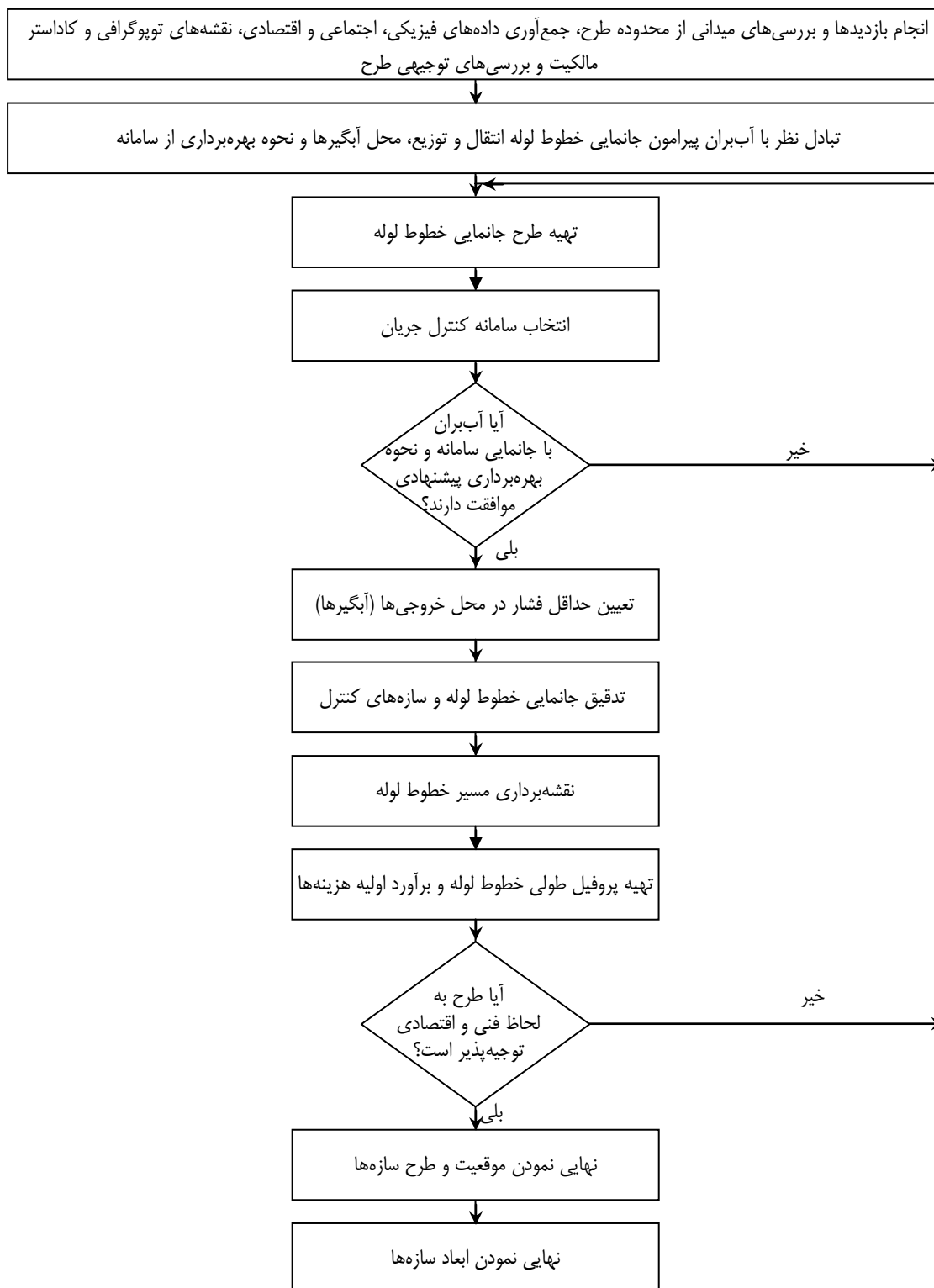
رعایت موارد زیر در تهیه سیمای طرح ضروری می‌باشد:

- اطمینان از انطباق محل آبیگرها با مرز مزارع و یا مالکیت‌های اراضی
 - امکان‌ات توزیع آب به روش تحویل حجمی در شرایط متعارف و خشکسالی
 - امکان مدیریت و بهره‌برداری و نگهداری سامانه توسط کشاورزان
- نقشه جانمایی سامانه باید در راستای به حداقل رساندن طول و تعداد لوله‌های انتقال و توزیع و با ملاحظات زیر طراحی گردد:
- محدوده اراضی قابل آبیاری
 - طول حداکثر نهرچه آبیاری یا لوله آبیاری درپچه‌دار^۱
 - محدوده تحت پوشش هرآبیگر
 - ساده بودن جانمایی سامانه با رعایت تامین نیازهای طراحی لوله‌ها و متعلقات مربوط به آن و نحوه کنترل و بهره‌برداری از سامانه

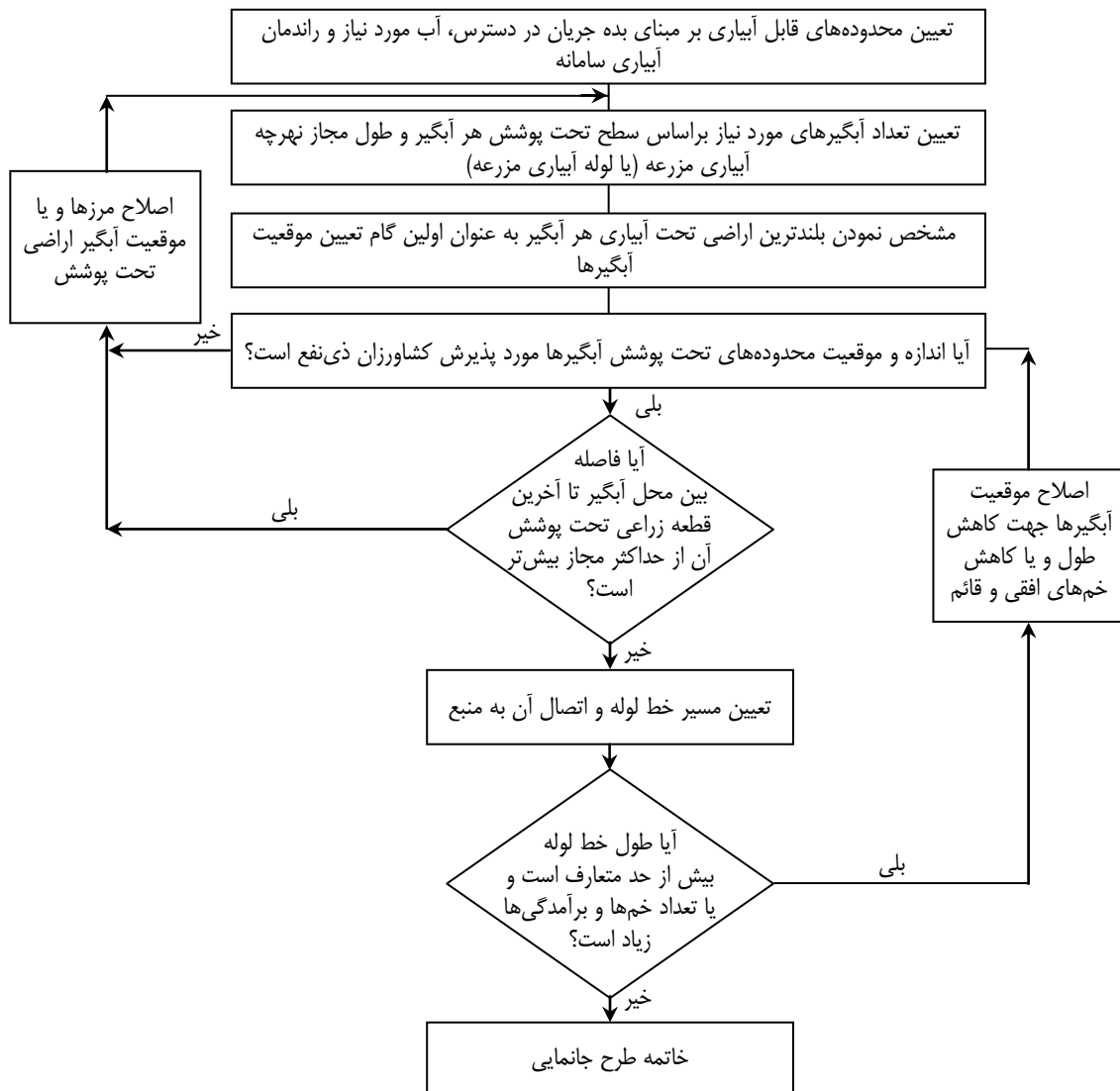
مراحل تهیه جانمایی سامانه لوله‌های کم‌فشار در نمودار (۶-۲) ارائه شده است.

۶-۴- ملاحظات طراحی هیدرولیکی لوله‌ها

طراحی هیدرولیکی لوله‌ها باید با در نظر گرفتن اختلاف بار هیدرولیکی در دسترس در ورودی سامانه، ارتفاع هیدرولیکی مورد نیاز در بحرانی‌ترین آبیگرهای سامانه (خروجی‌ها) و لحاظ نمودن افت‌های اصطکاکی و افت‌های جزیی در مسیر لوله صورت گیرد. براساس پروفیل طولی خط لوله، موقعیت و نوع و ابعاد سازه‌های مورد نیاز جهت کنترل فشار، حفاظت در مقابل ضربه قوچ و تخلیه هوا تعیین می‌گردد.



نمودار ۶-۱- روند برنامه‌ریزی و طراحی سامانه لوله‌های کم‌فشار



نمودار ۶-۲- مراحل جانمایی سامانه لوله‌های کم‌فشار

فصل ۷

ضوابط طراحی هیدرولیکی خطوط

لوله آبیاری

۷-۱- کلیات

محاسبات هیدرولیکی جریان در لوله‌ها از مهم‌ترین گام‌های طراحی خطوط لوله آبیاری محسوب می‌گردد. تعیین قطر بهینه، ضخامت لوله و مشخصات هیدرولیکی آن با توجه به توپوگرافی مسیر دارای اهمیت است. مشخصه‌های هیدرولیکی طراحی عبارتند از بده جریان، سرعت و فشار که نحوه انتخاب هر یک به شرح زیر می‌باشد:

۷-۱-۱- بده جریان

خطوط لوله انتقال آبیاری براساس بده جریان مورد نیاز دوره حداکثر مصرف الگوی زراعی طرح در طول فصل آبیاری طراحی می‌شود تا بتوان آب مورد نیاز در این دوره را تامین نمود.

۷-۱-۲- سرعت طراحی

سرعت جریان در طراحی خطوط لوله انتقال آب با توجه به ملاحظات زیر انتخاب می‌شود:

الف- سرعت بالای آب در لوله‌ها با وجود کاهش قطر و هزینه لوله‌گذاری باعث افزایش افت فشار، بالا رفتن ارتفاع رانش تلمبه‌ها و در نتیجه افزایش هزینه‌های ثابت و جاری تلمبه‌خانه‌ها می‌شود، علاوه بر آن سرعت بالای آب موجب افزایش خطر بروز ضربه آبی و خسارت ناشی از آن گردد.

ب- تغییر مقدار نیروی وارده به زانویی‌ها و سه‌راهی‌ها تحت تاثیر تغییر جهت و سرعت زیاد سبب احتمال شکستن لوله به ویژه در محل اتصالات می‌گردد.

به علت احتمال بسته شدن ناگهانی شیرهای قطع و وصل در یک قسمت لوله، ضربه چکشی آب در بخش‌های دیگر لوله ایجاد می‌شود. هرچه سرعت آب در لوله بیش‌تر باشد ضربه چکشی اعمال شده به لوله و سایر متعلقات بیش‌تر است و احتمال شکستن لوله را افزایش می‌دهد.

ج- سرعت زیاد آب باعث فرسایش دیواره لوله‌ها به ویژه در دهانه لوله و محل اتصالات آنها شده و عمر مفید لوله را کاهش می‌دهد.

د- تامین حداقل سرعت مجاز آب در خطوط لوله به این سبب که در سرعت کم در لوله رسوب‌گذاری صورت می‌گیرد و از طرف دیگر گازهای محلول در آب به صورت حباب‌هایی درمی‌آیند که در قسمت‌های بلند خط لوله جمع شده و جریان آب را مختل می‌سازند.

ه- در لوله‌های انتقال آب برای یک بده ثابت، هزینه لوله‌گذاری و هزینه تجهیزات ایجاد فشار و قطر خط لوله با هم نسبت عکس دارند که با توجه به قیمت‌های روز و به ازای اقطار معینی از لوله، هزینه‌های ذکر شده بهینه می‌شوند. این قطر را، قطر اقتصادی و سرعت حاصل از آن را سرعت اقتصادی می‌نامند. سرعت اقتصادی ثابت نبوده و تابع شاخص‌های هزینه می‌باشد.

با توجه به موارد بیان شده انتخاب سرعت حداکثر و حداقل خطوط لوله انتقال آب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. حداکثر سرعت آب در لوله‌های فولادی با قطر بیش از ۵۰۰ میلی‌متر معمولاً ۲/۵ و برای لوله‌های بتنی، آریست سیمانی، جی‌آرپی و پلی‌اتیلن

۲ متر بر ثانیه انتخاب می‌گردد. حداقل سرعت جریان در لوله‌ها ۰/۶ متر بر ثانیه در نظر گرفته می‌شود، سرعت مناسب طراحی در لوله‌های کم‌فشار از ۱ تا ۱/۵ متر بر ثانیه توصیه می‌گردد.

۷-۱-۳- فشار

حداکثر فشار در خطوط لوله انتقال و توزیع آب به وضعیت توپوگرافی مسیر و اختلاف ارتفاع ابتدا و انتهای هر بازه از مسیر بستگی دارد. خطوط لوله آب باید طوری طراحی شوند که لوله‌ها بتوانند فشار کار را در بدترین شرایط بهره‌برداری تحمل نمایند. فشار کار زیاد علاوه بر خطر شکستن لوله‌ها در نقاط پست و گود و نیز افزایش نشت و تلفات، باعث بالا رفتن کلاس فشار کار لوله‌ها و شیرآلات شده و در نتیجه نقش مهمی در هزینه تاسیسات آبرسانی ایفا می‌کند.

۷-۲- هیدرولیک جریان در خطوط لوله انتقال آب و افت فشار در لوله‌ها

طراحی هیدرولیکی لوله‌های کم‌فشار براساس فرمول‌های محاسبه سرعت، افت اصطکاکی جدار داخلی لوله‌ها و فرمول‌های محاسبه افت موضعی در محل اتصالات، انحراف مسیر و سه‌راهی‌ها انجام می‌شود. فرمول‌های تجربی زیادی برای حل مساله جریان در لوله‌ها پیشنهاد شده‌اند ولی اغلب آنها برای محدوده‌ای از شرایط کار صادق بوده و در مواردی که به شرایط تجربی نزدیک باشد، کاربرد آنها عملی خواهد بود. در حالت کلی بین سه مشخصه هیدرولیکی سرعت، قطر و افت اصطکاکی حرکت سیالات در لوله‌ها رابطه زیر است:

$$H_f = f(d, v) \quad (1-7)$$

که در آن H_f ارتفاع نظیر افت فشار، d قطر لوله و v سرعت جریان می‌باشد. بنابراین در حل مسایل هیدرولیکی جریان در لوله‌ها انتخاب مناسب مشخصه‌های فوق مطرح می‌باشد. فرمول‌های تجربی و تحلیلی محاسبه افت فشار در لوله‌ها بر اساس رابطه شزی^۱ پایه‌گذاری شده است. این رابطه به صورت زیر است:

$$V = K.S^a.R^b \quad (2-7)$$

که در آن ضریب K به جنس لوله و شرایط جریان بستگی دارد، S : شیب خط انرژی، R : شعاع هیدرولیکی و a و b : ضرایب ثابت هستند. داری و ایسباخ، هیزن ویلیامز، مانینگ و دیگران مقادیر a و b و K را محاسبه نموده‌اند که به طور مختصر به شرح آنها پرداخته می‌شود.

۷-۲-۱- رابطه داری و ایسباخ

یکی از روابط مهم برای محاسبه افت فشار در لوله‌ها رابطه داری و ایسباخ است که به صورت زیر می‌باشد:

$$H_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} \quad (3-7)$$

که در آن:

H_f : افت فشار (m)

D : قطر لوله (m)

L: طول خط لوله (m)

g: شتاب ثقل زمین m/sec^2

f: ضریب اصطکاک لوله

V: سرعت جریان لوله (m/sec)

ضریب f با استفاده از دیاگرام مودی^۱ یا رابطه کلبروک به شرح زیر به دست می‌آید.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 1.14 - 2 \log \left(\frac{e}{D} + \frac{9.35}{Re} \right)$$

که در آن:

e: ضریب زبری (m)

D: قطر لوله (m)

Re: عدد رینولدز معادل $\frac{VD}{\nu}$

ν : ویسکوزیته سینماتیک (m^2/sec)

۷-۲-۲- رابطه هیزن و بلیامز

در این رابطه افت فشار نظیر ارتفاع در لوله‌ها در سیستم متریک به صورت زیر بیان می‌شود.

$$H_f = L \left(\frac{3.5875 \cdot Q}{c \cdot D^{2.63}} \right)^{1.8518} \quad (۵-۷)$$

که در آن:

c: ضریب افت لوله،

D: قطر لوله برحسب متر،

Q: بده جریان برحسب متر مکعب بر ثانیه و

L: طول خط لوله برحسب متر می‌باشد.

این رابطه بیش‌ترین کاربرد را در محاسبات هیدرولیکی خطوط لوله انتقال آب دارد و کاربرد این رابطه برای طراحی هیدرولیکی

لوله‌های کم‌فشار توصیه می‌گردد.

۷-۲-۳- رابطه مانینگ

این رابطه بیش‌تر در کانال‌های روباز و بعضاً برای لوله‌های کم‌فشار استفاده می‌شود و به صورت زیر است:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad (۶-۷)$$

که در آن:

R: شعاع هیدرولیکی،

S: شیب هیدرولیکی (شیب خط انرژی)،

n: ضریب مانینگ که به جنس مجرا بستگی دارد و مقدار آن بسته به جنس لوله بین ۰/۰۱۱ تا ۰/۰۱۴ متغیر می‌باشد.

نکته مهم در کاربرد فرمول‌های ذکر شده انتخاب صحیح ضرایب افت اصطکاکی می‌باشد.

روابط تجربی هیزن ویلیام و مانینگ براساس دامنه باریکی از شرایط جریان تعمیم یافته و در آنها ضرایب اصطکاکی به طور عمده زبری سطح لوله متکی می‌باشد. با این حال در عمل این روابط خارج از محدوده آزمایش‌های اصلی به کار گرفته می‌شود که روابط بر پایه آنها متکی است.

به طور تجربی دریافت شده که در هر سه رابطه ذکر شده ضریب زبری براساس قطر لوله و سرعت جریان و همچنین نوع و ارتفاع زبری جدار لوله متغیر می‌باشد.

۷-۲-۴- عوامل موثر در تغییر ضریب زبری لوله‌ها و انتخاب ضریب زبری

مقدار ضریب C یکی از پارامترهای مهم در طراحی خطوط لوله در فرمول هیزن ویلیامز است که تحت عنوان ضریب زبری بیان می‌شود. این ضریب در لوله‌های آبرسانی از ۱۵۰ برای مجاری صاف و لوله‌های نو، تا ۶۰ برای مجاری کهنه متغیر است.

تغییرات ضریب زبری به نوع لوله‌ها، کیفیت آب و شرایط هیدرولیکی حرکت آب در لوله بستگی دارد. اصولاً مقدار ضریب C برای طراحی خطوط لوله به وسیله کارخانه سازنده لوله اعلام می‌گردد و حتی تولیدکنندگان پیشنهاد می‌نمایند برای دوره معینی از بهره‌برداری خطوط لوله (در سال‌های مشخص از دوره عمر کارکرد) به منظور تامین فشار مناسب، مقدار ضریب C مطابق جدول ارائه شده از طرف کارخانجات سازنده استخراج و مورد استفاده قرار گیرد.

مقدار ضریب C در لوله‌های نو که از طریق آزمایشگاهی در محل کارخانه تعیین می‌شود، در ابتدای بهره‌برداری از طرح صادق می‌باشد و به مرور تحت تاثیر کیفیت آب در تماس با جداره داخلی لوله، به ویژه pH مواد رسوب‌گذار در لوله و همچنین موادی که اثر خوردگی بر پوشش داخل لوله دارند، تغییر خواهد نمود، به طوری که مقدار ضریب C در طول سال‌های بهره‌برداری از لوله کاهش یافته و باعث ازدیاد افت فشار و در نهایت کم شدن بده جریان آب انتقالی نسبت به سال شروع بهره‌برداری می‌شود.

کیفیت آب، قطر لوله، گذشت زمان و سرعت جریان آب از علل اصلی تغییر ضریب زبری C می‌باشند. یکی از عوامل موثر در کاهش ضریب C، کیفیت شیمیایی آب به ویژه میزان pH و مواد معلق موجود در آب می‌باشد، به طوری که در سرعت‌های بالا ذرات مواد معلق به طور مداوم با جداره لوله برخورد نموده و سبب فرسایش جدار داخلی لوله خواهند شد. در سرعت‌های کم نیز امکان رسوب مواد معلق وجود دارد که در هر دو حالت ضریب زبری کاهش می‌یابد.

تاثیر قطر بر روی ضریب زبری لوله‌های نو با فرمول (۷-۷) مشخص می‌گردد که در آن قطر لوله بر حسب سانتی‌متر است.

$$C = 140 + 0.17D \quad (7-7)$$

گذشت زمان نیز عامل موثری در کاهش ضریب C بوده و ضریب زبری در فرمول هیزن ویلیامز باید بر اساس متوسط دوره بهره‌برداری و سایر عوامل تاثیرگذار بر آن انتخاب گردد.

عموما ضریب زبری لوله‌های پوشش شده بعد از ۳۰ سال در حالت بروز خسارت کم، حدود ۱۱ تا ۲۱ درصد کاهش می‌یابد. بنابراین ضریب زبری لوله بعد از ۳۰ سال عمر در شرایط خسارت کم، به طور متوسط حدود ۱۶ درصد کاهش می‌یابد. توضیح این که مقدار ضریب C در فرمول هیزن ویلیامز برای مقادیر کم‌تر از ۱۰۰ مناسب نیست.

ضریب زبری برای لوله‌های فولادی نو معادل ۱۴۰ می‌باشد که با کسر ۱۶ درصد برای متوسط عمر ۳۰ سال مقدار آن به ۱۱۸ می‌رسد و بعد از آن نیز با کاهش ۵ درصد دیگر جهت سرعت بالاتر از ۰/۹ متر بر ثانیه و احتساب افت‌های جزئی اتصالات و شیرآلات معادل ۱۱۰ منظور می‌شود.

همچنین با توجه به موارد ذکر شده ضریب زبری برای لوله‌های آزیست معادل ۱۲۰ منظور می‌گردد.

در ارتباط با مساله رسوب‌گذاری در لوله‌ها و ایجاد زبری موارد زیر مطرح می‌باشد:

- ارتفاع زبری یک لوله مشخص ممکن است در طول زمان و به لحاظ رسوب‌گذاری مواد معلق، رسوب‌گذاری املاح آب، رشد مواد آلی، بروز ناهمواری و خوردگی تغییر نماید.

- از رسوب‌گذاری می‌توان با حذف ماسه و سیلت از طریق ایجاد سرعت بالا در دوره بهره‌برداری که موجب شستشوی این مواد گردد، پرهیز نمود.

- رشد مواد آلی در لوله‌ها وقتی که آب از مخازن و رودخانه‌ها برداشت می‌شود رخ می‌دهد، با کاربرد روش‌های شیمیایی می‌توان بر این موانع غلبه نمود.

- از خوردگی فعال لوله می‌توان با انتخاب لوله‌های دارای پوشش داخلی ملات سیمانی و قبری جلوگیری نمود.

۷-۲-۵- فرمول‌های افت‌های جزئی (موضعی)

علاوه بر افت فشار اصطکاکی ناشی از جریان یکنواخت آب در خط لوله افت ناشی از تغییر سرعت یا جهت جریان آب در شیرآلات و زانویی‌های مسیر لوله نیز باید مورد توجه قرار گیرد.

افت بار هیدرولیکی در شبکه لوله‌ها که به علت تغییرات شدید در شکل جریان ناشی از انواع خم‌ها و شیرآلات و اتصالات ایجاد می‌شود به نام افت جزئی یا موضعی نامیده می‌شود.

در شبکه لوله‌های با طول خطوط کوتاه افت‌های جزئی موجب افزایش مجموعه افت‌های مسیر خواهد شد. با این حال افت بار موضعی در خطوط معمولاً کم‌تر از ۱۰٪ افت بار اصطکاکی مسیر لوله‌ها می‌باشد.

افت جزئی در لوله‌هایی با قطر کم و سرعت زیاد نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و باید به دقت محاسبه گردد. در خطوط لوله با قطر زیاد و سرعت کم جریان معمولاً افت‌های جزئی به صورت درصدی از افت در طول و حدود ۵٪ افت فشار اصطکاکی منظور می‌گردد.

افت‌های جزئی را می‌توان بر حسب ارتفاع معادل سرعت یا طول مستقیم لوله معادل (با داشتن افت متناظر) تعریف نمود.

$$h_m = K_m \frac{V^2}{2g} \quad (۸-۷)$$

که در آن:

h_m : افت موضعی یا افت جزئی (m)

K_m : ضریب افت اصطکاکی موضعی

V : سرعت در لوله بالادست محل اتصالات (متعلقات) ($\frac{m}{sec}$)

g : شتاب ثقل ($\frac{m}{sec^2}$)

مقادیر افت فشار جزئی (K_m) در جدول (۷-۲) تا (۷-۴) ارائه شده است.

افت موضعی در محل خم لوله‌ها از رابطه:

$$H_b = k_b \frac{V^2}{2g} \quad (۹-۷)$$

به دست می‌آید که مقدار آن با ضریب اطمینان (برآورد محافظه کارانه) از رابطه:

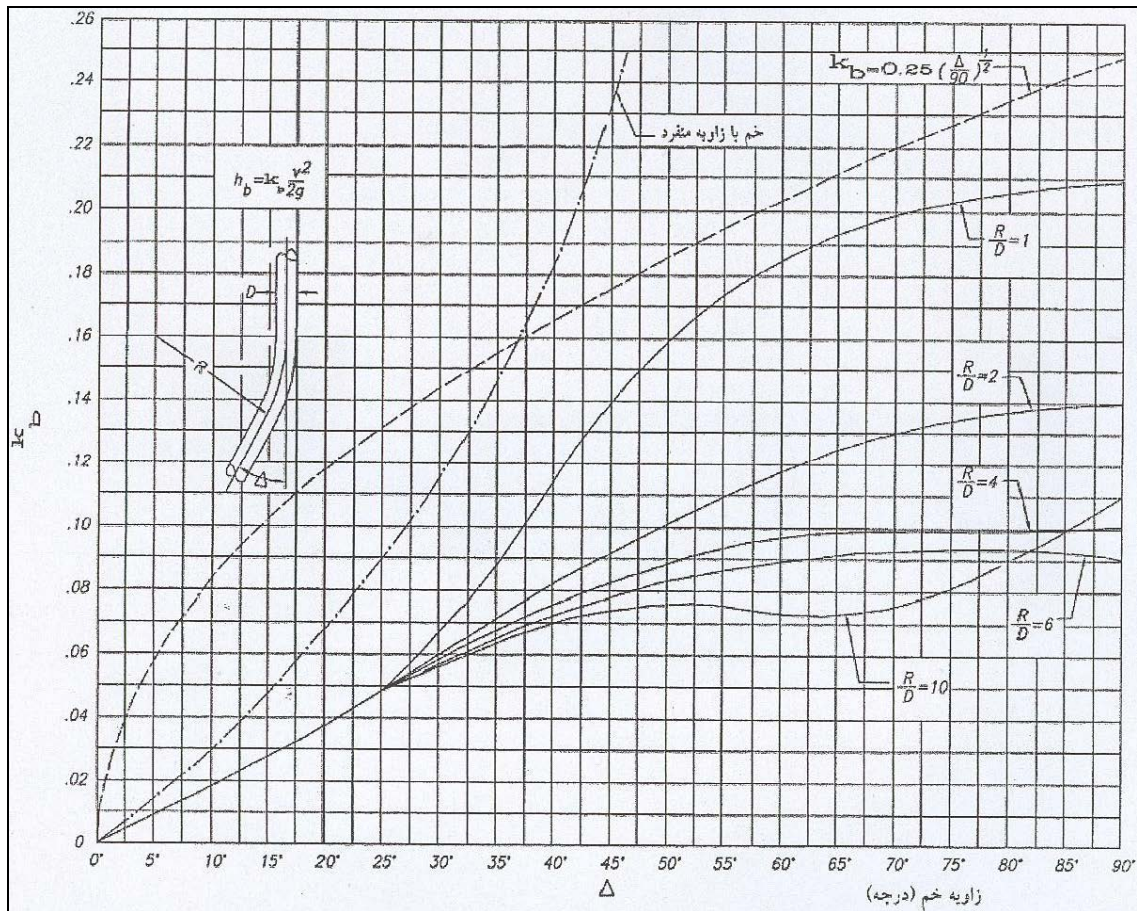
$$K_b = 2.25 \left(\frac{\Delta}{90} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (۱۰-۷)$$

به دست می‌آید که در آن Δ زاویه انحراف (خم لوله) برحسب درجه و k_b ضریب افت اصطکاکی خم می‌باشد.

مقدار k_b برای سایر شرایط خم لوله‌ها (R/D از ۱ تا ۱۰) از نمودار (۷-۱) به دست می‌آید.

جدول ۷-۱ - ضریب افت موضعی (K_m) برای انواع متعلقات لوله

K_m	نوع متعلقات (اتصالات)
۰/۳ تا ۰/۲	زانویی ۹۰ درجه
۰/۱۵ تا ۰/۱	زانویی ۴۵ درجه
۰/۱ تا ۰/۰۵	زانویی ۲۲/۵ درجه
۱/۸ تا ۱/۳	سه راهی ۹۰ درجه خروجی جانبی
۱	ورودی به لوله ایستاده
۰/۸ تا ۰/۵	خروجی از لوله ایستاده دریچه‌دار
۲/۲ تا ۱/۵	آبگیر شیر آلفالفا



نمودار ۷-۱- تعیین مقادیر ضرایب افت بار در زانوها

مقدار افت موضعی در شیرها و اتصالات در شرایط مختلف برای سامانه لوله‌های کم‌فشار به شرح جدول (۷-۲) است.

جدول ۷-۲- ضریب افت موضعی در اتصالات و شیرها

ضریب افت موضعی K_m	نوع اتصالات
۰/۸ تا ۱	مخزن با لوله: ورود قسمتی از لوله به داخل مخزن لوله هم‌سطح با دیوار مخزن
۰/۴ تا ۰/۵	شعاع کم در محل روزنه (در محل اتصال جدار لوله با جدار مخزن)
۰/۱ (برای شعاع کم‌تر از 4D) ۰/۰۵ (برای شعاع بیش‌تر از 4D)	شعاع زیاد در محل روزنه (در محل اتصال جدار لوله با جدار مخزن)
۱	لوله به مخزن (کلید حالات)
۰/۳۵	زانویی‌ها: (R شعاع زانویی و D قطر لوله): R / D = ۱
۰/۱۸	R / D = ۲
۰/۲۰	R / D = ۵
۰/۳۲	R / D = ۱۰
۰/۳۸	R / D = ۱۵
۰/۴۲	R / D = ۲۰
	ارقام فوق برای زانویی ۹۰ درجه می‌باشد برای زانویی ۶۰، مقادیر فوق ضرب در ۰/۸۳ متناظر با هر R / D برای زانویی ۴۵، مقادیر فوق ضرب در ۰/۷ متناظر با هر R / D برای زانویی ۳۰، مقادیر فوق ضرب در ۰/۴۲ متناظر با هر R / D

ادامه جدول ۷-۲- ضریب افت موضعی در اتصالات و شیرها

ضریب افت موضعی K_m	نوع اتصالات
۲/۵ تا ۵	شیرها (بازشدگی کامل): زاویه‌ای یک‌طرفه
۱۰	ساچمه‌ای (حبابی)
۲/۵ تا ۶/۰	کشویی با لوله ۳۰۰ میلی‌متر
۰/۰۷	کشویی با لوله ۵۰ میلی‌متر
۰/۱۶	سوزنی
۰/۵	پروانه‌ای
۰/۳	شناور متعادل (دو صفحه‌ای)
۱/۹	شناور نامتعادل (یک صفحه‌ای)
۲/۴	سه راهی‌ها:
	خروجی جانبی
۱/۸	ورودی جانبی
۱/۳	مسیر مستقیم
۰/۱	زانویی کوتاه
۰/۹	زانویی متوسط
۰/۸	زانویی طولانی
۰/۶	زانویی ۴۵ درجه
۰/۴	زانویی برگشتی
۲/۲	زانویی مربعی
۱/۲۷	

توجه: در هر مورد کاتالوگ کارخانه سازنده باید مد نظر قرار گیرد.

جدول ۷-۳- ضریب افت اصطکاکی (K_m) در تبدیل‌های تدریجی

۱	۰/۸	۰/۶	۰/۴	۰/۲	۰	D_1^2 / D_2^2
						θ زاویه تبدیل
۰	۰	۰/۰۲	۰/۰۵	۰/۸	۰/۱۳	۷/۵ درجه
۰	۰/۰۲	۰/۰۸	۰/۱۵	۰/۲۴	۰/۳	۱۵ درجه
۰	۰/۰۳	۰/۱۳	۰/۲۷	۰/۴۵	۰/۷۸	۳۰ درجه

در حالت جمع‌شدگی مقطع لوله:

$$h_m = k_m \frac{V_1^2}{2g} \quad (۷-۱۱)$$

می‌باشد که در آن V_1 و D_1 مقادیر سرعت و قطر مربوط به مقطع لوله اولیه می‌باشد.

در حالت جمع‌شدگی ناگهانی مقطع لوله مقدار K_m از رابطه (۷-۱۲) $K_m = (1 - \frac{D_1^2}{D_2^2})$ یا جدول (۷-۴) و در حالت جمع‌شدگی

تدریجی مقطع لوله مقدار K_m از جدول (۷-۳) انتخاب می‌گردد.

جدول ۷-۴- ضریب افت اصطکاکی (K_m) در تبدیل‌های ناگهانی

۱	۰/۸	۰/۶	۰/۴	۰/۲	۰	D_1^2 / D_2^2
۰	۰/۰۷	۰/۱۵	۰/۲۵	۰/۳۷	۰/۵	K_m

D_1 و D_2 قطر لوله‌ها قبل و بعد از تبدیل می‌باشد.

۷-۳- تعیین ضخامت لوله‌ها

عوامل اساسی تعیین ضخامت لوله‌ها فشارهای داخلی و خارجی می‌باشند. ضخامت با توجه به هر کدام از فشارهای ذکر شده بررسی شده و ضخامت نهایی لوله انتخاب می‌گردد. فشار داخلی که برای طراحی خط لوله منظور می‌شود فشار استاتیک و فشارهای ناشی از ضربه آب است و فشارهای خارجی نیز شامل فشارهای ناشی از بار مرده خاک و بار زنده ترافیکی می‌باشد. برای تعیین ضخامت لوله به لحاظ فشار داخلی از فرمول زیر استفاده می‌شود که عوامل آن به شرح زیر می‌باشد:

$$t = PD/2S \quad (۷-۱۳)$$

P: فشار داخلی لوله ناشی از اختلاف ارتفاع استاتیک و ضربه آب (کیلوگرم بر سانتی مترمربع)

D: قطر لوله (میلی متر)

t: ضخامت لوله (میلی متر)

S: تنش مجاز لوله (کیلوگرم بر سانتی مترمربع)

فشارهای خارجی وارده بر لوله ناشی از بار مرده خاک و بار زنده ترافیکی (در مواردی که از روی لوله وسایط نقلیه عبور می‌کنند) هستند که تاثیر فشار ناشی از بار مرده خاک بر ضخامت لوله به دو صورت تغییر شکل^۱ و کماتش^۲ مورد بررسی قرار می‌گیرد و اثر بار ترافیکی نیز با توجه به وزن چرخ کامیون طبق استاندارد وزارت راه و ترابری محاسبه می‌شود.

فصل ۸

ضوابط طراحی خط لوله انتقال آب

آبیاری

۸-۱- انتخاب مسیر خط لوله

برای انتخاب مسیر خط لوله انتقال آب به لحاظ اقتصادی و اجرایی، چهار عامل زیر مورد توجه و بررسی قرار می‌گیرد:

- جانمایی شبکه لوله‌های توزیع آبیاری
- خصوصیات فنی مسیر (توپوگرافی، مستحذات و ژئوتکنیک)
- عوامل اجرایی و بهره‌برداری
- عوامل اقتصادی

علاوه بر موارد یاد شده در طراحی خطوط لوله انتقال آب نکات زیر نیز باید مورد توجه قرار گیرد:

- بهره‌برداری آسان و مطمئن از سامانه
- امکانات تهیه لوله از نزدیک‌ترین کارخانه
- مسایل اجتماعی و مالکیت اراضی مسیر براساس نقشه‌های کاداستر مالکیت
- مسایل حقوقی و قانونی مسیر نصب خط لوله

مشخصه‌های مورد توجه طراحی خط لوله انتقال آب آبیاری

طول مسیر شرایط توپوگرافی جاده دسترسی ژئوتکنیک مسیر مستحذات مسیر	مسیر خط لوله
مشخصه‌های ژئوتکنیک مسیر پیچ و خم و توپوگرافی مسیر نیروهای وارده به لوله درجه حرارت محیط و یخ‌زدگی هیدرولیک لوله ضربه چکشی آب خورندگی آب	مقاومت در برابر شرایط خارجی مقاومت در برابر شرایط داخلی لوله جنس لوله
مسایل حقوقی و قانونی استحصال مسیر نصب خط لوله امکانات تامین لوله و متعلقات مربوط به آن امکانات کارگذاری لوله امکانات تعمیر لوله	عوامل اجرایی
هزینه سرمایه‌گذاری اولیه هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری	عوامل اقتصادی
بهره‌برداری آسان و مطمئن از خط لوله آسیب‌پذیری کم	عوامل بهره‌برداری

۸-۲- انتخاب شرایط لوله‌گذاری

- انتخاب شرایط لوله‌گذاری بستگی به عوامل اقتصادی، شرایط طبیعی محل، خصوصیات فیزیکی لوله، نکات اجرایی، مسایل حفاظت و ایمنی و سهولت بهره‌برداری از لوله دارد. لوله‌گذاری در زیرزمین مزایای زیر را دارد:
- لوله و آب جاری در آن از تغییرات زیاد درجه حرارت محفوظ بوده، بنابراین آب با درجه حرارت متعادل به مصرف گیاه می‌رسد و انبساط و انقباض تنش‌های ناشی از آن در لوله بسیار ناچیز می‌باشد.
 - لوله‌ها برای ساختمان‌ها، راه‌های جدید، خطوط انتقال نیرو و جریان آب‌های سطحی ایجاد ممانعت و مزاحمت نمی‌کند.
 - ساخت تکیه‌گاه و مهارهای لوله‌ها در نواحی شیب‌دار، محل زانویی‌ها، در برابر تغییر طول ناشی از انقباض و در برابر ضربه آب، آسان‌تر بوده و هزینه کم‌تری به همراه دارد.
 - لوله در معرض دید نبوده و در برابر خرابکاری‌های موضعی، برخورد با خودروها و اشیاء سنگین امنیت بیش‌تری دارد. به جز در موارد خاص، نصب لوله در زیرزمین، از نظر اقتصادی نیز مقرون به صرفه است.
- عوامل موثر در افزایش هزینه لوله‌گذاری روی زمین عبارتند از:
- ضرورت ساخت سکوها یا بتنی به فواصل معین
 - ضرورت تخلیه لوله‌ها در فصل یخبندان
 - افزایش هزینه تعمیرات و نگهداری در دوره بهره‌برداری
 - افزایش تعداد شیرآلات و حوضچه‌ها
 - هزینه سازه‌های ورودی و خروجی در محل عبور از موانع، جاده‌ها و سایر مستحدمات

۸-۳- انتخاب لوله‌ها و شیرآلات

- انتخاب مناسب نوع لوله عامل اصلی برای حصول اطمینان از عملکرد صحیح لوله در طول دوران بهره‌برداری و همچنین ایجاد صرفه‌جویی و جلوگیری از ضایع شدن سرمایه برای هزینه‌های نگهداری تعمیرات و تعویض خطوط لوله می‌باشد.
- انتخاب نوع لوله مناسب با توجه به خصوصیات فنی و شرایط هیدرولیکی طراحی و مشخصات انواع لوله‌ها در نظر گرفته می‌شود. انتخاب جنس لوله برتر از لحاظ فنی و اقتصادی بین انواع لوله مورد بحث با بررسی اقتصادی صورت می‌گیرد. برای مقایسه بهتر لوله‌های مورد نظر، منحنی هزینه خرید و نصب یک متر لوله بر حسب قطر برای انواع لوله‌ها بررسی می‌شود.
- در انتخاب جنس مناسب لوله موارد زیر باید مورد توجه قرار گیرند:
- لوله در برابر فشارهای داخلی و بارهای خارجی وارده مقاومت نماید.
 - در شرایط محیطی منطقه کارگذاری آن آسان باشد.
 - بهره‌برداری، تعمیرات و نگهداری آن ساده باشد.
 - از امکانات تولید داخلی با توجه به مرغوبیت و کیفیت تولید، حداکثر استفاده به عمل آید.

انواع لوله‌هایی که در خطوط انتقال آب آبیاری کاربرد دارند عبارتند از: لوله‌های فولادی، آزیست سیمانی، بتن پیش تنیده، فایبر گلاس، پلی‌اتیلن و پی‌وی‌سی که این لوله‌ها در بررسی‌های توجیه‌پذیری طرح مورد مطالعه قرار می‌گیرند و با توجه به خصوصیات هیدرولیکی، اجرایی و فاصله حمل آنها، لوله‌هایی که از نظر فنی و اقتصادی دارای ویژگی‌های قابل قبول هستند، در انتخاب نهایی قرار می‌گیرند. به طور کلی لوله‌های فولادی، بتنی مسلح، پیش‌تنیده آزیست سیمانی و فایبرگلاس (جی‌آرپی) و پلی‌اتیلن برای خطوط انتقال آبیاری قابل استفاده می‌باشند و لوله‌های پلی‌اتیلن، پی‌وی‌سی و پلاستیکی تاشونده برحسب مورد برای خطوط لوله توزیع آبیاری قابلیت کاربرد دارند.

۸-۳-۱- لوله‌های فولادی

لوله‌های فولادی معمولاً برای انتقال آب و در مواردی که نیاز به فشار زیاد و قطر بالا باشد، به کار برده می‌شوند، ولی به طور متعارف در سامانه لوله‌های کم‌فشار کم‌تر مورد استفاده قرار می‌گیرند.

مزایای لوله‌های فولادی در خط انتقال آب عبارتند از:

- مقاومت زیاد و قابلیت انعطاف آن در مقابل نیروهای خارجی،
 - خاصیت شکل‌پذیری بدون شکستگی و مقاومت در مقابل بار ضربه‌ای،
 - وجود تنوع قطر و ضخامت که آزادی عمل بیش‌تر برای انتخاب لوله در رابطه با میزان فشار طراحی به دست می‌دهد،
 - طول شاخه لوله‌های فولادی بین ۶ تا ۱۲ متر می‌باشد. بنابراین نسبت به سایر لوله‌ها که هر شاخه آنها طول کم‌تری دارند، اتصالات کم‌تری داشته و در نتیجه از مقدار نشت و تعداد آزمایش اتصالات جوشی در محل اجرای پروژه کاسته می‌شود،
 - این لوله‌ها به وسیله جوش لب به لب یا به کمک اتصالات قابل انعطاف به یکدیگر متصل می‌گردند.
- ضعف عمده این لوله‌ها مقاومت کم در مقابل زنگ‌زدگی می‌باشد. بنابراین در صورت استفاده از لوله‌های فولادی باید مساله خوردگی به وسیله پوشش مناسب، مواد ضد زنگ‌زدگی و با کمک حفاظت کاتدیک برطرف گردد.
- ساخت لوله‌های فولادی در داخل کشور تا قطر ۱۴۰۰ میلی‌متر به صورت درز جوش در کارخانه لوله‌سازی اهواز و تا قطر ۲۰۰۰ میلی‌متر به روش اسپیرال در کارخانه سدید تهران، لوله‌سازی هرمزگان و با فشار کارهای متفاوت صورت می‌گیرد.

۸-۳-۲- لوله‌های آزیست سیمانی

این لوله‌ها از مخلوط سیمان پرتلند و خمیر آزیست ساخته می‌شوند. لوله‌های آزیست سیمانی را می‌توان بدون پوشش یا با پوشش قیر به کار برد و در صورتی که شرایط خاک نامناسب باشد پوشش دیگری اضافه نمود.

مزیت اصلی لوله‌های آزیست سیمانی مقاومت زیاد در برابر مواد شیمیایی می‌باشد و عیب عمده آنها نیز، آسیب‌پذیری در حمل و نقل و وزن زیاد در قطر و فشار بالا می‌باشد. این نوع لوله‌ها بر اساس فشار آزمایش به کلاس‌های B، C، D و نوع PN و PR طبقه‌بندی می‌شوند. تعداد زیادی کارخانه سازنده این قبیل لوله‌ها در داخل کشور وجود دارد. لوله‌های آزیست کلاس C و D که با فشار کار کم‌تر ساخته می‌شوند برای سامانه‌های آبیاری کم‌فشار مناسب‌تر است استفاده از لوله‌های آزیست در سامانه‌های توزیع

آبیاری کم‌تر صورت می‌گیرد مگر این که دلایل خاص اقتصادی یا قابلیت دسترسی آسان به آنها مطرح باشد، با این حال بحث اثرات زیست‌محیطی مواد آزبستی، کاربرد این لوله‌ها را در حال حاضر تحت الشعاع قرار داده است.

۸-۳-۳- لوله‌های بتنی مسلح پیش تنیده^۱

لوله‌های بتنی مسلح دارای امتیاز مقاومت زیاد در مقابل بارها و نیروهای خارجی می‌باشد ولی با توجه به بالا بودن وزن این لوله‌ها هزینه حمل و نقل آنها زیاد بوده و فقط در مواردی که تولید انبوه آنها در مجاورت محل اجرای پروژه میسر باشد، از نظر اقتصادی با سایر لوله‌ها قابل رقابت است.

از مزایای دیگر این لوله‌ها امکان ساخت آنها برای فشار کارهای مختلف است. به طور کلی این لوله‌ها از قطر ۵۰۰ میلی‌متر به بالا تولید می‌شوند و به عنوان لوله‌های انتقال آب مورد استفاده قرار می‌گیرند. این لوله‌ها توسط کارخانه‌های لوله‌سازی سازمان آب تهران، اصفهان و گیلان تا قطر ۱۲۵۰ تا ۱۴۰۰ میلی‌متر تولید می‌شود. همچنین کارخانه‌ای در آذرشهر آذربایجان شرقی به منظور تهیه لوله‌های بتنی طرح آبرسانی تبریز ساخته شده که قطر تولیدات آن از ۶۰۰ تا ۲۰۰۰ میلی‌متر و برای فشار کارهای ۶، ۱۰ و ۱۵ اتمسفر می‌باشد.

۸-۳-۴- لوله‌های فایبرگلاس

این لوله‌ها از رزین پلی‌استر با الیاف پشم شیشه ساخته می‌شوند که مزایای عمده آنها عبارتند از:

- مقاوم بودن در برابر خوردگی داخلی و خارجی، این لوله‌ها به هیچ وجه نیاز به پوشش اضافی ندارد مگر در محل کاربرد اتصالات فولادی،
- سبکی وزن آنها که منجر به کاهش هزینه‌های حمل و نقل و آسانی لوله‌گذاری و عدم نیاز به ماشین‌آلات سنگین می‌گردد،
- سادگی در امر تولید در کارخانه‌ها و استفاده از ماشین‌آلات ساده که می‌تواند در داخل کشور ساخته شوند،
- این لوله‌ها با اتصالات به صورت مانشون ساخته می‌شود اگرچه استفاده از کوپلینگ مکانیکی در اقطار بالا معمول است، و
- این لوله‌ها محدودیت طولی نداشته و هر شاخه می‌تواند به طول ۱۸ متر تولید گردد که خود باعث صرفه‌جویی در کاربرد اتصالات و جلوگیری از نشت آب و سرعت بخشیدن به نصب لوله‌ها می‌باشد.

لوله‌های فایبرگلاس تا فشار کار ۲۵ بار ساخته می‌شوند. مقاومت کم لوله‌ها در برابر بارهای ضربه‌ای که ۱٪ مقاومت لوله‌های فولادی است سبب بروز مشکلات می‌گردد. به علت سبکی این لوله‌ها مساله شنواری آنها در داخل ترانشه مطرح می‌باشد و باید در طراحی آنها ملحوظ گردد. در سال‌های اخیر کاربرد این نوع لوله در سطح کشور افزایش یافته است.

این لوله‌ها در حال حاضر در داخل کشور در کارخانه‌های تولیدی در نزدیکی شهر شیراز در استان فارس و در مجاورت شهر مشهد از قطر ۲۰۰ میلی‌متر تا ۲۲۰۰ میلی‌متر برای فشار کارهای ۶، ۱۰ و ۱۶ بار ساخته می‌شوند.

۸-۳-۵- لوله‌های پلی اتیلن

این لوله‌ها با فشار کار متفاوت و اقطار گوناگون ساخته می‌شوند. استفاده از انواع این لوله در شبکه لوله‌های کم‌فشار آبیاری بسیار متداول است. در ایران این لوله‌ها معمولاً در دو نوع نرم و سخت تولید می‌گردد که نوع نرم آن در قطرهای پایین تا ۱۲۵ میلی‌متر و فشار کار ۲/۵، ۴ و ۶ اتمسفر کاربرد وسیعی در سامانه‌های انتقال و توزیع آبیاری دارد. از خصوصیات قابل توجه این لوله‌ها می‌توان به سبکی، سهولت حمل و نقل و سرعت کارگذاری و مقاومت در برابر خوردگی و پوسیدگی اشاره نمود.

محدودیت این لوله‌ها عبارتست از:

- نرم شدن و تغییر شکل یافتن در برابر حرارت،
- نوع اتصالات از نظر مقاومت و انعطاف‌پذیری،
- قیمت نسبتاً بالا، و
- فشار کار محدود (عموماً کمتر از ۱۰ اتمسفر)

در حال حاضر لوله‌های پلی‌اتیلن یک جداره از قطر ۱۰۰ تا ۶۰۰ میلی‌متر در کارخانجات متعدد در داخل کشور تولید می‌گردند. از سال ۱۳۷۲ دو کارخانه در تهران و یاسوج، لوله‌های پلی‌اتیلن دوجداره را از قطر ۴۰۰ تا ۱۲۰۰ میلی‌متر و فشار کارهای ۶، ۴ و ۱۰ اتمسفر و در کارخانه‌ای در ساوه لوله‌های پلی‌اتیلن یک جداره با اقطار ۵۰۰، ۵۶۰ و ۶۳۰ و فشار کار ۲/۵ تا ۱۰ اتمسفر و اقطار ۷۱۰، ۸۰۰، ۹۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌متر و فشار کارهای ۲/۵ تا ۶ اتمسفر و قطر ۱۲۰۰ میلی‌متر یا فشار کار ۲/۵ تا ۴ اتمسفر تولید می‌نمایند. از لوله‌های پلی‌اتیلن دوجداره به اقطار ۸۰۰ تا ۱۲۰۰ میلی‌متر در شبکه‌های آبیاری کم‌فشار طرح توسعه نیشکر و صنایع جانبی در سطح ۴۸۰۰۰ هکتار در واحدهای دعبل خزایی، سلمان فارسی، امیرکبیر و میرزا کوچک‌خان واقع در فاصله حدود ۳۵ کیلومتری جنوب اهواز استفاده شده است.

۸-۳-۶- لوله‌های پی‌وی‌سی

این لوله‌ها در سال‌های اخیر در طرح‌های آبیاری کم‌فشار و تحت فشار مورد استفاده قرار گرفته است. لوله‌های پی‌وی‌سی در اقطار خارجی ۲۰ تا ۶۳۰ میلی‌متر در سطح کشور ساخته می‌شود و به ۵ گروه فشاری ۲/۵، ۴، ۶، ۱۰ و ۱۶ اتمسفر تقسیم می‌شوند. لوله‌هایی به اقطار خارجی ۱۱۰ تا ۴۰۰ میلی‌متر در فشار کارهای ۲/۵ تا ۱۶ اتمسفر و لوله‌هایی به اقطار خارجی ۵۰۰ و ۶۳۰ میلی‌متر در فشارهای کاری ۲/۵ تا ۱۰ اتمسفر ساخته می‌شوند.

از خصوصیات این نوع لوله می‌توان به سبکی، سهولت حمل و نقل و سرعت کارگذاری (اتصال این لوله به یکدیگر به صورت مکانیکی یا اورینگ می‌باشد) و مقاومت در برابر خوردگی و پوسیدگی اشاره نمود.

این نوع لوله مقاومت نسبتاً اندکی در برابر تغییرات شرایط آب و هوا دارد که با به‌کارگیری مواد پایدارکننده مخصوص در زمان ساخت می‌توان این نقطه ضعف را برطرف نمود.

۸-۳-۷- لوله‌های پلاستیکی تاشونده

لوله‌های پلاستیکی تاشونده با نام تجارتي هیدروفلوم در نقاط مختلف کشور و به‌ویژه در پروژه‌های توسعه نیشکر استان خوزستان به عنوان جایگزین کانال‌های درجه ۴ (نهرچه‌های آبیاری) مزارع به‌کار گرفته شده‌اند.

لوله‌های هیدروفلوم در قطرهای ۱۵۰ تا ۵۰۰ میلی‌متر و معمولاً با فشار کار ۰/۸ تا ۱ متر به صورت رول عرضه می‌شود و توسط تراکتور، خودرو و یا کارگر در طول قطعه زراعی باز می‌شود. این لوله‌ها به سادگی قابل قطع و یا اتصال است به نحوی که برای عبور جریان آب در هر طولی از مسیر مورد نظر مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای جلوگیری از غلطیدن لوله در اثر وزن آب داخل آن و استقرار کامل این لوله‌ها در شیاری به عرض متناسب با قطر لوله و به عمق ۵ تا ۱۰ سانتی‌متر روی زمین قرار می‌گیرد. انتهای مسیر لوله را معمولاً بر روی پشته خاکی با ارتفاع تقریبی ۰/۸ متر قرار می‌دهند تا فشار وارده به لوله کنترل گردد. در طول مسیر لوله دریچه‌های آبیاری با قطر ۵ سانتی‌متر برای تخلیه جریان به کرت یا فارو به فواصل مورد نظر متناسب با آرایش قطعه زراعی نصب می‌گردد. میزان آبدهی از این دریچه‌ها در فشار یک متر آب تا ۳ لیتر بر ثانیه قابل تنظیم است. برای نصب دریچه‌ها، لوله هیدروفلوم را از آب پر نموده و سپس با پانچ جای دریچه کشویی را سوراخ و دریچه در آن نصب می‌گردد. متعلقات این لوله‌ها شامل اتصال گالوانیزه، بست و گیره، پانچ، دریچه، کشویی دریچه، کوپلینگ و گیره و شیر هوا می‌باشد. لوله‌های پلاستیکی تاشونده (هیدروفلوم) در نقاط مختلف کشور از جمله استان‌های اصفهان، تهران و خوزستان در قطرهای مختلف ساخته می‌شود.

جدول ۸-۱- افت فشار برای بده جریان در اقطار مختلف لوله‌های نو هیدروفلوم (سانتی‌متر در هر ۱۰۰ متر)

بده جریان لیتر بر ثانیه	قطر لوله (سانتی‌متر)				
	۱۵	۲۵	۴۰	۴۵	۵۰
۵	۷				
۱۰	۲۶	۳			
۱۵	۵۰	۴			
۲۰	۹۰	۷			
۲۵	۱۴۰	۱۱			
۳۰	۲۱۰	۱۸	۲		
۴۰	۳۲۵	۲۸	۳	۱	
۵۰		۴۰	۵	۲	۱
۶۰		۵۸	۷	۳	۲
۷۰		۸۰	۱۰	۴	۲
۸۰		۱۰۸	۱۴	۵	۳
۹۰		۱۴۰	۱۸	۷	۴
۱۰۰		۱۷۵	۲۴	۹	۵
۱۲۰			۳۰	۱۲	۶
۱۴۰			۳۹	۱۶	۸
۱۶۰			۵۱	۲۱	۱۱
۱۸۰			۶۴	۲۷	۱۵
۲۰۰			۸۰	۳۵	۱۹
۲۲۵			۱۰۵	۴۲	۲۳
۲۵۰				۵۲	۲۹
۲۷۵				۶۲	۳۵
۳۰۰				۷۶	۴۲
۳۲۵				۹۰	۴۹
۳۵۰					۵۷

۸-۳-۸- شیرآلات

برای بهره‌برداری صحیح از خطوط لوله، نیاز به انواع مختلف شیرآلات قطع و وصل و شیرهای کنترل می‌باشد. انتخاب هر یک از شیرها با توجه به عوامل مختلفی از جمله نحوه کارکرد، ظرفیت آگذری، فشار آب، سهولت نصب و تعمیرات و نگهداری صورت

می‌گیرد. شیرها و قطعات آنها و فلنچ‌ها باید با یکی از استانداردهای B.S ، ISO ، AWWA و DIN مطابقت داشته باشد. انواع شیرآلات و نحوه کاربرد آنها در زیر ارائه شده است.

۸-۳-۱- شیرهای قطع و وصل پروانه‌ای و کشویی

این شیرآلات برای باز و بسته نمودن مجرای لوله یا قسمتی از خط لوله کاربرد دارند. محل استقرار این شیرآلات باید طوری باشد که با باز و بسته کردن حداقل تعداد ممکن این شیرها خطوط لوله قابل کنترل باشد. جنس این شیرها چدن معمولی و یا چدن نشکن بوده و از نظر ساختمان به دو دسته کشویی^۱ و پروانه‌ای^۲ تقسیم می‌شوند که انتخاب نوع آن برای نصب با توجه به قطر لوله صورت می‌گیرد. معمولاً بر روی لوله‌هایی تا قطر ۲۵۰ میلی‌متر شیر کشویی و از ۳۰۰ میلی‌متر به بالا شیر پروانه‌ای نصب می‌شود. سرعت باز و بسته کردن شیرهای پروانه‌ای به مراتب از شیرهای قطع و وصل کشویی بیش‌تر است.

شیرهای کشویی توسط آچار مخصوص و از سطح زمین قابل باز و بسته کردن است. در شیرهای پروانه‌ای باز و بسته کردن به طور مستقیم از روی شیر به وسیله دست صورت می‌گیرد.

۸-۳-۲- شیر تخلیه هوا^۳

شیرهای تخلیه هوا، هوای متراکم را که در اثر عوامل مختلف از جمله کم شدن سرعت جریان در لوله‌ها و جدا شدن گازهای محلول در آب به وجود می‌آید، تخلیه می‌نماید. در ضمن در مواقع تخلیه آب، این نوع شیرها هوای مورد لزوم را به داخل لوله وارد می‌سازند. در سیستم‌های بسته، شیرهای تخلیه هوا می‌توانند در موقع بروز فشار منفی در هنگام تخلیه لوله از پایین دست هوا را نیز به داخل لوله وارد سازند و از بروز صدمه به آن جلوگیری کنند. شیرهای هوا در نقاط مرتفع مسیر خط لوله و در فواصل لازم نصب می‌گردند. این نوع شیرآلات به صورت تک روزه و دو روزه و در اقطار مختلف ساخته می‌شوند.

۸-۳-۳- شیر تخلیه^۴

به منظور شستشو و تخلیه آب از خط لوله در شروع بهره‌برداری و نیز جهت تخلیه و تعمیر لوله‌هایی که دچار شکستگی می‌گردند، از شیرهای تخلیه آب استفاده می‌شود. این شیر بر خلاف شیرهای تخلیه هوا در نقاط پست و در فواصل لازم نصب می‌شوند.

۸-۳-۴- شیر شناور کنترل فشار

شیر شناور کنترل فشار از نوع هریس یا معادل آن در طول مسیر خطوط لوله کم‌فشار به منظور کنترل خودکار فشار آب در محل‌های آبیگری یا طول مشخصی از مسیر با توجه به توپوگرافی مسیر نصب می‌گردد که تراز سطح آب معینی را در پایین دست مسیر لوله (به صورت کنترل جریان در پایین دست) فراهم می‌آورد.

۸-۳-۵- حوضچه شیرآلات

برای حفاظت از شیرآلات، حوضچه‌های بتنی برای هر یک از شیرها یا مجموعه‌ای از شیرها در نظر گرفته می‌شود. به طوری که دسترسی به شیرآلات جهت باز و بسته نمودن آنها از طریق دریچه‌ای که در سقف حوضچه تعبیه شده به آسانی امکان‌پذیر باشد.

1- Gate Valve
2- Butterfly Valve
3- Air Valve
4- Blow off

حوضچه شیرآلات باید به نحوی ساخته شود که امکان تعمیرات جزئی میسر باشد. کلیه شیرآلات در داخل حوضچه بر روی تکیه‌گاه بتنی و در امتداد لوله مستقیم نصب می‌شوند، به طوری که هیچ‌گونه تنش‌ی از لوله به شیرآلات و برعکس وارد نگردد. با توجه به شرایط طبیعی منطقه، ارتفاع لبه بالایی حوضچه شیرآلات حداقل ۶۰ سانتی‌متر بالاتر از زمین طبیعی منظور می‌گردد.

فصل ۹

ضوابط طراحی هیدرولیکی لوله‌های

کم‌فشار توزیع آب

۹-۱- کلیات

مبانی طراحی لوله‌های توزیع سامانه کم‌فشار عبارتند از ظرفیت طراحی متناسب با بده مورد نیاز آبیگرهای مسیر لوله، ارتفاع هیدرولیکی مورد نیاز در محل آبیگرها متناسب با شرایط توپوگرافی و نوع مجرای توزیع آب در قطعات زراعی (نهر خاکی، لوله پلاستیکی تاشونده، لوله دریچه‌دار) افت اصطکاکی در مسیر لوله متناسب با جنس لوله و افت‌های موضعی در خم‌ها، زانو‌ها و اتصالات و شیرآلات پیش‌بینی شده در مسیر لوله‌ها می‌باشد.

به طور کلی مبانی زیر در طراحی لوله‌های کم‌فشار توزیع آب باید به کار گرفته شود:

- خطوط لوله کم‌فشار باید به صورتی طراحی گردند که در محدوده افت اصطکاکی مجاز در دسترس بتوانند بده طراحی را در محدوده‌ی سرعت مجاز عبور دهند.
- بار هیدرولیکی لازم برای جبران افت اصطکاکی در مسیر لوله از اختلاف بار هیدرولیکی موجود بین منبع ورودی سامانه و بار هیدرولیکی در محل آبیگر بحرانی و احتساب افت موضعی در ورودی و خروجی سازه‌ها، زانو‌ها، شیرآلات و اتصالات به دست می‌آید.
- در سامانه لوله‌های نیمه بسته و باز هر قسمت از خطوط لوله که بین دو سازه لوله ایستاده با شیر شناور (سامانه نیمه بسته) یا لوله ایستاده با سرریز کنترل (سامانه باز) قرار می‌گیرد باید به صورت مستقل طراحی گردد.
- در طراحی لوله‌های باز و نیمه بسته باید ابتدا بلندی (ارتفاع) و فاصله بین سازه‌های لوله ایستاده با سرریز کنترل برای سامانه باز و ارتفاع و فاصله لوله ایستاده با شیر شناور برای سامانه نیمه بسته مشخص گردد.

فاصله بین سازه‌های لوله ایستاده با سرریز کنترل از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$M = E + D + S_g \cdot L \quad (9-1)$$

که در آن:

M: حداکثر فشار مجاز لوله

E: ارتفاع انرژی مورد نیاز در محل سازه لوله ایستاده

D: میزان افت سطح آب در سازه لوله ایستاده

S_g: شیب زمین

L: فاصله بین دوسازه لوله ایستاده

ارتفاع سازه لوله ایستاده با سرریز کنترل در سامانه لوله‌های باز نباید از حداکثر مجاز بیش‌تر باشد.

با مشخص شدن فاصله سازه‌های لوله ایستاده، قطر لوله باید به گونه‌ای انتخاب گردد که سرعت جریان کم‌تر از ۱/۵ متر بر ثانیه باشد. به این ترتیب میزان بار هیدرولیکی که باید در محل شیر شناور مستهلک گردد، مشخص می‌شود.

- تراز شیب هیدرولیکی جریان در لوله نباید در هیچ نقطه‌ای از مسیر کم‌تر از تراز بالای لوله باشد.
- طراحی باید بر اساس فراهم آوردن امکان آبیگری در دورترین و یا مرتفع‌ترین آبیگر نسبت به منبع آب متکی باشد.

- طراحی سامانه لوله‌های باز باید از انتهای پایین دست هر یک از لوله‌ها انجام گیرد و برای قسمت‌هایی از مسیر که در بالادست سازه لوله ایستاده قرار می‌گیرند طراحی بر اساس بالاترین شیب هیدرولیکی مورد نیاز صورت پذیرد.

تا حد امکان در سامانه‌های حلقوی انتخاب یک قطر لوله برای کل شبکه توزیع مزرعه باید مد نظر باشد، در جایی که دامنه وسیعی از لوله‌های با قطر مختلف در دسترس نیست، انتخاب دو قطر لوله می‌تواند برای فراهم آوردن تعادل لازم بین افت انرژی و هزینه سرمایه‌گذاری مناسب باشد.

در سامانه‌های شاخه‌ای، قطر لوله با دور شدن از منبع آب کاهش می‌یابد. شاخه بحرانی و آبگیر بحرانی انتخاب قطر لوله از مجموعه قطرهای در دسترس را با توجه به فشار لازم جهت تامین افت اصطکاکی مشخص می‌کند.

فشار مورد نیاز به وسیله‌ی یک مخزن مرتفع و یا سرریز یک برج کنترل سطح آب تامین می‌شود.

انتخاب قطر لوله بزرگ‌تر برای برخی از سامانه‌های دارای منبع آب با پمپاژ، کاهش محدود هزینه‌های بهره‌برداری را موجب می‌شود. در هر حال کاهش هزینه بهره‌برداری با استفاده از لوله با قطر بیش‌تر از حد نیاز برای شاخه‌های مسیر غیر بحرانی لوله در سامانه‌های دارای پمپ، بستگی به انتخاب تجهیزات کنترل و نحوه بهره‌برداری دارد.

۹-۲- سرعت طراحی

حداکثر سرعت جریان برای طراحی لوله‌های کم‌فشار ۱/۵ متر بر ثانیه منظور می‌گردد. این سرعت برای انواع لوله‌های بتنی غیر مسلح با فشار کار کم و لوله‌های پی‌وی‌سی سخت با جدار نازک و لوله‌های پلی‌اتیلن توصیه می‌گردد.

این سرعت حداکثر، برای شرایط فشار کار هیدرولیکی حداکثر ۱۰ متر و استفاده از سازه کنترل جریان از نوع لوله ایستاده روباز نیز قابل اعمال می‌باشد، ولی ترجیحا در چنین شرایطی سرعت حدود ۱ متر بر ثانیه قابل توصیه می‌باشد. در سامانه لوله‌های کم‌فشار باز و نیمه بسته در شرایطی که شیب مسیر لوله بیش از مقدار مورد نیاز برای جبران تلفات اصطکاکی باشد، انتخاب قطر لوله با رعایت حداکثر سرعت مجاز دارای اهمیت می‌باشد. در این شرایط فشار مازاد بر افت اصطکاکی و موضعی مسیر لوله‌ها باید با پیش‌بینی سازه لوله ایستاده با سرریز کنترل یا سازه لوله ایستاده با شیر شناور، مستهلک گردد.

حداقل سرعت توصیه شده برای طراحی لوله‌ها بر مبنای حصول اطمینان از عدم رسوب‌گذاری و شستشوی مواد معلق (ماسه و سیلت) و مواد آلی آب در طول دوره بهره‌برداری می‌باشد. حداقل سرعت برای شستشوی مواد غیر چسبنده سیلته در لوله‌ها ۰/۳ متر بر ثانیه و برای ذرات ماسه ریز ۰/۵ متر بر ثانیه منظور می‌گردد.

برای لوله‌های با قطر ۳۰۰ میلی‌متر و بالاتر حداقل سرعت ۰/۵ متر بر ثانیه و برای لوله‌های با قطر کم‌تر ۰/۳۵ متر بر ثانیه توصیه می‌گردد.

به هر حال در مواردی که ورود مقدار نسبتا بالایی از مواد جامد معلق به لوله مورد انتظار باشد، حداقل سرعت جریان طراحی نباید از ۰/۵ متر بر ثانیه کم‌تر باشد.

علاوه بر رعایت حداقل سرعت طراحی پیش‌بینی حوضچه رسوب‌گیر در ابتدای مسیر لوله می‌تواند در چنین شرایطی ایمنی بهره‌برداری را افزایش دهد.

۹-۳- شیب طراحی

اجرای سامانه لوله‌های کم‌فشار در اراضی با شیب‌های بسیار تند به لحاظ محدودیت‌های فشار کم سامانه و هزینه‌های ناشی از تعدد سازه‌های کنترل فشار توصیه نمی‌شود، مگر آن‌که فقط طول کوتاهی از مسیر لوله‌ها در شیب تند قرار گیرد که در این صورت پیش‌بینی تمهیدات خاص برای پایداری لوله ضروری است. لوله‌های کم‌فشار عموماً در اراضی با شیب تا حداکثر ۱۰٪ اجرا می‌گردند و توصیه می‌شود برای شیب‌های تندتر، از سامانه لوله‌های با فشار زیاد استفاده گردد.

معمولاً شیب حداقل ۳ در هزار برای شیب‌های رو به پایین و حداقل ۲ در هزار برای شیب‌های رو به بالا توصیه می‌گردد تا بتوان از جریان هوا به سمت شیرهای تخلیه هوا مطمئن بود.

فصل ۱۰

نحوه انتخاب و نصب لوله‌های آبیاری

کم فشار

۱-۱۰- انتخاب قطر و جنس لوله

قطر و جنس لوله‌هایی که برای سامانه‌های کم‌فشار آبیاری مورد استفاده قرار می‌گیرد عموماً شامل انواع زیر می‌باشد:

- لوله‌های بتنی غیر مسلح در اقطار ۲۰۰ تا ۶۰۰ میلی‌متر،
 - لوله‌های آریست از طبقه کم‌فشار (کلاس‌های C و D که به اصطلاح در ایران به نام لوله‌های فاضلابی موسوم است) تا قطر ۸۰۰ میلی‌متر،
 - لوله‌های بتنی مسلح از طبقه کم‌فشار در اقطار ۸۰۰ تا ۱۲۵۰ میلی‌متر،
 - لوله‌های پلی‌اتیلن دوجداره در اقطار ۵۰۰ تا ۱۲۰۰ میلی‌متر،
 - لوله‌های فایبرگلاس در اقطار ۵۰۰ تا ۱۲۰۰ میلی‌متر،
 - لوله‌های پلی‌اتیلن جدار نازک در اقطار ۱۵۰ تا ۵۰۰ میلی‌متر،
 - لوله‌های پی‌وی‌سی سخت با فشار کار ۲/۵ تا ۵ بار در اقطار ۱۵۰ تا ۶۰۰ میلی‌متر،
 - لوله‌های پی‌وی‌سی سخت کنگره‌ای جدار نازک در اقطار ۱۵۰ تا ۶۰۰ میلی‌متر،
 - لوله‌های پلاستیکی تاشونده درجه‌دار به اقطار ۱۵۰ تا ۵۰۰ میلی‌متر با فشار کار ۰/۸ تا ۱ مترجایگزین نهرچه آبیاری یا کانال درجه ۴ برای آبیاری در سطح قطعه زراعی و هدایت آب به کرت‌ها و نشتی‌ها از طریق دریچه‌های تعبیه شده بر روی این لوله‌ها که در طول مسیر این لوله‌ها که قطر آنها ۵ سانتی‌متر است، و
 - لوله‌های آلومینیومی درجه‌دار به اقطار ۱۵۰ تا ۳۵۰ میلی‌متر برای آبیاری.
- توضیح این که عموماً لوله‌های پلاستیکی تاشونده و لوله‌های آلومینیومی درجه‌دار به صورت روزمینی و متحرک (قابل جابجایی) مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۱-۲- معیار انتخاب لوله‌ها

معیارهای اصلی در انتخاب جنس لوله به شرح زیر است:

- پایین بودن ضریب زبری جدار لوله به منظور افزایش بده جریان در یک قطر مشخص لوله،
- عملکرد مناسب لوله برای شرایط فیزیکی محل کارگذاری شامل انعطاف‌پذیری در برابر نشست و جابجایی خاک، مقاومت در برابر خوردگی خاک و آب زیرزمینی، پایداری در مقابل عبور ماشین‌آلات از روی ترانشه (بارزنده)،
- حداقل تلفات ناشی از نشست در سامانه لوله به لحاظ جنس لوله و اتصالات مربوط به آن،
- سهولت دسترسی، فاصله حمل، کیفیت ساخت لوله و اتصالات و اطمینان از سامانه آب‌بندی لوله و اتصالات،
- پایین بودن نسبی هزینه سرمایه‌گذاری سالانه شامل: هزینه‌های خرید، حمل و نصب، درصد شکستگی، تلفات و هزینه‌های استهلاک باتوجه به عمر لوله،
- نوع مواد مورد استفاده در ساخت لوله به لحاظ وارداتی بودن یا تولید داخلی،
- سهولت حمل و نصب لوله و آماده‌سازی ترانشه برای نصب، و

– در شرایطی که دو یا چند نوع لوله به لحاظ خصوصیات فیزیکی و هزینه‌های اجرایی قابل رقابت باشند. سهولت نصب لوله باید مدنظر قرار گیرد. به طور کلی لوله‌های پی‌وی‌سی با کام و زبانه، لوله‌های پلی‌اتیلن، لوله‌های پی‌وی‌سی جدار نازک، لوله‌های بتنی غیرمسلح با اتصالات کام و زبانه، لوله‌های بتنی غیرمسلح ته صاف به ترتیب اولویت دارای سهولت نسبی اجرا می‌باشند.

۱۰-۳- شرایط خاک مسیر و انتخاب جنس لوله

- به طور کلی تغییرات رفتاری خاک می‌تواند موجب مشکلات زیر در انواع لوله‌ها گردد.
- در لوله‌های صلب مانند لوله‌های بتنی غیرمسلح و لوله‌های آزبست سیمانی تغییر مکان متناوب ناشی از تغییرات درجه حرارت و رطوبت خاک موجب شکستگی لوله و جدایی در محل اتصالات می‌گردد. این مساله در خاک‌های دارای مواد آلی زیاد و خاک‌های دارای درصد بالای رس متورم شونده، غالب است.
 - وقتی لوله در ترانشه کار گذاشته می‌شود (لوله زیرزمینی) و ترانشه با مصالح خاکی محل و به روش دستی پر می‌شود، نشست نامتوازن لوله و پوشش خاک روی آن محتمل بوده که می‌تواند موجب شکستگی و یا جدایی لوله در محل اتصالات گردد.
 - در شرایط وقوع یخبندان اگر لوله‌ها در عمق کم کار گذاشته شوند، جابجایی و شکستگی لوله و جدایی در محل اتصالات اتفاق می‌افتد.
- روش‌های توصیه شده برای مقابله با شرایط نامناسب خاک مسیر کارگذاری لوله‌ها عبارتند از:
- انتخاب لوله‌هایی با انعطاف‌پذیری بالا مانند لوله‌های پلی‌اتیلن و لوله‌های پی‌وی‌سی.
 - کارگذاری لوله در زیر لایه‌های خاک دارای محدودیت.
 - انتخاب مصالح مناسب برای پوشش روی لوله و اطراف لوله در داخل ترانشه شامل مصالح شنی دانه‌بندی شده جهت مقابله با جابجایی لوله.
- به طور کلی لوله‌های پی‌وی‌سی و پلی‌اتیلن مقدار کنترل شده‌ای از تغییر شکل را پذیرفته و بخش قابل توجهی از بار خارجی وارد بر لوله را به خاک پیرامون لوله منتقل می‌نمایند. نحوه انتقال بار وارد به خاک پیرامون لوله به نوع و تراکم مصالح پوشش روی لوله و اطراف لوله در ترانشه نصب بستگی دارد.
- به طور کلی طراحی لوله‌های انعطاف‌پذیر پلاستیکی برای سامانه کم‌فشار آبیاری و انتخاب نوع مصالح پوششی و عمق نصب در ترانشه براساس محاسبات تغییر شکل و خمیدگی لوله زیر بار خاک و بارهای زنده باتوجه به حدود مجاز خمیدگی و تغییر شکل طبق استاندارد کارخانه سازنده، صورت می‌گیرد.
- خوردگی لوله در شرایط حاد سولفاته بودن یا اسیدی بودن خاک و آب زیرزمینی عموماً در مورد لوله‌های بتنی وقوع می‌یابد. لوله‌های پلاستیکی (پلی‌اتیلن و پی‌وی‌سی) را می‌توان برای هر نوع کیفیت آب آبیاری و شرایط خاک و آب زیرزمینی به کار برد.
- در شرایط استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده برای آبیاری، امکان خوردگی لوله‌های بتنی وجود دارد و در این شرایط ترجیحاً لوله‌های پلاستیکی توصیه می‌شود.

در شرایط وجود املاح سولفات در خاک (خاک‌های سولفات، گچی) اگر میزان سولفات محلول خاک کمتر از ۰/۱ درصد باشد، می‌توان از لوله‌های بتنی متعارف استفاده نمود، اما توصیه می‌شود در شرایط خاک یا آب با املاح کلرور و سولفات از سیمان تیپ II در ساخت لوله استفاده شود.

در شرایطی که میزان سولفات محلول خاک در محدوده ۰/۱ تا ۰/۲ درصد باشد، توصیه می‌شود تا حد امکان از لوله‌های بتنی استفاده نشود و در صورت کاربرد لوله‌های بتنی سیمان مصرفی از تیپ V (ضد سولفات) باشد.

۱۰-۴- حمل و نصب و کارگذاری لوله‌ها

مشخصات فنی حمل و نصب لوله‌های بتنی در نشریه ۳۳۶- الف با عنوان «مشخصات فنی عمومی سامانه‌های آبیاری و زهکشی» (بازنگری نشریه ۱۰۸ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور) ارائه شده است. با توجه به استفاده وسیع از لوله‌های پلی‌اتیلن و پی‌وی‌سی در سامانه‌های آبیاری کم‌فشار، روش حمل و نصب این نوع لوله‌ها در این نشریه ارائه گردیده است.

۱۰-۴-۱- تحویل و جابجایی لوله‌ها

کلیه لوله‌ها و اتصالات آنها باید یکنواخت و در طول و مقطع، عاری از هرگونه فضای خالی و درز و ترک و سایر نارسایی‌های احتمالی باشد. لوله‌ها باید در حد متعارف در رنگ، فشردگی، سختی و سایر خصوصیات فیزیکی یکنواخت باشند.

کلیه لوله‌ها در موقع تحویل باید مورد بازرسی قرار گرفته تا از مشخصات و تعداد آنها اطمینان حاصل گردد. برآمدگی لوله‌های خرطومی، واشرها، لبه‌های لوله‌ها، رابطها و دیگر اتصالات و خلاصه همه قطعات دریافتی از نظر آسیب‌دیدگی‌های احتمالی حین حمل به صورت چشمی مورد بازرسی قرار می‌گیرند. این گونه بازرسی‌ها می‌تواند هم از بیرون لوله و هم از داخل آن (با توجه به اندازه و امکان بازدید) با هدف مشاهده احتمالی ترک‌های عرضی یا سوراخ‌های کوچک در جداره‌های آنها صورت پذیرد. به دلیل تاریک بودن فضای داخل لوله نسبت به بیرون آن، بهترین محل برای تشخیص و یا یافتن درز و ترک‌های احتمالی، وارد شدن به درون لوله و بررسی جداره داخلی جهت رویت نور ناشی از درزها و یا ترک می‌باشد. که البته این کار برای لوله‌های با قطر ۸۰۰ میلی‌متر و بالاتر امکان‌پذیر خواهد بود.

۱۰-۴-۲- شناسایی مشخصات مصالح

علایم مشخصه‌ای که سازندگان روی تولیدات لوله، اتصالات و قطعات دیگر می‌گذارند معمولاً شامل موارد زیر است:

- اندازه‌های اسمی لوله (قطر داخلی و خارجی)
- نام سازنده
- تاریخ تولید
- استاندارد ساخت لوله و کد پلی‌اتیلن
- شماره لوله

این اطلاعات در حقیقت حکم شناسنامه لوله را دارد و مطابق با استانداردهای معمول باید از طرف کارخانه سازنده هنگام عرضه کالا، اطلاعات مربوط به مشخصات فنی تولید هر قطعه لوله ارائه گردد. در صورت نیاز می‌توان با توجه به شماره لوله، به اطلاعات مربوط به درصد ترکیب مواد مصرفی، دمای تولید، زمان تولید، وزن لوله، فشار دستگاه و نظایر آن دسترسی پیدا نمود. این اطلاعات کمک می‌کند که بازرسی در حین تحویل در پای کار و شناسایی مصالح آسان‌تر صورت گیرد.

۱۰-۴-۳- تخلیه لوله‌ها

محل مخصوصی برای انبار کردن لوله‌ها در کارگاه باید در نظر گرفته شود. این محل باید مسطح، عاری از نخاله و سطوح ناهموار بوده و از مسیر رفت و آمد ماشین‌آلات ساختمانی دور باشد.

محموله لوله‌های رسیده به کارگاه با توجه به نوع و تعداد لوله‌ها می‌تواند به صورت پالت (بسته‌بندی چند لوله به یکدیگر) یا به صورت شاخه لوله‌های جداگانه باشد. پالت‌ها را می‌توان با یک کج‌بیل^۱ یا وسیله‌ای نظیر آن و یک طناب نایلونی یا کابل پوشش‌دار (طنابی که موجب وارد آوردن صدمات موضعی به لوله نگردد) تخلیه نمود. در غیر این صورت باید بین کابل و لوله‌ها، حایلی قرار داد که از زخمی شدن لوله‌ها جلوگیری شود. اگر از طناب استفاده شود، باید در موقع بلند کردن پالت و قرار دادن آن روی زمین، طناب در یک سومی طول لوله از هر سر آن پیچیده شود. به جای استفاده از طناب برای تخلیه پالت به صورت یک‌جا، می‌توان پالت را باز کرده و لوله‌ها را یکی یکی تخلیه کرد. برای تخلیه لوله‌هایی که به صورت پالت بسته‌بندی نشده‌اند، می‌توان با رعایت احتیاط لوله‌ها را یکی یکی از روی کامیون بر روی جام یک لودر و سپس روی زمین غلطاند. روش دیگر برای بلند کردن لوله‌ها، استفاده از یک طناب نایلونی یا کابل حایل داری است که به نقاط یک سومی طول لوله از هر لبه آن بسته شود.

برای بارگیری و باراندازی لوله‌ها از جراثقال‌های بارگیری یا بالابرها یا چنگک‌دار که موجب تغییر شکل مقطع لوله می‌شود، نباید استفاده کرد. زیرا ممکن است این وسایل به لوله صدمه بزنند. البته باید متذکر شد راه حل ساده دیگر برای تخلیه لوله‌ها از تریلر، تعبیه دو قطعه الوار با حداقل طول ۴ متر و طناب مهاری به گونه‌ای می‌باشد که لوله‌ها با احتیاط و آرامی روی الوار غلتانده و به پایین هدایت گردند.

بسته‌بندی نوارهای کولپینگ، اتصالات لوله و متعلقات دیگر، با توجه به نوع محصول، تعداد و اندازه آنها به روش‌های مختلفی صورت می‌گیرد. تخلیه هر یک از این اقلام باید به صورتی انجام گیرد که صدمه‌ای نبینند.

از جمله مواردی که باعث صدمه دیدن لوله می‌گردد، پرت نمودن آن از بلندی می‌باشد. این بلندی می‌تواند از بالای یک کامیون حمل بار (کفی) و یا رها شدن سیم‌های مهار، در هنگام تخلیه بار باشد. بروز چنین وضعیتی موجب ایجاد ترک عرضی در جداره لوله خواهد شد. چنانچه نتوان با چشم غیرمسلح ترک به وجود آمده را مشاهده نمود، هنگامی که لوله‌ها در زمین کار گذاشته شدند و تحت فشار آب قرار گرفتند، قسمت‌های ضربه دیده که خیلی از مواقع منجر به وجود آمدن ترک‌های نامرئی خواهند شد، شروع به باز شدن می‌نمایند.

۱۰-۴-۴- انبار کردن لوله‌ها در پای کار

برای انبار کردن لوله‌ها در پای کار، لوله‌های بسته‌بندی شده باید به همان صورت باقی بمانند. لوله‌ها نباید به مدت طولانی در معرض نور آفتاب قرار گیرند. برای انبار کردن لوله‌های غیربسته‌بندی شده به صورت موقت، می‌توان آنها را در یک محوطه مسطح فاقد نخاله خارج از مسیر رفت و آمدهای ماشین‌آلات ساختمانی روی هم چید. ابتدا دو الوار که باید از غلطیدن و جابجایی آنها جلوگیری شود با فاصله‌ای برابر عرض روی هم چینی مورد نظر، که به هر حال نباید از یک سوم طول هر شاخه لوله بیش‌تر باشد، روی زمین قرار داده شود. همچنین برای جلوگیری از غلتیدن لوله‌ها در اثر باد و طوفان لازم است در طرفین آنها چوب‌های عمودی مهاری قرار داده شود. ردیف‌های بعدی مانند ردیف اول، ولی با تعداد کم‌تر چیده می‌شوند. در مورد لوله‌هایی که داخل آنها صاف است، گاهی اوقات می‌توان با قرار دادن لوله‌های کوچک‌تر داخل لوله‌های بزرگ‌تر میزان فضای لازم برای نگهداری لوله‌ها را کاهش داد. برای محافظت از واشرهایی که در کارخانه روی زبانه‌ها نصب شده است (در روشی که برای اتصال لوله‌ها به یکدیگر از واشر لاستیکی برای آب‌بندی استفاده می‌گردد)، می‌توان آنها را بین برآمدگی‌های لوله‌ها قرار داد. تنها در صورتی می‌توان لوله‌هایی را که دارای برآمدگی داخلی هستند در یکدیگر قرار داد که جابجایی آنها به راحتی امکان‌پذیر باشد.

در موقع روی هم چیدن لوله‌ها، باید آنها را با رعایت احتیاط جابجا کرد، از انداختن، به زور کشیدن لوله‌ها، برخورد آنها به یکدیگر یا با اشیاء دیگر یا از بالا رفتن از لوله‌های روی هم چیده شده خودداری شود. ارتفاع روی هم چینی لوله‌ها باید حداکثر ۱/۸ متر باشد تا بتوان لوله‌ها را به آسانی با دست جابجا نمود.

اقدام دیگر، مانند نوارهای کولپینگ، اتصالات لوله، واشرها و متعلقات دیگر در محل مناسبی دور از عبور و مرور ماشین‌آلات ساختمانی، انبار شده و از خطر آسیب دیدگی محافظت گردند. لازم است در طول مدت نگهداری لوله‌ها در پای کار و تا موقعی که لوله‌ها روی هم چیده شده‌اند، برخی اقدامات پیشگیرانه ایمنی نیز به عمل آید. گرچه معمولاً می‌توان لوله‌های کوچک و متعلقات سبک وزن را با دست جابجا کرد، اما برای جابجا کردن لوله‌های بزرگ، باید از وسایلی مانند کج‌بیل استفاده شود که برای رعایت ایمنی، لازم است یک طناب نایلونی یا کابل حایل‌دار به نقاط یک سوم طول لوله از هر لبه بسته شود. همچنین لازم است اتصالات سنگین وزن نیز با رعایت احتیاط کامل و به کمک وسایل لازمه جابه‌جا شوند.

۱۰-۴-۵- به خط کردن لوله‌ها

قرار دادن لوله‌ها و متعلقات در امتداد ترانشه (کانال روباز) محل نصب لوله یا به خط کردن آنها می‌تواند باعث صرفه‌جویی در زمان جابجایی آنها شود. هر شاخه لوله باید روی یک سطح تراز، حتی‌المقدور نزدیک ترانشه و در سمت مخالف خاکریز آن قرار داده شود و برای جلوگیری از آسیب دیدن لبه لوله‌ها، فاصله مناسبی بین هر دو لوله در نظر گرفته شود. لوله‌ها باید خارج از مسیر وسایل و تجهیزات کارگاهی و در محلی قرار داده شوند که عملیات حفر ترانشه بتواند بدون انقطاع ادامه یابد. بدیهی است در این شرایط باید به هرنحو ممکن از غلتیدن لوله‌ها توسط باد و طوفان جلوگیری به عمل آید.

۱۰-۴-۶- حداقل ارتفاع خاک بر روی لوله

حداقل ارتفاع خاک بر روی لوله (به استثنای تقاطع با جاده‌ها) ۸۰ سانتی‌متر می‌باشد. خاک اضافی در ترانشه مطابق با شکل (۱۰-۱-الف) پوشش داده می‌شود.

چنانچه باتوجه به خط پروژه لوله، ارتفاع بالای لوله تا سطح زمین طبیعی کم‌تر از ۹۰ سانتی‌متر باشد، می‌بایست خاک‌ریزی روی لوله با اجرای انحنا (به صورت گرده ماهی) انجام پذیرد.

۱۰-۴-۷- پوشش روی لوله‌ها در تقاطع با جاده‌ها

به منظور رعایت ایمنی لوله در برابر بارهای ترافیکی، لازم است اطراف و روی لوله تا ارتفاع ۳۰ سانتی‌متری بالای آن با استفاده از شفته آهک (خاک محل و حداقل ۱۵۰ کیلوگرم آهک و آب موردنیاز به نحوی که رقیق شده باشد) به طور کامل از اطراف پوشش شود و پس از گذشت حداقل ۷ روز عملیات خاک‌ریزی به صورت لایه‌های ۱۵ سانتی‌متری و با استفاده از متراکم‌کننده‌های دستی و با تراکم حداقل ۹۰ درصد به روش پروکتور استاندارد انجام پذیرد.

در صورتی که ارتفاع بالای لوله تا سطح جاده کم‌تر از ۷۰ سانتی‌متر باشد، می‌توان لوله‌های پلی‌اتیلن را در داخل غلاف مستطیلی بتنی مسلح (کالورت) طبق شکل (۱۰-۱-ب) در تقاطع با جاده اجرا نمود.

۱۰-۴-۸- حفر، بسترسازی و پرکردن ترانشه لوله

۱۰-۴-۸-۱- حفر ترانشه

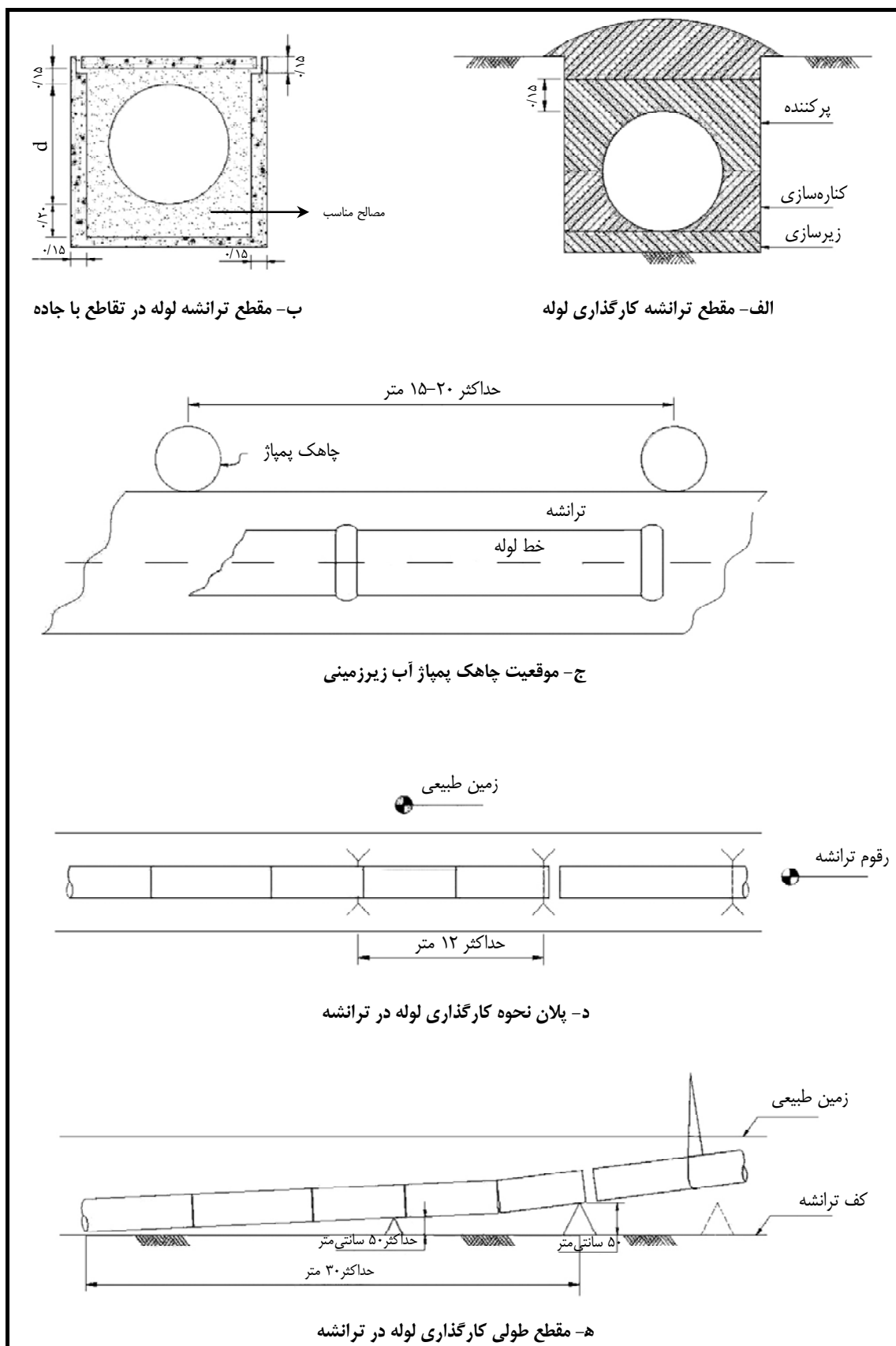
عرض ترانشه نباید بیش از مقداری که با رعایت نکات ایمنی لازم برای ریختن و در صورت لزوم متراکم کردن مصالح پرکننده در دوسوی لوله لازم است، باشد. بنابراین عرض ترانشه به نوع مصالح پرکننده، روش متراکم نمودن آنها و قطر لوله بستگی دارد.

حفر ترانشه باید با بیل مکانیکی حداقل برابر با قطر داخلی لوله (d) به اضافه حدود ۰/۶ متر و طبق جدول زیر صورت پذیرد.

جدول ۱۰-۱- عرض ترانشه

قطر لوله (d) mm	۱۰۰	۱۵۰	۲۰۰	۲۵۰	۳۰۰	۳۵۰	۴۰۰	۵۰۰	۶۰۰	۸۰۰	۱۰۰۰	۱۲۰۰	۱۲۵۰
عرض ترانشه (D) cm	۸۰	۷۰	۹۰	۹۰	۹۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۲۰	۱۲۰	۱۵۰	۱۶۰	۱۸۰	۲۰۰

در حالت استفاده از ماشین ترنچر می‌توان عرض ترانشه برای لوله‌های با اقطار ۱۰۰ تا ۳۰۰ میلی‌متر را به ترتیب از ۴۰۰ تا ۶۰۰ میلی‌متر منظور نمود.



شکل ۱۰-۱ - مقاطع ترانشه و نحوه کارگذاری لوله‌های پلی‌اتیلن

۱۰-۴-۸-۲- بسترسازی

بستر آماده شده باید طبق خط پروژه رگلاژ گردد. در صورتی که خاک‌برداری اضافه صورت گرفته باشد، ضروری است تا حد خط پروژه خاکریزی و سپس متراکم گردد. چنانچه بستر ترانشه در اثر آب زیرزمینی و یا آب‌های جمع شده در درون آن باتلاقی و یا احیاناً از مواد نامناسب تشکیل شده باشد، لازم است خاک‌برداری اضافی در کف ترانشه حداقل به میزان ۱۵ سانتی‌متر انجام گرفته و با استفاده از ماسه یا تونان (مخلوط رودخانه‌ای) بستر لوله با تراکم، تثبیت شود. روی لوله‌ها باید به ضخامت ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متر با ماسه نرم یا خاک سرند شده پوشیده شود. به منظور جلوگیری از یخ‌زدگی آب در خط لوله، لوله‌ها باید در زیر خط یخ‌زدگی مطابق با شرایط اقلیمی محل کار گذاشته شود. همچنین در صورت بالا بودن سطح آب زیرزمینی و تجمع آب در ترانشه می‌توان با حفر چاهک‌هایی با عمق بیش‌تر از عمق ترانشه یا هر شیوه مناسب دیگر مطابق خصوصیات محل، نسبت به جمع‌آوری و تخلیه آب درون ترانشه مشابه شکل ۱۰-۱ اقدام نمود.

۱۰-۴-۹- نصب و اتصال لوله‌های پلی‌اتیلن

نصب و اتصال لوله‌ها به دو روش قابل توصیه می‌باشد.

- جوشکاری در بالای ترانشه

- جوشکاری در درون ترانشه

۱۰-۴-۹-۱- جوشکاری در بالای ترانشه

در این روش لوله‌ها برای اندازه‌های ۱۰۰۰ میلی‌متر یا بیش‌تر به صورت دوتایی و برای اندازه‌های کم‌تر به صورت سه‌تایی در خارج ترانشه به یکدیگر جوش و سپس به وسیله بیل مکانیکی به درون ترانشه انتقال می‌یابند. انتقال لوله‌های اتصال یافته باید به گونه‌ای انجام پذیرد که محور آن با افق موازی و یا به عبارت دیگر بیش از حد مجاز خم نشود.

در این روش با توجه به شرایط جوی و امکان تجمع آب در درون ترانشه، نباید بیش از مقدار مورد نیاز که معمولاً برابر با سرعت نصب لوله در طول یک روز می‌باشد، ترانشه حفر کرد. همچنین لازم است قبل از نصب آخرین سری لوله‌های دوتایی و یا سه‌تایی به خط لوله اصلی در درون ترانشه و آماده نمودن برای اجرای عملیات جوشکاری در روز بعد، به کمک بیل مکانیکی در محل زیر انتهای خط، گودالی به طول تقریبی یک متر و عمق ۰/۵ متر حفر گردد. دوباره در هنگام پرمودن ترانشه، باید قبل از هر چیز آب درون گودال تخلیه و سپس با استفاده از شفته آهک (یا عیار ۱۵۰ کیلوگرم آهک در خاک محل) تا کف ترانشه کاملاً پر و متراکم گردد. همچنین باید به طور روزانه پس از هر بار جوشکاری و آزمایش کردن با عملیات خاکریزی و پرمودن ترانشه، لوله‌های کارگذاشته شده به طور کامل پوشش داده شود تا از شناور شدن و یا جابجایی آنها در اثر تجمع آب‌های زیرزمینی و یا سطحی جلوگیری به عمل آید.

۱۰-۴-۹-۲- جوشکاری در درون ترانشه

این روش در فصولی که امکان بارندگی و تجمع آب در ترانشه و یا آب زیرزمینی وجود نداشته باشد، مورد استفاده قرار می‌گیرد. در اینجا به دلیل عدم نیاز به حفر گودال جهت تخلیه آب‌های تجمع یافته در درون ترانشه و نیز در اطراف و در زیر محل جوش و

همچنین جابجایی کم‌تر لوله‌ها، عملیات نصب با حداقل هزینه و با اطمینان بیشتر انجام خواهد گرفت. از طرف دیگر به دلیل آن که جوشکاری در داخل ترانشه انجام می‌پذیرد، لازم است عرض ترانشه به اندازه قطر داخلی (قطر اسمی) لوله به علاوه ۱/۲۰ متر صورت گیرد که باتوجه به مزایای این روش نسبت به روش قبل می‌تواند قابل توجیه باشد.

در این روش به دلیل آن که عملیات در زمانی انجام خواهد پذیرفت که امکان تجمع آب سطحی و یا زیرزمینی در داخل ترانشه وجود ندارد، حفر ترانشه می‌تواند به صورت روزانه و بیش از میزان کارگذاری لوله در هرروز صورت گیرد.

با توجه به امکان ریزش دیوار ترانشه و تجمع خاک در داخل آن، حفر ترانشه بیش از ۵۰۰ متر جلوتر از عملیات نصب لوله توصیه نمی‌شود. در این شیوه لوله‌ها شاخه به شاخه و با احتیاط و بدون وارد آمدن ضربه به آن، به درون ترانشه انتقال می‌یابند. برای جفت کردن و جوش دادن لوله‌ها به خط لوله، می‌توان از جراثقال دستی و خرک و یا وسایل مشابه، انتهای خط لوله را از کف ترانشه تا ارتفاع مناسب جهت جوشکاری بالا آورده و میزان خم لوله نباید از حد مجاز (یک درجه برای هر واحد طول لوله) بیش تر گردد. بدین معنی که باید بلند کردن خط لوله، حداقل از فاصله ۳۰ متر از انتهای آن صورت گرفته و توسط حداقل دو خرک با ارتفاع مناسب برای ۳۰ متر طول لوله در یک شیب یکنواخت مطابق با شکل (۱۰-۱) نگهداری شود.

۱۰-۴-۱۰- پرکردن

در صورتی که خاک‌های حاصل از خاک‌برداری ترانشه ریزدانه و از نوع رسی - سیلتی باشد، می‌توان برای پرکردن ترانشه از آنها استفاده نمود. برای جلوگیری از جابجایی و صدمه دیدن لوله، باید خاک موجود پس از حذف کلوخه‌ها و یا احیاناً قلوه‌سنگ‌ها با رطوبت مناسب در لایه‌های ۲۰ سانتی‌متری به شرح زیر خاکریزی و به وسیله کوبه‌های دستی متراکم گردد.

۱۰-۴-۱۰-۱- پرکردن نیمه پایینی لوله

قسمت عمده مقاومت مواد پرکننده در برابر بارهای مرده و ترافیکی، از ناحیه کناره‌سازی پایین صورت می‌پذیرد. باید مواد پرکننده موجود (خاک محل) در زیر لوله را بیل زده و جاهای خالی را با دقت پر و متراکم نمود. به طوری که نقاط پست و گودی‌های زیر لوله به طور کامل از خاک پر شده و هیچ‌گونه فضای خالی باقی نماند. همچنین ضروری است که هم راستایی لوله‌ها حفظ گردند.

۱۰-۴-۱۰-۲- پرکردن نیمه بالایی

پس از اطمینان از پر شدن و متراکم کردن نیمه پایینی و انجام بازرسی لازم و تایید دستگاه نظارت، مواد پرکننده به صورت لایه‌های ۱۵ تا ۲۰ سانتی‌متر بالاتر از تاج لوله ریخته و با رطوبت مناسب متراکم می‌گردد. چنانچه برای تراکم مواد پرکننده اولیه از متراکم‌کننده‌های مکانیکی استفاده شود، باید کاملاً دقت کرد که دستگاه به طور مستقیم روی لوله قرار نگیرد.

۱۰-۴-۱۰-۳- پرکردن نهایی

مازاد خاک ترانشه باید از ۱۵ سانتی‌متری روی لوله تا بالای سطح زمین در داخل ترانشه ریخته شده و به صورت انحنای (گرده ماهی) اجرا شود. چنانچه این‌گونه عملیات به وسیله ماشین‌آلات سنگین صورت می‌پذیرد، باید از تردد آنها به روی ترانشه جلوگیری گردد.

۱۰-۴-۱۱- انواع کوبه‌ها**۱۰-۴-۱۱-۱- کوبه‌های کوچک**

برای تراکم لایه‌های کناره پایینی لوله، می‌توان از یک وسیله کوبشی کوچک استفاده کرده تا تراکم مورد نظر را در یک ناحیه محدود ایجاد نماید. این وسیله می‌تواند یک دیرک دستی منشوری با قاعده پایینی 4×10 و قاعده بالایی 8×10 و ارتفاع 10 سانتی‌متر باشد.

۱۰-۴-۱۱-۲- کوبه‌های دستی

کوبه‌های دستی برای متراکم نمودن مواد به طریق ضربه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرند. از این دستگاه می‌توان برای متراکم کردن خاک‌هایی که مقدار متناهی مواد ریزدانه دارند، استفاده نمود. اما معمولاً برای رسیدن به تراکم مطلوب، لازم است که درصد آب به دقت کنترل شود. این دستگاه‌ها نباید به طور مستقیم با لوله تماس پیدا نمایند. ابعاد سطح این کوبه‌ها 20×20 سانتی‌متر و حداقل وزن آن 20 کیلوگرم می‌باشد.

۱۰-۴-۱۱-۳- متراکم‌کننده‌های قورباغه‌ای

غلطک‌هایی با صفحات نوسان‌کننده باعث می‌گردند که خاک به صورت کامل‌تری لرزش نماید، بنابراین بهترین مورد استفاده از آنها مواقعی است که مواد غیرچسبنده بوده و حاوی دانه‌های بسیار ریز باشند. باتوجه به ابعاد و وزن ماشین، این امکان نیز وجود دارد که از آنها برای تراکم قسمت مجاور مورد استفاده قرار گیرد. از این نوع دستگاه برای متراکم نمودن بستر و مصالح مخلوط رودخانه‌ای استفاده می‌شود.

فصل ۱۱

روند کلی طراحی هیدرولیکی سامانه

لوله‌های کم فشار

۱-۱۱- روند کلی طراحی هیدرولیکی سامانه لوله‌های کم‌فشار باز

روند کلی طراحی هیدرولیکی سامانه لوله‌های کم‌فشار باز به شرح زیر است:

- تعیین شیب زمین طبیعی در مسیر لوله‌ها
- تعیین فواصل سازه‌های لوله ایستاده با سرریز کنترل برای هر خط لوله و یا قسمت‌های مختلف یک خط لوله در اراضی با شیب متفاوت در طول مسیر
- تعیین حداکثر بلندی سازه‌های لوله ایستاده با سرریز کنترل
- تعیین بار هیدرولیکی کل موجود برای هر مسیر خط لوله جهت جبران تلفات افت اصطکاکی جریان در لوله
- تعیین حداقل بار هیدرولیکی مورد نیاز در محل آبگیر بحرانی
- کسر نمودن مقادیر افت بار موضعی (مربوط به شیرها، زانویی‌ها، اتصالات و ورودی لوله در هر مسیر) و بار هیدرولیکی مورد نیاز در محل آبگیر بحرانی از کل بار هیدرولیکی موجود
- تعیین قطر لوله در هر بازه مسیر با بده طراحی با رعایت حداکثر سرعت مجاز و افت بار اصطکاکی موجود
- تکرار مراحل فوق برای هر یک از خطوط لوله تا حصول قطر بهینه و مشخصه‌های هیدرولیکی لازم در مسیر و محل آبگیرها

۲-۱۱- روند کلی طراحی هیدرولیکی سامانه لوله‌های کم‌فشار نیمه‌بسته

روند طراحی هیدرولیکی سامانه لوله‌های کم‌فشار نیمه‌بسته به شرح زیر می‌باشد:

- تعیین شیب زمین طبیعی در مسیر لوله‌ها
- تعیین فواصل سازه‌های ایستاده با شیر شناور در هر مسیر
- کنترل تراز حداکثر شیب هیدرولیکی موجود در هر مسیر برای آن که فشار هیدرولیکی از حد فشار مجاز لوله تجاوز ننماید
- کاهش فاصله سازه‌های لوله ایستاده موضوع ردیف ۲ این قسمت در صورتی که فشار هیدرولیکی موجود در فاصله بین لوله‌های ایستاده از میزان فشار کار مجاز لوله تجاوز نماید
- انتخاب قطر لوله‌ها با توجه به حداکثر سرعت مجاز طراحی
- محاسبه بار هیدرولیکی که باید در هر شیر شناور در حالت بده جریان طراحی مستهلک گردد و انتخاب اندازه و نوع شیر شناور با توجه به افت بار هیدرولیکی مورد نظر
- محاسبه بده جریان در شیرها در حالت کاملاً باز
- تعیین موقعیت استقرار شناور برای عبور جریان طراحی
- محاسبه میزان غوطه‌وری شناور در حالت بسته شدن شیرها
- محاسبه حداکثر تراز سطح آب در لوله ایستاده با شیر شناور

- تعیین ارتفاع لوله ایستاده و حداکثر فشار هیدرولیکی بالادست و کنترل مجدد فشار در خط لوله با توجه به حداکثر فشار کار مجاز
- تکرار مراحل فوق برای هریک از خطوط لوله تا حصول شرایط بهینه به لحاظ قطر لوله‌ها و مشخصه‌های هیدرولیکی مسیر و محل آبیگرها

۱۱-۳- روند کلی طراحی هیدرولیکی سامانه لوله‌های کم‌فشار بسته

- روند کلی طراحی هیدرولیکی سامانه لوله‌های کم‌فشار بسته به شرح زیر می‌باشد:
- تعیین حداکثر تراز سطح آب تنظیم شده در منبع آب ورودی سامانه
 - محاسبه اختلاف تراز سطح آب منبع و آبیگر بحرانی در محدوده تحت آبیاری سامانه
 - تعیین حداقل بار هیدرولیکی مورد نیاز بهره‌برداری از آبیگر بحرانی
 - تعیین افت بار جزئی (موضعی) در شیرها و زانویی‌ها و اتصالات مسیر
 - تعیین بار هیدرولیکی موجود برای جبران افت اصطکاکی در لوله‌ها با کسر افت بار موضعی
 - انتخاب قطر یا ترکیبی از قطرها برای لوله متناسب با بار هیدرولیکی موجود برای جبران افت اصطکاکی
 - انتخاب گزینه بهینه قطر آبیگرها و زانویی‌ها و اتصالات به لحاظ کاهش افت موضعی و اقتصادی بودن گزینه انتخابی با توجه به افت اصطکاکی در دسترس برای انتخاب قطر لوله.
 - انجام طراحی به شرح بالا برای تمامی شاخه‌های لوله‌های شبکه

فصل ۱۲

بهینه‌سازی قطر لوله

۱۲-۱ - کلیات

در سامانه خطوط لوله کم‌فشار با افزایش قطر لوله‌ها، هزینه‌های خرید، حمل و نصب لوله‌ها افزایش یافته ولی از طرف دیگر هزینه پمپاژ کاهش می‌یابد، بنابراین انتخاب قطر مناسب لوله‌ها اغلب نیاز به بهینه‌یابی دارد. در شبکه‌های ساده خطوط لوله کم‌فشار، دامنه قطر و نوع لوله مورد استفاده محدود خواهد بود و در نتیجه انتخاب بر اساس روش تکرار صورت می‌گیرد. یکسان‌سازی ابعاد و جنس لوله می‌تواند موجب سهولت طراحی و اجرا گردد. انتخاب دقیق و مشخص قطرهای طراحی از میان دامنه گسترده‌ای از لوله‌ها با قطرهای مختلف مزایای فنی و اقتصادی قابل ملاحظه‌ای در بر خواهد داشت.

در حالتی که تولید لوله در محل مدنظر باشد، محدودیت تنوع قطر لوله‌ها، سرمایه‌گذاری مورد نیاز را کاهش می‌دهد. همچنین زمانی که تعداد زیادی پروژه باید ساخته شود و این پروژه‌ها دارای لوله‌هایی با قطر و متعلقات مشابه هستند، انتخاب تعداد محدود قطر لوله می‌تواند مناسب باشد.

در مواردی که لوله با دامنه وسیعی از قطر در فاصله حمل مناسب در دسترس می‌باشد، بهینه نمودن فشار هیدرولیکی سامانه متناسب با افت‌های اصطکاکی جریان در لوله‌ها به سهولت میسر است. از آنجایی که هزینه تامین مصالح ساخت لوله‌ها بسته به نوع مصالح بین ۶۰ تا ۹۰ درصد هزینه ساخت لوله را شامل می‌شود، ترکیبی از لوله‌ها با هزینه سرمایه‌ای حداقل که بده جریان مورد نیاز طرح را انتقال و توزیع نماید، انتخاب می‌گردد.

قبل از انتخاب قطر لوله‌ها، موارد مشروحه زیر باید برای شبکه لوله‌ها مدنظر قرار گیرد.

۱۲-۲ - فشار در دسترس از منبع آب به صورت ثقلی یا پمپاژ

اگر چه سرعت جریان بیش‌تر موجب کاهش قطر لوله می‌شود ولی در عوض به افزایش فشار مورد نیاز در قسمت ورودی منجر می‌شود. سرعت جریان پایین‌تر نه تنها هزینه پمپاژ را کاهش می‌دهد بلکه کم‌ترین نوسان را در بده جریان بهره‌برداری از آبگیرهایی که به طور هم‌زمان در یک شبکه بسته عمل می‌نمایند فراهم می‌آورد. با این وجود سرعت پایین‌تر منجر به انتخاب لوله با قطر بالاتر می‌شود.

لوله‌هایی با قطر بزرگ‌تر می‌توانند انعطاف‌پذیری بهره‌برداری از سامانه را افزایش دهند و اهمیت این مساله اغلب هزینه بالاتر سرمایه‌گذاری ناشی از افزایش قطر را توجیه می‌نماید.

در مواردی که فشار هیدرولیکی خطوط لوله سامانه با پمپاژ تامین می‌شود، ظرفیت سامانه با بده پمپ‌ها انطباق داده می‌شود. وقتی سامانه لوله کم‌فشار به یک منبع آب با تجهیزات پمپاژ متصل می‌شود، ظرفیت جریان در لوله ناشی از تغییرات در عملکرد منبع آب تجهیزات و نوع بهره‌برداری از سامانه می‌باشد. برای مثال ممکن است لازم باشد تجهیزات پمپاژ تامین آب به دفعات در طول عمر یک سامانه لوله‌های کم‌فشار توزیع آبیاری به دلیل تغییرات در الگوی کشت یا روش‌های آبیاری و نیاز به بده جریان بیش‌تر و یا طی عمر مفید آنها تعویض گردد.

اگر در شبکه لوله‌ای ساده، بخواهیم هزینه هر قسمت از مسیر لوله را کمینه نماییم، معمولاً به بیش از دو قطر برای لوله‌ها نیاز نخواهیم داشت و حتی در اغلب مواقع تنها استفاده از یک قطر مشخص برای قسمت‌های مختلف سامانه کفایت می‌نماید.

در سامانه‌های ثقلی، بار هیدرولیکی موجود از تراز سطح آب در کانال (درجه ۱ یا ۲) یا مخزن آب تامین شده و با توجه به شیب اراضی زیر پوشش آبیاری باید سرعت طراحی و قطر لوله‌ها به نحوی انتخاب گردد که تا حد امکان بار هیدرولیکی موجود پاسخگوی آبرسانی به محل‌های تحویل آب مزارع با فشار حداقل لازم باشد. در صورتی که برای بخشی از اراضی طرح به لحاظ ارتفاع زیاد و یا ضرورت استفاده از قطرهای بالا در شبکه لوله‌های توزیع آب (طراحی با سرعت کم به منظور حفظ بار هیدرولیکی) آبرسانی ثقلی اقتصادی نباشد، برای این بخش از اراضی از پمپاژ برای تامین فشار استفاده می‌گردد.

۱۲-۳- نوع سامانه

در سامانه‌های حلقوی توزیع آبیاری با لوله‌های کم‌فشار در سطح مزارع، هدف باید انتخاب یک قطر لوله برای کل سامانه باشد. در جایی که دامنه وسیعی از لوله با قطرهای مختلف در دسترس نیست، حداقل دو قطر متفاوت لوله می‌تواند برای فراهم آوردن تعادل لازم بین افت انرژی و هزینه‌های سرمایه‌ای مناسب باشد.

در سامانه‌های شاخه‌ای، قطر لوله با دور شدن از منبع آب کاهش می‌یابد و بنابراین قطر لوله شاخه دارای آبگیر بحرانی با توجه به فشار لازم جهت جبران افت اصطکاکی معین می‌گردد. بهینه‌سازی قطر لوله‌های انتخابی منجر به استفاده از لوله‌هایی با قطر کوچک‌تر در شاخه‌های غیر بحرانی با مسیر کوتاه می‌گردد.

استفاده از لوله‌هایی با قطر بزرگ‌تر از حد مورد نیاز برای سامانه‌های دارای منبع آب با پمپاژ، موجب کاهش محدود در هزینه‌های بهره‌برداری می‌شود. در هر حال کاهش هزینه بهره‌برداری سامانه ناشی از استفاده از لوله‌های با قطر بیش‌تر از حد نیاز، برای شاخه‌های غیر بحرانی به ویژه در سامانه‌های دارای پمپاژ بستگی به نحوه کنترل، توزیع و بهره‌برداری دارد.

فصل ۱۳

ضربه موج آب در خطوط لوله

۱۳-۱- کلیات

یکی از پدیده‌های مهم هیدرولیکی که در خط لوله آب تحت فشار روی می‌دهد، ضربه موج آب^۱ می‌باشد. در خطوط انتقال آب ثقلی یا با پمپاژ، عوامل گوناگون موجب می‌گردند که جریان آب همواره پایدار نبوده و تغییر در جریان باعث تغییر در سرعت گردد. چون هر تغییر سرعتی بر طبق قانون مقدار حرکت، اعمال نیرو می‌نماید، این نیرو به صورت ضربه چکشی آب در لوله پدیدار می‌شود. عواملی که تعادل جریان را از حالت دائمی در لوله انتقال آب مختل می‌کنند عبارتند از: قطع و وصل پمپ‌ها و باز و بسته شدن سریع شیرهای مختلف در مسیر لوله. شناخت ریاضی و فیزیکی پدیده مذکور موجب انتخاب درست تجهیزات ضد ضربه می‌گردد. در خطوط انتقال آب به روش ثقلی که آب با نیروی وزن خود جریان می‌یابد و افت فشار از انرژی پتانسیل ناشی از اختلاف ارتفاع دو سر لوله حاصل می‌گردد، تغییر سرعت و ایجاد ضربه آب در لوله می‌تواند ناشی از باز و بسته شدن ناگهانی شیرآلات و به خصوص شیرهای انتهایی خط انتقال باشد که می‌تواند موجب ترکیدن ناگهانی خط لوله گردد.

با تنظیم زمان بسته شدن شیرآلات مسیر لوله می‌توان از تغییرات زیاد سرعت و ایجاد فشار ناشی از بسته شدن آنی شیرآلات جلوگیری نمود. در خطوط انتقال آب با سامانه پمپاژ، با قطع و وصل جریان برق و یا خاموش و روشن شدن پمپ‌ها موج‌های فشار مثبت و منفی در طول خط انتقال اتفاق افتاده و موجب فرسودگی خط لوله و تخریب پمپ‌ها خواهد شد و بنابراین باید پیش‌بینی‌های ضروری برای جلوگیری از آن به عمل آید. به طور کلی عوامل به وجود آورنده ضربه آب در خطوط لوله انتقال به شرح زیر می‌باشد:

- ترکیدن سریع حباب‌های هوای داخل لوله که این حباب‌ها معمولاً از بخار آب هوا پر می‌باشند و با شروع کار تلمبه‌ها، چنانچه راه خروجی مناسبی نداشته باشند موجب ضربه در لوله می‌شوند.
- ضربه‌های ناشی از پدیده جدایی ستون آب^۲ که بیش‌ترین فشار را بر دیواره لوله وارد می‌کنند، این پدیده زمانی ایجاد می‌شود که فشار در نقطه‌ای از داخل لوله به فشار بخار آب برسد.
- ضربه‌های ناشی از انتخاب نادرست شیرآلات و تجهیزات خط انتقال مانند شیر کنترل هوا، شیر یکطرفه و شیر فشارشکن در صورتی که مکانیسم مناسب با شرایط کار نداشته باشند، موجب ایجاد و تشدید ضربه آبی می‌شود.
- تجهیزات ضد ضربه آبی در صورت طرح و انتخاب نامناسب، نه تنها از ضربه‌های ایجاد شده جلوگیری نمی‌کنند، گاه خود موجب ایجاد ضربه می‌شود.

۱۳-۲- حفاظت در برابر ضربه آبی

به طور کلی راه‌های جلوگیری و حفاظت در مقابل ضربه آبی در خطوط لوله شامل موارد زیر است:

- به‌کارگیری شیرهای تخلیه هوا یا تخلیه‌کننده‌های هوا در مسیر خطوط لوله به منظور فراهم آوردن شرایط آزادسازی کنترل شده هوا
- جلوگیری از تغییرات غیرضروری در مسیر قائم خط لوله به منظور کاهش موقعیت‌هایی که هوا در لوله حبس شده و در شرایطی از جریان به طور ناگهانی آزاد می‌شود.

1- Water Hammer

2- Column Separation

- جلوگیری از رها شدن ناگهانی هوا با به‌کارگیری تمهیدات کافی برای رهاسازی هوا توسط شیرها یا تخلیه‌کننده هوا.
 - اطمینان از پر بودن خطوط لوله از آب که به طور موثر مشکلات ضربه آبی را کاهش می‌دهد.
- در حالت توقف ناگهانی پمپ و بسته شدن شیر، فشار موج ایجادشده به پایین‌تر از حد معینی محدود نشود مخرب می‌باشد. این صدمات شامل موارد زیر است:
- اگر جمع فشار اولیه لوله و فشار اضافی ناشی از ضربه آبی از بیشینه فشار مجاز لوله افزایش یابد، نتیجه آن خطر شکستن لوله یا اتصالات خواهد بود.
 - اگر فشار منفی به وجود آید، آن‌گاه یک محل کاویتاسیون (خوردگی ناشی از خلأزدایی) به وجود می‌آید که به شکستن دیواره لوله (به خصوص در لوله‌های پلاستیکی) و یا درز لوله منجر خواهد شد.
 - تناوب فشارهای مثبت و منفی با توجه به فرسودگی لوله، می‌تواند تخریب را در زمان کوتاه‌تری شتاب بخشد. نیاز به مقابله با ضربه آبی و انتخاب روش‌های مقابله با آن بستگی به نوع سامانه خطوط لوله دارد.

۱۳-۳- روش محاسبه ضربه آبی

هر تغییر سرعتی در حرکت سیال تغییر فشاری بر اساس رابطه زیر دربر خواهد داشت:

$$H = \pm \frac{a}{g} \Delta V \quad (1-13)$$

در این رابطه اصطکاک و افت ناشی از انرژی سرعت نادیده گرفته می‌شود و در آن a سرعت موج، g شتاب ثقل و ΔV تغییرات سرعت برحسب زمان می‌باشد.

میزان ضربه آبی در طول مسیر با استفاده از معادلات دیفرانسیل جزئی حرکت و پیوستگی که ابتدا به معادلات دیفرانسیل معمولی تبدیل و سپس با روش تفاوت محدود حل می‌گردند، محاسبه می‌شود. با توجه به شرایط مرزی خاص می‌توان به وسیله نرم‌افزارهای کامپیوتری میزان ضربه آبی را در نقاط دلخواه در طول مسیر محاسبه نمود. شکل کلی این معادلات به صورت زیر است:

$$\frac{a^2}{g} \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{V \partial H}{\partial x} + \frac{\partial h}{\partial t} + V \sin \theta = 0$$

$$g \frac{\partial h}{\partial x} + V \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{F.V.|V|}{2D} = 0$$

سرعت موج در خط لوله از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$a = \frac{K}{\sqrt{e \left(1 + \frac{KD}{Ee} \right)}} \quad (2-13)$$

که در آن:

a : سرعت موج (متر بر ثانیه)

K : مدول الاستیسیته حجمی آب برابر $2/19 \times 10^9$

E: مدول الاستیسیته لوله که مقدار آن برای لوله‌های فولادی برابر 2.07×10^{11} پاسکال و برای لوله‌های آریست سیمانی $10^{10} \times$ $2/34$ پاسکال می‌باشد.

D: قطر لوله (میلی‌متر)

E: ضخامت لوله (میلی‌متر)

e: جرم مخصوص آب معادل 1000 kg/m^3

در طراحی خطوط لوله به منظور مقابله با فشارهای مثبت و منفی ناشی از ضربه چکشی آب از تجهیزات زیر برای کاهش یا حذف ضربه چکشی آب استفاده می‌شود.

- تانک ضربه‌گیر (محفظه هوا)^۱

- تانک موج یک‌طرفه^۲

- شیرآلاتی مثل شیرهای اطمینان، شیر فشارشکن، شیر رها کننده فشار، شیر تنظیم فشار، شیرهای هوا و شیر یک‌طرفه.

علاوه بر این شدت امواج فشار را می‌توان با تغییر پروفیل خط لوله، افزایش قطر لوله یا کاهش سرعت موج کاهش داد که در بررسی مسیر خط لوله و طراحی آن عوامل مذکور در نظر گرفته می‌شود.

در حال حاضر محاسبات ضربه آبی آب با برنامه‌های نرم‌افزاری مبتنی بر روش تفاوت‌های محدود^۳ صورت می‌گیرد برنامه‌های نرم‌افزاری مختلفی در سطح کشور متداول و در دسترس می‌باشد که به عنوان نمونه دو نرم‌افزار در این زمینه معرفی می‌گردد. Mike net یک بسته نرم‌افزاری است که با روش تفاوت‌های محدود حل معادلات دیفرانسیل جزئی پیوستگی، حرکت، محاسبات حفاظت در مقابل ضربه آبی را برای شبکه لوله‌ها و ایستگاه‌های پمپاژ انجام می‌دهد. بسته نرم‌افزاری Hytran نیز برای آنالیز هیدرولیکی انتقال جریان و تحلیل پدیده ضربه آبی در خطوط لوله انتقال آب کاربرد دارد. این نرم افزار به زبان C^{++} و در محیط ویندوز می‌باشد.

۱۳-۴- راه‌های جلوگیری از ضربه موج آب در سامانه لوله‌های کم فشار

راه‌های جلوگیری از ضربه موج آب شامل موارد زیر است:

- به کارگیری شیرهای هوا یا تخلیه‌کننده‌های هوا در مسیر لوله به منظور فراهم نمودن شرایط آزادسازی کنترل شده هوا
- جلوگیری از تغییرات غیرضروری در مسیر قائم خط لوله به منظور کاهش موقعیت‌هایی که هوا در لوله حبس شده و در شرایطی که جریان به طور ناگهانی آزاد شود.
- اطمینان از پر بودن خطوط لوله از آب که به طور موثر مشکلات ضربه را کاهش می‌دهد.

۱۳-۴-۱- سامانه‌های باز و نیمه بسته

در سامانه‌های لوله‌ای باز و نیمه بسته فواصل مناسب استقرار سازه‌های لوله ایستاده سرریزدار و شیرهای شناور معمولاً اطمینان لازم از این که پدیده ضربه چکشی در سازه‌های ایستاده به سرعت تحلیل یافته و میزان افزایش فشار محدود می‌شود، فراهم می‌گردد. برای شرایط بسته شدن سریع شیر، در اکثر حالات فواصل استقرار سازه‌های ایستاده به نحوی است که شیرهای آبیاری در محدوده کمینه فاصله از سطح آزاد آب عمل می‌نمایند. روش محاسبه این کمینه فاصله در نمودار (۱-۱۳) بیان شده است.

در مواردی که خطوط لوله مستقیم بوده و تعداد سازه‌های ایستاده کم است برای طراحی تمهیدات حفاظتی سامانه‌های بسته ممکن است تخلیه‌کننده‌های باز هوا یا شیرهای کاهش فشار (فشار شکن) مورد نیاز باشد. در سامانه‌هایی که تعداد زیادی از آب‌بران هم‌زمان و در یک وقت معین، آب دریافت می‌کنند، بروز تغییرات در نوسانات جریان اغلب کم بوده و مشکلات محدودی به وجود می‌آید.

معمولاً می‌توان با شیوه‌های مناسب بهره‌برداری به خصوص در دوره پر نمودن لوله از بروز مسایل ناشی از ضربه موج آب جلوگیری نمود. روش‌های زیر به جلوگیری از به تله افتادن مقادیر زیادی هوا و رها شدن ناگهانی بعدی آن کمک می‌نماید.

– به کارگیری دریچه‌های زیر آب^۱ در سرریزهای ایستاده در سامانه لوله‌های کم‌فشار باز

– پر نمودن خطوط لوله از آب، به دقت و به آرامی در زمانی که آب‌اندازی می‌شوند.

۱۳-۴-۲- سامانه‌های بسته

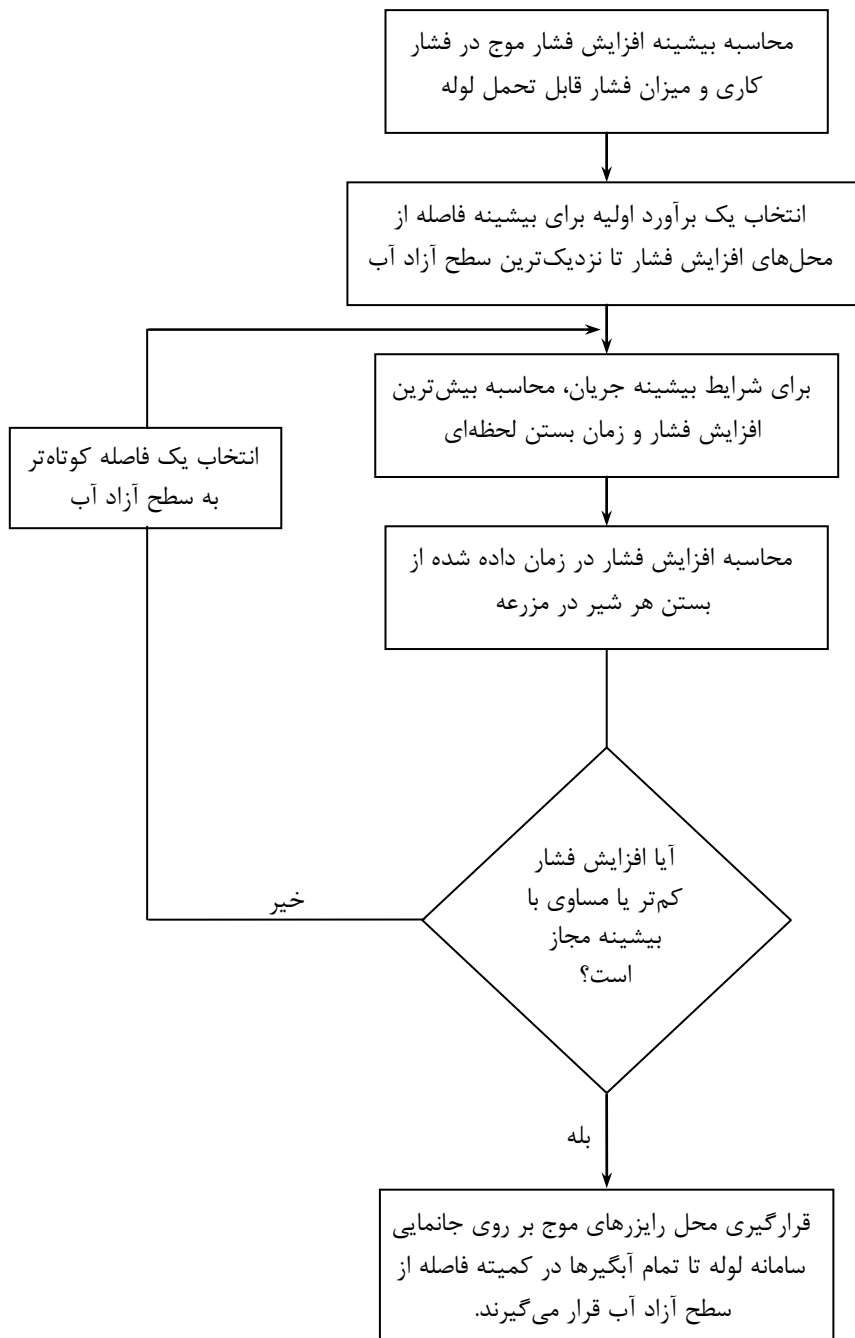
در سامانه‌های لوله‌های کم‌فشار بسته در شرایط مختلف بررسی و پیش‌بینی تمهیدات برای مقابله با ضربه آبی ضروری است. انتخاب روش مقابله و محدود نمودن میزان افزایش فشار بستگی به امکان نصب رایزرهای تخلیه‌کننده روباز موج دارد، در بیش‌تر سامانه‌های کم‌فشار، این امر معمولاً امکان‌پذیر است. در مواردی که به کارگیری این تمهیدات امکان‌پذیر نیست، استفاده از شیر فشارشکن مخصوص ضروری است. استفاده از لوله با فشار کار بالاتر در اغلب موارد می‌تواند از نیاز به این‌گونه سازه‌ها جلوگیری نماید.

۱۳-۴-۳- توقف ناگهانی پمپ

در اغلب سامانه‌های لوله‌ای با منبع تامین فشار توسط پمپ، از لوله ایستاده باز یا مخزن بین پمپ و خط لوله، برای حفاظت خط لوله از ضربه موج آب ناشی از توقف ناگهانی پمپ استفاده می‌شود. جایی که پمپ به طور مستقیم به خط لوله متصل شده است یک شیر کاهش فشار (فشارشکن) مورد نیاز خواهد بود.

۱۳-۴-۴- تخلیه ناگهانی هوا

از بروز ضربه آبی ناشی از رها شدن ناگهانی هوا در خطوط لوله می‌توان با نصب تخلیه‌کننده‌های هوا یا شیرهای کاهش فشار در نقاط مرتفع یا مناطق مساله‌دار جلوگیری نمود. هر نوع سازه ایستاده باز به عنوان یک تخلیه‌کننده هوا عمل می‌نماید و کاهش‌دهنده مشکلات ناشی از رها شدن ناگهانی هوا می‌باشد.



نمودار ۱۳-۱- روند بررسی مقابله با ضربه موج آب در سامانه های بسته با لوله باز تخلیه هوا

۱۳-۴-۵- بستن ناگهانی شیر

بیشترین دلیل بسته شدن ناگهانی شیر، تشکیل ضربه آبی در سامانه های بسته می باشد، کمینه نمودن افزایش فشار به وجود آمده با طراحی رایزرهای روباز تخلیه کننده صورت می گیرد.

۱۳-۵- روش‌های کاهش خسارت افزایش فشار ناشی از بستن ناگهانی شیر

تحلیل ضربه آبی تا حدی پیچیده است و هر تلاشی برای پیش‌بینی شرایط قابل وقوع نیازمند فرضیاتی می‌باشد. به طور کلی اگر زمان بستن شیر (T1) بیش‌تر از ۲۰ برابر زمان بستن لحظه‌ای (Tc) باشد آن‌گاه موج فشار می‌تواند بی‌اهمیت باشد. زمان بستن لحظه‌ای به زمانی اطلاق می‌شود که موج فشار توسعه یافته ناشی از بستن شیر برای طی فاصله رفت و برگشتی تا نزدیک‌ترین سطح آزاد آب، نیاز دارد.

زمان بستن لحظه‌ای شیر با به کارگیری معادله (۱۳-۵) محاسبه می‌شود. برای هر موقعیت بینابینی که در آن $Tc < T1 < 20Tc$ باشد، در نحوه طراحی برای محدود نمودن افزایش فشار و یا کاهش اثرهای تخریبی باید تصمیم‌گیری شود. مقدار افزایش فشار را به روش‌های مختلف شامل موارد زیر می‌توان کنترل نمود.

۱۳-۵-۱- کنترل میزان بستن شیر

کنترل میزان بستن شیرهای خطوط لوله با تمهیدات زیر قابل انجام است :

- به کارگیری شیرآلات با دندانه‌های رزوه ریز، تا زمان بیش‌تری برای یک میزان مشخص از کاهش گشودگی (بستن لوله) مورد نیاز باشد، اغلب شیر آلفالفا برای مصارف عمومی با این دیدگاه ساخته می‌شود.
- به کارگیری شیرآلاتی که با یک آچار مخصوص باز می‌شود که باید برای هر قسمت از پیچاندن آچار را آزاد نموده و در موقعیت جدید قرار داد .

تجارب عملی نشان می‌دهد که اگر بستن شیر در مدت زمان بیش از ۲۰ ثانیه انجام شود، در عمل مشکل موج فشار قابل حل می‌باشد.

۱۳-۵-۲- نصب رایزرهای ضربه‌گیر

انتخاب رایزرهای ضربه‌گیر، روش ابتدایی برای محدود نمودن مقدار افزایش فشار است، که گام‌های طراحی آن در بند ۱۳-۱۲ تشریح شده است. رایزرهای ضربه‌گیر در تمام سامانه‌های لوله‌ای مورد نیاز می‌باشد، اگر چه در عمل هر سازه ایستاده باز با قطر کافی می‌تواند به عنوان ضربه‌گیر موج فشار عمل نماید. تحلیل مقدار افزایش فشار برای لوله‌های ساخته شده از مصالح صلب از قبیل بتن یا آریست سیمان مهم است.

۱۳-۵-۳- نصب شیرهای رهاکننده فشار و خلازدا^۱

اگرچه شیرآلاتی از این نوع در سامانه‌های لوله کم‌فشار بسته کاربرد دارد، ولی مصرف معمول آنها در سامانه‌هایی با تامین فشار آب توسط پمپ رایج است که در آنها توقف کار پمپ و قطع برق دلیل عمده و معمول وقوع ضربه موج آب می‌باشد. شیرهای ساده رهاسازی فشار که بتواند در فشارهای نسبتاً کم حساس شده و عمل نماید، در دسترس نمی‌باشد.

۱۳-۵-۴- مراقبت هنگام نصب لوله

حفظ تراز خط شیب هیدرولیکی بالاتر از لوله مهم است. اگر تراز شیب هیدرولیکی به لوله نزدیک باشد در این صورت وقوع فشار پایین‌تر از فشار اتمسفر در لوله در شرایط تولید امواج فشار منفی ناشی از بستن شیر امکان‌پذیر است. در مواردی ممکن است حفظ

تراز لوله به میزان کافی پایین‌تر از شیب هیدرولیکی، نیاز به پرهیز از عبور از نقاط مرتفع در طول مسیر و یا انجام خاک‌برداری عمیق داشته باشد. در این مورد می‌توان از شیرهای خلازدا در مسیر لوله استفاده نمود، اما هوایی که این شیرها در خلال فشارهای منفی دریافت می‌کنند اگر به طور ناگهانی رها گردد می‌تواند موجب بروز مشکل پدیده ضربه آبی شود.

۱۳-۶- ضوابط طراحی سامانه بسته با لوله باز تخلیه هوا

طراحی باید بر مبنای انتخاب لوله‌ای باشد که بتواند در مقابل فشارهای ضربه موج آب تحت شرایط بستن آرام شیر مقاومت نماید (همراه با پیش‌بینی سازه رایزر تعدیل ضربه موج آب).
برای طراحی یک سامانه بسته افزایش فشار همراه با کمینه زمان مورد انتظار برای بستن شیر یا توقف پمپ باید مدنظر قرار گیرد. فشار ضربه موج آب هنگامی که به بیشینه فشار کار لوله اضافه شود باید کمتر از میزان فشار قابل تحمل لوله باشد. تحلیل موضوع برای تعدادی از موقعیت‌های بحرانی در سامانه باید تکرار شود.
نمودار (۱۳-۱) روش برآورد بیشینه فشار ضربه موج آب و تعیین کمینه فاصله از شیر تا یک سازه ایستاده باز با توجه به مواردی که در زیر آمده است بیان می‌نماید.

۱۳-۷-۱- برآورد بیشینه فشار ضربه موج آب بعد از بستن ناگهانی شیر

۱۳-۷-۱-۱- گام ۱؛ محاسبه حداکثر مجاز افزایش فشار ضربه موج آب

این موضوع با بیشینه فشار کار در یک نقطه و میزان تحمل فشار لوله تعریف می‌شود. همان‌طور که قبلاً اشاره شد برای لوله‌های پی‌وی‌سی فشار موج نباید از ۳۰ درصد میزان فشار کار لوله بیش‌تر گردد. برای لوله‌های بتنی کم‌فشار، فشار موج اضافه شده به فشار کار نباید از ۲۵ تا ۳۵ درصد فشار آزمایش هیدرواستاتیک فراتر رود.

۱۳-۷-۲- گام ۲؛ برآورد اولیه برای بیشینه فاصله بین محل افزایش فشار و هر موقعیت سطح آزاد آب

برای سامانه‌هایی با لوله پی‌وی‌سی این فاصله از ۶۰۰ تا ۸۰۰ متر می‌باشد.
برای سامانه‌هایی با لوله‌های بتنی غیر مسلح این فاصله از ۳۰۰ تا ۵۰۰ متر می‌باشد.

۱۳-۷-۳- گام ۳؛ محاسبه بیشینه افزایش فشار در شرایط جریان بیشینه و بستن لحظه‌ای شیر

در حالت عبور جریان بیشینه باید حداکثر افزایش فشار ناشی از بسته شدن لحظه‌ای شیر محاسبه گردد. بیشینه افزایش فشار زمانی رخ می‌دهد که بسته شدن شیر یا توقف پمپ در دوره زمانی مساوی و یا کمتر از زمانی که موج فشار به سطح آزاد می‌رسد (زمان تمرکز) صورت گیرد.

بیشینه افزایش فشار و افت فشار منفی بر حسب متر از معادله (۱۳-۳) به دست می‌آید.

$$\frac{V_a \cdot U}{g}$$

$$(۱۳-۳)$$

که در آن:

V_a : سرعت جریان قبل از بستن شیر یا توقف پمپ (متر بر ثانیه)

U : سرعت موج فشار در مصالح ساخت لوله مورد نظر (متر بر ثانیه)

g : شتاب ثقل (۹/۸۱ متر بر مجذور ثانیه)

سرعت موج تابعی از خصوصیات ارتجاعی آب و جنس دیواره لوله است. سرعت موج، در دامنه قطر لوله برای یک نوع مصالح، در مقایسه با تغییر مصالح، تفاوت قابل ملاحظه‌ای ندارد. سرعت موج نمی‌تواند از ۱۴۰۰ متر بر ثانیه که معادل سرعت صوت در آب است تجاوز کند. مقادیر سرعت موج در مصالح متعارف به کار رفته برای ساخت لوله‌ها در جدول زیر ارائه شده است:

جدول ۱۳-۲- سرعت موج فشار در انواع لوله‌ها

سرعت موج (متر بر ثانیه)	نسبت t/D	قطر لوله D (میلی‌متر)	ضخامت دیواره لوله t (میلی‌متر)	جنس لوله
۱۰۶۰	۰/۰۸۳	۳۰۰	۲۵	بتن غیر مسلح
۲۲۰	۰/۰۱۷	۲۵۰	۴/۵	پی‌وی‌سی (۲/۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع)
۱۷۰	۰/۰۱	۲	۲/۵	پی‌وی‌سی (جدار نازک)
۱۱۴۰	۰/۰۱۷	۲۵۰	۴/۵	فولاد

مقدار افت فشار منفی یا افزایش فشار برحسب پاسکال بیان می‌شود:

$$P(\text{KPa}) = W \times g \times P(\text{m}) \quad (۴-۱۳)$$

$P(\text{KPa})$: افت فشار منفی یا افزایش فشار (کیلوپاسکال)

W : چگالی آب (۱ تن بر متر مکعب)

g : شتاب ثقل (۹/۸۱ متر بر مجذور ثانیه)

$P(\text{m})$: افت فشار منفی یا افزایش فشار (متر)

زمان تمرکز فشار بر حسب ثانیه (T_c) که از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$T_c = \frac{2L}{U} \quad ۵-۱۳$$

L : فاصله از شیر یا پمپ تا سطح آزاد یا مخزن (متر)

U : سرعت موج فشار درجنس مصالح لوله (متر بر ثانیه)

۱۳-۷-۴- گام ۴؛ محاسبه افزایش فشار برای مقادیر کاهش جریان که کم‌تر از شرایط بستن لحظه‌ای می‌باشد

به منظور برآورد افزایش فشار برای زمان‌های طولانی بستن شیر یک محاسبه اولیه باید انجام گیرد، زیرا میزان تغییر سرعت در دوره بستن یکنواخت نمی‌باشد. فرض بر این است که تغییر سرعت در خلال زمان رفت و برگشت سه برابر متوسط تغییر در طول یک دوره کامل بستن شیر می‌باشد. بنابراین تغییر متوسط در V_0 و T_0 برابر است با:

$$\frac{0.5T_c \times V_0}{T_1} \quad (۶-۱۳)$$

T_1 : زمان بستن شیر بر حسب ثانیه

تغییر V_0 : معادل است با سه برابر متوسط تغییر سرعت V_0

بیشینه افزایش ارتفاع با جایگزینی این مقدار در معادله (۱۳-۳) حاصل می‌شود.

۱۳-۷-۵- گام ۵؛ مقایسه مقادیر محاسبه شده افزایش فشار با بیشینه فشار ضربه موج آب مجاز

اگر فشار ضربه موج آب خیلی زیاد باشد، آن‌گاه فاصله کوتاه‌تری تا سطح آزاد آب باید انتخاب گردد. اگر فشار ضربه موج آب به میزان قابل ملاحظه‌ای کم‌تر از مقدار مورد قبول باشد، فاصله بیش‌تری می‌تواند انتخاب شود و بنابراین کم‌ترین تعداد لوله‌های قائم ضربه‌گیر نصب می‌گردد.

مقادیر بیش‌ترین فشار کار (شامل مقدار مجاز برای ضربه موج آب) لوله‌های بتنی (غیرمسلح) و پی‌وی‌سی به عنوان راهنما در جدول (۱۳-۳) ارائه شده است که بستگی به جنس مصالح لوله دارد. خط شیب هیدرولیکی برای تعیین ارتفاع سازه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

جدول ۱۳-۳- حداکثر فشار توصیه شده برای لوله‌های مختلف مورد استفاده در سامانه لوله‌های کم‌فشار

جنس لوله	حداکثر فشار کار توصیه‌شده (متر)	حداکثر مقدار لحاظ شده برای ضربه موج آب (متر)
۱- بتنی - ساخت درجا - دست‌ساز ته صاف - ماشینی با کام و زبانه - ماشین با کام و زبانه یا نر و ماده	۲-۵	منظور شده است
	۴-۵	"
	۵-۸	"
	۵-۱۰	"
۲- پی‌وی‌سی سخت - جدار نازک - جدار صاف و سخت	۷	۳
	<۱۸	۸

فصل ۱۴

پروفیل طولی و سازه‌های لوله‌های

کم فشار

۱-۱۴ - پروفیل طولی خط لوله

هنگامی که افت‌های اصطکاکی مسیر لوله و شیرآلات و متعلقات برآورد گردید و موقعیت سازه‌ها از قبیل تنظیم و کنترل جریان، خروجی‌ها (آبگیرها)، شیرهای تخلیه کننده هوا، شیرهای تخلیه کننده عمقی، ضربه‌گیرها تعیین شد، یک مقطع طولی برای هر قسمت از مسیر خط لوله که نشان‌دهنده خط شیب هیدرولیکی و خط زمین همراه با نیمرخ طولی لوله در عمق نصب توصیه شده باشد، تهیه می‌گردد. نمونه‌های مقطع طولی خط لوله در نقشه‌های (۱-۱۶) و (۲-۱۶) نشان داده شده است. بر روی پروفیل طولی خط لوله، محل کلیه سازه‌های مسیر با کیلومتر موقعیت بایستی نشان داده شود. برداشت خط زمین مسیر لوله با مقیاس مناسب جهت نشان دادن دقیق عوارض (گودی‌ها، پستی و بلندی‌ها، تقاطع با مستحدثات) ضروری است. بر مبنای نیمرخ طولی خط زمین و لوله، کنترل خط شیب هیدرولیکی در مسیر به منظور اطمینان از این که خط شیب هیدرولیکی در تمام طول مسیر لوله در محدوده فشار کار و ارتفاع فیزیکی سازه‌ها می‌باشد، انجام می‌گیرد. پروفیل طولی خط لوله باید همراه با پلان مسیر خط لوله که دارای شبکه مختصات UTM می‌باشد، در یک یا چند برگ (برحسب طول مسیر) ارائه گردد. در پلان مسیر باید کیلومترگذاری و مشخصات محل تغییر مسیر نشان داده شود. مقیاس ارائه پروفیل اجرایی خط لوله ۱:۲۵۰۰ در افق و ۱:۱۰۰ یا ۱:۵۰ در قائم و مقیاس ارائه پلان مسیر خط لوله ۱:۲۵۰۰ توصیه می‌گردد.

۲-۱۴ - سازه‌های لوله‌های کم‌فشار

سامانه لوله‌های کم‌فشار معمولاً دارای یک سازه ورودی در ابتدای سامانه، سازه کنترل رسوب و آشغال‌گیر، سازه‌های آبگیر (خروجی‌ها)، سازه‌های حفاظت در مقابل ضربه موج آب، سازه‌های کنترل فشار (لوله ایستاده با سرریز کنترل و لوله ایستاده با شیر شناور)، سازه خروجی هوا (لوله باز تخلیه هوا یا شیر تخلیه هوا)، سازه‌ها و تجهیزات اندازه‌گیری جریان می‌باشد. در ضمن شیرهای هوا و فشارشکن که در سامانه لوله‌های تحت فشار متداول است در لوله‌های کم‌فشار نیز به کار گرفته می‌شود.

۱-۲-۱۴ - سازه ورودی

سازه ورودی به منظور انحراف آب از منبع به سامانه لوله کم‌فشار به کار می‌رود. هر سازه ورودی معمولاً دارای دریچه یا شیر برای قطع و وصل جریان ورودی و تنظیم میزان جریان و بار هیدرولیکی، شبکه آشغال‌گیر برای ممانعت از ورود آشغال و حیوانات به داخل لوله، دستگاه اندازه‌گیری جریان ورودی (مانند سرریز، فلوم، مدول روزنه‌ای یا شیر پروانه‌ای) و بالاخره توری برای برطرف کردن تخم علف‌های هرز، بچه‌ماهی‌ها، حشرات و غیره می‌باشد. در مواردی که آب حاوی مواد معلق زیاد باشد، سازه ورودی دارای یک قسمت با سطح مقطع بزرگ‌تر به نام رسوب‌گیر خواهد بود که با کند کردن سرعت جریان موجبات ته‌نشینی ذرات معلق در آن قبل از ورود به لوله فراهم می‌شود. سازه‌های ورودی امکان حفاظت در مقابل ضربه موج آب و تخلیه هوا را نیز فراهم می‌آورند. سازه‌های ورودی رامی‌توان به دو گروه سازه ورودی ثقلی و سازه ایستاده با پمپ^۱ (لوله، برج و ...) طبقه‌بندی نمود. سازه‌های ثقلی که منبع آب را به طور مستقیم به

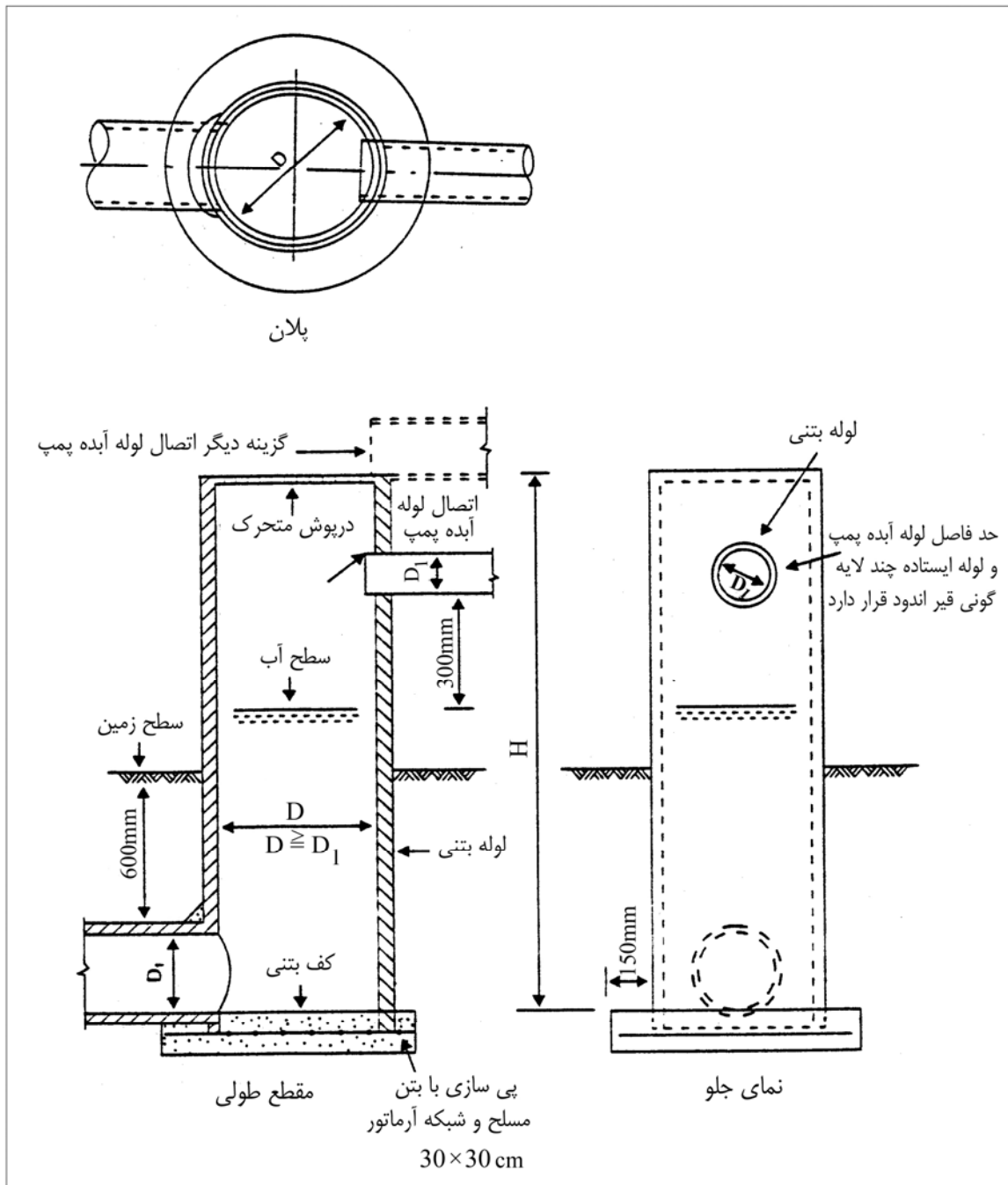
خط لوله مرتبط می‌سازند، برای مواردی که تراز آب منبع برای برقراری جریان ثقیلی در شبکه لوله و تامین فشار هیدرولیکی لازم در محل آبیگرها کافی باشد، به کار گرفته می‌شوند. نمونه طرح سازه ورودی ثقیلی در نقشه شماره ۴ و نمونه سازه لوله ایستاده پمپ در شکل (۱-۱۴) ارائه شده است.

سازه لوله ایستاده پمپ از یک طرف باید دارای ارتفاع کافی به منظور فراهم آوردن فشار لازم در محل خروجی‌ها باشد و از طرف دیگر ارتفاع آن در حد ممکن کوتاه باشد تا بتواند خط لوله را در مقابل فشار اضافی ورودی حفاظت نماید. این مهم با فراهم آوردن امکان سرریزی جریان در سازه ایستاده سرریزدار در تراز مورد نظر، فراهم می‌گردد.

لوله تخلیه هوا مطابق شکل (۲-۱۴) در مواردی که فشار خط لوله حداکثر تا ۶ متر باشد، به کار گرفته می‌شود. قطر لوله هوا باید برای سرعت حداکثر ۳ متر بر ثانیه برای شرایطی که حداکثر جریان پمپاژ از آن عبور می‌نماید، طراحی گردد.

حداکثر سرعت پایین آمدن آب در سازه ایستاده پمپ نباید از ۰/۶ متر بر ثانیه تجاوز نماید. به منظور جلوگیری از انتقال ارتعاش پمپ به سازه ایستاده و خط لوله یک اتصال قابل انعطاف^۱ در ابتدای خط لوله بین پمپ و سازه ایستاده منظور می‌شود.

در مواردی که تراز خط لوله بالاتر از محل نصب موتور پمپ قرار می‌گیرد، لوله خروجی پمپ بایستی از بالای سازه ایستاده به آن وارد شود، در غیر این صورت بایستی یک دریچه یک طرفه در ابتدای مسیر لوله کم‌فشار نصب گردد تا از برگشت آب خط لوله به سمت لوله ایستاده جلوگیری شود.



شکل ۱۴-۱- سازه لوله ایستاده پمپ

۱۴-۲-۲- شبکه آشغال گیر و توری

به منظور جلوگیری از ورود آشغال به داخل خط لوله که می‌تواند موجب گرفتگی لوله سیفون و شیرها و دریچه‌های آبیگری گردد نصب شبکه آشغالگیر در بالادست سازه ورودی ثقلی ضروری می‌باشد. شبکه آشغالگیر همچنین از ورود جانوران به داخل خط لوله جلوگیری می‌نماید.

نصب توری نیز به منظور جلوگیری از ورود بذر علف‌های هرز و لارو حشرات و ماهی‌ها ضروری است.

در حالت استفاده از سازه ایستاده پمپ به منظور جلوگیری از ورود آشغال و مواد شناور باید توری در اطراف لوله مکش پیش‌بینی گردد.

$$h_t = k_t \frac{v^2}{2g} \quad (1-14)$$

افت بار در شبکه و توری آشغال‌گیر از رابطه:

h_t : افت بار در شبکه آشغال‌گیر یا توری آشغال‌گیر (متر)

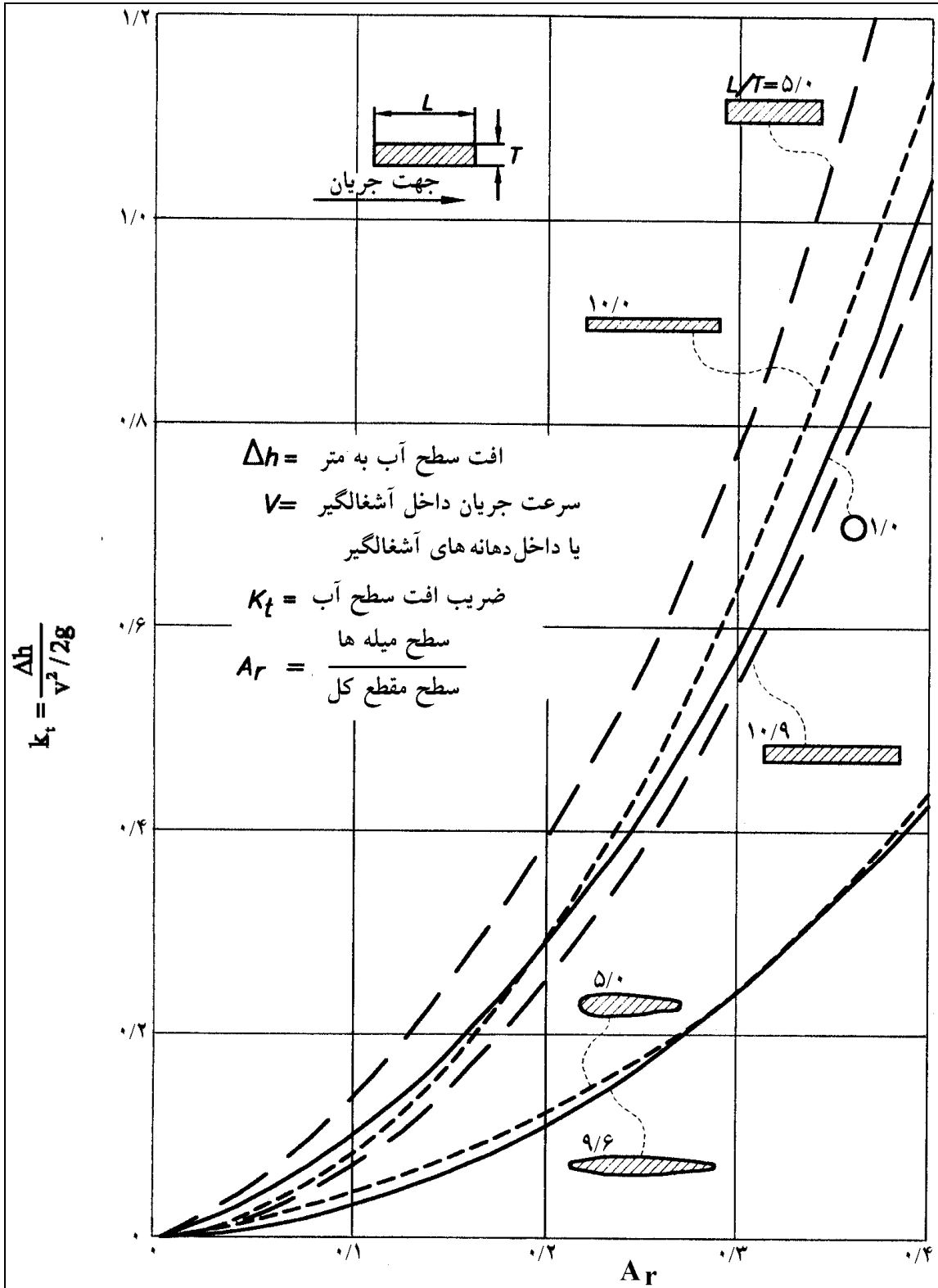
k_t : ضریب افت بار طبق نمودار (۱-۱۴)

V : سرعت متوسط جریان در آشغال‌گیر یا سوراخ‌های توری (متر بر ثانیه) که میزان آن حداکثر ۰/۶ متر بر ثانیه توصیه می‌گردد.

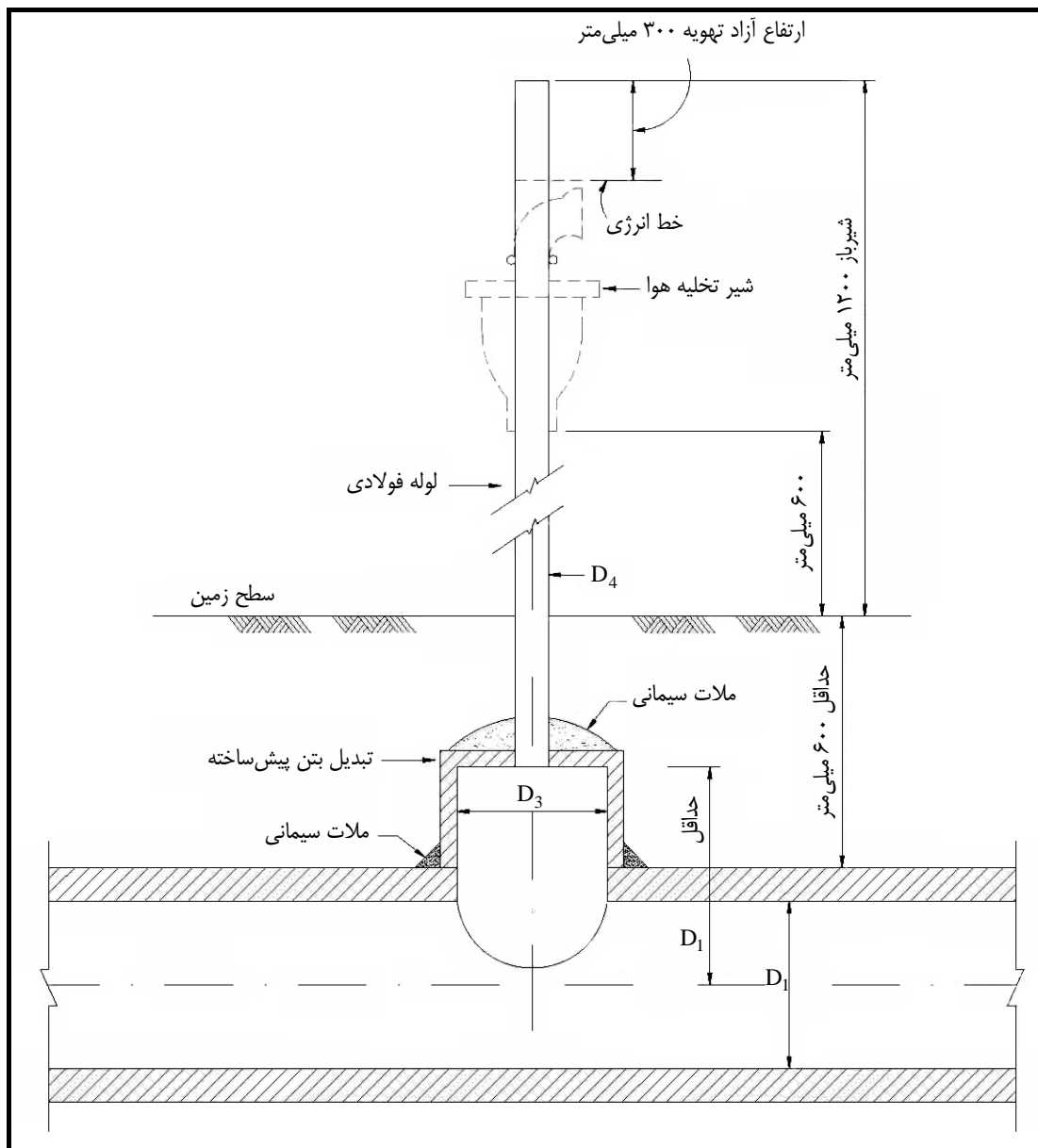
g : شتاب ثقل (متر مربع بر ثانیه)

نمودار (۱-۱۴) همچنین برای شبکه‌های توری ساخته شده قابل کاربرد می‌باشد. مقدار A_r برای هر نوع شبکه توری از کاتالوگ

کارخانه سازنده به دست می‌آید.



نمودار ۱۴-۱- ضرایب افت بار در شبکه یا توری آشغال گیر برای انواع شکل مقطع میله‌ها



نمودار ۱۴-۲- مقطع تیپ تهویه هوا (شیر هوا یا شیر باز)

توضیح: در موارد استفاده از شیر تخلیه هوا ممکن است از لوله فولادی رابط در محل نصب شیر استفاده گردد.

۱۴-۲-۳- حوضچه رسوب‌گیر

حوضچه رسوب‌گیر سازه ورودی به منظور ته‌نشینی ذرات جامد معلق در آب آبیاری پیش‌بینی می‌گردد. این حوضچه در هر دو نوع سازه ورودی ثقلی و سازه ایستاده پمپ منظور می‌گردد. رقوم کف ابتدای خط لوله باید در ارتفاع مناسبی از کف سازه ورودی قرار داده شود. ابعاد محفظه سازه ایستاده پمپ و سازه ورودی ثقلی باید به میزان کافی بزرگ باشد تا سرعت در آن کاهش یافته و امکان رسوب‌گذاری ذرات معلق فراهم گردد.

۱۴-۲-۴- سازه لوله ایستاده

سازه لوله ایستاده به صورت یک لوله یا یک محفظه چهارگوش قائم می‌باشد که بر روی خط لوله استقرار یافته و تا ارتفاع مناسبی از سطح زمین قرار می‌گیرد.

سازه لوله ایستاده نقش حفاظت در مقابل ضربه موج آب، تخلیه هوا، تنظیم و کنترل فشار را در خط لوله به عهده دارد. علاوه بر سازه لوله ایستاده پمپ سایر انواع سازه لوله ایستاده در خط لوله‌های کم‌فشار، عبارتند از لوله ایستاده دریچه‌دار، لوله ایستاده سرریزدار و لوله ایستاده با شیر شناور.

۱۴-۲-۴-۱- لوله ایستاده دریچه‌دار

سازه لوله ایستاده دریچه‌دار در محل انشعاب خط لوله فرعی از خط اصلی پیش‌بینی می‌گردد. هر یک از خروجی‌های لوله ایستاده دریچه‌دار، مجهز به دریچه کشویی یا شیر فلکه‌ای می‌باشد. لوله‌های ایستاده دریچه‌دار باید در ابعاد مناسب طراحی گردد تا امکان مانور دریچه‌ها و دسترسی برای تعمیرات و نگهداری از دریچه‌ها میسر گردد. این سازه امکان کنترل جریان خروجی به خطوط لوله فرعی انشعابی از خط اصلی و همچنین افزایش فشار در بالادست را فراهم می‌سازد.

۱۴-۲-۴-۲- لوله ایستاده سرریزدار

این نوع لوله‌های ایستاده دارای یک دیواره داخلی بوده که جریان سرریزی از روی آن صورت می‌گیرد و فشار ثابتی را در بالا دست در محل خروجی‌ها (آبگیرها) فراهم می‌آورد. بر حسب لزوم می‌توان بر روی دیواره سرریز، روزنه مجهز به دریچه کشویی نیز تعبیه نمود که در این صورت امکان انحراف جریان از طریق دیواره سرریز و برقراری فشار کم‌تر از بالادست فراهم می‌گردد. سازه لوله ایستاده سرریزدار همچنین به صورت آبشار عمل نموده و سطح آب در خط لوله در پایین دست سازه را درحد موردنظر تامین می‌نماید. سازه لوله ایستاده سرریزدار در طراحی خطوط لوله کم‌فشار در اراضی نسبتاً صاف و یا با شیب کم مورد استفاده قرار نمی‌گیرد و عموماً در اراضی با شیب تند کاربرد دارد.

۱۴-۲-۴-۳- لوله ایستاده با شیر شناور

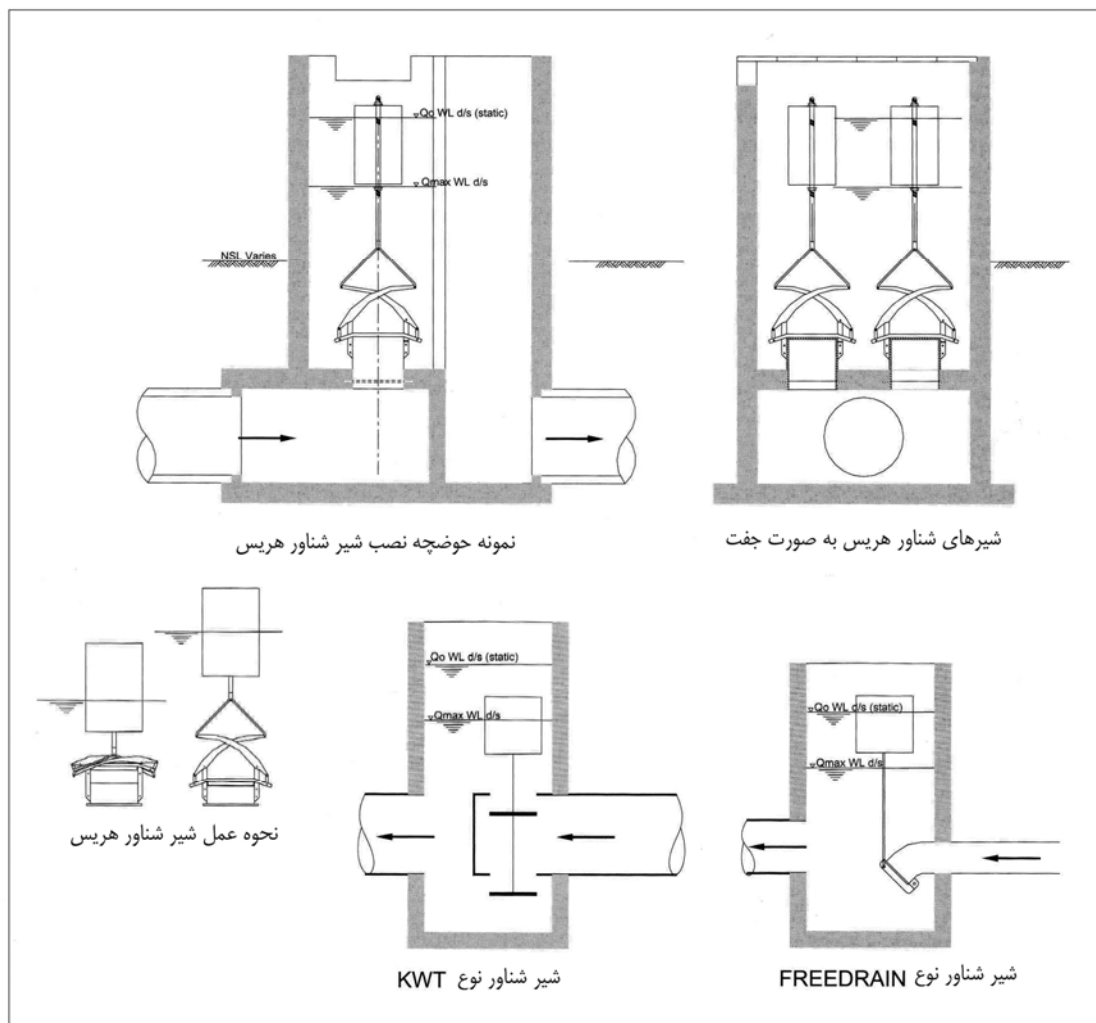
این سازه به طور خودکار فشار هیدرولیکی را در خط لوله در پایین دست خود^۱ کنترل می‌نماید بخش اصلی این سازه یک شیر شناور می‌باشد که در حالت بالا آمدن سطح آب در سازه به صورت تدریجی بسته می‌شود و در حالت پایین آمدن سطح آب در سازه باز می‌گردد. این دریچه‌ها از قطر ۱۰۰ تا ۶۰۰ میلی‌متر و ظرفیت‌های چند لیتر تا ۲۰۰۰ لیتر بر ثانیه وجود دارند. قطر لوله ایستاده باید حداقل ۸۰۰ میلی‌متر بوده و با ارتفاع آزاد حداقل ۳۰ و حداکثر ۶۰ سانتی‌متر (برحسب مورد) طرح شوند. لوله ایستاده با شیر شناور در اراضی شیب‌دار و معمولاً در فواصل متناظر با ۳ تا ۶ متر افت در تراز زمین مسیر به کار می‌روند.

جدول ۱۴-۱- اندازه‌های شیر شناور هریس، ضرایب جریان و بده متناظر با افت بار

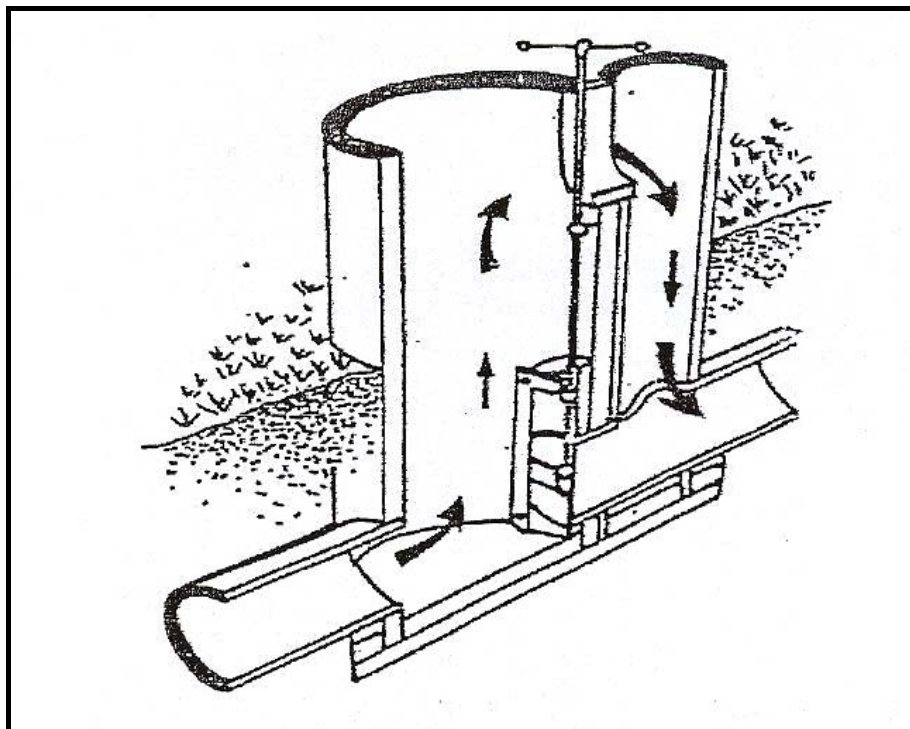
اندازه شیر اینچ	قطر به میلی‌متر	ضریب جریان *	بده جریان لیتر بر ثانیه برای مقادیر افت به متر							اندازه ابعاد شناور mm	میزان حرکت شناور mm
			۰/۵	۱/۰	۲/۰	۳/۰	۴/۰	۵/۰	۶/۰		
۴	۱۰۲	۲/۱۹	۱۷	۲۴	۳۵	۴۲	۴۹	۵۵	۶۰	۲۵۰	۱۵۲
۵	۱۲۷	۲/۵	۲۵	۳۵	۵۰	۶۱	۷۱	۷۹	۸۷	۲۵۰	۲۰۳
۶	۱۴۹	۲/۳	۳۶	۵۱	۷۲	۸۸	۱۰۲	۱۱۶	۱۲۵	۲۵۰	۲۲۹
۸	۲۰۰	۲/۲	۶۶	۹۴	۱۳۳	۱۶۲	۱۸۸	۲۱۰	۲۳۰	۴۰۰	۳۳۰
۱۲	۳۰۵	۳/۲	۱۲۸	۱۸۱	۲۵۶	۳۱۳	۳۶۲	۴۰۵	۴۴۳	۴۰۰	۴۸۳
۱۶	۳۸۱	۲/۱۵	۲۴۴	۳۴۴	۴۸۷	۵۹۷	۶۸۹	۷۷۰	۸۴۴	۶۰۰	۵۸۴
۲۰	۴۸۳	۲/۳	۳۷۸	۵۳۵	۷۵۷	۹۲۷	۱۰۷۰	۱۱۹۷	۱۳۱۱	۶۰۰	۵۸۴
۲۴	۵۸۴	۲/۸	۵۰۱	۷۰۹	۱۰۰۳	۱۲۲۸	۱۴۱۸	۱۵۸۶	۱۷۳۷	۶۰۰	۸۱۳

* مقدار افت بار از شیر شناور از حاصل ضرب ضریب جریان در ارتفاع نظیر سرعت عبور آب از روزنه به دست می‌آید.

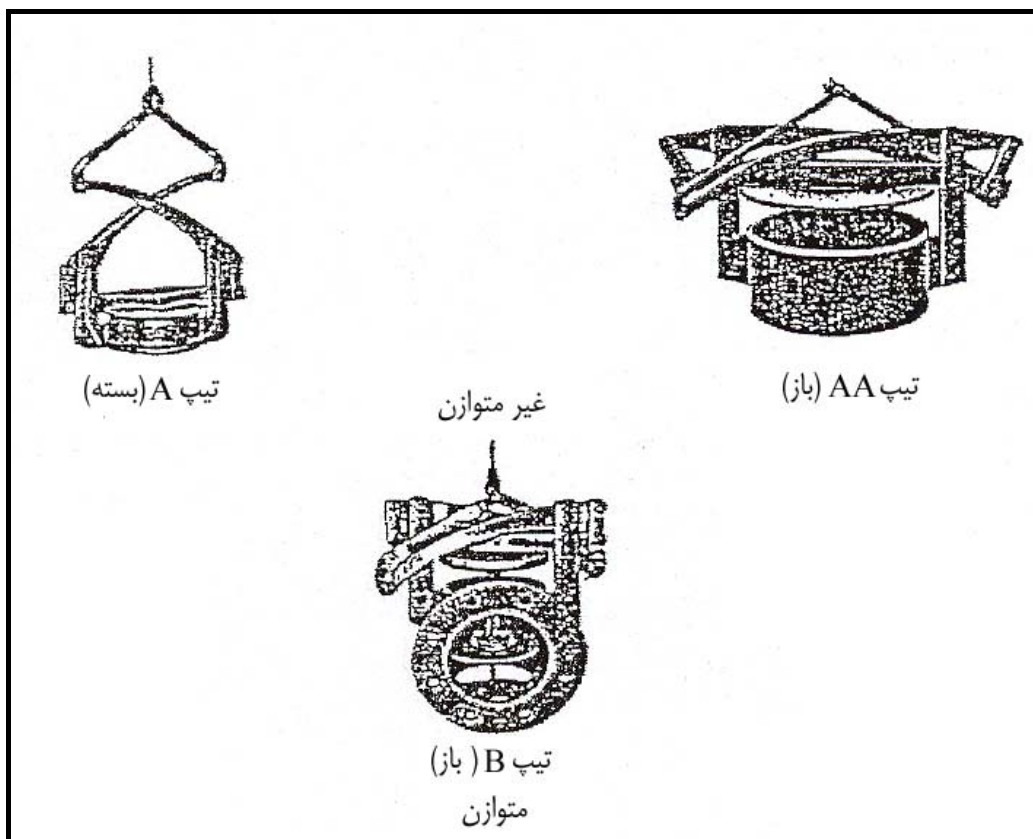
در شرایط به کارگیری یک سری از لوله‌های ایستاده با شیر شناور در مسیر خط لوله، نیاز به طراحی هیدرولیکی دقیق به منظور جلوگیری از بروز ضربه موج آب و عملکرد نامناسب شیرها می‌باشد.



شکل ۱۴-۳- انواع شیر شناور در حوضچه‌های کنترل لوله‌های کم‌فشار نیمه‌بسته



شکل ۱۴-۴- لوله ایستاده سرریزدار



شکل ۱۴-۵- نمونه‌هایی از شیرهای شناور هاریس

۱۴-۲-۵- خروجی‌ها (آبگیرها)

خروجی‌ها سازه‌هایی هستند که جریان آب را از خطوط لوله کم‌فشار توزیع آب به کرت‌ها و فاروها تخلیه می‌نمایند. خروجی‌ها (آبگیرها) معمولاً شامل یک لوله قائم^۱ و یک یا چند شیر برای کنترل جریان خروجی می‌باشند. خروجی‌ها باید آب را بدون این‌که موجب فرسایش خاک شوند به قطعات زراعی تخلیه نمایند. انواع خروجی‌ها شامل شیر آلفالفا، شیر باغی، انواع هیدرانت و انواع لوله دریچه‌دار می‌باشد.

۱۴-۲-۵-۱- شیر آلفالفا

شیرهای آلفالفا برای تخلیه آب در حجم نسبتاً زیاد به کرت‌ها، حوضچه‌ها و یا تعدادی فارو از طریق تخلیه آب به یک نهر زراعی یا لوله دریچه‌دار مورد استفاده قرار می‌گیرد. این شیرها بر روی یک لوله قائم در تراز ۷ تا ۸ سانتی‌متری سطح زمین نصب می‌شوند. در حالتی که شیر آلفالفا باز باشد، آب از همه جوانب آن خارج می‌شود.

میزان جریان از یک شیر آلفالفا از رابطه:

$$Q = K C_d A h^{1/2} \quad (۲-۱۴)$$

به دست می‌آید.

که در آن:

Q: بده جریان شیر (لیتر بر دقیقه)

C_d : ضریب جریان معادل ۰/۷

A: سطح بازشدگی (سانتی‌متر مربع) معادل (D×d) که در آن: D قطر بازشدگی و d ارتفاع بازشدگی شیر بر حسب سانتی‌متر می‌باشد.

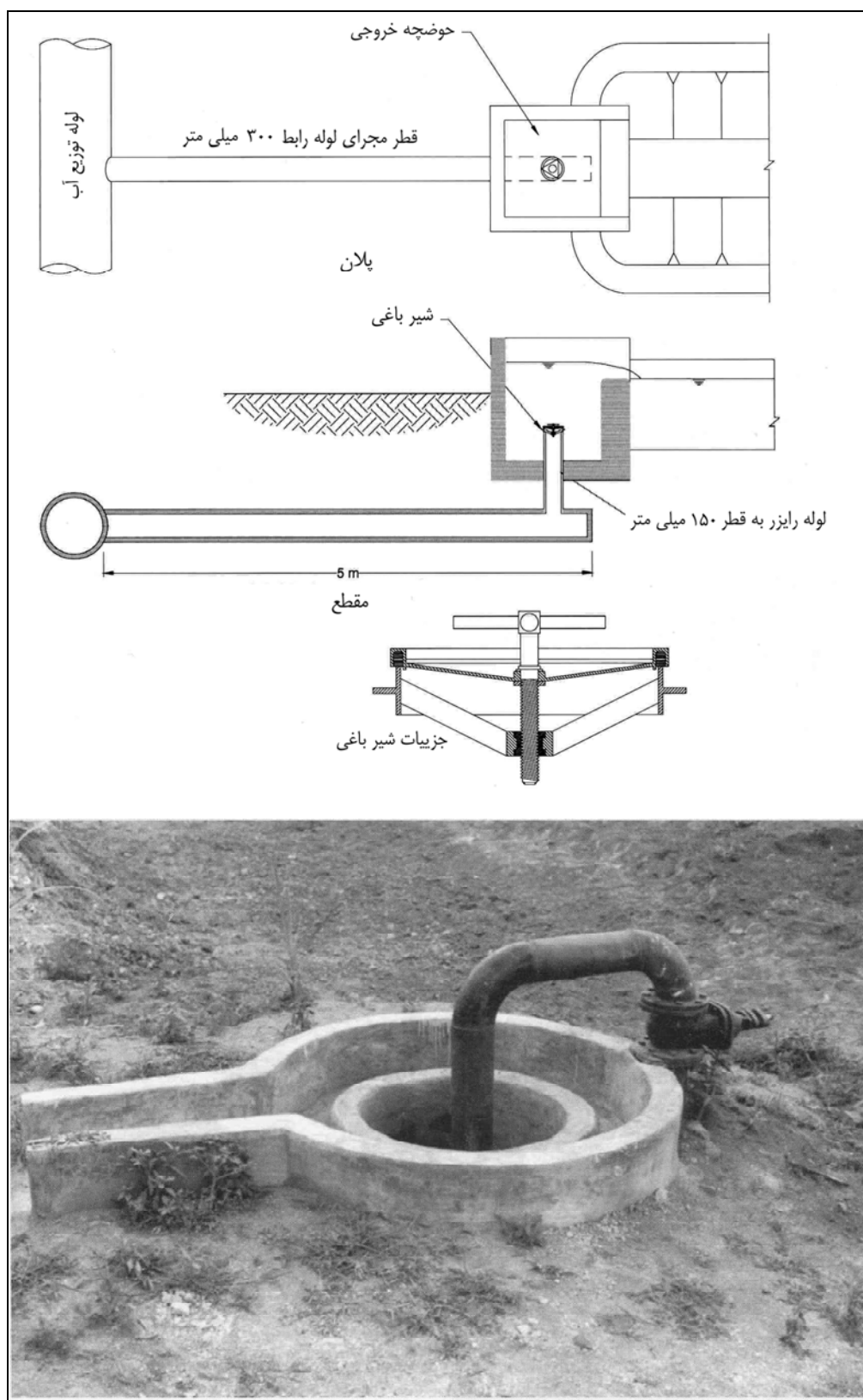
h: افت بار هیدرولیکی در شیر معادل اختلاف بار آبی در بالادست شیر و ارتفاع آب روی شیر (سانتی‌متر).

توصیه می‌شود که بار آبی بالادست شیر ۳۰ سانتی‌متر بالاتر از تراز زمین طبیعی باشد. بنابراین اندازه شیر برای h حداکثر، معادل ۳۰ سانتی‌متر طرح می‌گردد.

k: ضریب ثابت تبدیل واحدها (معادل ۲/۶۶ برای Q بر حسب لیتر بر دقیقه)

۱۴-۲-۵-۲- شیر باغی

شیر باغی (شکل (۱۴-۶)) نیز در یک لوله قائم (رایزر) قرار می‌گیرد. اندازه بازشدگی شیرباغی از قطر لوله قائم کوچک‌تر است. بنابراین این شیرها در مواردی که بده جریان کم‌تری (نسبت به شیر آلفالفا) در محل آبیاری لازم است، به کار می‌روند. ظرفیت شیر باغی با استفاده از رابطه بالا و با ضریب $C_d=0.6$ به دست می‌آید.



شکل ۱۴-۶- نمونه‌ای از سازه آبیگری مزرعه از یک لوله کم‌فشار زیرزمینی

جدول ۱۴-۲- مقادیر بده در شیرهای آلفا و باغی متناسب با افت

اندازه شیر (سانتی‌متر)	بده جریان لیتر بر ثانیه متناظر با مقادیر افت به متر			
	۰/۱	۰/۲۵	۰/۵	۱/۰
۱۰	۱۰	۱۳	۱۷	۲۵
۱۵	۲۰	۳۱	۳۷	۵۵
۲۰	۳۴	۵۴	۶۴	۹۹
۲۵	۵۷	۸۸	۱۱۰	۱۴۷
۳۰	۸۵	۱۲۰	۱۵۶	۲۲۶
۳۵	۱۰۸	۱۷۰	۲۱۵	۲۸۳
۴۰	۱۳۳	۲۲۱	۲۶۶	۳۶۸
۴۵	۱۷۰	۲۶۹	۳۱۱	۵۰۹
۵۰	۲۲۶	۳۴۰	۴۵۳	۵۹۴
۵۵	۳۲۵	۵۰۹	۵۹۴	۹۳۴
۶۰	۵۳۸	۷۳۶	۱۰۴۷	۱۲۷۴
۶۵	۶۷۹	۱۱۳۲	۱۳۳۰	۱۸۶۸

۱۴-۲-۳- شیر حوضچه باز^۱

در این نوع خروجی (آبگیر) لوله قائم آبگیر به میزان لازم بالاتر از زمین طبیعی ادامه می‌یابد تا امکان نصب دو یا تعداد بیش‌تری دریچه کشویی در روزه‌های واقع بر روی آن در تراز زمین طبیعی یا کمی بالاتر فراهم گردد.

یک شیر باغی که در داخل لوله قائم در زیر دریچه‌های کشویی نصب می‌شود، امکان تنظیم سطح آب به میزان ۳ تا ۸ سانتی‌متر بالاتر از دریچه کشویی را فراهم می‌سازد.

با مانور دریچه‌های کشویی که برای سرعت حداکثر تا ۰/۹ متر بر ثانیه طراحی می‌شوند، می‌توان جریان موردنظر را در خروجی‌ها برقرار نمود.

۱۴-۲-۴- شیر حوضچه‌ای^۲

در سازه خروجی با شیر حوضچه‌ای، حوضچه با در پوش بسته می‌شود و دریچه‌های کشویی برای تنظیم جریان خروجی در بیرون حوضچه قرار می‌گیرند. در این نوع آبگیری، از شیر باغی برای تنظیم سطح آب استفاده نمی‌شود و جریان خروجی با تنظیم فشار در خط لوله با میزان گشودگی دریچه‌های کشویی کنترل می‌گردد. در بعضی موارد به جای دریچه کشویی از شیرهای نوع پیچی^۳ که قادر به شکستن جت خروجی آب از حوضچه می‌باشد و خطر فرسایش خاک را کاهش می‌دهد، استفاده می‌گردد.

شیرهای حوضچه‌ای برای آبیاری باغات و زراعت‌های دائمی که جریان کمی در فاروها تخلیه می‌شود، به کار گرفته می‌شود. فشار داخلی در محل شیرها باید حداکثر بین ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متر برقرار گردد و دریچه‌هایی به کار گرفته شود که در حالت بسته بودن کاملاً آب بند باشند.

1- Open Pond Hydrant
2- Pot Hydrant
3- Screw Type Valves

۱۴-۲-۵-۵- شیر حوضچه‌ای سرریزی

این نوع خروجی‌ها ترکیبی از شیر حوضچه باز و لوله ایستاده سرریزدار می‌باشد که در اراضی با شیب تند مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۱۴-۲-۵-۶- لوله‌های دریچه‌دار

لوله‌های دریچه‌دار به صورت لوله‌های متحرک از نوع آلومینیومی، پی‌وی‌سی، لوله‌های لاستیکی یا پلاستیکی تاشونده که با نام تجاری هیدروفلوم در ایران نامیده می‌شود، می‌باشند که دارای خروجی‌هایی با فواصل یکنواخت به منظور تخلیه آب به فاروها هستند. جریان آب از هر دریچه خروجی با کنترل اندازه روزنه دریچه تنظیم می‌شود. قطر لوله‌های دریچه‌دار معمولاً از ۱۰ تا ۳۰ سانتی‌متر می‌باشد. لوله‌های تاشونده نوع پلاستیکی (هیدروفلوم) به لحاظ قابلیت جمع‌شدن بر روی قرقره به سهولت قابل انبار نمودن در پایان فصل آبیاری می‌باشند.

طراحی لوله‌های دریچه‌دار باید با امکان تامین فشار لازم در محل هر دریچه صورت گیرد. میزان بازشدگی دریچه‌ها به لحاظ متغیر بودن فشار در طول مسیر لوله برای تخلیه یکنواخت جریان دارای اهمیت است. فرمول‌های هیدرولیکی محاسبه افت فشار و سرعت جریان نظیر رابطه هیزن ویلیامز برای طرح لوله‌های دریچه‌دار قابل کاربرد می‌باشد. ضریب $C=144$ برای لوله‌های دریچه‌دار آلومینیومی با طول شاخه ۱۰ متری و $C=130$ برای لوله‌های پی‌وی‌سی توصیه می‌شود.

از سرعت‌های خروجی بالا که در دریچه‌هایی با روزنه تنگ و فشار کار بالا رخ می‌دهد، به لحاظ ممانعت از فرسایش باید جلوگیری نمود.

در محل انشعاب لوله‌ها می‌توان از شیر پروانه‌ای برای استهلاک فشار اضافی استفاده نمود. همچنین برای جلوگیری از فرسایش می‌توان از لوله‌های قابل انعطاف موسوم به ساکس^۱ در انتهای هر روزنه خروجی لوله استفاده نمود. این ابزار موجب استهلاک انرژی ناشی از سرعت خروجی بالا از روزنه‌های خروجی می‌گردد.

از شیرهای جریان موجی، شیرهای مانور شده با جریان آب و شیرهای بادی برای سامانه آبیاری خودکار نشتی می‌توان استفاده نمود.

۱۴-۲-۵-۷- شیر متحرک^۲

این نوع شیرها بر روی شیر آلفالفا نصب می‌گردد تا لوله روزمینی متحرک را به لوله آبرسان زیرزمینی مرتبط سازد. این شیرها دارای مکانیزم آب‌بندی شیر به لوله ایستاده و یک دسته خارجی که به شیر آلفالفا مرتبط می‌گردد، می‌باشند. وقتی که این شیر در محل خود قرار دارد دسته خارجی آن برای باز و بسته کردن شیر آلفالفا به کار می‌رود. شیرهای متحرک ممکن است دارای یک خروجی برای هدایت جریان در یک جهت و یا دو خروجی در دو جهت باشند. یک گیره^۳ اتصال لوله روزمینی متحرک را به شیر فراهم می‌سازد.

1- Socks
2- Portable Hydrant
3- Clamp

۱۴-۲-۵-۸- شیرهای بادی^۱

شیر بادی شامل یک واشر لاستیکی قابل باد شدن می‌باشد که بر روی شیر آلفالفا نصب می‌گردد. شیرهای بادی همراه با لوله‌های دریچه‌دار برای آبیاری فاروها و کرت‌ها به کار گرفته می‌شود. بعضی انواع شیرهای بادی را می‌توان به صورت برنامه‌ریزی شده (توسط آبیاری) باز و بسته کرد و یک تقویم آبیاری را پیاده نمود، این شیرها را می‌توان از راه دور نیز کنترل کرد.

۱۴-۲-۵-۹- شیرهای مانورثونده با جریان آب^۲

این شیرها که از جریان آب برای فعال شدن استفاده می‌کنند برای سرویس باز و بسته نمودن و مدوله کردن جریان در لوله‌های دریچه‌دار و لوله‌های توزیع آب به کار گرفته می‌شوند. از جریان آب در لوله برای بسته شدن شیر استفاده می‌شود. یک زمان سنج فعال که با باطری کار می‌کند برای کنترل باز و بسته بودن شیر مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۱۴-۲-۶- شیرها و تخلیه‌کننده‌های هوا^۳

تخلیه‌کننده‌های هوا برای رهاسازی کنترل شده هوای داخل لوله نصب می‌شوند، به لحاظ آن که این سازه‌ها عموماً روی زمین مستقر هستند، برای کاهش هزینه‌های نگهداری، تا حد امکان باید به تعداد کم از آنها در خطوط لوله استفاده شود.

به طور کلی هوا از طرق زیر به لوله وارد می‌شود:

- شرایط گردابی در حوضچه مکش پمپ
- هنگام خالی بودن لوله
- به صورت محلول در آب
- از راه دهانه ورودی منبع آب

گرچه موقعیت‌هایی که در آن شیرهای تخلیه هوا در مسیر خط لوله به صورت محتمل مورد نیاز می‌باشد، قابل پیش‌بینی است اما بدون طراحی دست بالا (پیش‌بینی مقدار کافی شیر تخلیه هوا)، فراهم کردن ایمنی برای همه وضعیت‌های جریان امکان‌پذیر نمی‌باشد. برای بیش‌تر سامانه‌های لوله‌های کم‌فشار در محل‌هایی که به‌طور بالقوه امکان بروز مشکل پس از بهره‌برداری وجود دارد، تعبیه تخلیه‌کننده‌های هوای اضافی به حل مشکل کمک می‌نماید. استانداردهای متداول فاصله مناسب نصب تخلیه‌کننده‌های هوا در مسیر خط لوله را حداکثر ۴۰۰ متر و ترجیحاً ۲۰۰ متر پیشنهاد نموده‌اند. اما تجربیات حاصل از طراحی و بهره‌برداری از پروژه‌های مشابه می‌تواند بهترین راهنما باشد.

شرایطی که برای تخلیه‌کننده‌های هوا مورد نیاز خواهد بود عبارت است از :

- سیستم‌های کم‌فشار لوله‌ای با شیب خیلی کم، جایی که حرکت هوا به هنگام پر کردن لوله‌ها بسیار کند است .
- جایی که تجمع هوا در خط لوله در بین دو آبیاری به میزان قابل توجهی افزایش می‌یابد، به عنوان مثال لوله‌های بتنی با ملات سیمانی در محل اتصالات لوله‌ها

و در موقعیت‌هایی که مقادیر زیادی از هوا وارد جریان آب می‌شود مانند:

1- Pneumatic Valves
2- Water Operated Valves
3- Air Vents and Valves

- سازه‌های لوله ایستاده با سرریز کنترل در سامانه‌های لوله‌ای باز
- سازه‌های لوله ایستاده با پمپ با سرعت زیاد جریان آب در داخل لوله
- تغییرات ناگهانی در مسیر خط لوله به خصوص در نقاط مرتفع و تغییرات نزولی خط انرژی در مسیر جریان
- پایین دست شیرهای قطع و وصل در مسیر جریان
- انتهای هر خط لوله سامانه کم‌فشار

در شرایط یکسان، سامانه‌های لوله‌ای شاخه‌ای نسبت به سامانه‌های حلقوی که از دو جهت پر می‌شوند، به تعداد بیش‌تری شیر تخلیه هوا نیاز دارند. در صورت امکان سامانه‌های لوله‌ای باید طوری طراحی شوند که مقدار هوای ورودی و یا تعداد دفعاتی که در آن لوله‌ها در حداصل دوره‌های آبیاری، تخلیه می‌شوند، به حداقل برسد.

سازه‌های تخلیه هوا به دو گروه تقسیم می‌شوند: تخلیه‌کننده‌های هوا و شیرهای هوا

۱۴-۲-۶-۱- تخلیه‌کننده‌های هوا^۱

این نوع سازه‌ها شامل برج‌های روبازی هستند که در خطوط لوله کم‌فشار مورد استفاده قرار می‌گیرند و ارتفاع آنها باید بالای خط شیب انرژی قرار گیرد.

تخلیه‌کننده‌های باز به طور مستقیم به خط لوله وصل می‌شوند و بلندی آنها در حد تراز خط هیدرولیکی جریان در بالای کف لوله به علاوه حداقل ۰/۳ متر به عنوان ارتفاع آزاد می‌باشد. معمولاً این نوع دریچه‌ها برای ارتفاع بالاتر از ۴ تا ۵ متر مورد استفاده قرار نمی‌گیرند. همچنین در مواردی که قطر لوله این دریچه‌ها حداقل ۲۰۰ میلی‌متر باشد، می‌تواند نقش ضربه‌گیر در مقابله با ضربه آبی داشته باشد. در مواردی که به محافظت سیستم در مقابل ضربه آبی نیازی نیست، قطر دریچه تخلیه هوا می‌تواند ۱/۶ قطر لوله اصلی یا حداقل ۵۰ میلی‌متر باشد.

۱۴-۲-۶-۲- دریچه‌های مکانیکی تخلیه هوا^۲

این دریچه‌ها می‌توانند به جای دریچه‌های باز تخلیه هوا در خطوط لوله کم‌فشار استفاده شوند. این دریچه‌ها امکان تخلیه حجم زیادی از هوا را فراهم می‌سازند و خصوصاً به هنگام پرشدن لوله عمل می‌نمایند و در دوره بهره‌برداری عادی که لوله‌ها پر هستند، بسته می‌مانند. این نوع شیرها معمولاً در ارتفاع ۰/۵ متر یا بالاتر از سطح زمین استقرار می‌یابند و قابلیت تخلیه مقادیر کم هوای محبوس شده در لوله را در دوران بهره‌برداری ندارند.

حداقل اندازه توصیه شده برای این نوع شیرها براساس استاندارد رایج در امریکا در جدول (۱۴-۳) ارائه شده است. سازندگان قابلیت استفاده این نوع دریچه‌ها را صرفاً برای فشار کار ۷ تا ۳۵ متر که در آن لوله‌ها آب‌بند می‌باشند، توصیه نموده‌اند.

1- Vent

2- Mechanical Air Vents

جدول ۱۴-۳- حداقل قطر روزنه برای دریچه‌های مکانیکی تخلیه هوا

قطر لوله (میلی‌متر)	حداقل اندازه روزنه (میلی‌متر)
۱۵۰	۵۰
۲۵۰	۵۵
۴۰۰	۸۰
۵۰۰	۱۰۰
۸۰۰	۱۲۵
۹۰۰	۱۶۵

۱۴-۲-۳- شیرهای تخلیه هوا

در مواردی که برای فشارهای زیاد دریچه‌های باز کارایی لازم را ندارند، با استفاده از شیرتخلیه هوا، امکان تخلیه هوا فراهم می‌گردد. ابعاد روزنه یک شیر هوا بستگی به قطر لوله، شیب لوله، میزان جریان و فشار کار لوله دارد. زمانی که پر کردن لوله‌ها با تواتر مشخصی مورد نیاز است، مثلاً در جایی که لوله‌ها به جهت تلفات نشت آب خالی می‌شوند، شیرهای تخلیه هوا با روزنه بزرگ مورد نیاز است. عملکرد این شیرها برای تخلیه مقادیر کم هوا، در طول بهره‌برداری ضعیف بوده و اغلب شیرهای اضافی تخلیه هوا که به طور مداوم کار می‌کنند، مورد نیاز است.

جهت اجتناب از به وجود آمدن خلا که باعث خرابی به خصوص در لوله‌های نوع پی‌وی‌سی با دیواره نازک می‌گردد، از شیرهای خلازدا برای ورود مجاز هوا به داخل لوله استفاده می‌شود.

۱۴-۲-۴- شیرهای خلازدا

این شیرها به صورت تک منظوره برای تخلیه خلا و یا دومنظوره، در جایی که وظیفه تخلیه هوا را نیز عهده‌دار است کاربرد دارند. نقش شیرهای خلازدا به خصوص در سامانه‌هایی با لوله پی‌وی‌سی جدار نازک که نسبت به شکستگی ناشی از فشار منفی حساسیت بیش‌تری دارند، مهم می‌باشد.

در سامانه‌های آبیاری با لوله‌های پی‌وی‌سی سخت جدار نازک که در برابر فشار منفی شدیداً شکننده هستند، خلا ایجاد شده در اثر تخلیه سریع لوله، عامل مهمی در شکستن لوله می‌باشد.

محل استقرار اصلی شیرهای هواگیری پایین‌دست پمپ‌هاست و این شیرها باید به طور مستقیم روی خط لوله نصب شوند تا بتوانند سریعاً هوای شیرها و دریچه‌های خط لوله را تخلیه کنند. سامانه لوله‌های بتنی کم‌فشار معمولاً به علت استفاده از خروجی روباز، نیازی به این شیرها ندارند.

حداقل اندازه روزنه شیر خلازدا که در نقاط مرتفع نصب می‌گردند در جدول (۱۴-۲) ارائه شده است.

۱۴-۲-۵- شیرهای تخلیه دائم هوا^۱

این نوع شیرها قادر به تخلیه حجم زیادی از هوا نمی‌باشند. اما در مواردی که در هنگام بهره‌برداری مقداری هوا در لوله‌ها جمع می‌شود، کاربرد دارند. از این شیرها می‌توان در خطوط لوله‌هایی که در حدفاصل دوره‌های آبیاری کاملاً تخلیه نمی‌شوند، استفاده کرد.

سازندگان، شیرهایی تولید نموده‌اند که ترکیبی از شیر هواگیری و تخلیه هوا می‌باشد و در فشارهای کم‌تر از ۳ متر مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند.

اندازه‌های پیشنهادی روزنه این نوع شیرها برحسب بده خط لوله در جدول (۱۴-۴) ارائه شده است.

جدول ۱۴-۴- حداقل قطر روزنه ورودی هوا در شیرهای خلازدا

قطر لوله (میلی‌متر) شیب لوله %	۱۵۰	۲۵۰	۴۰۰	۵۰۰	۸۰۰
۱	۱۵	۵۵	۹۰	۱۱۵	۱۷۵
۲	۲۵	۶۰	۱۰۰	۱۳۰	۲۰۰
۳	۳۰	۷۰	۱۰۵	۱۴۵	۲۲۰
۴	۴۰	۷۵	۱۱۰	۱۵۵	۲۳۵
۶	۵۰	۸۵	۱۲۰	۱۶۰	۲۶۰
۱۰	۵۵	۹۰	۱۳۵	۱۷۵	۳۱۵
۲۰	۶۰	۱۰۰	۱۶۰	۲۱۰	۳۷۰

۱۴-۲-۷- توصیه‌های طراحی و بهره‌برداری از تخلیه‌کننده‌ها و شیرهای هوا

موقعیت لوله‌های تخلیه هوا بهتر است هم‌زمان با طراحی سامانه لوله‌های ضربه‌گیر تعیین گردد، زیرا کلیه لوله‌های ضربه‌گیر می‌توانند به عنوان لوله‌های هوا نیز عمل نمایند. در برخی موارد می‌توان لوله‌های ضربه‌گیر را طوری جابجا نمود که بدون این‌که تاثیر معنی‌داری در عملکرد آنها به وجود آید، به عنوان شیرهای تخلیه هوا و هواگیری نیز عمل نمایند.

با هدف استاندارد کردن، لوله‌های تخلیه هوا را می‌توان از جنس لوله‌های سامانه کم‌فشار آبیاری ساخت. همچنین به عنوان یک گزینه، می‌توان از لوله‌های فولادی گالوانیزه با حداقل قطر ۵۰ میلی‌متر استفاده نمود.

حداکثر ارتفاعی که یک لوله هوا را می‌توان اجرا نمود بستگی به نوع مصالح آن دارد. برای لوله‌های بتنی غیرمسلح، این ارتفاع تا حداکثر ۳ متر بالاتر از سطح زمین می‌باشد، در صورتی که این ارتفاع برای لوله‌های پی‌وی‌سی سخت تا ۴ متر امکان‌پذیر است. ارتفاع مورد نیاز برای لوله‌های تخلیه هوا با توجه به ارتفاع خط انرژی و ارتفاع آزاد باید به صورت موردی برای هر لوله باز تعیین گردد.

سامانه لوله‌های بتنی کم‌فشار به ندرت به لوله‌های هوا با ارتفاع بیش از ۳ متر نیاز دارند. در صورتی که در سامانه لوله‌های پی‌وی‌سی سخت ممکن است در محل‌هایی که فشار در هنگام بهره‌برداری از فشار در نظر گرفته شده در محل لوله‌های هوای روباز فراتر رود، شیرهای تخلیه هوا لازم باشد. شیرهای مکانیکی هوا که برای فشارهای متوسط بسیار قابل اطمینان هستند، بهترین انتخاب برای این شرایط می‌باشند و این شیرها از اجزای بسیار ضروری تاسیسات پایین‌دست هر نوع پمپی هستند که به طور مستقیم به منبع تامین آب متصل می‌شوند. همانند سایر سازه‌های روی زمین، شیرهای هوا آسیب‌پذیر هستند و راهکارهای مناسبی را برای مقابله با تخریب آنها باید در نظر گرفت این راهکارها می‌تواند شامل موارد زیر باشد:

- برای استفاده‌کنندگان سامانه، اهداف و نقش این تجهیزات تشریح شود، چرا که ناآگاهی می‌تواند انگیزه‌ای در تخریب یا حتی ربودن وسایل مستقر در روی زمین باشد.

- اطمینان حاصل گردد که برای لوله‌های باز تخلیه هوا که در نقاط مرتفع مسیر خط لوله اجرا شده و در دسترس احتمالی کودکان قرار می‌گیرند، اقدامات احتیاطی لازم صورت گرفته است. اکثراً لوله‌های هوا دارای قطر کوچک هستند و خطری برای کودکان ایجاد نمی‌نمایند. تجربه نشان می‌دهد که لوله‌های ضربه‌گیر بزرگ و لوله‌های ایستاده کنترل آب می‌توانند برای کودکان خطرناک باشند.
- بر روی لوله‌های تخلیه هوای روباز باید یک درپوش مشبک و یا یک توری قرارداد و یک شبکه آهنی ایجاد نمود تا مانع ورود اشیای بزرگ (از قبیل سنگ‌ها و یا کلوخ‌ها) که می‌توانند باعث مسدود شدن لوله گردند، بشود. در مواردی که لوله‌های هوا مرتفع باشد، به این درپوش‌ها نیازی نیست.
- برای جلوگیری از ورود اشیاء به داخل لوله‌های هوا با قطر کوچک، یک زانویی \cap شکل در بالای آن نصب می‌شود.

۱۴-۲-۷-۱- شیرهای تخلیه هوا

- شیرهای تخلیه هوا را می‌توان در زیرزمین در داخل یک محفظه تعبیه نمود و یا ممکن است آنها را بالای یک پایه در روی زمین نصب کرد. در هر دو حالت باید تجهیزات شامل یک شیرقطع و وصل باشد که بر روی یک انشعاب قرار گیرد تا در موقع تعمیرات امکان برداشتن آن بدون نیاز به تخلیه آب لوله وجود داشته باشد.
- دسترسی برای نگهداری آنها باید آسان بوده و چنانچه امکان یخ‌زدگی وجود داشته باشد حفاظت کافی برای جلوگیری از یخ‌زدگی و عایق‌بندی آنها صورت گیرد.
- شیرهای تخلیه هوا باید قادر به تخلیه مقادیر کم آب، در شرایط بهره‌برداری عادی و اشیای خارجی جمع شده در محل شیر باشند تا از گرفتگی کامل آنها جلوگیری شود.
- باید ترتیبات مقتضی برای زهکشی آب تخلیه شده و جلوگیری از ماندابی شدن اراضی اطراف شیر تخلیه هوا در اثر جمع شدن آب تخلیه شده صورت گیرد.
- حداقل اندازه شیر تخلیه هوا برای لوله‌های با بده مختلف و شرایط تخلیه دائمی هوا در جدول (۱۴-۵) ارائه شده است.

جدول ۱۴-۵- حداقل اندازه شیر تخلیه هوا برای لوله‌های با بده مختلف و شرایط تخلیه دائمی هوا

اندازه روزنه شیر تخلیه هوا (میلی‌متر)	بده لوله (لیتر بر ثانیه)
۲/۵	۰-۲۵
۴	۲۵-۵۰
۵	۵۰-۱۰۰
۶	۱۰۰-۱۵۰
۱۰	>۱۰۰

فصل ۱۵

ملاحظات طراحی سازه‌های سامانه

لوله‌های کم‌فشار

۱-۱۵ - سازه ورودی، لوله ایستاده پمپ و برج تامین فشار اولیه^۱

سازه ورودی، لوله ایستاده پمپ و برج‌های آب شامل دامنه وسیعی از سازه‌ها می‌باشند که پمپ یا منبع فشار را به سامانه لوله کم‌فشار متصل می‌نماید. این سازه‌ها با توجه به نحوه ارتباط پمپ و چگونگی تامین فشار در سامانه لوله‌ها به انواع مختلف تقسیم می‌شوند. در طراحی هیدرولیکی سامانه‌های لوله‌های کم‌فشار این سازه‌ها در دو گروه قابل تفکیک هستند:

- سازه‌هایی که جهت جبران افت‌های اصطکاکی سامانه، آب از طریق پمپ به داخل یک برج یا لوله عمودی در تراز مورد نیاز و بالاتر از ورودی سامانه رانده می‌شود که برج‌های تثبیت فشار، مخزن تامین فشار اولیه^۲ و لوله‌های عمودی تنظیم فشار در این گروه از لوله‌های ایستاده پمپ قرار می‌گیرند.
- سازه‌هایی که در آنها آب تامین شده به صورت ثقلی یا با پمپاژ به صورت آزاد به داخل مخزن یا لوله عمودی تنظیم فشار وارد می‌گردد و بار هیدرولیکی قابل دسترس با توجه به ارتفاع و موقعیت استقرار لوله خروجی و خروجی‌های آب (آبگیرها) تعیین می‌شود. لوله‌های ایستاده کم‌فشار بتنی^۳، مخازن هوایی^۴ و همچنین ورودی مستقیم از منبع آب ثقلی در این گروه از سازه‌ها قرار می‌گیرند در شکل (۱۴-۱) نمونه لوله ایستاده پمپ نشان داده شده است.

۱-۲ - لوله ایستاده پمپ و مخزن تامین فشار

لوله ایستاده پمپ یا مخزن تامین فشار جهت فراهم نمودن تراز آب در حدی که شیب هیدرولیکی به میزان مورد نیاز در سامانه لوله‌ها برقرار باشد، طراحی می‌گردد. برای تعیین ارتفاع این سازه‌ها، حداقل $0/3$ متر به عنوان ارتفاع آزاد به تراز مورد نیاز اضافه می‌گردد.

برای برآورد بار هیدرولیکی قابل دسترس جهت تعیین ارتفاع لوله ایستاده پمپ یا مخزن تامین فشار، افت‌های جزئی محاسبه و مدنظر قرار می‌گیرد. اگر بار هیدرولیکی طراحی شده نهایی خارج از حدود تامین ثقلی جریان بوده و یا نوع مخزن تامین فشار مطابق انتظار نباشد، لازم است محاسبات طراحی جهت دستیابی به بار هیدرولیکی کم‌تر، تکرار گردد.

در طراحی سازه‌های تامین فشار موارد زیر باید در نظر گرفته شود:

- منبع آب باید تا حد ممکن در مجاورت اراضی بلندآب که باید آبیاری گردند مستقر شود. در موارد استفاده از چاه اگر موقعیت چاه در نقطه بلندآب قرار داده شود، باعث تامین بار هیدرولیکی و در نتیجه کاهش قطر لوله‌ها و کاهش هزینه سرمایه‌ای سامانه لوله کم‌فشار می‌شود.

موارد زیر باید در طراحی لوله ایستاده پمپ ملاک عمل قرار گیرد:

- انحراف محور لوله رانش پمپ از محور لوله خروجی آب باید حداقل به اندازه مجموع اقطار لوله‌های ورودی و خروجی باشد.

1- Header Tank
2- Pressure Towers
3- Lowhead Concrete Pumpstand
4- Elevated Tank

- شیر یک‌طرفه باید در مسیر لوله آبد پمپ در مواردی که امکان برگشت جریان آب در لوله (جهت تخلیه شدن) و یا امکان بروز خسارت به پمپ وجود داشته باشد، نصب گردد.
- لرزش‌های لوله آبد پمپ نباید به لوله ایستاده سامانه منتقل شود. روش‌های دستیابی به این مهم شامل موارد زیر می‌باشد:
 - نصب یک رابط انعطاف‌پذیر^۱ در مسیر خط لوله آبد ما بین پمپ و لوله ایستاده
 - استفاده از یک لایه انعطاف‌پذیر نظیر یک لوله لاستیکی میانی یا لایه قیراندود در محل اتصال خط لوله و لوله ایستاده پمپ
- اگر ارتفاع لوله ایستاده پمپ تا حد لوله آبد پمپ کاهش یابد، دهانه مجرای تخلیه آب باید دارای آنچنان مقطع عرضی باشد که در صورت تخلیه کل جریان پمپاژ متوسط سرعت آب خروجی از سه متر بر ثانیه تجاوز ننماید.
- لوله قائم تنظیم فشار^۲ باید قطر مساوی یا بزرگ‌تر از خط لوله متصل به آن (در ورودی و خروجی) را داشته باشد.
- ابعاد برج تامین فشار با مخزن تامین فشار ابتدایی باید به نحوی باشد که دسترسی به شیرآلات یا دریچه‌های نصب شده در آن امکان‌پذیر باشد. معمولاً حداقل قطر داخلی ۰/۹ متر، برای سهولت دسترسی جهت انجام عملیات نگهداری در نظر گرفته می‌شود. در یک مخزن تامین فشار با لوله ایستاده حداقل قطر باید به میزانی باشد که تعمیرات لازم داخل برج عملی باشد.
- حجم ذخیره برج‌های معمولی تنظیم فشار، به عنوان مخزن ذخیره برای پمپ‌های تنظیم خودکار که از شناور استفاده می‌کنند (به منظور ممانعت از زمان کار اضافی پمپ) کفایت نمی‌کنند. برای چنین منظوری لازم است که مخازن بزرگ‌تری در نظر گرفته شود.

۱۵-۳- سازه‌های ورودی ثقیل^۳

در حالتی که آب سامانه لوله‌ای کم‌فشار از کانال روباز یا مخزن آب تامین می‌گردد، نوعی سازه آبیگری در ورودی لوله مورد نیاز می‌باشد. ساده‌ترین نوع این سازه‌ها روزنه مجهز به دریچه است که از طریق مجرای لوله‌ای به کانال متصل است. یک دریچه کشویی^۴ یا دریچه پیچی^۵ قطع و وصل تنظیم جریان آب به داخل سامانه لوله را فراهم می‌سازد. در سامانه‌های باز لوله کم‌فشار، دریچه‌های نصب شده میزان بده جریان را کنترل و اندازه‌گیری می‌کند، در حالی که در سامانه‌های بسته و یا نیمه‌بسته، میزان جریان ورودی با تنظیم بده جریان از خروجی‌های (آبیگرها) سامانه لوله‌ها تعیین می‌شود.

در جایی که بار هیدرولیکی در ورودی سامانه لوله‌های کم‌فشار به میزان زیادی (بیش از حد مجاز طراحی) متغیر باشد، یک سازه کنترل خودکار جریان ورودی، مورد نیاز می‌باشد.

یک گزینه، استفاده از دریچه‌های خودکار هیدرولیکی کنترل جریان از پایین دست مانند انواع دریچه‌های آویو و آویس می‌باشد. این نوع دریچه‌ها در یک سازه بتنی، مشابه دریچه‌های قطاعی متعارف نصب می‌شوند. این دریچه‌ها به صورت هیدرولیکی خودکار هستند و برای جلوگیری از ورود آشغال به شبکه لوله‌ها و ممانعت از گرفتگی دریچه‌ها، تعبیه آشغال‌گیر در ورودی سازه مورد نیاز است. این دریچه‌ها باید در تراز مورد نظر نصب و واسنجی گردند تا در هنگام بهره‌برداری، تراز آب در دامنه مجاز تغییرات طراحی

1- Flexible Coupling
 2- Head Riser Pump
 3- Gravity Inlet Structures
 4- Slide Gate
 5- Screw Gate

باقی بماند و نیازی به تنظیم مجدد نباشد. برای اطلاعات بیشتر در زمینه طراحی دریچه‌های هیدرولیکی خودکار جریان از پایین دست (آویس و آریو) به نشریه شماره ۳۳۳- الف طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور مراجعه شود.

۱۵-۴- سازه‌های کنترل و تنظیم جریان^۱

برای کنترل جریان در سامانه لوله‌های کم‌فشار آبیاری انواع متعددی از سازه‌های کنترل و تنظیم جریان به کارگرفته می‌شود. عملکرد این سازه‌ها از نظر انعطاف‌پذیری در دوره بهره‌برداری و میزان نیاز به دخالت انسان، در بهره‌برداری از آنها متفاوت می‌باشد. در موارد زیادی سازه‌های کنترل جریان در سامانه‌های لوله‌ای، شامل انواع سازه ایستاده روباز تنظیم فشار^۲ می‌باشد که از لوله قائم همراه با سازه بتنی ساخته شده درجا تشکیل شده‌اند. این سازه‌ها به عنوان لوله ایستاده دریچه‌دار یا سازه مجهز به شیر شناور با عملکرد ثانویه مانند هواگیر، ضربه‌گیر یا ماسه‌گیر عمل می‌کنند.

سازه‌های کنترل و تنظیم جریان شامل انواع زیر می‌باشد:

– سازه‌های ایستاده سرریزدار یا کنترل‌کننده‌ها^۳

– سازه ایستاده با شیر شناور

– سازه ایستاده دریچه‌دار

رعایت ضوابط زیر در طراحی این سازه‌ها ضروری می‌باشد:

– در سازه ایستاده باید با کاهش تلاطم آب تا حد ممکن از ورود هوا به خط لوله جلوگیری شود.

– سازه‌ها باید حداقل ۳۰ سانتی‌متر ارتفاع آزاد داشته باشند.

– سرعت جریان آب در این نوع سازه‌ها باید کم‌تر از سرعت آب در خط لوله و ترجیحاً کم‌تر از ۰/۶ متر بر ثانیه باشد.

بنابراین قطر این سازه‌ها باید بیش‌تر از قطر خط لوله کم‌فشار (ورودی و یا خروجی از سازه) باشد.

۱۵-۵- سازه لوله ایستاده سرریزدار^۴

سازه لوله ایستاده سرریزدار علاوه بر عملکرد اصلی به عنوان شیب‌شکن و تنظیم‌کننده سطح آب به عنوان تخلیه‌کننده هوا و تانک ضربه‌گیر نیز عمل می‌نماید. این سازه امکان تنظیم سطح آب در بالادست را فراهم می‌آورد تا بهره‌برداری از خروجی‌ها (آبگیرهای مسیر لوله) میسر گردد و عنوان شیب‌شکن نیز تراز هیدرولیکی در سامانه لوله‌ها را تا حد نیاز کاهش می‌دهد. افت انرژی جریان از طریق انرژی‌گیر یا از طریق لوله افقی متصل‌کننده دو لوله عمودی، حاصل می‌شود.

1- Flow Check and Control Structures

2- Open Stand

3- Overflow Stands or Check

4- Over Flow Stand or Check

شکل‌های (۱-۱۵) تا (۳-۱۵) نمونه‌هایی از سازه لوله ایستاده سرریزدار که در سامانه لوله‌ای بسته به کار گرفته شده است را نشان می‌دهد. این سازه در جایی که شیر یک‌طرفه پیش بینی نشده مورد استفاده قرار گرفته و مانع برگشت آب به سمت پمپ می‌شود.

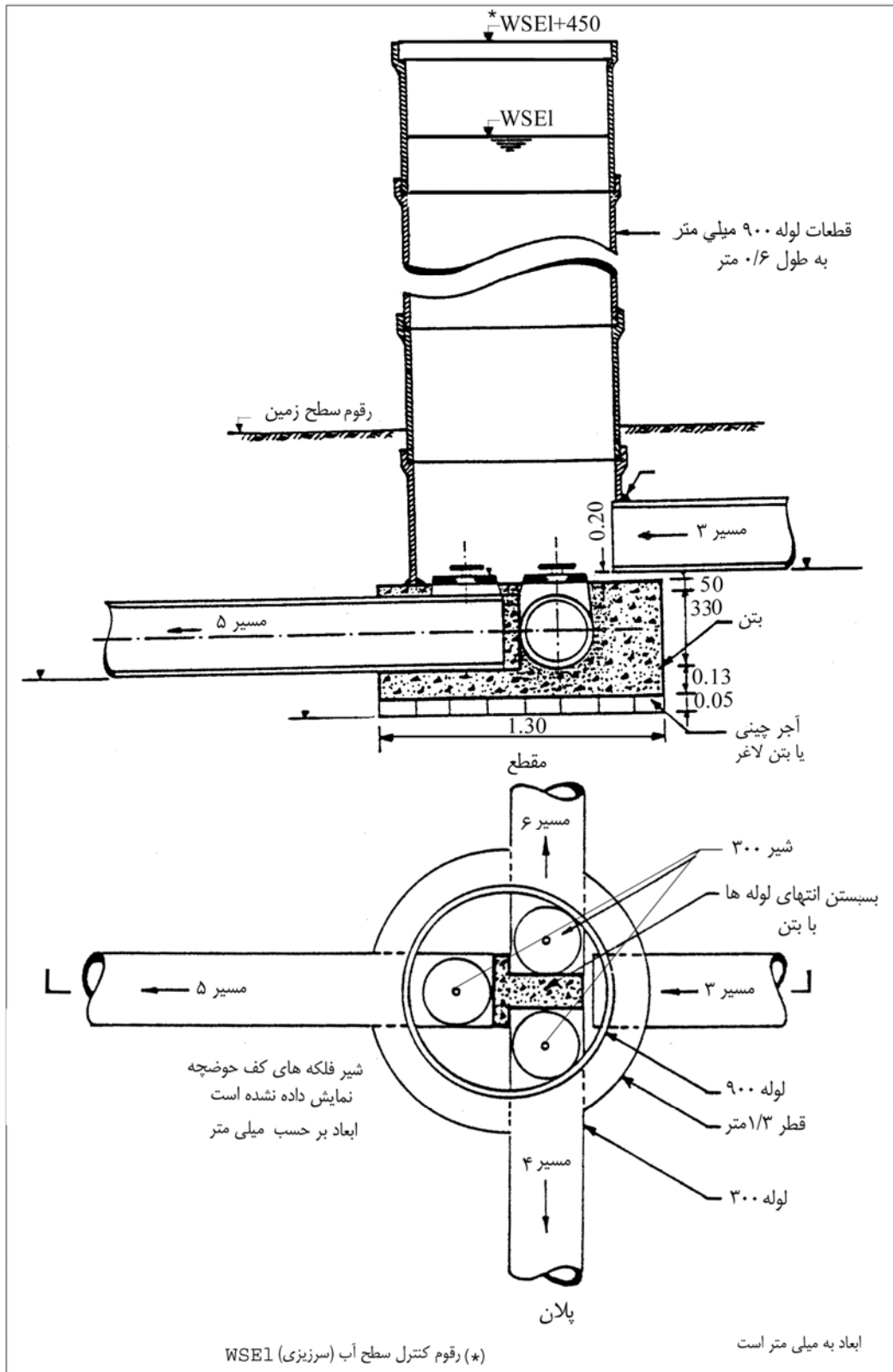
در یک سامانه لوله‌ای باز، ارتفاع و فاصله سازه‌های ایستاده سرریزدار، باید قبل از طراحی شاخه لوله واقع در حد فاصل دو سازه تعیین گردد. با مشخص نمودن حداکثر ارتفاع سازه‌های لوله ایستاده، فاصله بین آنها قابل تعیین است. ارتفاع سازه لوله ایستاده با توجه به خط شیب هیدرولیکی تعیین می‌گردد و حداکثر ارتفاع آن باید بر اساس دو ضابطه زیر باشد:

۱- حداکثر ارتفاع اجرایی مناسب برای ساخت لوله ایستاده، در این صورت برای کاربرد لوله‌های بتنی غیر مسلح حداکثر ارتفاع لوله ایستاده کم‌تر از ۳ متر خواهد بود.

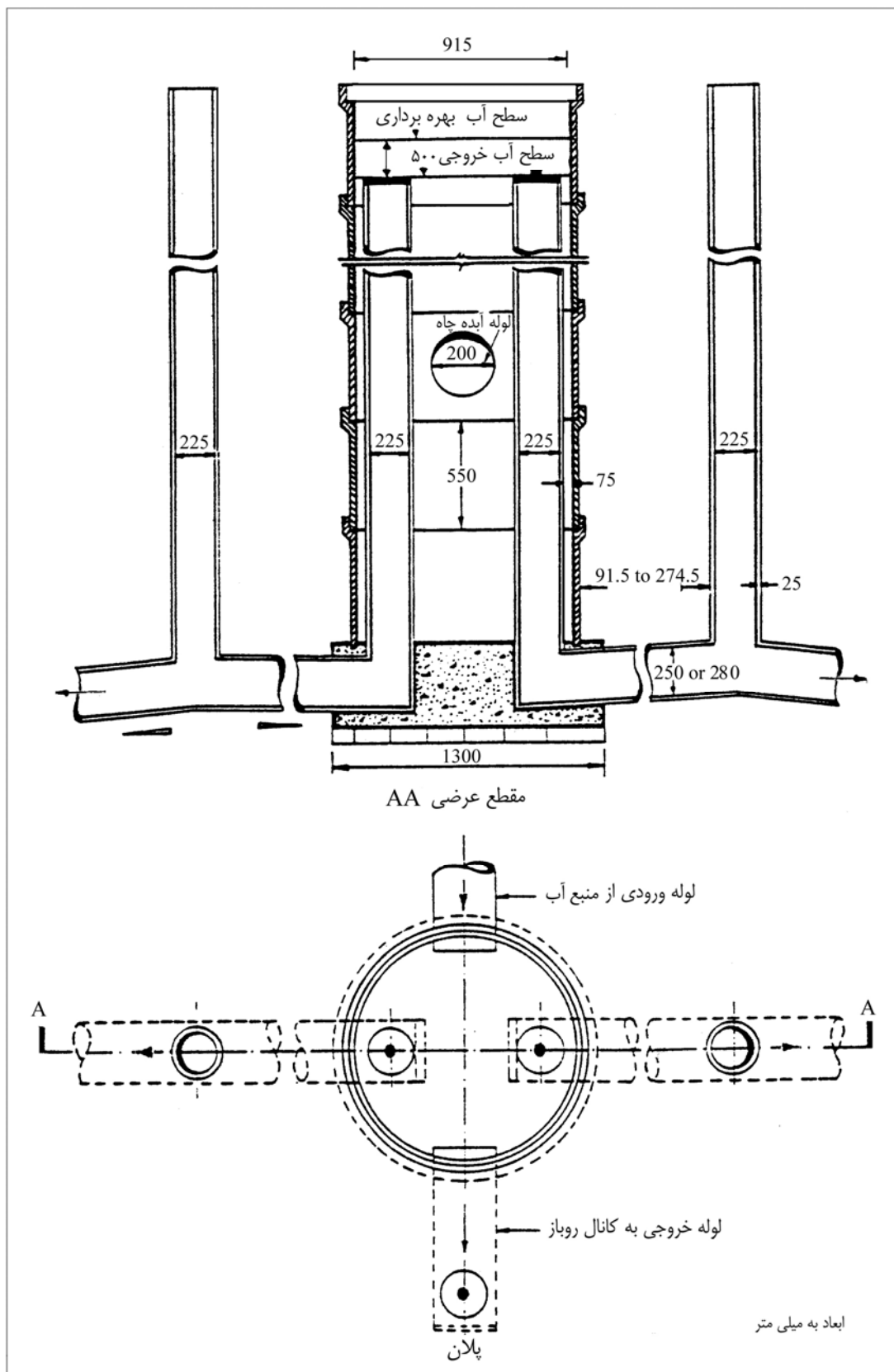
۲- منظور نمودن حداکثر فشار کار در لوله مورد استفاده براساس مقادیر فشار توصیه شده برای انواع لوله‌های سامانه‌های آبیاری کم‌فشار

فاصله بین سازه‌های لوله ایستاده سرریزدار باید به گونه‌ای باشد که در صورت عدم وجود جریان آب، شاخه لوله واقع بین دو سازه به صورت پر باقی بماند و البته با این فرض که تلفات نشت از لوله‌ها ناچیز باشد. این مساله باعث اطمینان از عدم تجمع هوا در لوله شده و به هنگام برقراری مجدد جریان آب مساله‌ای را در پی نخواهد داشت. فاصله لوله‌های ایستاده با یک ارتفاع مشخص مانع انرژی گیر^۱، با توجه به تغییرات شیب زمین متفاوت خواهد بود.

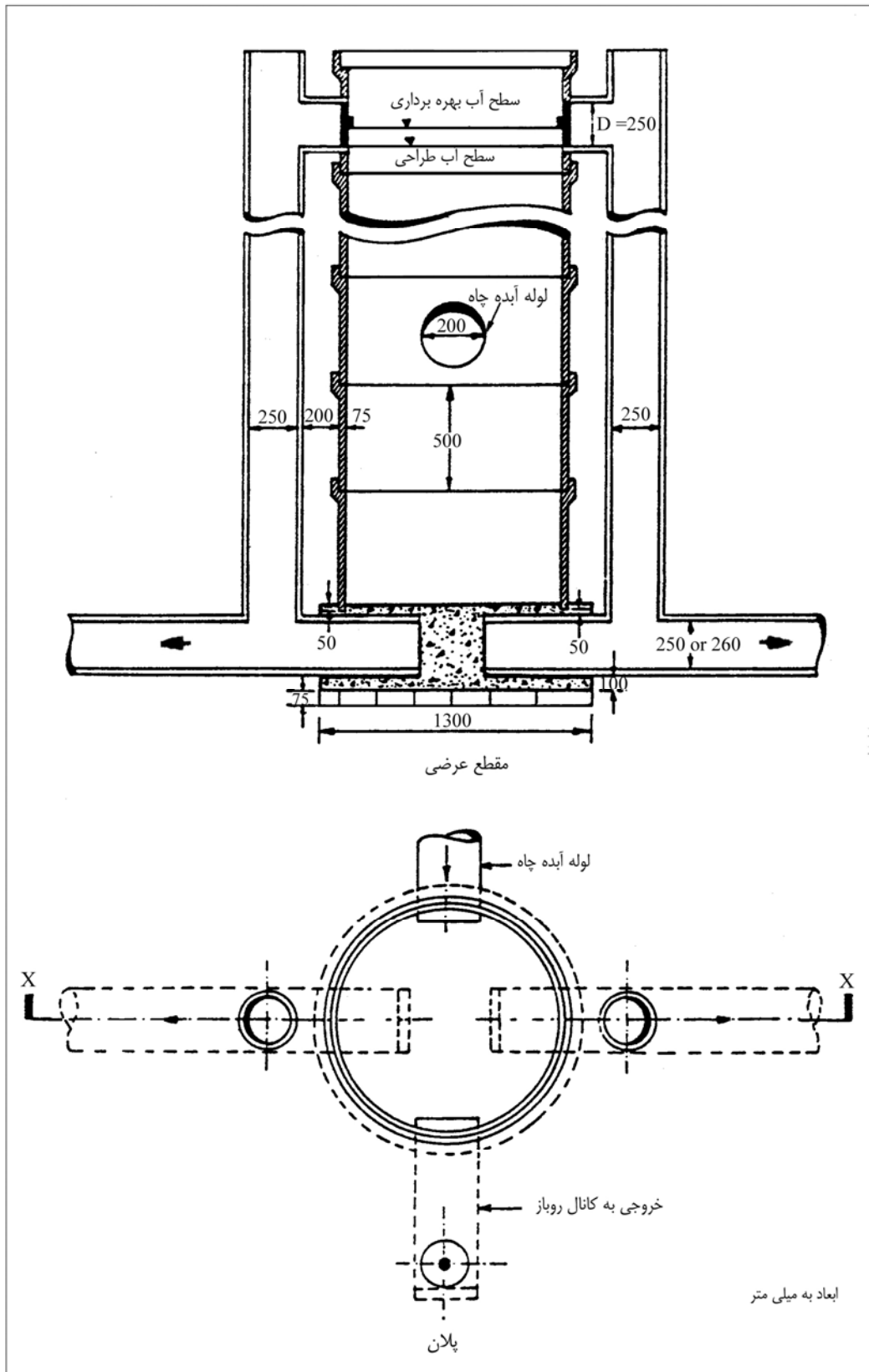
شکل (۳-۱۵) نمونه یک سازه لوله ایستاده بتنی سرریزدار را که عمدتاً در سامانه‌های لوله‌ای باز، به کار می‌رود نشان می‌دهد.



شکل ۱۵-۱- نمونه برج تقسیم آب لوله زیرزمینی



شکل ۱۵-۲- مخزن تأمین فشار ابتدایی با کنترل در بالا (آرایش لوله‌ها در داخل)



شکل ۱۵-۳- مخزن تأمین فشار ابتدایی با کنترل در بالا (آرایش لوله‌ها در خارج)

۱۵-۶- سازه لوله ایستاده با شیر شناور در سامانه‌های لوله‌ای نیمه‌بسته^۱

این سازه نیز مانند سازه لوله ایستاده سرریزدار، جهت کاهش فشار در سامانه‌های لوله‌ای نیمه‌بسته در اراضی شیب‌دار به کار می‌رود. شیرهای شناور فقط مقدار آبی را که مورد نیاز پایین دست است از طریق شناور حساس به تغییرات سطح آب، در پایین دست شیر در داخل لوله ایستاده، رها می‌کند.

ارتفاع شناور، سطح آب در لوله ایستاده و به پیروی آن فشار جریان در پایین دست را کنترل می‌نماید. برای سامانه شیر شناور، فشار هیدرولیکی زیادتری در بالادست در مقایسه با سامانه لوله ایستاده سرریزدار قابل کاربرد است تا جایی که فشار از حد مجاز فشار کار لوله تجاوز ننماید، و در این شرایط تعداد کم‌تری سازه در مسیر خط لوله مورد نیاز خواهد بود.

انتخاب یکی از دو نوع شیر شناور متوازن^۲ یا نا متوازن^۳ بر اساس اختلاف فشار مورد انتظار (Pd) در دوطرف سازه لوله ایستاده با شیر شناور صورت می‌گیرد.

شیر شناور نامتوازن - $Pd < 8$ متر

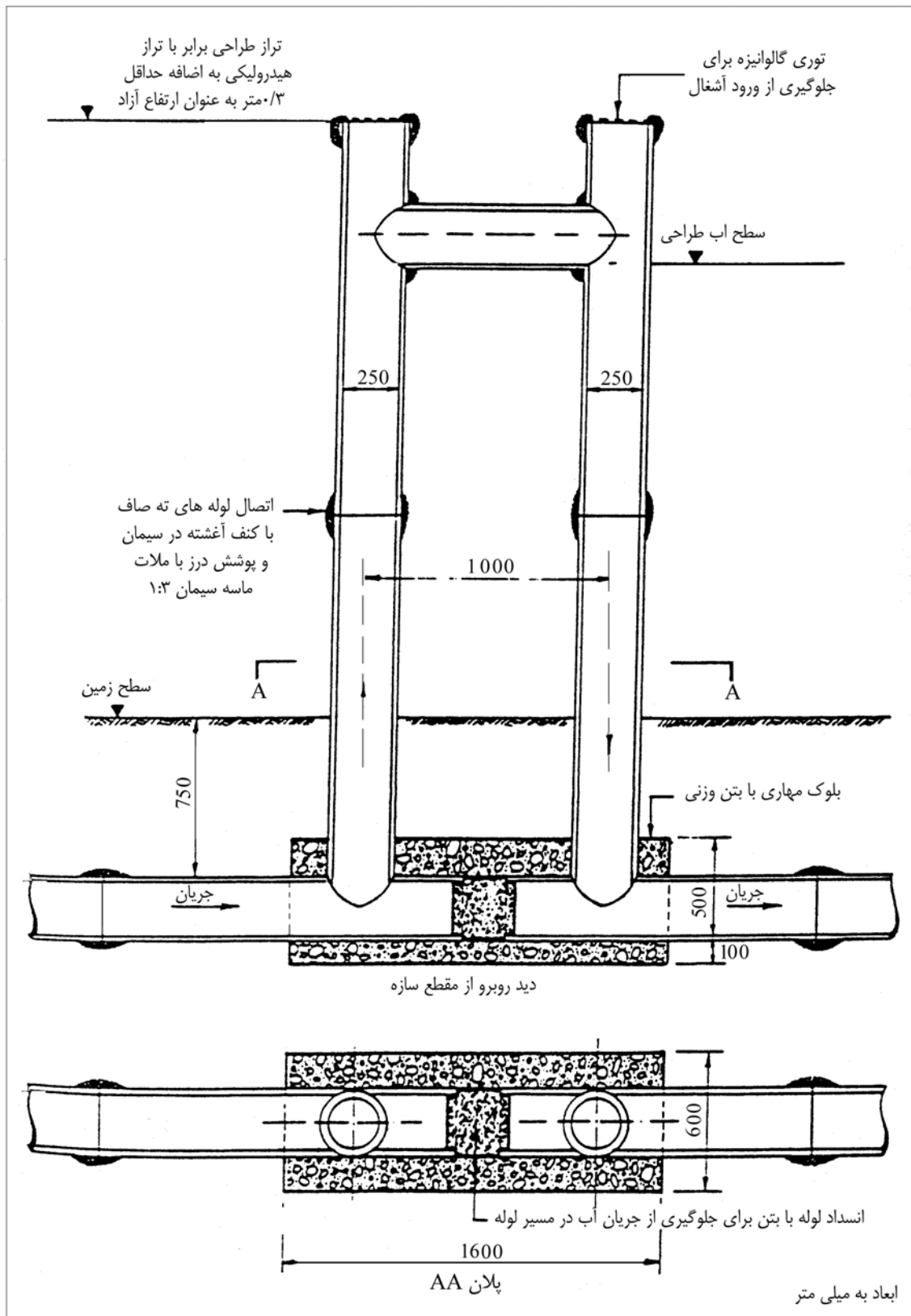
شیر شناور متوازن - $8 < Pd < 15$ متر

در شرایطی که اختلاف فشار از ۱۵ متر تجاوز نماید، باید فاصله بین سازه‌ها کاهش یابد و یا از گزینه‌های دیگر تجهیزات کاهش فشار (فشار شکن) استفاده شود.

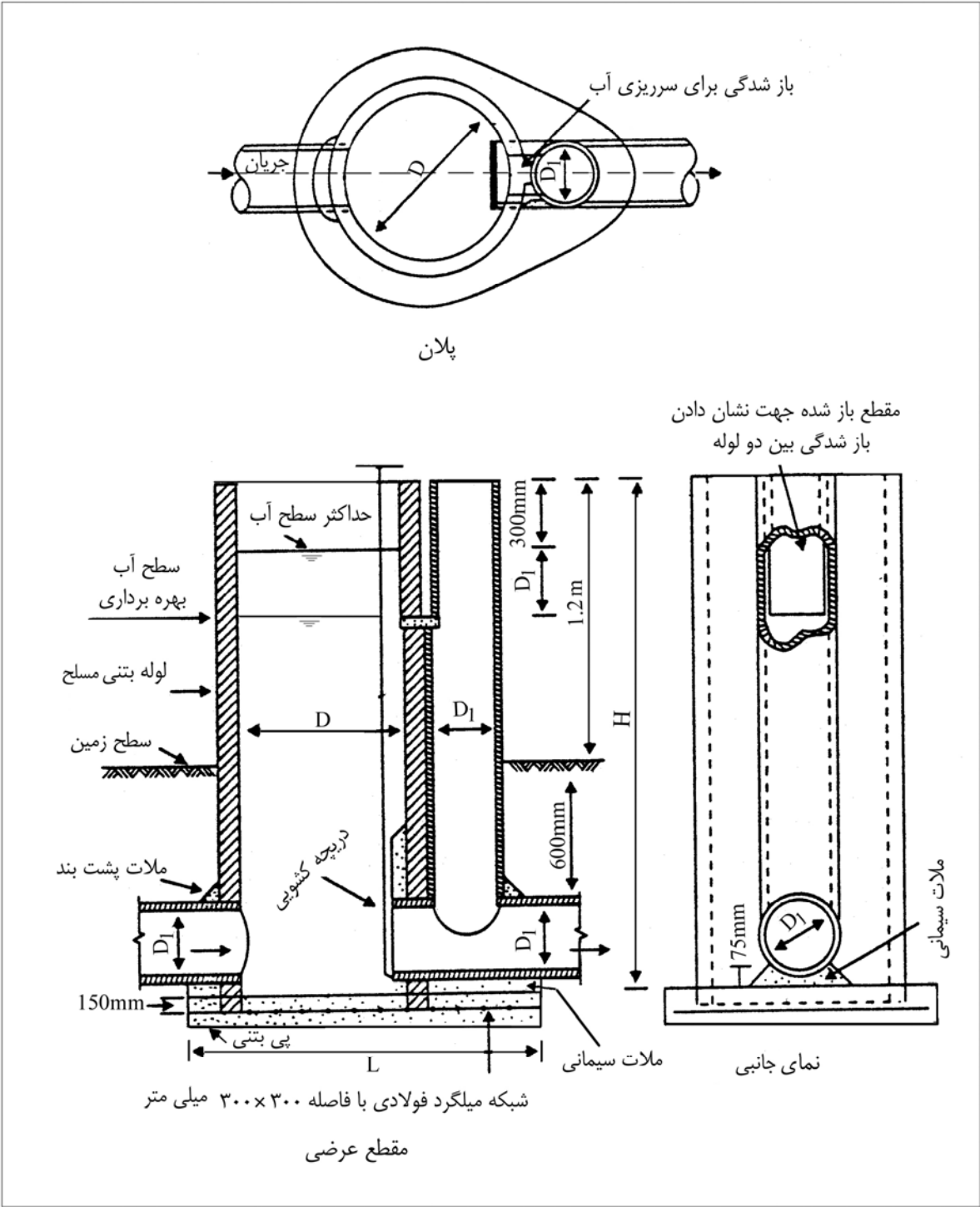
برای هر اندازه مشخص شیر شناور توصیه‌هایی از طرف کارخانه سازنده برای ابعاد شناور و قطر لوله ایستاده وجود دارد که باید رعایت گردد. این توصیه‌ها بر اساس تجربیات به دست آمده از نصب تعداد زیادی از شیرهای مذکور به دست آمده و عموماً برای کلیه سامانه‌های لوله‌ای قابل قبول می‌باشند. در بعضی شرایط خاص، شیرآلات و لوله‌های ایستاده کارآیی لازم را ندارند، این موارد عبارتند از:

- استفاده از لوله‌های با قطر زیاد در بازه‌های طولانی از مسیر خط لوله
- خط لوله با طول زیاد و در مسیرهایی با شیب زیاد
- در جایی که علاوه بر تنظیم جریان، کنترل تغییرات سریع جریان آب نیز مدنظر باشد.

1- Float Valve Stand for Semi- Closed Pipe System
2- Balanced Float Valve
3- Unbalanced Float Valve



شکل ۱۵-۴- سازه لوله ایستاده با سرریز تنظیم سطح آب



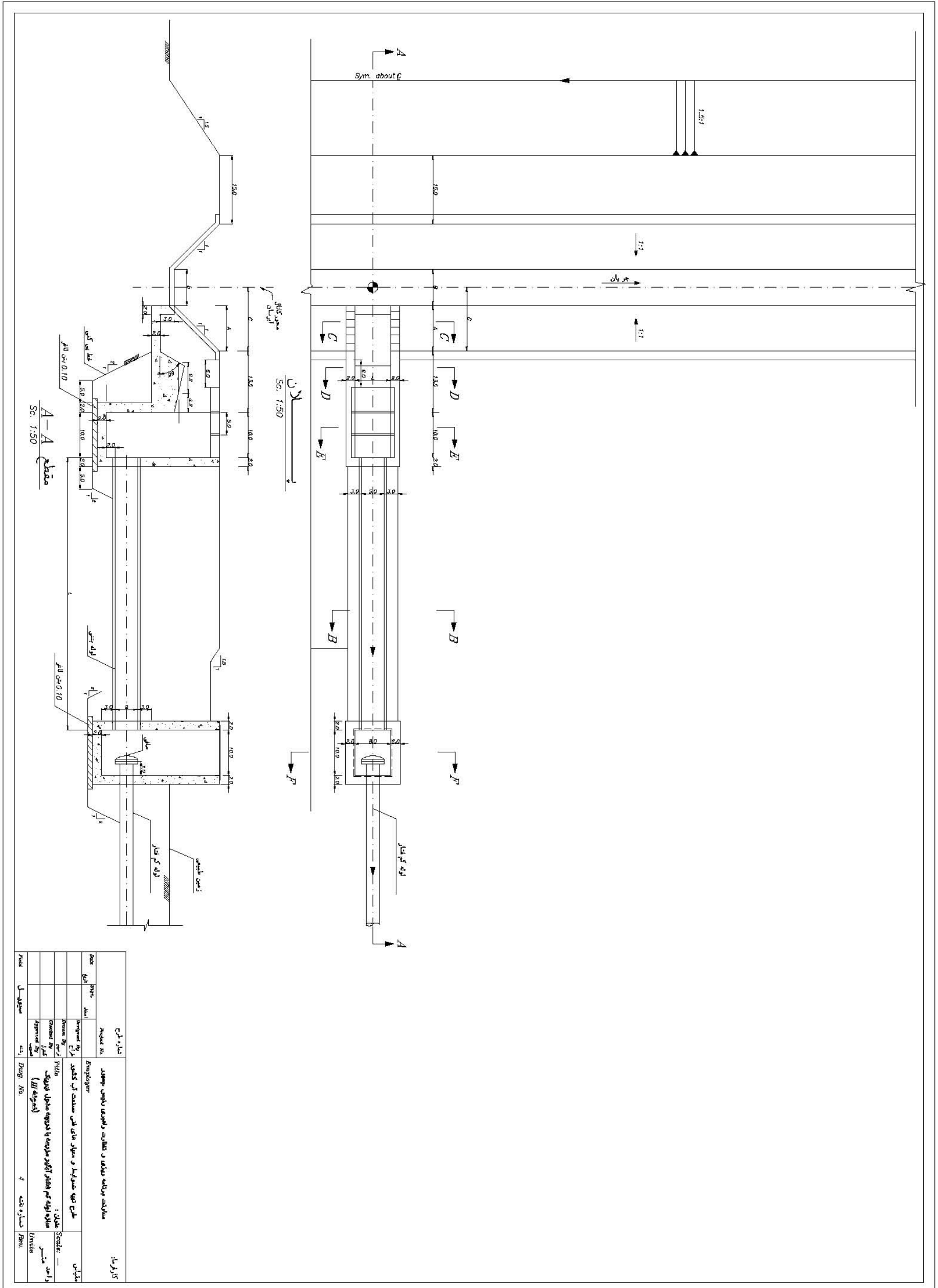
شکل ۱۵-۵- سازه لوله ایستاده دریچه‌دار با سرریز تنظیم سطح آب

فصل ۱۶

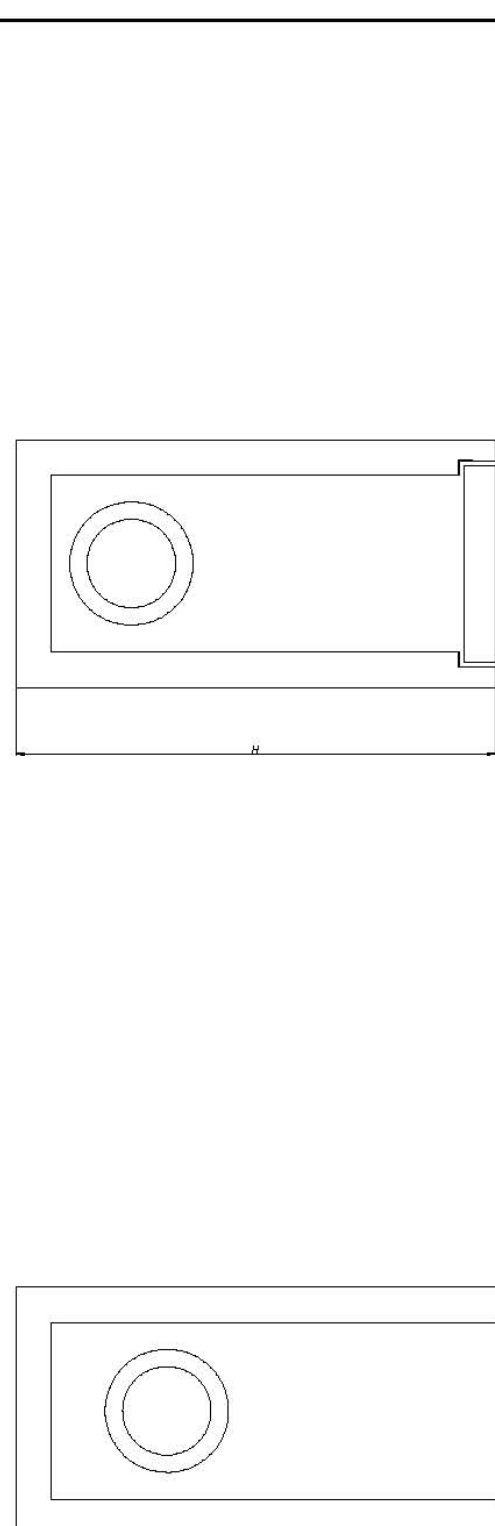
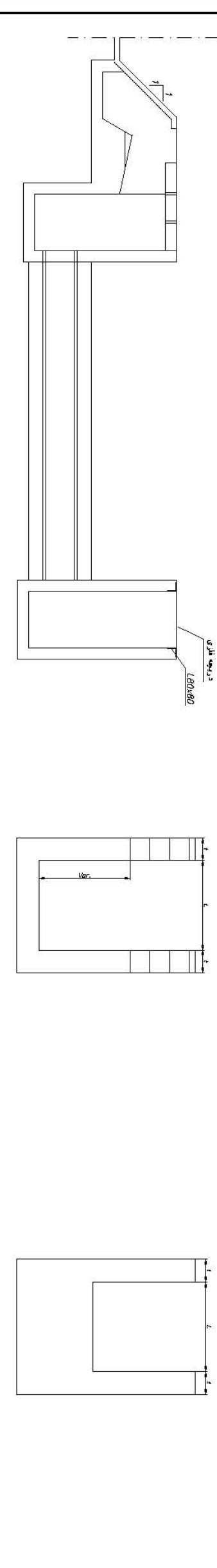
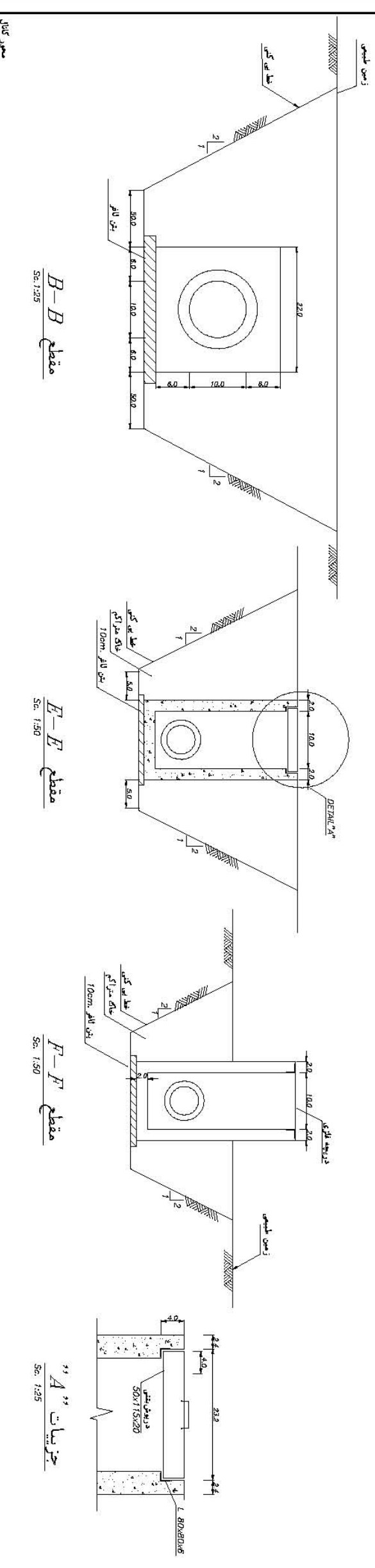
نقشه‌های نمونه

۱-۱۶ - کلیات

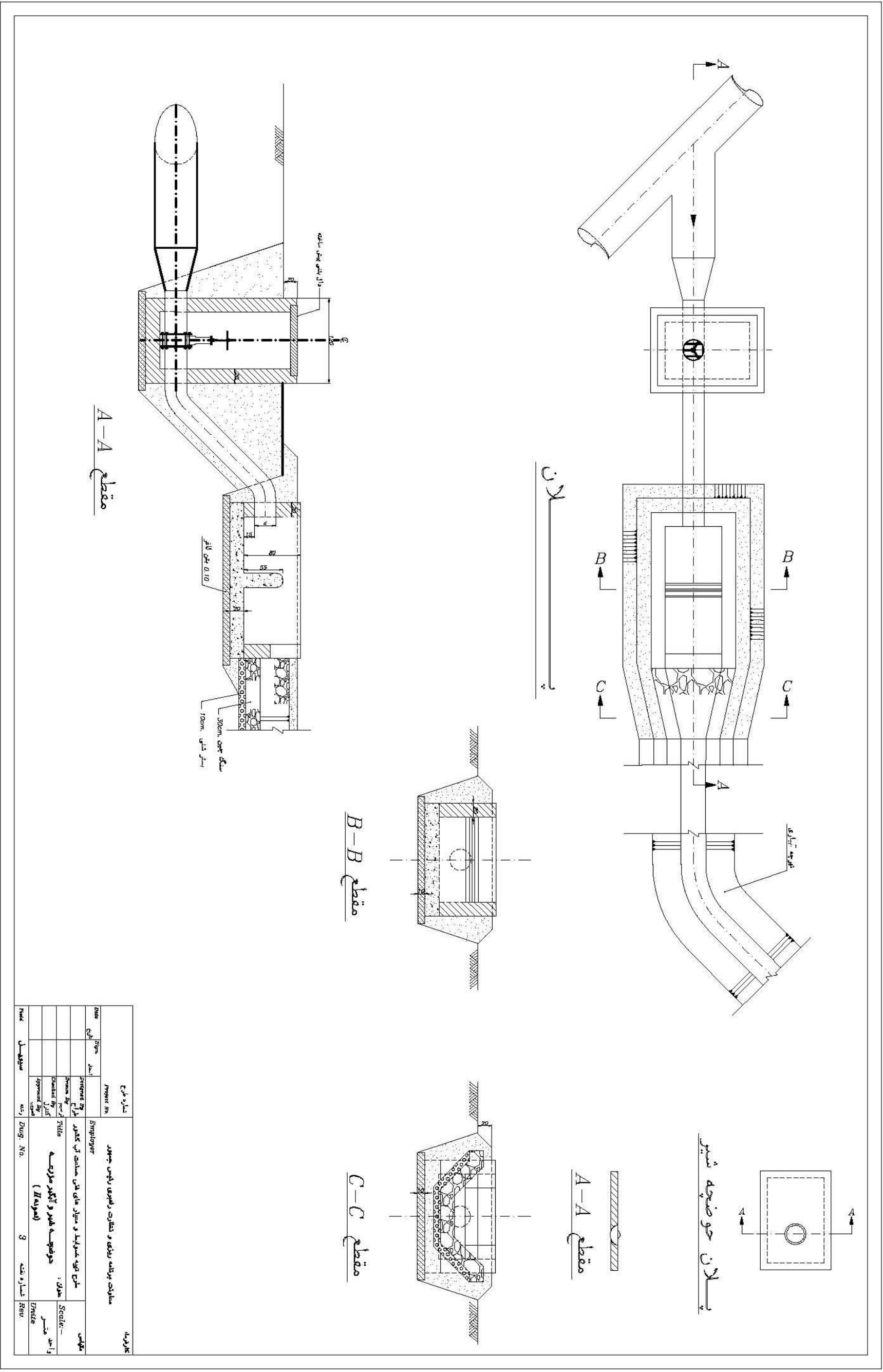
اصولا برای طراحی سازه‌های سامانه لوله‌های کم‌فشار انواع مختلفی از انواع سازه به کار گرفته می‌شود. در این نشریه سعی شده است نقشه‌های سازه‌های متداول که در طرح‌های داخل کشور به کار گرفته شده و یا در مراجع فنی ارائه شده، معرفی گردند. این سازه‌ها جنبه راهنما داشته و طراح با بهره‌گیری از آنها می‌تواند سازه‌های اجرایی مناسب نوع سامانه موردنظر را طراحی نماید. نمونه‌های نقشه پروفیل طولی خط لوله نیز جهت راهنمایی طراح ارائه شده است. اطلاعات مشخص شده و بر روی پروفیل حداقل اطلاعات مورد نیاز برای نقشه‌های اجرایی پروفیل طولی خط لوله خواهد بود. ضروری است پلان مسیر خط لوله نیز همراه با پروفیل در یک نقشه ارائه گردد.



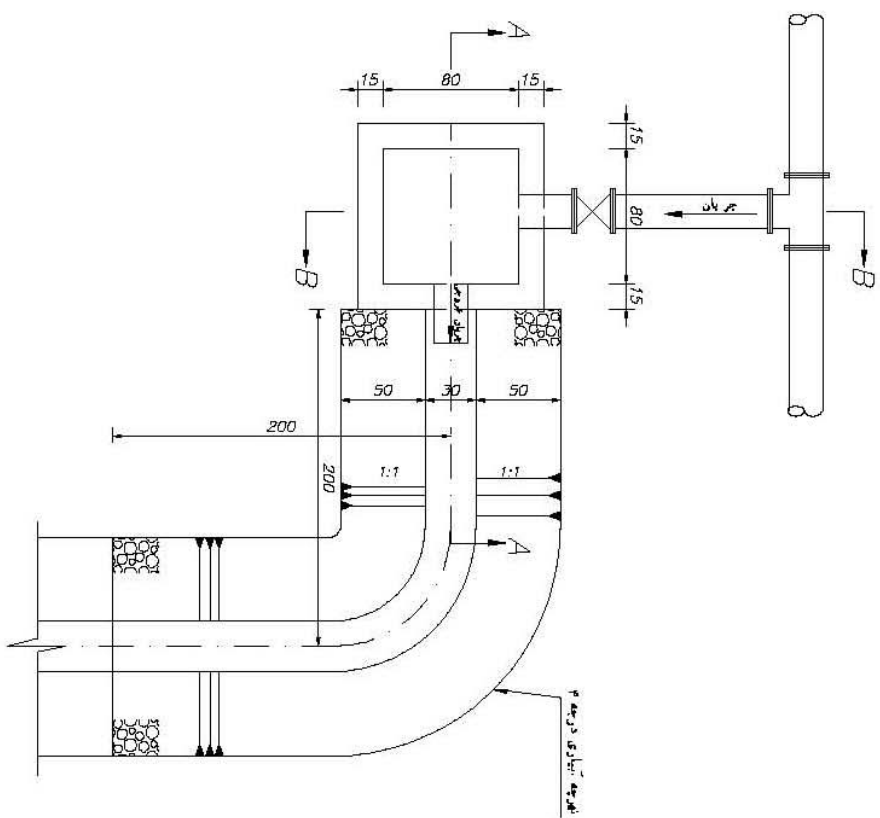
کاربر نام:	مهندس
مکان:	تهران
موضوع:	طراحی سیستم آبیاری در مزارع کشاورزی
تاریخ:	۱۴۰۲/۰۵/۰۵
مقیاس:	۱:۵۰
شماره نقشه:	۴
محل:	تهران



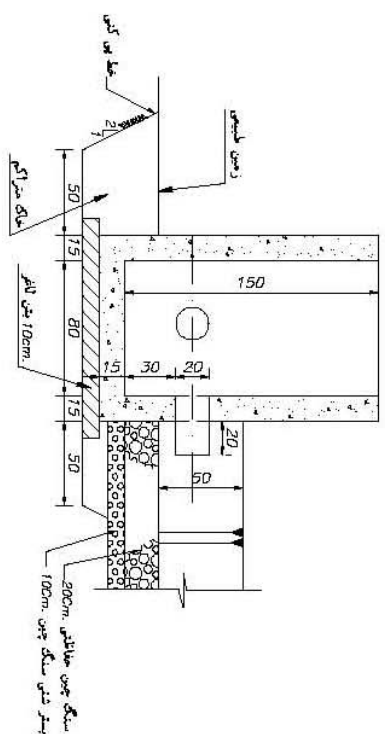
کاربر:		تاریخ:		موقعیت:	
نام:		پروژه:		مقیاس:	
ردیف:		مهندس:		تاریخ:	
شماره:		مکان:		موضوع:	
پروژه:		تاریخ:		موضوع:	
مهندسی:		معماری:		معماری:	
معماری:		معماری:		معماری:	
معماری:		معماری:		معماری:	
معماری:		معماری:		معماری:	



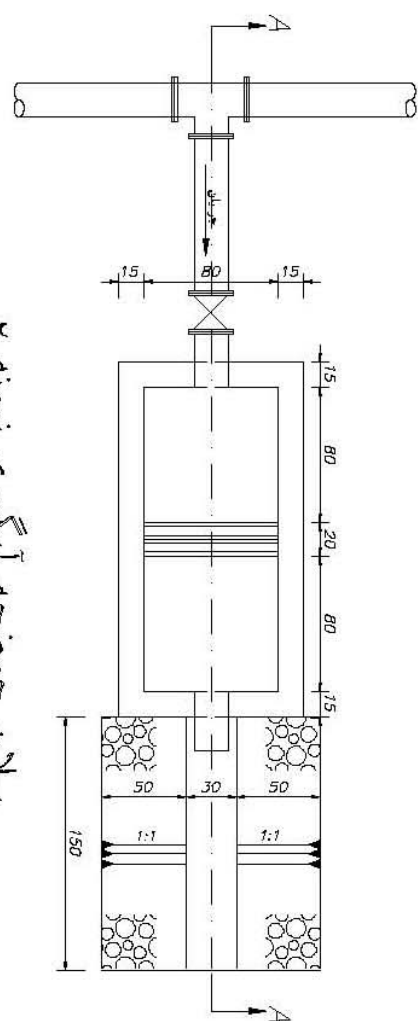
کاربر:	شماره طرح	Project No.	ملاحظات: پرتاب و تنظیم ریزش چاه
مهندس:	نام	Designator	محل: قوه، شوراب و سوار های ملی صنعت آب کشور
رابط:	مکان	Site	حوضچه فیلتر و آنگور مرتبه
تاریخ:	ردیف	Row	شماره نقشه: 3
مقیاس:	شماره نقشه	Dwg. No.	Rev



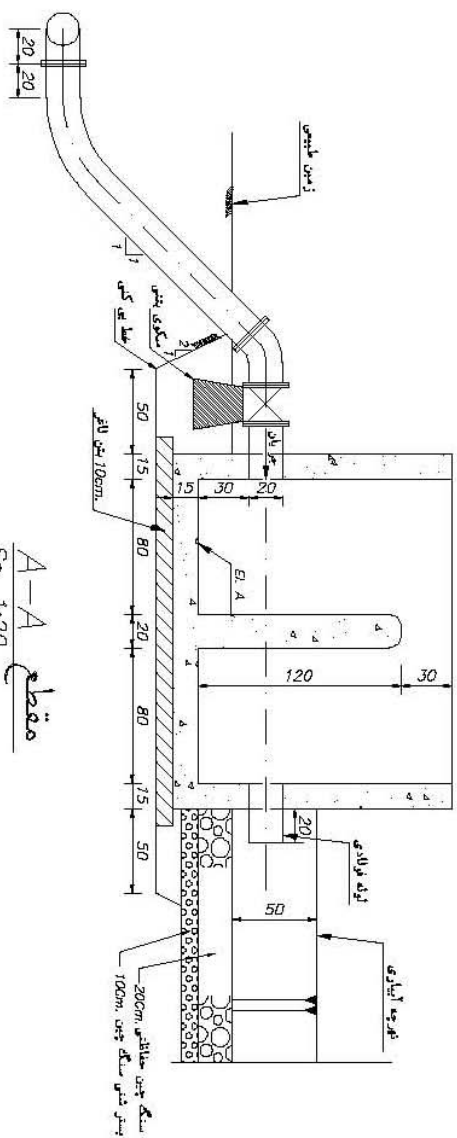
پلان حوضچه آبگیری نمونه ۱
Sc. 1:20



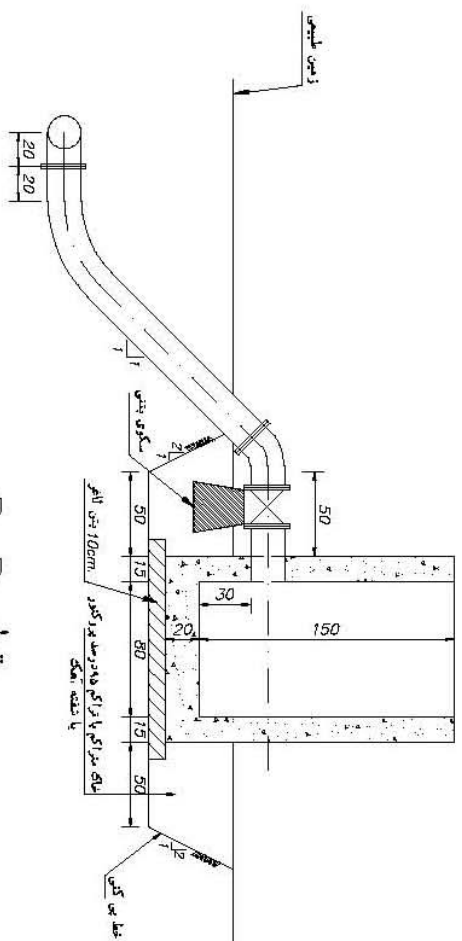
مقطع A-A
Sc. 1:20



پلان حوضچه آبگیری نمونه ۲
Sc. 1:20

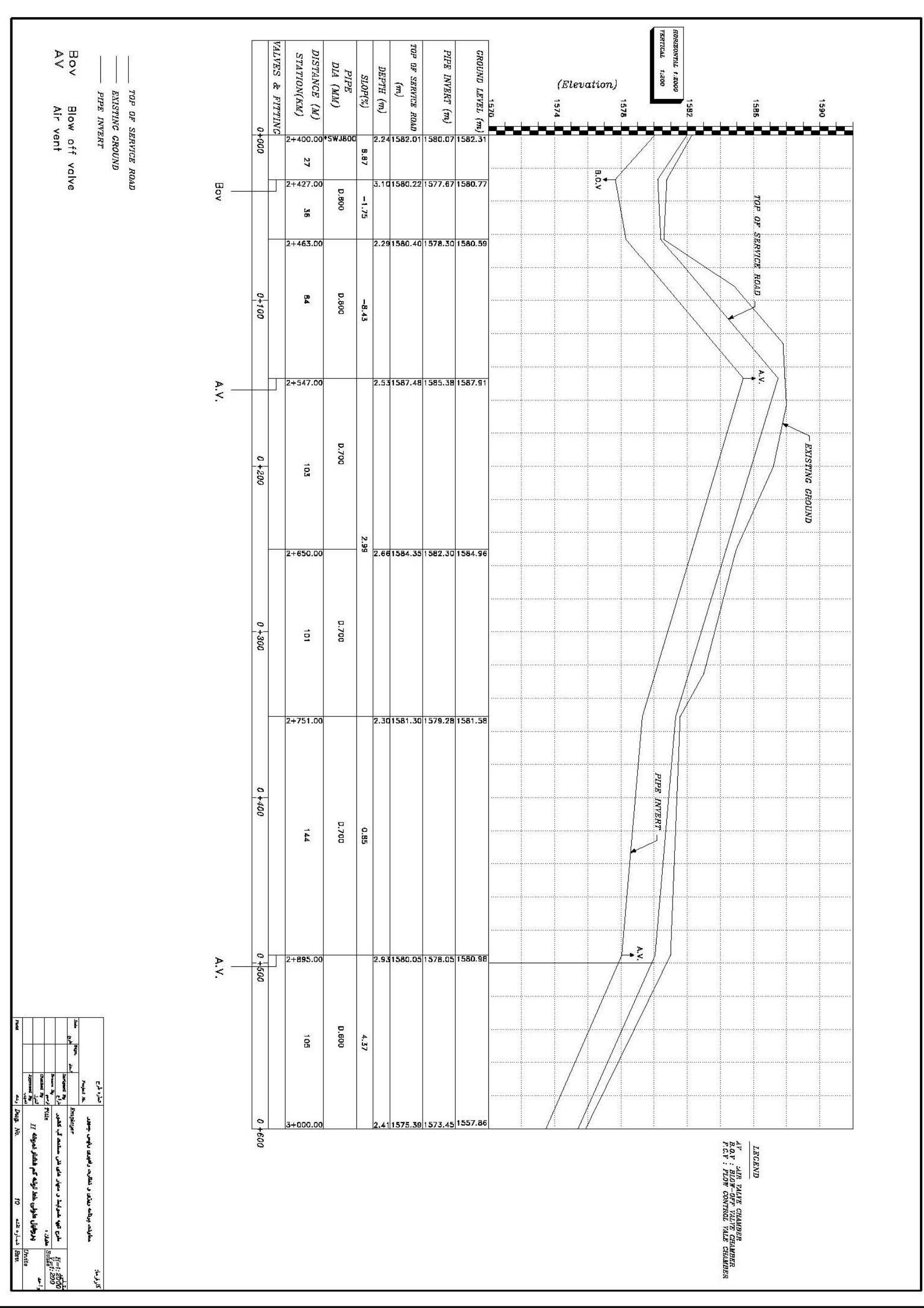


مقطع A-A
Sc. 1:20



مقطع B-B
Sc. 1:20

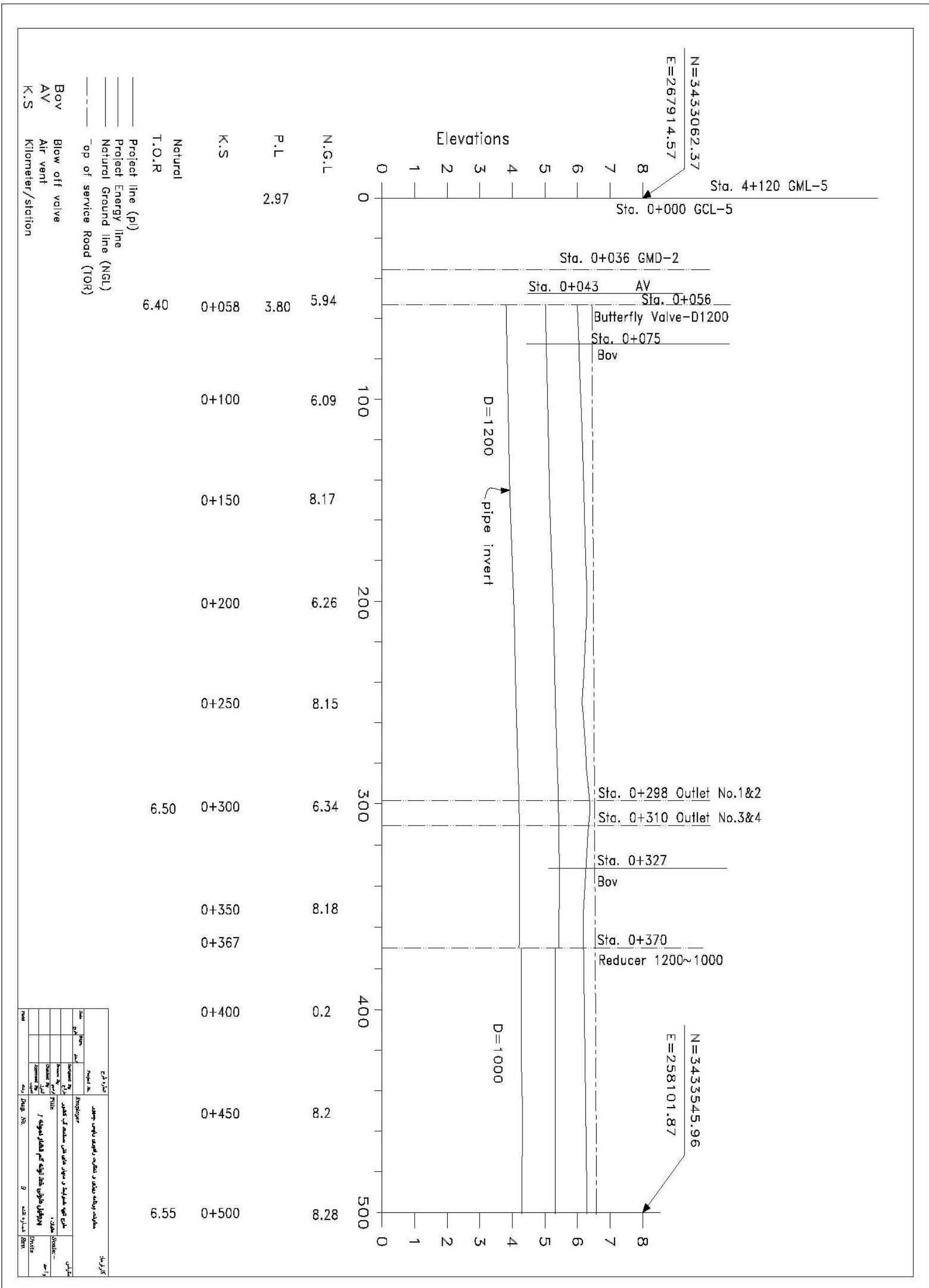
کاربر:		محل:	
شماره پراجکت	Project No.	شماره نقشه	Draw. No.
محل اجرا	Location	تاریخ	Date
معماری	Architecture	مهندس	Engineer
مکانیک	Mechanics	مهندس	Engineer
برق	Electrical	مهندس	Engineer
سازه	Structural	مهندس	Engineer
تاسیسات	Sanitary	مهندس	Engineer
تعمیرات	Repairs	مهندس	Engineer
تعمیرات	Repairs	مهندس	Engineer



TOP OF SERVICE ROAD
 EXISTING GROUND
 PIPE INVERT
 B.O.V. Blow off valve
 A.V. Air vent

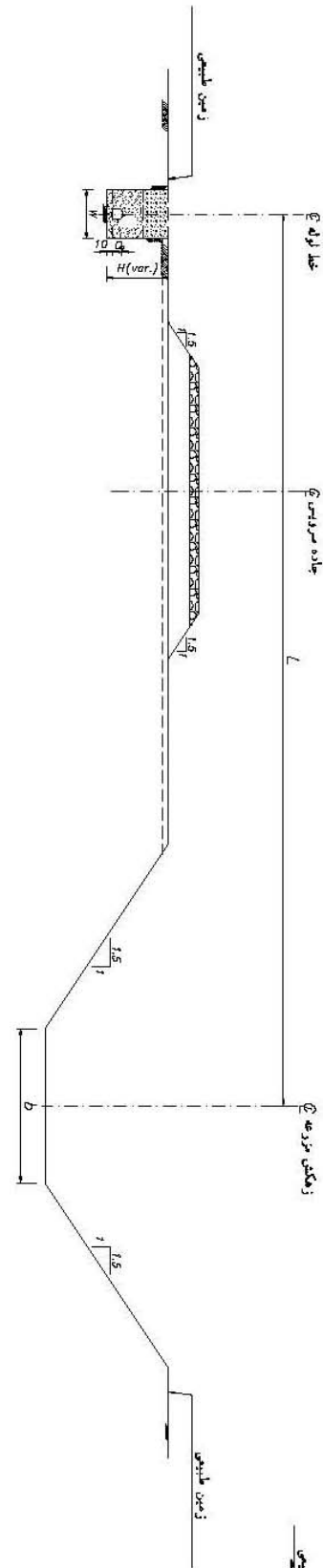
LEGEND
 A.V. AIR VALVE CHAMBER
 B.O.V. BLOW-OFF VALVE CHAMBER
 P.C.V. PRESSURE CONTROL VALVE CHAMBER

ردیف	شرح	مقدار	واحد
1	طول لوله	600	متر
2	قطر لوله	800	میلیمتر
3	شیب	8.87	درصد
4	عمق	2.24	متر
5	ارتفاع	1582.01	متر

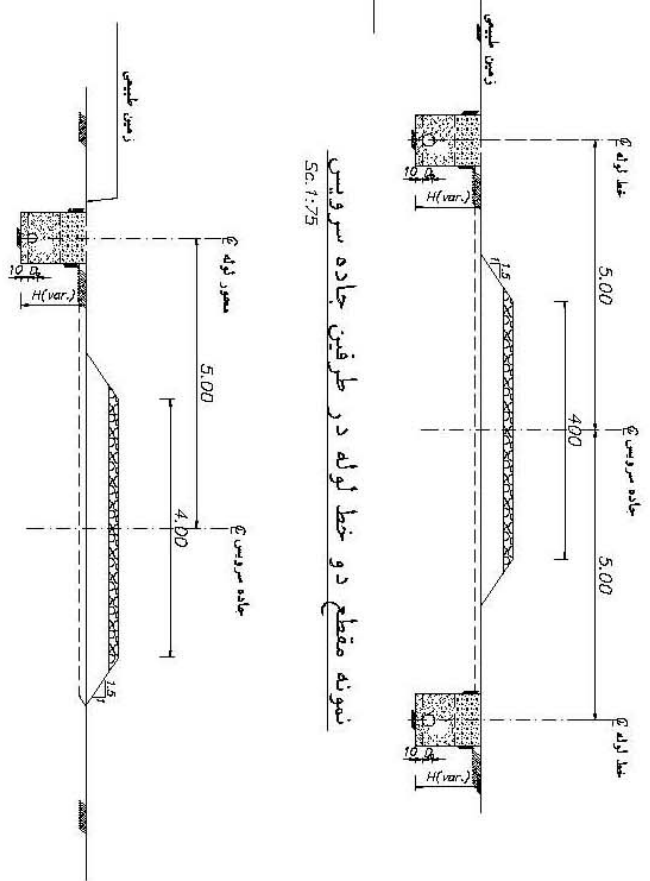


Station	0+000	0+058	0+100	0+150	0+200	0+250	0+300	0+350	0+367	0+400	0+450	0+500
Profile	2.97	3.80	6.09	8.17	6.26	8.15	6.34	8.18	8.18	0.2	8.2	8.28
Design No.	9											

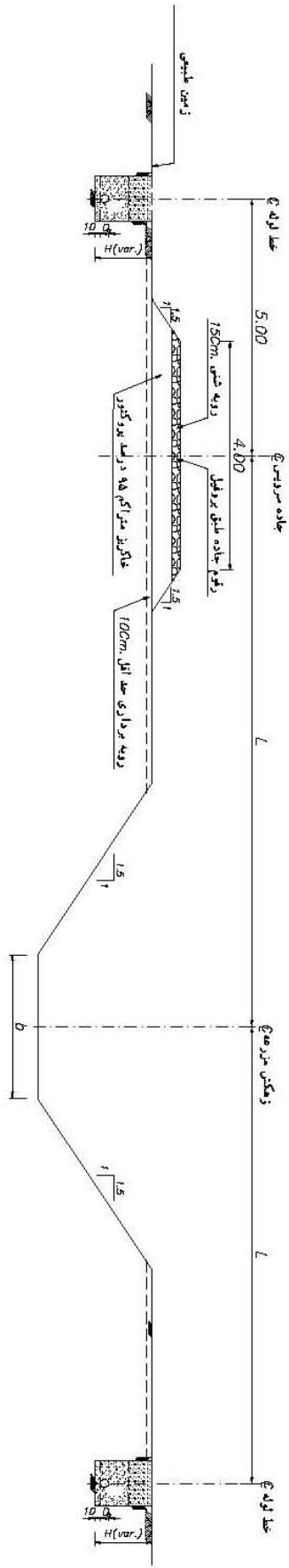
نمونه مقطع لوله کم فشار در مجاورت جاده و زهکش
Sc: 1:75



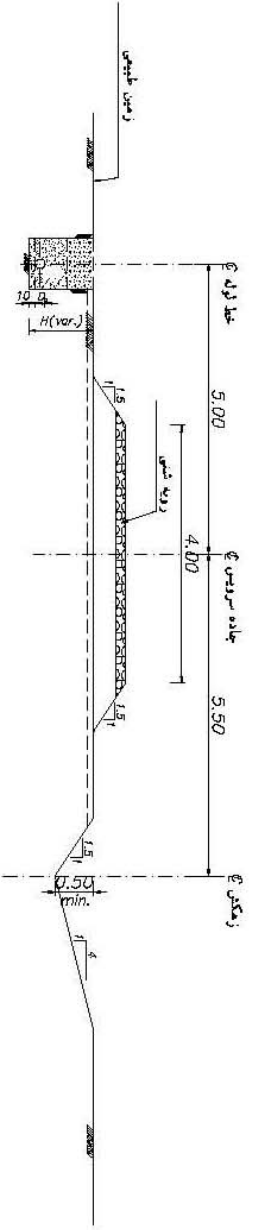
نمونه مقطع دو طرفین جاده سرویس
Sc: 1:75



نمونه مقطع لوله در امتداد جاده
Sc: 1:75

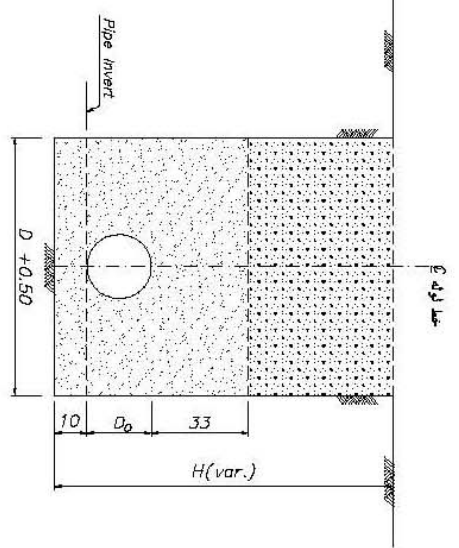


نمونه مقطع دو لوله در مجاورت جاده و زهکش
Sc: 1:75

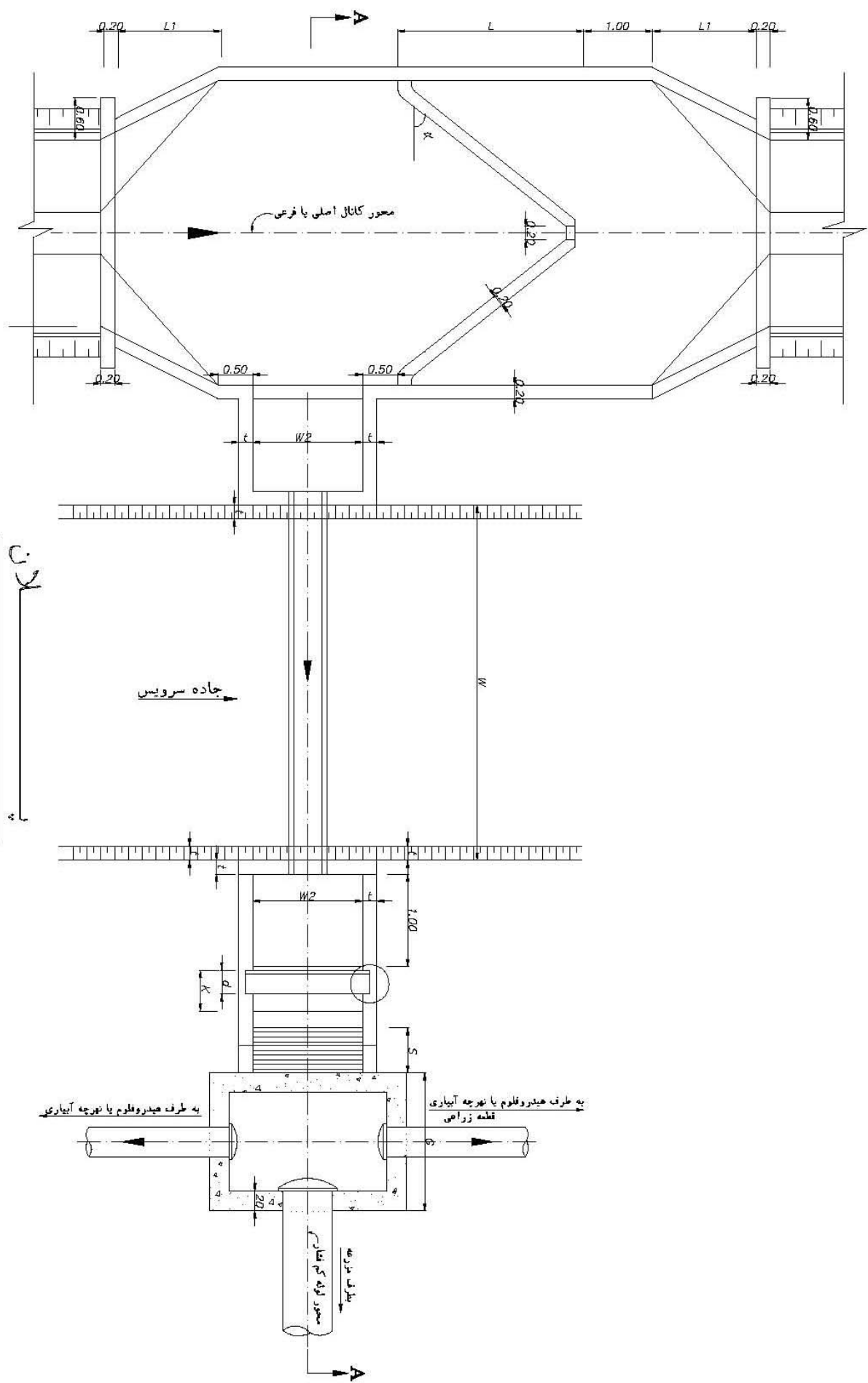


نمونه مقطع لوله در مجاورت جاده زراعی
Sc: 1:75

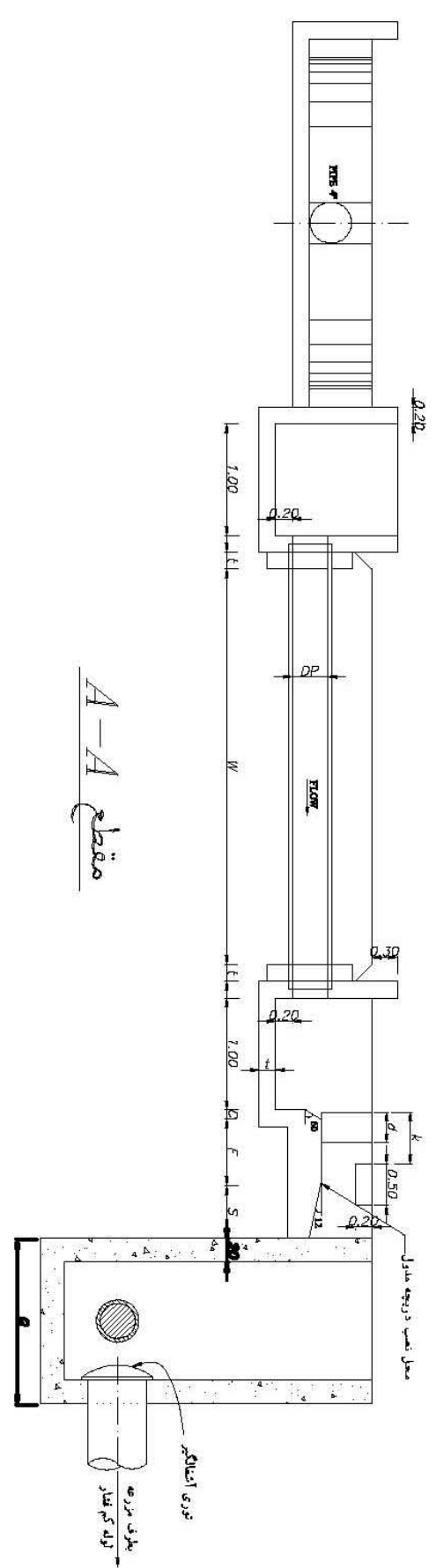
مقطع نمونه تراشه لوله



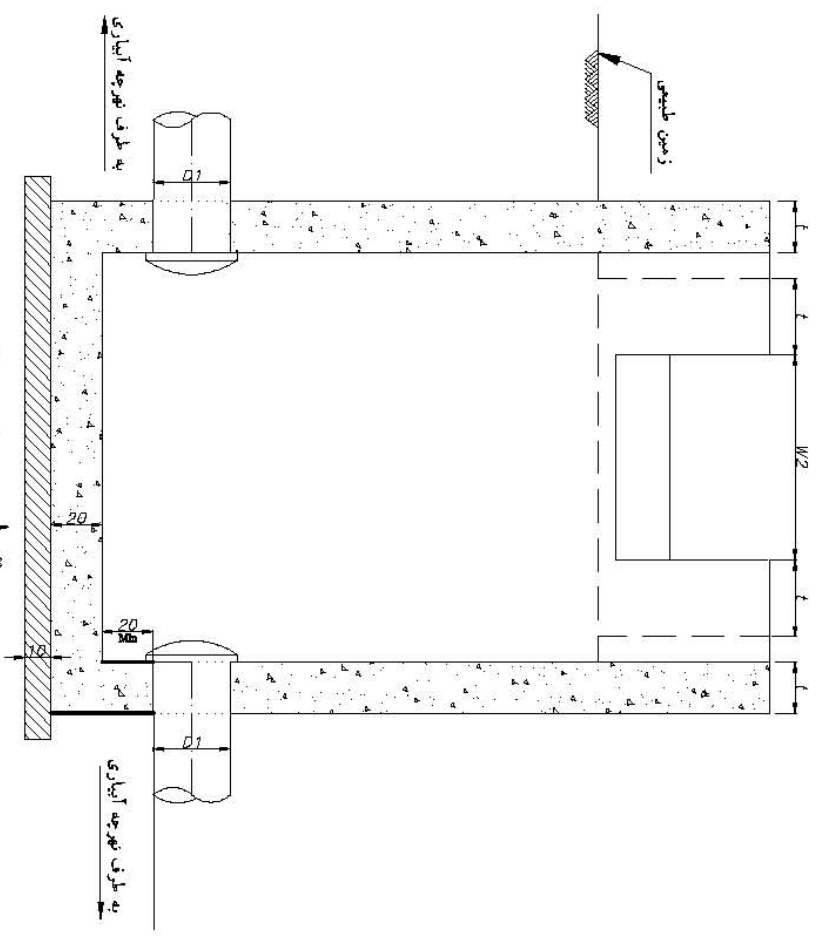
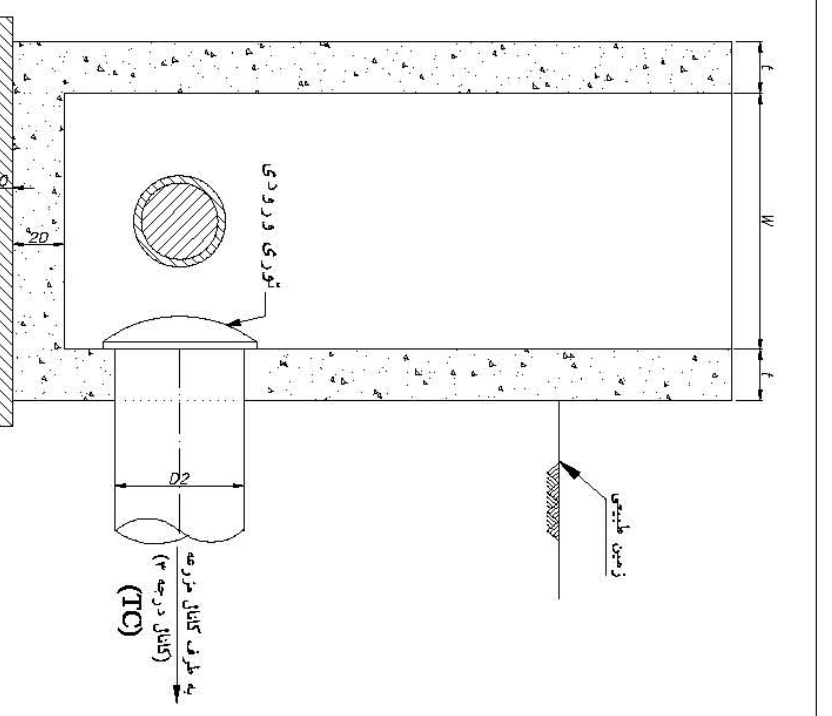
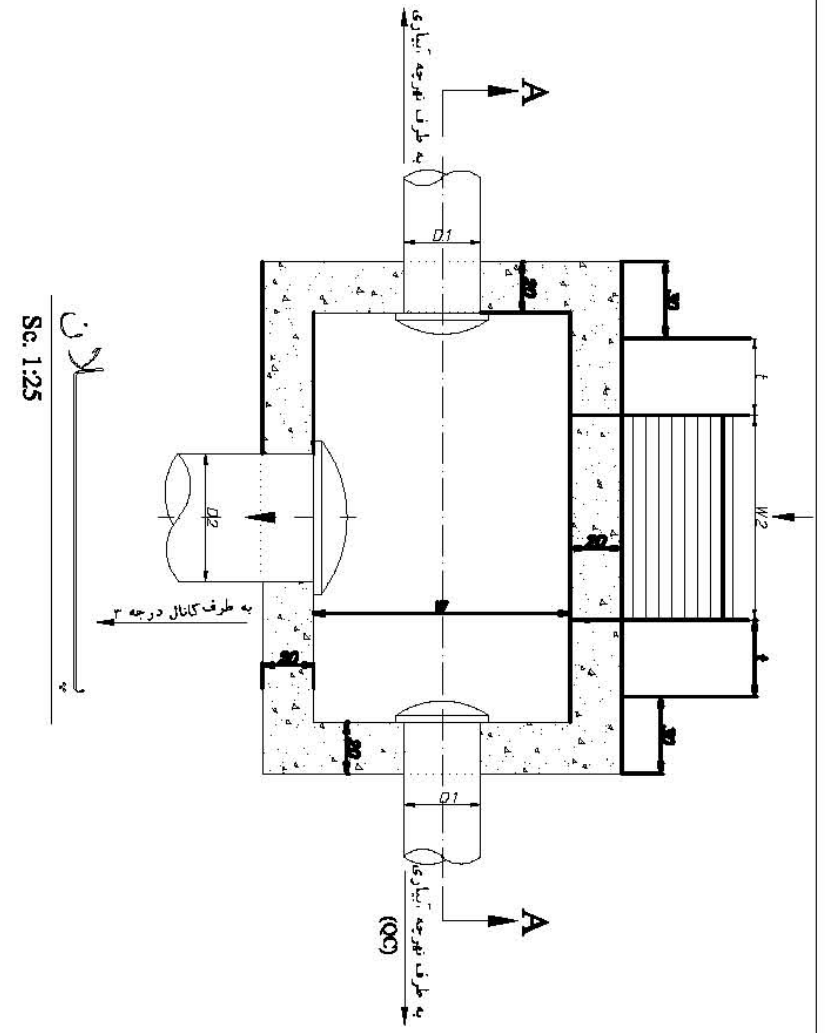
کارگاه	مکان	تاریخ	شماره نقشه
مهندس	مهندس	مهندس	مهندس
اسم	موقع	تاریخ	شماره نقشه
اسم	موقع	تاریخ	شماره نقشه
اسم	موقع	تاریخ	شماره نقشه



مقطع A-A



عنوان	مکانیت برپایه بتن و سنگریزه در محل نصب لوله‌های آب و فاضلاب
نوع	Brick/Concrete
مکان	طرح توجیهی و سازه و سازه های آب و فاضلاب
مقیاس	1:10
تاریخ	
محل	
شماره	8
نوع	8
محل	
نوع	



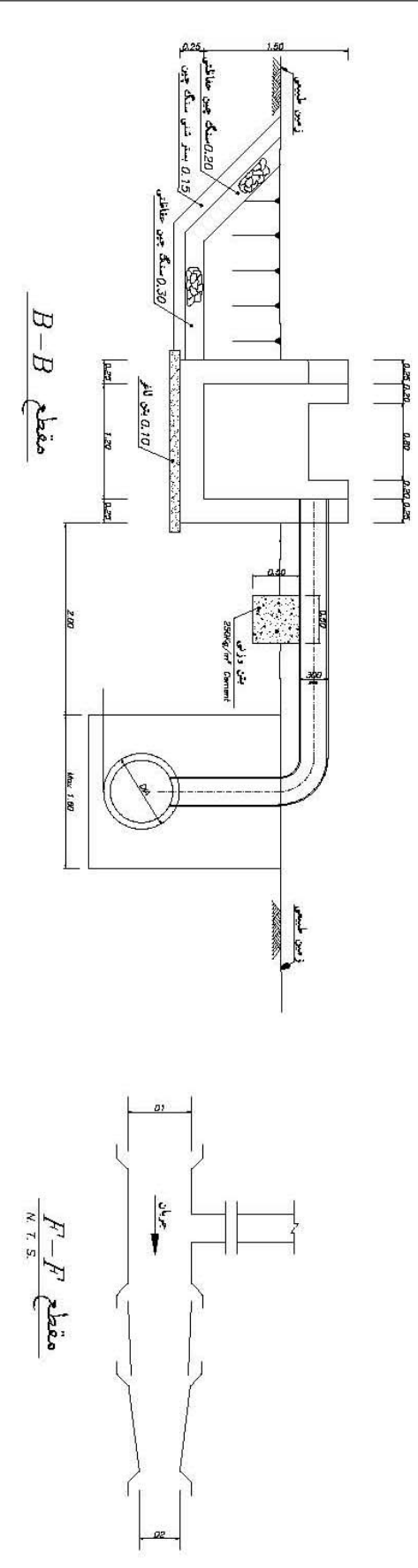
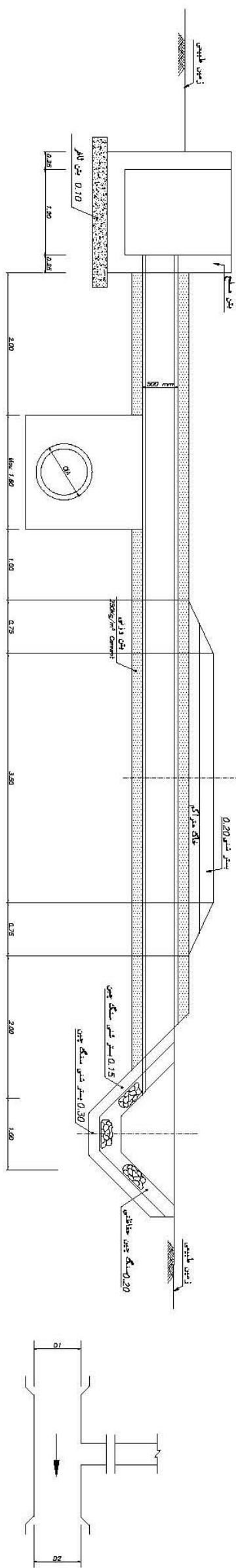
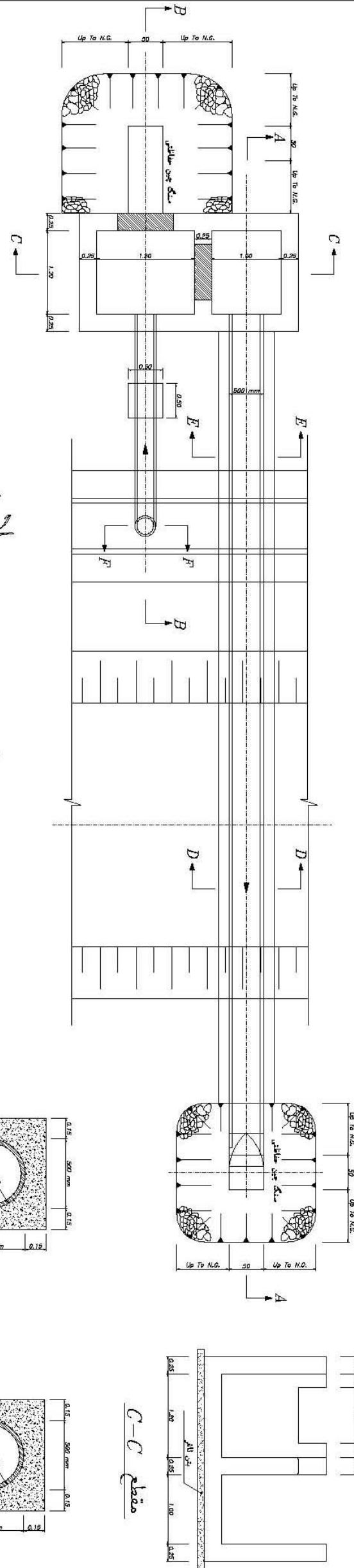
مقطع A-A
Sc. 1:25

مقطع B-B
Sc. 1:25

Quarterary Canal = QC
Tertiary Canal = TC

t حداقل ۱۵ سانتیمتر می باشد.

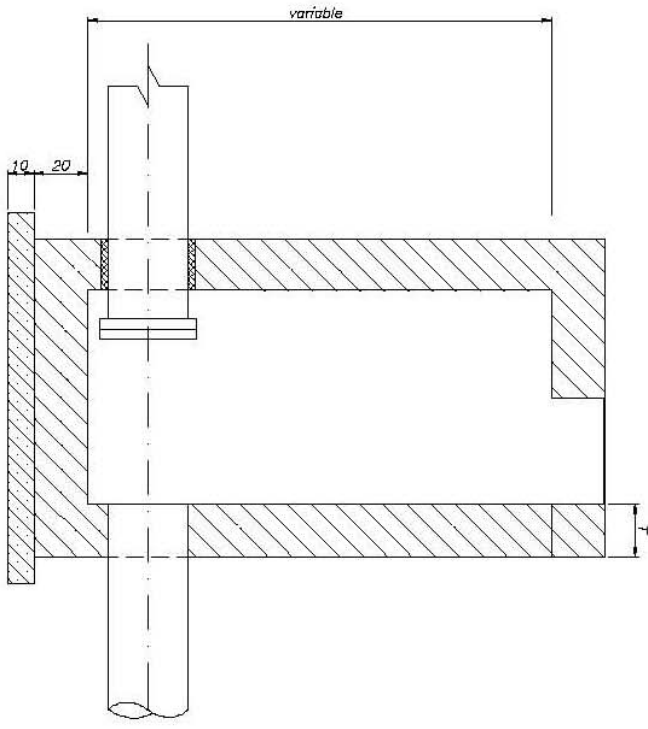
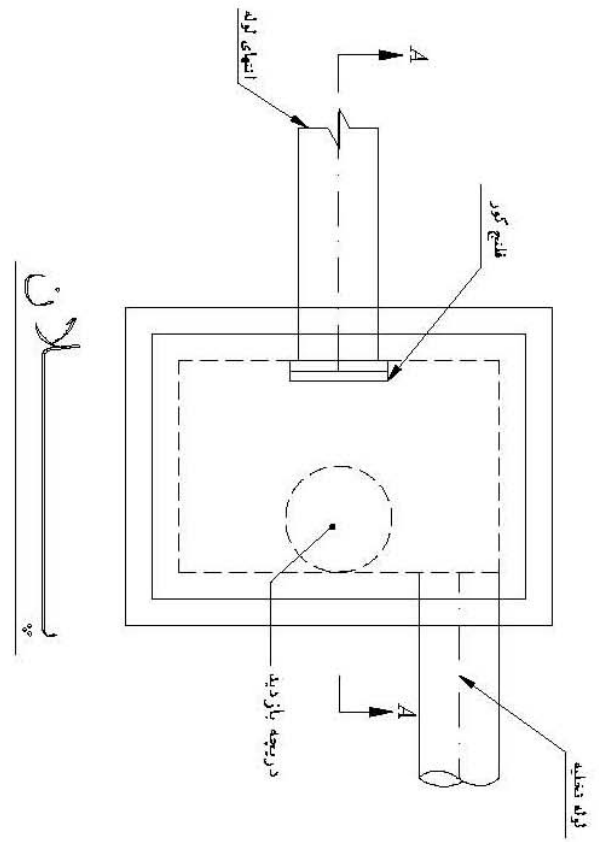
شماره طرح		تاریخ	
محل اجرا		محل اجرا	
مهندس		مهندس	
واحد		واحد	
مقیاس		مقیاس	
ردیف		ردیف	
شماره نقشه		شماره نقشه	
Date		Date	



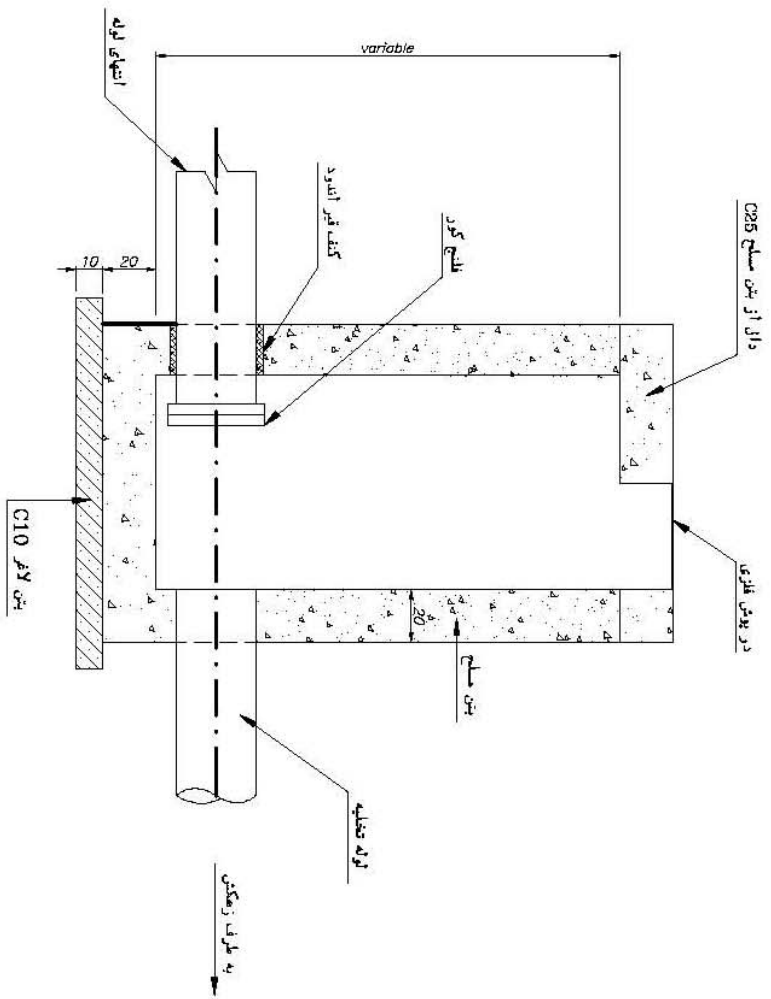
Date تاریخ	No. شماره	Project No. شماره طرح		Scale مقیاس
		Designed By توسعه کننده		
		Checked By بررسی کننده		
		Approved By تایید کننده		
Title عنوان		Project No. شماره طرح		Sheet No. شماره برگه
Structure سازه		Rev. تغییرات		

محل: ...
مقیاس: 1/20
تاریخ: ...

مهندس: ...
مهندس: ...



مقطع A-A



مقطع A-A

توضیحات:
موقعیت تخته‌بندی آب خروجی در محل توصیفه
مهندس ناظر معین خواهد شد.

شماره کتب		مشارکت برنده رقابتی و نظارت رقابتی دانشجوی جهاد	
Project No.	Project No.	Employer	مهندس ناظر معین خواهد شد
Author	Author	Client	مهندس ناظر معین خواهد شد
Checked By	Checked By	Supervisor	مهندس ناظر معین خواهد شد
Drawn By	Drawn By	Scale	مهندس ناظر معین خواهد شد
Revised By	Revised By	Rev.	مهندس ناظر معین خواهد شد
Approved By	Approved By	Rev.	مهندس ناظر معین خواهد شد
Rev.	Rev.	Rev.	مهندس ناظر معین خواهد شد

منابع و مراجع

- 1- Merriam, John, design of Semi-closed Pipeline systems, symposium Proceedings, Planning, Operation, Rehabilitation and Automation of Irrigation Delivery systems; American Society of Civil Engineering, Irrigation and Drainage Division, Darrel D.zimbelman, July 1987.
 - 2- Van Bentum, R and smout. IK, Buried Pipelines for Surface Irrigation, International Technology Publication (IT) & WEDC 1994
 - 3- Adrian Laycock , Irrigation systems, Desing, Planning and Construction, 2006.
 - 4- (ASAE) American Society of Agricultural Engineers Design and Installation of Non Reinforcad Concrete Irrigation pipe systems, 1989
 - 5- American Society of Agri Cultural Engineers, (ASAE), Design, Installation and performance of underground thermoplastic Irrigation pipelines, 1989.
 - 6- Concrete pipe, Irrigation system, Portland cement Association, 1977
 - 7- Design Standard No.3, Chapter 8, Pipe Distribution system, U.S. Bureau of Reclamation, 1989.
 - 8- Irrigation Technical Bulletin, Australis Irrigation pty, Ltd, Aquaflume Controlled Surface Irrigation, 1977
- ۹- گزارش مطالعات مرحله اول و دوم طرح آبیاری و زهکشی واحد سلمان فارسی طرح توسعه نیشکر و صنایع جانبی - مهندسین مشاور پندام ۱۳۷۲ (۱۹۹۳)
- ۱۰- استفاده از لوله‌های کم فشار در آبیاری سطحی، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران ۱۳۸۲

خواننده گرامی

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

Islamic Republic of Iran
Vice Presidency For Strategic Planning and Supervision

Design Criteria for Irrigation Systems with Low Pressure Pipes

No.582

Office of Deputy for Strategic Supervision

Department of Technical Affairs

nezamfanni.ir

Ministry of Energy

Bureau of Engineering and Technical
Criteria for Water and Wastewater

<http://seso.moe.org.ir>

2012

این نشریه

با عنوان ضوابط طراحی سامانه‌های آبیاری با لوله‌های کم‌فشار به معرفی اجزای مختلف، تعاریف و طبقه‌بندی و مزایا و محدودیت‌های این نوع سامانه آبیاری پرداخته و در آن مبانی و ضوابط طراحی لوله‌های کم‌فشار ارائه گردیده است.

در این نشریه همچنین روند برنامه‌ریزی، ملاحظات عمومی طراحی و ضوابط طراحی هیدرولیکی سامانه لوله‌های کم‌فشار شامل خطوط لوله، سازه‌ها و شیرآلات وابسته تدوین شده است.