

# راهنمای نشئت یابی و جلوگیری از

## تلفات آب در

## تأسیسات آبرسانی شهری

نشریه شماره ۲۴۱

وزارت نیرو  
سازمان مدیریت منابع آب ایران  
دفتر استاندارد مهندسی آب

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور  
معاونت امور فنی  
دفتر امور فنی و تدوین معیارها



جمهوری اسلامی ایران

# راهنمای نشت یابی و جلوگیری از تلفات آب در تأسیسات آبرسانی شهری

نشریه شماره ۲۴۱

وزارت نیرو  
سازمان مدیریت منابع آب ایران  
دفتر استاندارد مهندسی آب

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور  
معاونت امور فنی  
دفتر امور فنی و تدوین معیارها

۱۳۸۰

انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور ۸۰/۰۰/۹۱



## فهرستبرگه

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور. دفتر امور فنی و تدوین معیارها  
راهنمای نشست‌یابی و جلوگیری از تلفات آب در تأسیسات آبرسانی شهری/ معاونت امور  
فنی، دفتر امور فنی و تدوین معیارها؛ وزارت نیرو، سازمان مدیریت منابع آب ایران، دفتر استاندارد  
مهندسی آب. - تهران: سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، معاونت امور پشتیبانی، مرکز مدارک  
علمی و انتشارات، ۱۳۸۰.

۸۴ ص: مصور. - (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور. دفتر امور فنی و تدوین معیارها؛  
نشریه شماره ۲۴۱) انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور؛ ۸۰/۰۰/۹۱

ISBN 964-425-317-5

مربوط به دستورالعمل شماره ۵۴/۴۵۳۹-۱۰۵/۱۱۸۸۷ مورخ ۱۳۸۰/۸/۱۳  
کتابنامه: ص. ۸۴

۱. نشست. ۲. آب بخشی. ۳. شهرها و شهرستانها - تأمین آب. ۴. تأسیسات - استانداردها.  
الف. سازمان مدیریت منابع آب ایران، دفتر استاندارد مهندسی آب. ب. سازمان مدیریت و  
برنامه‌ریزی کشور. مرکز مدارک علمی و انتشارات. ج. عنوان. د. فروست.

۱۳۸۰ ش. ۲۴۱ ۲۴ س/ ۳۶۸ TA

ISBN 964-425-317-5

شابک ۹۶۴-۴۲۵-۳۱۷-۵

### راهنمای نشست‌یابی و جلوگیری از تلفات آب در تأسیسات آبرسانی شهری تهیه‌کننده: دفتر امور فنی و تدوین معیارها

ناشر: سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور. معاونت امور پشتیبانی. مرکز مدارک علمی و انتشارات

چاپ اول: ۱۰۰۰ نسخه، ۱۳۸۰

قیمت: ۷۰۰۰ ریال

لیتوگرافی: قاسملو

چاپ و صحافی: موسسه زحل چاپ

همه حقوق برای ناشر محفوظ است.





شماره: ۱۰۵/۱۱۸۸۷-۵۴/۴۵۳۹	بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مشاوران و پیمانکاران
تاریخ: ۱۳۸۰/۸/۱۳	
موضوع: راهنمای نشت‌یابی و جلوگیری از تلفات آب در تأسیسات آبرسانی شهری	
<p>به استناد آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی موضوع ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه و در چهارچوب نظام فنی و اجرایی طرح‌های عمرانی کشور (مصوبه شماره ۲۴۵۲۵/ت/۱۴۸۹۸هـ مورخ ۱۳۷۵/۴/۴ هیأت وزیران) به پیوست، نشریه شماره ۲۴۱ دفتر امور فنی و تدوین معیارهای این سازمان با عنوان "راهنمای نشت‌یابی و جلوگیری از تلفات آب در تأسیسات آبرسانی شهری" از نوع گروه سوم، ابلاغ می‌گردد.</p> <p>دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور، پیمانکاران و عوامل دیگر می‌توانند از این نشریه به عنوان راهنما استفاده نمایند و در صورتی که روشها، دستورالعمل‌ها و راهنماهای بهتر در اختیار داشته باشند، رعایت مفاد این نشریه الزامی نیست.</p> <p>عوامل یاد شده باید نسخه‌ای از دستورالعمل‌ها، روش‌ها یا راهنماهای جایگزین را برای دفتر امور فنی و تدوین معیارهای این سازمان، ارسال دارند.</p>	
<p>محمد ستاری فر</p> <p>معاون رئیس جمهور و رئیس سازمان</p>	



## پیشگفتار

استفاده از ضوابط، معیارها و استانداردها در مراحل تهیه (مطالعات امکان سنجی) مطالعه و طراحی، اجرا، بهره‌برداری و نگهداری طرحهای عمرانی بلحاظ توجیه فنی و اقتصادی طرحها، کیفیت طراحی و اجرا (عمر مفید) و هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری از اهمیتی ویژه برخوردار می‌باشد.

نظام فنی و اجرایی طرحهای عمرانی کشور (مصوبه مورخ ۱۳۷۵/۴/۴ هیأت محترم وزیران) بکارگیری معیارها، استانداردها و ضوابط فنی در مراحل تهیه و اجرای طرح و نیز توجه لازم به هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری در قیمت تمام‌شده طرحها را مورد تأکید جدی قرار داده است. با توجه به مراتب یاد شده و شرایط اقلیمی و محدودیت منابع آب در ایران، امور آب وزارت نیرو (طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور) با همکاری معاونت امور فنی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور (دفتر امور فنی و تدوین معیارها) براساس ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه اقدام به تهیه استانداردهای مهندسی آب نموده است.

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

- استفاده از تخصصها و تجربه‌های کارشناسان و صاحبانظران شاغل در بخش عمومی و خصوصی
- استفاده از منابع و مآخذ معتبر و استانداردهای بین‌المللی
- بهره‌گیری از تجارب دستگاههای اجرایی، سازمانها، نهادها، واحدهای صنعتی، واحدهای مطالعه، طراحی و ساخت
- پرهیز از دوباره‌کاریها و اتلاف منابع مالی و غیرمالی کشور
- توجه به اصول و موازین مورد عمل مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و سایر مؤسسات تهیه‌کننده استاندارد

ضمن تشکر از کارشناسان محترم برای بررسی و اظهار نظر در مورد این استاندارد، امید است مجریان و دست‌اندرکاران بخش آب، با بکارگیری استانداردهای یاد شده، برای پیشرفت و خودکفایی این بخش از فعالیتهای کشور تلاش نموده و صاحبانظران و متخصصان نیز با اظهار نظرهای سازنده در تکامل این استانداردها مشارکت کنند.

معاون امور فنی

پاییز ۱۳۸۰



## ترکیب اعضای کمیته

اعضای کمیته فنی تهیه ضوابط و دستورالعملهای صرفه‌جویی در مصرف آب شهری به شرح زیر است:

آقای رسول امامیان	شرکت متراب	فوق لیسانس راه و ساختمان
آقای حسین شفیعی‌فر	طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور	لیسانس راه و ساختمان
خانم کیان‌دخت کباری	طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور	لیسانس راه و ساختمان
آقای سیدحسین متولیان	مدیریت امور عمران شهری و مسکن	فوق لیسانس شهرسازی
آقای سیدعلی محمودیان	شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور	فوق لیسانس مهندسی آب

ضمناً این راهنما توسط آقای سید علی محمودیان تهیه و در کمیته مورد بررسی و تأیید قرار گرفته است.



## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	مقدمه
۳	۱- تلفات آب
۴	۲- علل تلفات آب در تاسیسات آبرسانی
۵	۳- ارزیابی مقدار تلفات
۸	۴- اتلاف آب در اجزاء مختلف سیستم‌های آبرسانی
۱۲	۵- عوامل موثر در تلفات آب در شبکه‌های توزیع
۱۶	۶- کارهای مقدماتی در امر کنترل تلفات
۱۸	۷- اثرات اقتصادی اتلاف آب
۱۹	۸- روشهای جلوگیری از تلفات
۲۲	۹- رخداد نشت و روشهای نشت‌یابی
۳۹	۱۰- انتخاب روش بهینه
۴۲	۱۱- کارکنان، تجهیزات، مواد و نوشت افزار
۴۸	۱۲- ابزار و دستگاههای نشت‌یابی
۶۴	۱۳- آلودگی به سبب نشت
۶۶	۱۴- نشت بر اثر خوردگی
۷۰	۱۵- مشکلات و محدودیتها در کار نشت‌یابی و راه‌حلهای عملی و چاره ساز
۷۶	۱۶- آموزش
۷۸	۱۷- اقتصاد کنترل تلفات و سایر مزایا
۸۲	۱۸- تشکیلات واحد نشت‌یابی



## مقدمه

تأمین آب سالم و قابل شرب برای جامعه از وظایف و مسئولیتهای سازمانهای آب است. همچنین بسیار مهم است که تأسیسات آبرسانی به گونه‌ای نگهداری شود که نیازمندیهای آب جامعه با حداقل هزینه تأمین شود. برای تحقق این هدف یک برنامه نگهداری که خوب طرح‌ریزی شده باشد بایستی تهیه شود و به‌طور منظم و مداوم به‌مورد اجرا گذاشته شود.

این یک واقعیت است که تمام آب تولیدی در یک سیستم آبرسانی نمی‌تواند مورد بهره‌برداری قرار گیرد و همیشه یک مقدار تلفات در سیستم رخ می‌دهد که تحمل آن اجتناب‌ناپذیر است. لیکن بایستی شرکتهای آب و فاضلاب نهایت سعی خود را برای کنترل و تقلیل این نوع تلفات به‌عمل آورند. نقاط نشت و اتلاف آب را پیدا کرده و اقدامات سریع و مؤثری را برای تعمیر آنها معمول دارند.

اتلاف آب از طریق نشت یا تبخیر در مخازن پشت سدها کاملاً قابل حذف نیست. اما می‌تواند با اقدامات کنترلی به میزان قابل قبولی کاهش داده شود.

نشت آب در هرکجای یک سیستم آبرسانی می‌تواند رخ دهد. نظیر تأسیسات آبیگر، سیستم انتقال، تصفیه‌خانه، مخازن ذخیره و شبکه توزیع. در این میان شبکه توزیع معمولاً بیشترین سهم را در تلفات آب دارد، به‌طوری‌که در شهرهایی که اقدامات پیشگیری ضعیف بوده است اتلاف ۴۰ تا ۵۰ درصد از آب تولیدی در شبکه توزیع مشاهده شده است. حتی در بهترین شرایط تلفاتی در حد ۱۰ تا ۱۵ درصد الزاماً بایستی تحمل شود. و برای نگهداری میزان تلفات در حد اقتصادی انجام اقدامات پیشگیرانه الزامی است.

اتلاف آب از سیستم توزیع نه فقط موجب خسارت عمده به درآمدهای شرکت آب و فاضلاب می‌شود. بلکه اثرات زیان‌آور دیگری نیز برای سیستم دارد. به‌طور مثال نقاط نشت می‌توانند منافذی برای ورود آلودگی به سیستم باشند که در نتیجه موجب ایجاد بو و طعم نامطلوب آب می‌شود و سلامت شهروندان را تهدید می‌کند. مردم آب کمتر و با فشار کم دریافت می‌کنند و از این بابت تدریجاً ناراضی می‌شوند و رابطه جامعه و شرکت آب و فاضلاب سرد و تاریک می‌شود.

با رشد جمعیت و مهاجرت بی‌وقفه روستائیان به شهرها، سیستم آبرسانی مستمراً بایستی توسعه داده شود. و این به مفهوم اختصاص منابع جدید آب که اغلب در فواصل نسبتاً دور قرار دارند، انتقال آب، تصفیه و توزیع آن است که مستلزم صرف هزینه زیاد و بالمال افزایش قیمت آب است.



در یک چنین شرایطی اقتصادی‌ترین راه‌حلها، بهینه‌ترین استفاده از منابع موجود آب است که به دو شیوه زیر عملی است:

- ۱- استفاده مجدد از آب و گردش دوباره آن نظیر استفاده از فاضلاب تصفیه شده برای مقاصد غیر از شرب نظیر استفاده در صنایع، شستشوی توالت و آبیاری فضای سبز
- ۲- جلوگیری از تلفات آب در سیستم آبرسانی و تلاش برای کشف نشت و تعمیر آن با یک برنامه منظم چنانچه هریک از راه‌حلهای فوق چه به تنهایی و چه توأمأً به‌کار گرفته شود، اغلب شهرها را قادر می‌سازد اجرای پروژه‌های جدید و پرهزینه آبرسانی را تا سالها به تأخیر بیندازند و کمک می‌کند تا قیمت فروش آب را پایین نگهدارند.

به‌لحاظ مسائل فوق‌الذکر کشف تلفات و جلوگیری از بروز تلفات در سیستمهای آبرسانی شهری در سالهای اخیر از اهمیت والایی برخوردار شده و امید است دستورالعمل حاضر شرکتهای آب و فاضلاب را در انجام این کار به شیوه‌های علمی و سیستمی یاری کند.

قابل ذکر است در این دستورالعمل تأکید بر شناخت و جلوگیری از تلفات فیزیکی آب بوده و پرداختن به تلفات غیر فیزیکی که جزء دیگری از آب به حساب نیامده محسوب می‌شود، در این نشریه مورد نظر نبوده است.



## ۱- تلفات آب

### ۱-۱ تعریف

منظور از تلفات<sup>۱</sup> آن قسمت از کل تولید آب است که مورد استفاده مفید مصرف‌کنندگان قرار نمی‌گیرد، در بهره‌برداری از تأسیسات آبرسانی به کار نمی‌رود و یا به‌طور نامعقول و افراط آمیزی مورد مصرف واقع می‌شود.

### ۲-۱ انواع تلفات

نشست یا تلفات آب در تأسیسات آبرسانی به انواع زیر تقسیم می‌شوند:

#### ۱-۲-۱ نشست‌های بزرگ<sup>۲</sup>

نشست‌های بزرگ اغلب در تأسیسات آبرسانی بوقوع می‌پیوندند، این قبیل نشست‌ها معمولاً بعلت شکستگی عمده در خطوط اصلی پدیدار می‌شوند. این نوع نشست‌ها معمولاً همراه افت فشار در سیستم آبرسانی و به‌صورت خروج آب از سطح زمین و در مواردی فرسایش خاک و نشست زمین آشکار می‌شوند. نشست‌هایی از این نوع را خیلی زود تعمیر می‌کنند زیرا سیستم آبرسانی بایستی همواره دایر باشد. اگر چه تعداد این قبیل نشست‌ها زیاد است، لکن مقدار آبی که معمولاً بر اثر این نوع نشست‌ها تلف می‌شود به نسبت کم است.

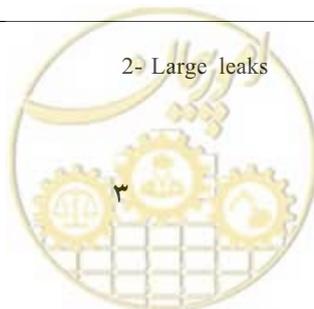
#### ۲-۲-۱ نشست‌های کوچک<sup>۳</sup>

مهم‌تر از نشست‌های بزرگ نشست‌های کوچکی هستند که ممکن است سالها و یا هرگز شناسائی نشده و باعث تلفات تجمعی آب شوند. نشست‌های کوچک به عللی مانند سوراخ شدن لوله‌ها در اثر خوردگی، اتصالات غلط، مصالح نامرغوب، اجرای بد، بستر ناسالم لوله، شیرهایی که نصب شده‌اند، انشعابات پوسیده و یا شیرهای آتش‌نشانی معیوب ایجاد می‌شوند. علل اغلب نشست‌ها صدمات اتفاقی است که در مواقع ساختمان سازی‌ها و جاده سازی‌ها و یا کندن ترانشه برای احداث سایر تأسیسات شهری به تأسیسات آبرسانی وارد می‌شود. شناسائی نشست‌های کوچک نیاز به یک برنامه سیستماتیک بلند مدت، با استفاده از ابزار اندازه‌گیری جریان آب، وسایل شنود و تکنیکهای خاص دارد که در مباحث بعدی تشریح می‌شود.

1- Waste

2- Large leaks

3- Small leaks



## ۱-۲-۳ انشعابات غیر مجاز<sup>۱</sup>

گرفتن یک انشعاب غیر قانونی از شبکه توزیع، گرفتن یک انشعاب از انشعاب قانونی مشتری دیگر، گرفتن انشعاب از لوله اصلی زیرزمینی و یا نصب یک لوله و شلنگ به شیرهای عمومی نمونه‌هائی از انشعابات غیرمجاز هستند. در تمامی حالات فوق، آب برای مصرف کنندگانی تأمین می‌شود که مخارج را نپرداخته و در نتیجه خود را موظف به رعایت صرفه‌جویی و جلوگیری از اتلاف آب نمی‌دانند.

## ۲- علل تلفات آب در تأسیسات آبرسانی

تلفات آب در تأسیسات آبرسانی ممکنست به‌علل زیر رخ دهد:

- ۱-۲- نشت از مخازن، خطوط اصلی انتقال آب و سایر تأسیسات آبرسانی و همچنین انشعابات و متعلقات از طریق:
  - ۱-۱-۲- منافذ به‌وجود آمده بر اثر کاربرد مصالح نامرغوب، اجرای بد و غلط و خوردگی یا فرسودگی
  - ۲-۱-۲- شکستگی‌ها در خطوط و ساختمانهای آبی (مخازن، واحدهای تصفیه و غیره) به‌خاطر نشست زمین، تورم خاک (به‌ویژه رس)، ارتعاش، ضربه قوچ، تغییرات درجه حرارت (به‌ویژه یخبندان) و ترافیک سنگین در روی خطوط اصلی در جاده‌ها.
- ۳-۱-۲- اتصالات ناقص
- ۴-۱-۲- واشرهای ناقص و نامناسب، تمام بست ها و واشرهای نامناسب می‌توانند باعث اتلاف قابل توجه آب شوند.
- ۲-۲- طراحی غلط: نظیر در کنارهم قراردادن لوله آب سرد و گرم در طول زیاد یا مواد و مصالح بد و رنگ دهنده به آب در لوله‌ها. در چنین شرایطی ممکنست مصرف‌کننده مقادیر قابل توجهی از آب را به‌در دهد تا آب خارج شده از شیر به‌قدر کافی گرم، سرد و یا صاف شود.
- ۳-۲- کوتاهی در بستن شیر فلکه‌ها پس از هر بار برداشت آب، چه به‌طور تصادفی از روی بی‌توجهی و چه به‌طور عمد
- ۴-۲- اصراف در مصرف آب (برداشت بیش از نیاز) خواه برای شستن ظروف یا آبیاری باغچه و یا شستشوی اتومبیل.
- ۵-۲- استفاده نامناسب از آب از قبیل کاربرد آب برای خنک کردن یا مصارف غیر مجاز دیگر. در تمام موارد فوق، نشت و تلفات در تحت فشارهای زیاد بشدت افزایش می‌یابند.

1- Illegal connections



### ۳- ارزیابی مقدار تلفات

نشت آب در تمام تأسیسات آبرسانی و شبکه‌های توزیع آب معمولاً رخ می‌دهد. از نظر اقتصادی رسیدن به وضعیتی که در هیچ‌یک از لوله‌ها و مخازن آب هرگز نشتی وجود نداشته باشد امری غیرممکن است و اصولاً برای اتلاف آب یک حد اقتصادی وجود دارد که از طریق نشت روی می‌دهد و این مقدار از تلف شدن آب قابل تحمل است.

برای هر سیستم آبرسانی برای این‌که بتوان مقدار تلفات را برآورد کرد، اطلاعات زیر لازم است که بایستی جمع‌آوری شود:

- جریان متوسط روزانه
- متوسط فشار
- مصارف صنعتی و تجاری آب
- جریان حداقل شبانه
- جریان عبوری از یک ناحیه به ناحیه دیگر
- جمعیت یا خانوار تحت پوشش

### ۳-۱ ارزیابی مقدار تلفات در شرایطی که در تمام ۲۴ ساعت شبانه‌روز جریان آب برقرار باشد.

در مناطقی که جریان پیوسته آب در تمام ساعات شبانه‌روز وجود دارد، تخمین مقدار تلفات آب در شبکه توزیع در ساعاتی که مصرف به حداقل می‌رسد امکان‌پذیر است. نظر به این‌که حداقل مصرف معمولاً در ساعات نیمه‌شب رخ می‌دهد. لذا اندازه‌گیری جریان حداقل شبانه<sup>۱</sup> بعنوان یک روش تخمین مقدار تلفات در شبکه توزیع شناخته شده است. از حاصل تقسیم اختلاف جریان حداقل شبانه و مقدار جریان قابل محاسبه (مصارف قابل اندازه‌گیری) در مدت اندازه‌گیری بر جریان متوسط روزانه، می‌توان درصد تلفات آب در ناحیه را محاسبه کرد. سطوح تلفات معمولاً به صورت زیر طبقه‌بندی می‌شود:

۳-۱-۱ سطح پایین تلفات: ۱۰ تا ۱۵ درصد

۳-۱-۲ سطح متوسط تلفات: ۱۵ تا ۲۵ درصد.

در این حالت اقدام برای نشت‌یابی دارای منافع قابل توجه خواهد بود.

۳-۱-۳ سطح غیرقابل قبول: بیش از ۲۵ درصد.

در چنین حالتی اقدام برای نشت‌یابی قطعاً لازم است، گرچه میزان تلفات وقتی بیش از ۵۰ درصد باشد اقدامات علاج‌بخشی نیز اجتناب‌ناپذیر است.



### ۲-۳ مقادیر تلفات در تعدادی از کشورهای آسیایی

مقادیر ارزیابی شده تلفات آب در برخی از کشورهای در حال توسعه آسیایی من جمله ایران در جدول شماره (۱-۳) ارائه شده است.

جدول ۱-۳ مقادیر ارزیابی شده تلفات آب در برخی از کشورهای آسیایی

ردیف	نام شهر یا کشور	تعداد اشتراک در ناحیه مورد بررسی	آب به حساب نیامده %
۱	فیصل آباد (پاکستان)	-	۵۰
۲	حیدرآباد (پاکستان)	-	۳۰
۳	خلنا (بنگلادش)	۷۳۴۴	۴۰
۴	داکا (بنگلادش)	-	۴۵
۵	کلمبو بزرگ (سری لانکا)	۳۲۰۰	۳۰
۶	هادی / سونقلیا (تایلند)	-	۵۰
۷	بانکوک (تایلند)	-	۴۹
۸	مترو مانیل (فیلیپین)	۳۸۰۰۰۰	۵۱
۹	داگوسیتی (کره)	-	۳۶/۵۹
۱۰	هنگ کنگ	۱۰۰۰۰۰۰	۳۰
۱۱	مالزی	۱۲۳۰۰۰۰	۲۶/۵
۱۲	لاک نو	۱۴۹	۱۹
۱۳	کلکته (هندوستان)	۲۱۶	۲۵
۱۴	تهران (ایران)	۲۸۰۰۰	۴۳
۱۵	تبریز (ایران)	-	۳۷/۹۳
۱۶	اهواز (ایران)	-	۵۲/۸
۱۷	بوشهر (ایران)	-	۳۳

### ۳-۳ مقادیر تلفات در شهرهای ایران

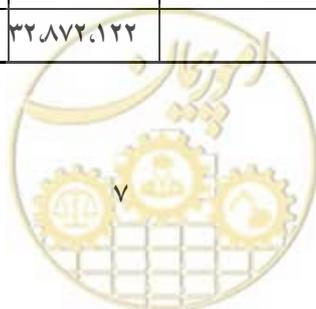
وضعیت استحصال آب در سطح استانهای کشور و درصد تلفات آب در شبکه توزیع و حجم کل تلفات در جدول ۲-۳ نشان داده شده است. این ارزیابی در سال ۱۳۷۲ توسط مهندسین مشاور جاماب انجام گرفته است.

همچنین درصد آب به حساب نیامده در سطح کشور در سال ۱۳۷۵ براساس بررسیهای طرح ملی تحقیق، توسعه و بهسازی شبکه‌های توزیع در جدول شماره ۳-۳ ملاحظه می‌شود.



جدول ۳-۲- وضعیت استحصال کل آب در سطح استانهای کشور، درصد پرت شبکه و حجم کل تلفات

ردیف	نام استانهای کشور	جمعیت شهر در سال ۱۳۷۰ (نفر)	استحصال آب و حجم کل تلفات شبکه (میلیون متر مکعب در سال)		
			کل استحصال آب در سال	درصد کل تلفات	حجم کل تلفات در شبکه
۱	شهرهای استان ۰۱ - تهران	۸,۸۹۶,۶۸۵	۷۵۹/۵۴	۲۴/۸	۱۸۸/۹۳۲
۲	شهرهای استان ۰۲ - مرکز	۶۲۳,۶۶۴	۴۷/۵۱۰	۳۵/۸	۱۶/۵۳
۳	شهرهای استان ۰۳ - گیلان	۹۲۶,۱۵۲	۴۷/۸۰۰	۲۷	۱۲/۹۲
۴	شهرهای استان ۰۴ - مازندران	۱,۶۵۶,۲۴۴	۱۴۶/۸۶	۳۲/۳	۴۷/۴۴۷
۵	شهرهای استان ۰۵ - آذربایجان شرقی	۲,۳۲۹,۱۱۱	۱۲۱/۱۶	۲۹/۶	۳۵/۸۸۴
۶	شهرهای استان ۰۶ - آذربایجان غربی	۱,۱۲۲,۱۴۲	۱۱۵/۷۴	۳۰/۷	۳۵/۵۵۵
۷	شهرهای استان ۰۷ - کرمانشاه	۹۶۶,۹۳۰	۸۶/۸۶	۳۱	۲۷/۰۱۴
۸	شهرهای استان ۰۸ - خوزستان	۱,۹۳۶,۸۵۵	۲۷۳/۶	۳۴/۳	۹۳/۹۳۶
۹	شهرهای استان ۰۹ - فارس	۱,۹۸۷,۰۳۸	۱۳۵/۸۷	۳۳/۵	۴۵/۴۸۶
۱۰	شهرهای استان ۱۰ - کرمان	۸۸۸,۹۲۷	۹۲/۷۹۳	۲۸/۴	۲۶/۳۸۴
۱۱	شهرهای استان ۱۱ - خراسان	۳,۱۶۰,۱۵۴	۲۲۸/۱۹	۲۷/۸	۶۳/۴۶۵
۱۲	شهرهای استان ۱۲ - اصفهان	۲,۵۱۰,۴۸۴	۱۶۹/۵۸	۲۴/۶	۴۱/۷۵
۱۳	شهرهای استان ۱۳ - سیستان و بلوچستان	۶۵۰,۳۵۰	۴۷/۴۱	۵۲/۲	۲۴/۷۵۷
۱۴	شهرهای استان ۱۴ - کردستان	۵۸۶,۹۷۳	۵۱/۹۴	۳۲/۶	۱۰/۵۲۲
۱۵	شهرهای استان ۱۵ - همدان	۷۷۳,۷۶۰	۵۶/۰۵۵	۳۲/۶	۱۸/۳۲۴
۱۶	شهرهای استان ۱۶ - چهارمحل بختیاری	۲۸۷,۴۲۲	۲۵/۳۳	۳۲	۸/۱۲۹
۱۷	شهرهای استان ۱۷ - لرستان	۷۷۶,۲۵۰	۷۴/۰۰	۳۰	۲۲/۲
۱۸	شهرهای استان ۱۸ - ایلام	۲۲۲,۱۵۳	۲۳/۸۲۲	۳۱	۷/۳۸
۱۹	شهرهای استان ۱۹ - کهگیلویه و بویراحمد	۱۵۱,۹۲۷	۱۵/۹۴	۲۶	۴/۱۳۶
۲۰	شهرهای استان ۲۰ - بوشهر	۳۸۹,۳۳۴	۲۹/۱۵۵	۲۵/۴	۷/۴۲۶
۲۱	شهرهای استان ۲۱ - زنجان	۸۳۶,۳۲۷	۶۴/۰۴۴	۲۷	۱۷/۲۷۷
۲۲	شهرهای استان ۲۲ - سمنان	۳۱۸,۷۸۳	۳۸/۶۴۶	۳۶/۳	۱۴/۰۴۳
۲۳	شهرهای استان ۲۳ - یزد	۴۹۱,۳۹۶	۳۴/۳۴	۲۳/۶	۸/۰۹۸
۲۴	شهرهای استان ۲۴ - هرمزگان	۳۸۳,۰۶۱	۵۴/۴۹۴	۲۵/۳	۱۳/۷۹
	جمع کل	۳۲,۸۷۲,۱۲۲	۲۷۴۰/۷۱۰	۲۸/۸	۷۹۱/۳۸۵



جدول ۳-۳- درصد آب به حساب نیامده در سطح کشور در سال ۱۳۷۵

شرکتهای آبیاری کشور	آب به حساب نیامده	شرکتهای آبیاری کشور	آب به حساب نیامده
ایلام	۴۹	خوزستان	۴۵
سیستان و بلوچستان	۴۲	کرمانشاه	۴۴
لرستان	۴۲	چهارمحال و بختیاری	۳۷
مرکزی	۲۳	فارس	۳۳
قزوین	۳۲	گیلان	۳۳
زنجان	۳۰	کردستان	۲۹
یزد	۳۱	سمنان	۳۱
هرمزگان	۳۲	مشهد	۳۲
آذربایجان شرقی	۳۲	آذربایجان غربی	۳۲
مازندران	۳۱	همدان	۲۷
کرمان	۲۹	خراسان	۲۹
بوشهر	۲۴	کاشان	۲۵
قم	۲۵	کهگیلویه و بویراحمد	۲۸

#### ۴- اتلاف آب در اجزاء مختلف سیستم‌های آبرسانی

"تلفات" در تأسیسات آبرسانی شامل مقدار آبی است که به صورت نشت‌های مرئی یا نامرئی از مخازن آب پشت سدها، سدهای خاکی، تصفیه‌خانه‌های آب، خطوط اصلی انتقال آب، مخازن ذخیره و شبکه توزیع از دست می‌رود. در زیر تلفات آب در هریک از اجزاء فوق مورد بررسی قرار می‌گیرد.

#### ۴-۱ مخازن آب پشت سدها

ارزیابی واقع‌بینانه نشت آب از مخازن بزرگ آب کار مشکلی است. جز در حالتی که شکستگی‌های بزرگ زمین‌شناسی وجود داشته باشد، در بقیه حالات مقدار آبی که از این‌گونه مخازن به صورت نشت از بین می‌رود نسبت به حجم آب کم است. نشت‌هایی که از زیر دریچه‌ها و سرریزها رخ می‌دهند اغلب مرئی هستند و در هر کجا و در هر زمان که ممکن باشد توسط سازمان مربوط کنترل می‌شوند.



## ۲-۴ سدهای خاکی

فرار آب یا نشست آب از سدهای خاکی به طرق زیر می تواند رخ دهد:

### ۱-۲-۴ از طریق بدنه سد

در صورتی که مواد بدنه بیرونی سد با مواد تشکیل دهنده هسته با هم پوشش پیدا کنند یک مسیر مستقیم برای جریان آب از بالادست به سمت پایین دست در بدنه سد تشکیل می شود.

### ۲-۲-۴ فرار آب از طریق پی

اگر شکاف و یا منافذی در سنگ بستر وجود داشته باشند، آب از بالادست از طریق شکافها به طرف پایین دست سد نشست می کند.

### ۳-۲-۴ فرار آب از طریق لایه های نفوذپذیر

آب از لایه های خلل و فرج دار / نرم تر / یا نفوذپذیر از طرف بالادست سد به پایین دست و یا از جناحین سد تراوش می کند. مشاهده می شود که یک بار که آب شروع می کند به جریان از طریق لایه های نرم تر روئی، این جریان ادامه پیدا می کند و آب مسیر خودش را می شوید و در نتیجه حجم فرار آب افزایش پیدا می کند.

### ۳-۴ تصفیه خانه ها

در تصفیه خانه های آب اتلاف آب ممکن است به شکل مصرف اضافی در خلال فرآیند تصفیه رخ دهد و این نوع اتلاف می تواند مورد بررسی قرار گرفته و با آن مقابله شود. مخازن ته نشینی و صافی ها به ویژه در تصفیه خانه های قدیمی ممکنست به مقدار زیادی نشست داشته باشند و بایستی مرتباً تعمیر شوند و از آنها به طور مستمر نگهداری شود تا مانع نشست در آنها بشوند.

### ۴-۴ خطوط اصلی

اکثر لوله های اصلی فاقد نشست های قابل ملاحظه هستند. تلفات بزرگ به علت ترکیدن لوله و غیره رابایستی بانصب آژیر مخصوص و یا فشارسنجی که در مکانهای مهم روی لوله کار گذاشته می شوند، آشکار کرد. در زیر به تجارب محدودی که تا به حال در مورد تعیین موقعیت نشست و اندازه گیری مقدار آن به دست آمده است اشاره می شود.

#### ۱-۴-۴ تعیین موقعیت نشت‌ها در خطوط اصلی

تعیین موقعیت نشت‌ها در خطوط اصلی انتقال آب اغلب بخاطر کمبود نقاط شنود صدا کار مشکلی است. مرکز تحقیقات آب انگلستان<sup>۱</sup> برای تعیین موقعیت نشت‌ها در خطوط اصلی وسیله‌ای را ابداع کرده است که متکی به روشهای صوتی نیست. روش کار عبارتست از تزریق گاز سولفور هگزافلوراید به داخل لوله تحت فشار برای این کار از تجهیزاتی که در شکل (۷-۹) در فصل نهم راهنما نشان داده شده است، استفاده می‌شود. گاز از محل نشت خارج شده در سوراخ‌هایی به عمق ۱۵۰ میلیمتر که با فرو کردن یک میله فلزی در زمین و در بالای مسیر لوله تعبیه می‌شوند، جمع می‌شود. این سوراخ‌ها به‌طور معمول به فواصل یک متری از هم ایجاد می‌شوند و جمع شدن گاز در آنها را با استفاده از یک نشت یاب دستی معین می‌سازند. با مشخص شدن وجود گاز در هر یک از سوراخ‌ها موقعیت نشت تعیین می‌شود.

#### ۲-۴-۴ اندازه‌گیری مقدار نشت در خطوط اصلی

برخی از روشهایی که می‌توانند برای تعیین مقدار تلفات آب که از طریق نشت در خطوط اصلی انتقال آب رخ می‌دهد مورد استفاده قرار بگیرند به شرح زیر هستند:

۱-۲-۴-۴ چنانچه تصفیه‌خانه در بالادست خط اصلی قرار دارد، مقدار آب خروجی از تصفیه‌خانه را می‌توان با مقدار آب عبوری از کنتورهایی که روی شعبات خط اصلی قرار دارند مقایسه کرد و از اختلاف آنها، مقدار تلفات آب در طول خط را محاسبه کرد.

۲-۲-۴-۴ می‌توان جریان عبوری از لوله را در نقاط مهم به وسیله لوله پیتو یا هر وسیله دیگری اندازه‌گیری کرده و از نتایج حاصله از اندازه‌گیری در نقاط متوالی، به هرگونه کاهش در مقدار جریان آب پی برد.

۳-۲-۴-۴ هر کجا که نشت از یک لوله اصلی مورد ظن باشد. با جدا کردن لوله تحت فشار در صورت بروز افت در فشار داخلی لوله، می‌توان از وجود نشت در لوله اطمینان حاصل کرد. در صورت نیاز به اندازه‌گیری مقدار نشت می‌توان با پمپ کردن آب به داخل لوله و اندازه‌گیری مقدار آب پمپ شده به وسیله یک کنتور کوچک، مقدار نشت را تعیین کرد. این عمل شبیه کاری است که در موقع آزمایش یک لوله تازه کار گذاشته شده، انجام می‌شود.

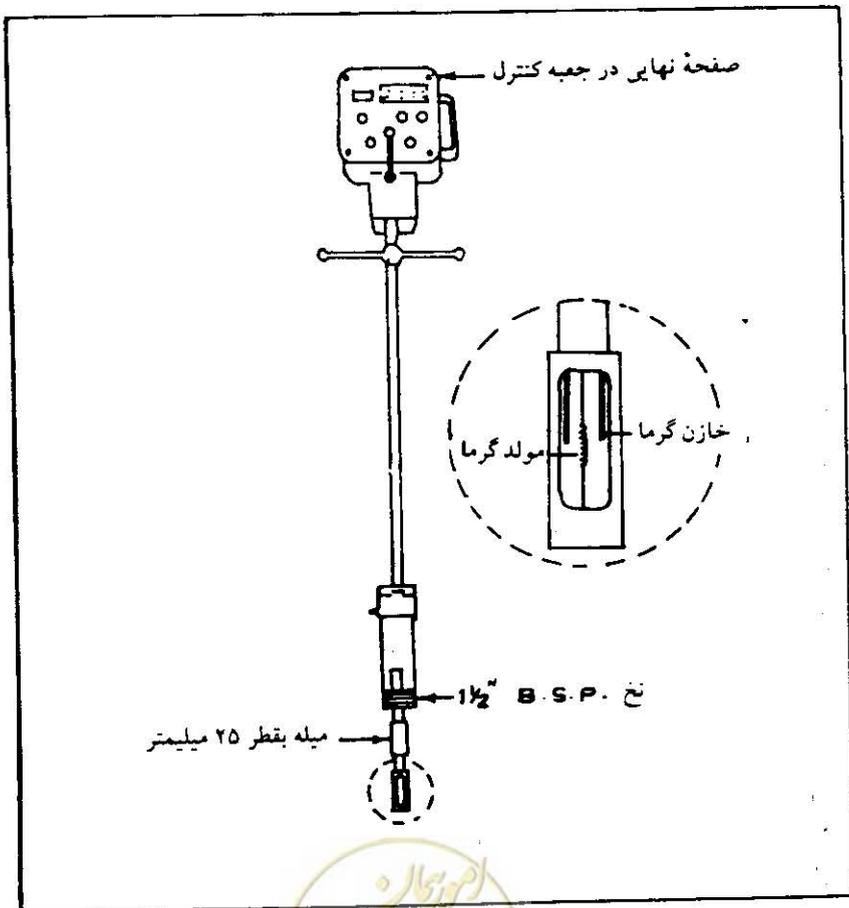
۴-۲-۴-۴ مرکز تحقیقات آب انگلستان WRC یک نوع کنتور مخصوصی را ساخته است که ورود آن به داخل لوله می‌تواند مقادیر جریان آب بسیار کم ناشی از نشت در لوله اصلی را، زمانی که لوله در سرویس نبوده و یا خارج از سیستم است اندازه‌گیری کند. این کنتور از یک مولد گرما در وسط و دو خازن گرما یکی در بالادست و دیگری در پائین دست جریان به‌طوریکه در شکل (۲-۴) دیده می‌شود، تشکیل



شده است. این دستگاه می تواند سرعتهایی در حد ۲ تا ۲۵ میلیمتر در ثانیه را با دقت  $\pm 1$  میلیمتر در ثانیه اندازه گیری کند.

روش دیگری نیز به وسیله WRC توسعه یافته است که در آن نیازی به جدا کردن لوله اصلی از سیستم انتقال نیست. در این روش دو کنتور از نوع توریینی در دوسر لوله ای که قرار است آزمایش شود نصب می شود. سرعت جریان آب بفواصل هر ۵ دقیقه، از نیمه شب که جریان حداقل است تا ساعت مصرف حداکثر در روز، اندازه گیری می شود. تجزیه آماری این سرعتها وجود نشت در لوله را تعیین می کند. WRC اخیراً نیز دستگاهی را ساخته است که قادر است آنالیز آماری مورد نظر را انجام داده و مقدار نشت در لوله را محاسبه کند.

تجارب صحرائی نشان می دهد که نشت در لوله های کهنه به طور عمومی بیشتر است. جنس لوله و روش اجرای آن و عمر لوله از عوامل اصلی بروز و مقدار نشت در لوله ها هستند. تجربه نشان می دهد که رابطه ای بین مقدار نشت که برحسب لیتر کیلومتر در ساعت بیان می شود با قطر لوله وجود ندارد.



شکل ۴-۱- جریان سنج گرمایی

نشست آب از مخازن رامی توان با جداکردن مخزن از سرویس و مشاهده افت در سطح آب اندازه گیری کرد. چنانچه خارج کردن مخزن از سرویس مقدور نباشد، جریان ورودی به مخزن راقطع کرده و در این صورت افت سطح آب در مخزن اندازه گیری می شود. جریان خروجی از مخزن شامل برداشت از شبکه توزیع و نشست در مخزن است که با اندازه گیری مقدار برداشت از شبکه توزیع، مقدار نشست در مخزن قابل تعیین است.

تجارب صحرائی نشان می دهد نشست در مخازن قدیمی معمولاً بیشتر از مخازن نو بوده است، گرچه اثر تکنولوژی اجرای مخزن کمتر از سن مخزن نیست.

## ۵- عوامل مؤثر در تلفات آب در شبکه های توزیع

در سیستم های توزیع آب، حداقل اتلاف آب ناشی از نشست در لوله ها، اتصالات، شیر فلکه ها، شیرهای برداشت عمومی آب، سایر متعلقات لوله کشی و غیره اجتناب ناپذیر است. تلفات اثرات اقتصادی داشته و می تواند در حفظ سلامت عمومی نیز تأثیر داشته باشد. علی رغم دقتی که در طراحی و اجرای یک سیستم توزیع آب به عمل می آید، حفاظت کمی و کیفی آب در سیستم فقط با مدیریت کارآمد و علمی و عملیات پیشگیری و نگهداری سیستم توزیع ممکن خواهد شد. برای رسیدن به این هدف لازم است عوامل مؤثر در اتلاف آب را بشناسیم:

عوامل مهم به شرح زیرند:

### ۱-۵ فشار بالا

مقدار جریان آب در لوله متناسب با فشار آن است. فشارهای بالا مقدار جریان را افزایش داده و لذا تلفات آب ناشی از نشست زیاد می شود. افزایش فشار از ۱/۸ تا ۳/۳ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع مقدار جریان و تلفات ناشی از نشست را تقریباً ۳۰ درصد زیادتر می کند.

بررسی های به عمل آمده نشان می دهد، بر اثر اتلاف یک قطره آب در ثانیه ۳۶ لیتر آب در طی یک هفته از دست می رود. در جدول ۱-۵ مقدار آبی که از منافذ به وجود آمده در یک لوله با فشار ۳/۳ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع هدر می رود نشان داده شده است.



جدول ۵-۱ آب تلف شده در یک لوله با فشار  $3/3 \text{ kg/cm}^2$

آب تلف شده بر حسب لیتر		اندازه منفذ به میلیمتر	ردیف
در ساعت	در شبانه روز		
۶۸	۱۶۳۲	۰/۴	۱
۱۲۲	۲۹۲۸	۰/۸	۲
۷۲۶	۱۷۴۲۴	۱/۶	۳
۸۷۲	۲۰۹۲۸	۳/۲	۴
۲۰۴۳	۴۹۰۳۲	۶/۴	۵
۹۹۸۸	۲۳۹۷۱۲	۱۲/۸	۶
۲۰۴۳۰	۴۹۰۳۲۰	۱۹/۲	۷
۳۶۷۷۴	۸۸۲۵۷۶	۲۵/۴	۸

#### ۲-۵ خاکهای خورنده

لوله‌های فلزی در مقابل عوامل خوردگی حساس هستند و لوله‌های چدنی نیز از این قاعده مستثنی نیستند. سوراخهایی که بر اثر خوردگی در لوله‌ها ایجاد می‌شود، مسبب اتلاف آب می‌باشند. خوردگی خاک، به عبارت دیگر مقاومت الکتریکی خاک که به وسیله دستگاه "مقاومت سنج" قابل اندازه‌گیری است در محدوده صفر تا ۵۰۰ اهم بر متر مکعب مخاطره انگیز است و تمهیدات لازم برای حفاظت خارجی لوله را طلب می‌کند:

#### ۳-۵ آبهای خورنده

آبهای خورنده باعث خوردگی و ضعیف شدن لوله می‌شوند که بهمراه سایر عوامل باعث نشت‌های بزرگ در لوله می‌شوند. خوردگی با به وجود آمدن سوراخ ریز در لوله شروع و توسعه می‌یابد.

#### ۴-۵ اتصالات نامرغوب / لوله‌کشی غیراستاندارد

تلفات آب به خاطر استفاده از اتصالات نامرغوب و یا لوله‌کشی غیراستاندارد معمولاً زیاد است و کنترل این گونه موارد موجب جلوگیری از هدررفتن مقادیر قابل ملاحظه آب می‌شود. روشهای کنترل می‌تواند شامل موارد زیر باشد:

- به کاربردن اتصالات استاندارد (استاندارد داخلی یا معتبر بین‌المللی)



- آزمایش لوله‌ها و اتصالاتی که دارای علامت استاندارد نیستند.
- اجرای عملیات توسط پیمانکار و یا افراد فنی ذی صلاح
- بازرسی و نظارت قوی در امر رعایت آئین‌نامه‌های فنی<sup>۱</sup>

## ۵-۵ عمر خطوط اصلی و لوله‌های ارتباطی

نشست آب در خطوط اصلی و لوله‌های ارتباطی با گذشت زمان به تدریج افزایش می‌یابد. خوردگی لوله‌ها از داخل و خارج و شل شدن اتصالات از عوامل افزایش تلفات آب به‌شمار می‌روند. انتخاب جنس لوله‌ها نیز نقش عمده‌ای در تلفات آب دارد.

عمر مفید خطوط اصلی از نوع چدن<sup>۲</sup> در شرایط کار نرمال معمولاً ۷۰ تا ۸۰ سال در نظر گرفته می‌شود. و عمر لوله‌های ارتباطی از نوع گالوانیزه<sup>۳</sup> بستگی به ۱۰ سال می‌رسد. قدر مسلم اگر لوله‌های فرعی در شبکه توزیع کلاً یا جزاً پس از سپری شدن عمر مفید آنها تعویض شوند، تلفات آب شدیداً کاهش پیدا می‌کند.

## ۶-۵ جابجائی خاک

خاک رس بسته به میزان رطوبت خود منقبض یا منبسط می‌شود. حرکات ناشی از انقباض و انبساط خاک به‌ویژه انقباض ممکنست باعث شل شدن اتصالات و بروز ترکهای محیطی در لوله‌ها شود. نشست‌های غیریکنواخت خاک نیز به لوله‌ها صدمه وارد می‌کند. دلایل نشست‌های غیریکنواخت می‌تواند: جابه‌جایی طبیعی زمین، زمینلرزه‌ها یا ساختمان‌سازیهای سنگین و پرکردن غلط ترانشه‌ها، مرطوب نکردن و متراکم نکردن خاک ترانشه به‌قدر کافی، در موقع پرکردن آن باشد.

## ۷-۵ ضربه آبی

ضربه آبی که به‌واسطه بستن یا باز کردن ناگهانی شیرفلکه‌ها به‌وجود می‌آید ممکنست باعث خسارات عمده به لوله‌ها و در نتیجه نشست‌های سنگین شود. نوسانات فشار در لوله‌ها می‌تواند به لوله‌ها آسیب زده و اگر لوله روی سنگ یا هر نوع بستر سخت و نامناسب کار گذاشته شده باشد، ممکنست بترکد.

1- Bye - Laws

2- Cost Iron

3- Galvanized Iron



## ۸-۵ اثرات ترافیک

لوله‌های قدیمی زیر معابر برای تحمل بارهای ترافیکی مدرن سنگین و سریع طراحی نشده‌اند و مستعد شکستن بر اثر این نوع بارها هستند، به‌ویژه این‌که لوله‌های قدیمی‌تر به احتمال بیشتر دارای اتصالات سخت و غیرقابل انعطاف هستند. لوله‌های تازه کار گذاشته شده ممکنست در جاهائیکه خاک ترانشه در موقع پرکردن به‌قدر کافی متراکم نشده است آسیب ببینند.

غلطک نزدن کافی خاک بالای لوله ممکنست موجب خسارت خوردن به لوله بر اثر حرکات ترافیک شود. مشاهده شده که فشارهای ناشی از وسائط نقلیه سنگینی بر سطح جاده، که برابر ۶ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع بوده است به ۳/۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع در یک متری زیر سطح جاده‌ای که خوب طراحی شده تقلیل یافته است. لوله‌هایی که در عمق کم کار گذاشته می‌شوند ممکنست مزاحمت‌های مستمری به‌شکل نشت دادن یا ترکیدن به‌همراه داشته باشند.

## ۹-۵ خسارات وارد به لوله‌ها به‌وسیله سایر مراکز خدماتی

ترانشه‌های عمیقی که به‌وسیله سایر مراکز خدماتی شهری نظیر (فاضلاب، گاز، برق و...) ایجاد می‌شوند و به‌قدر کافی در موقع عملیات ساختمانی دیواره آنها حفاظت نمی‌شود، ممکنست باعث نشت لوله‌ها، بازشدن اتصالات و غیره شود.

## ۱۰-۵ نشت از شیرفلکه‌ها

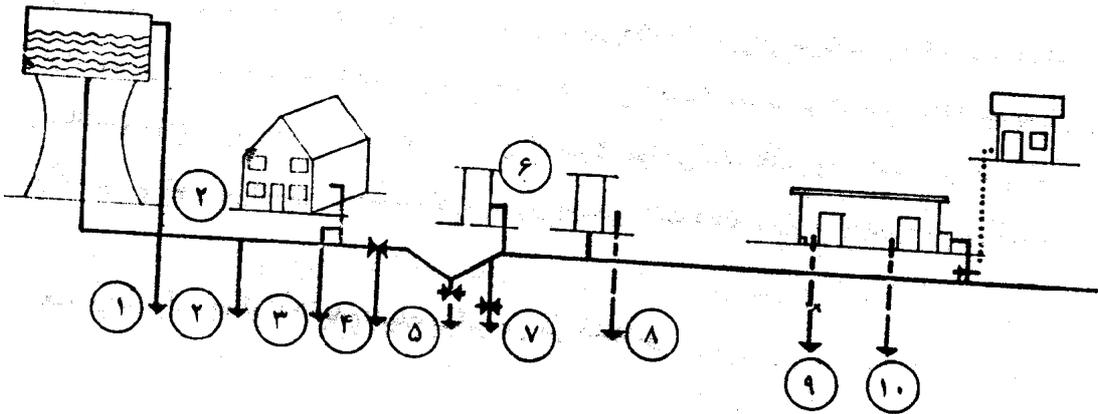
نشت در شیرفلکه‌های کشویی که به‌طور روزانه بازوبست می‌شوند، معمولاً از طریق واشرهای این شیرها صورت می‌گیرد، چون‌که عمر تجهیزات داخل این قبیل شیرها نسبتاً کوتاه است. این نشت‌ها وقتی آب در حوضچه محل استقرار شیر کشویی جمع شده و سرریز می‌شود رؤیت می‌شوند. بعضی وقت‌ها کار تعمیر شیرها به‌واسطه دفن حوضچه شیرآلات در زیر آسفالت و یا قرارگرفتن آن در وسط جاده‌های پرتراffic مواجه با مشکل می‌شود.

## ۱۱-۵ نشت از لوله‌های فرعی متروکه

معمولاً لوله‌های فرعی متروکه را از محل اتصال به لوله اصلی قطع می‌کنند، لکن گاهاً اتفاق می‌افتد که حفاری جاده به‌این منظور ممکن نیست. در این صورت چنانچه انتهای باز این قبیل لوله‌ها کاملاً بسته و آب بند نباشد، این لوله‌ها موجب بروز نشت و تلفات و همچنین آلوده شدن آب می‌شوند.



در مناطقی که بهره‌برداری بی‌رویه از سفره‌های آب زیرزمینی صورت می‌گیرد، افت زیاد سطح سفره آب زیرزمینی موجب نشست سطح زمین می‌شود. این نشست در برخی مناطق تا ۱۰ سانتیمتر در سال گزارش شده است که در نتیجه آسیب‌های جدی به سیستم توزیع آب وارد گردیده است. در شکل (۱-۵) محل‌های ممکن بروز نشست در یک سیستم آبرسانی نشان داده شده است.



۱- سرریز از مخزن ۲- نشست از لوله آبرسانی ۳- نشست از لوله انشعاب ۴- نشست از شیر فلکه ۵- نشست یا بازکردن بی‌موقع شیر تخلیه ۶- نشست یا بازکردن بی‌موقع شیر شستشو ۷- بازکردن بی‌موقع شیر آتش‌نشانی ۸- اتلاف آب از شیرهای برداشت عمومی ۹- نشست از کنتورهای معیوب ۱۰- اتلاف آب در انشعابات غیرمجاز

شکل ۱-۵- محل‌های ممکن اتلاف آب در یک سیستم آبرسانی

علاوه بر عوامل فوق‌الذکر عوامل دیگری نظیر خوردگی تماس دو فلز غیرهمجنس، عدم رعایت عمق یخبندان در کارگذاری لوله‌ها و مغایرت شرایط اجرا با شرایط طراحی نیز ممکن است موجب آسیب لوله‌ها و در نتیجه اتلاف آب شود.

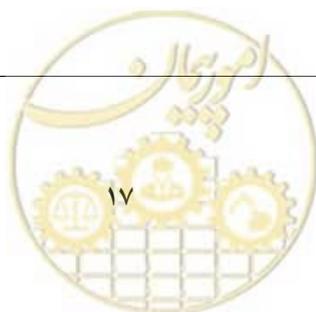
## ۶- کارهای مقدماتی در امر کنترل تلفات

اطلاعات عمومی در مورد شهر شامل نکات مندرج در زیر جمع‌آوری می‌شود.

- توپوگرافی



- سیستم توزیع
  - روش تأمین آب: ثقلی، پمپاژ یا توأم
  - ویژگیهای تولید آب: ساعات تولید - مدت تولید، فشار و چگونگی بهره‌برداری
  - انواع لوله‌های موجود و عمر آنها
  - عادات و سنن مردم بسته به منطقه
  - تغییرات درجه حرارت محیط، رطوبت و غیره
- شهر به نواحی و حوزه‌های مناسبی تقسیم می‌شود. و اطلاعات برای هر ناحیه و حوزه به شرح زیر تهیه می‌شود:
- ۱-۶ کنترل و مشخص کردن محدوده هر ناحیه یا حوزه
  - ۲-۶ به‌روز کردن نقشه شبکه توزیع و پیاده کردن کلیه خطوط لوله و متعلقات روی آن
  - ۳-۶ تهیه لیستی از کارهای لازم برای جدا کردن هر حوزه از سایر قسمتهای شبکه شامل: کنترل تمام شیرفلکه‌های دور محدوده و سایر متعلقات از نظر آب بند بودن
  - ۴-۶ صورت برداری از کلیه خطوط شبکه در ناحیه
  - ۵-۶ علامت‌گذاری مسیر تمام خطوط در ناحیه
  - ۶-۶ بازرسی تمام شیرفلکه‌ها، شیرهای هوا، شیرهای شستشو، شیرهای آتش‌نشانی و غیره
  - ۷-۶ کنترل وضعیت خطوط لوله و متعلقات و جابه‌جایی و تعمیر آنها در نقاط لازم
  - ۸-۶ جمع‌آوری ارقام جمعیتی از طریق بازدید خانه به خانه
  - ۹-۶ اندازه‌گیری کل مصرف آب در ناحیه با استفاده از وسیله اندازه‌گیری مناسب مانند لوله پیتو، کنتور یا سایر وسائل و همچنین ارزیابی مصارف صنعتی و تجاری
  - ۱۰-۶ جمع‌آوری و ثبت جزئیات تمام انشعابات مجاز و غیر مجاز
  - ۱۱-۶ بررسی راهها و روشهایی برای کشف انشعابات غیرمجاز
  - ۱۲-۶ کارگذاری شیرهای قطع و وصل روی انشعابات منازل (در صورتیکه قبلاً نصب نشده باشد) - وجود این شیرها برای اجرای کار نشت‌یابی به روشهای متداول کاملاً لازم است.
  - ۱۳-۶ تعبیه لوله کنارگذر<sup>۱</sup> در روی یکی از لوله‌های اصلی تغذیه کننده شبکه
  - ۱۴-۶ جمع‌آوری اطلاعات راجع به خصوصیات توزیع آب در حوزه مورد آزمایش
  - ۱۵-۶ کنترل تقاطع‌ها و شیرفلکه‌ها
  - ۱۶-۶ کنترل لوله‌های متروک
  - ۱۷-۶ کنترل انشعابات متروک قدیمی
  - ۱۸-۶ کنترل خطوط با انتهای بسته



۱۹-۶ بررسی نتایج آزمایش نمونه‌های آب و تعیین موقعیت نمونه‌های بد در روی نقشه.

۲۰-۶ تعیین موقعیت فشارسنج‌های نصب شده در حوزه، روی نقشه و بررسی نمودار تغییرات فشار برای معرفی نقاطی که در آنها فشار به‌طور ناگهانی کم یا زیاد می‌شود.

۲۱-۶ مطالعه مقاومت الکتریکی خاک برای شناخت رفتار خاک دور لوله - این مطالعه در نقاط ماندآبی و یا مناطقی که در تحت تأثیرات دریا هستند خیلی مهم است.

۲۲-۶ کنترل و ثبت هر نوع نشست قابل رؤیت

۲۳-۶ بررسی شکایات مربوط به قطع آب و یا آلودگی آب ثبت شده در واحد شکایات

۲۴-۶ کنترل وسایلی که قرار است بعداً در کار نشست‌یابی مورد استفاده قرار گیرند.

۲۵-۶ تهیه کروکی محل تمام متعلقات و ضمیمه کردن آن به گزارش نهایی.

این کارهای مقدماتی که در فوق به آنها اشاره شد وقت‌گیر و پرزحمت هستند، انجام آنها مستلزم تجسسات خردمندانه و کاربرد وسایل الکترونیکی است. به‌هرصورت موفقیت در کار نشست‌یابی و دسترسی به نتایج واقعی بستگی به اصالت و درستی کارهای مقدماتی دارد. اطلاعاتی که در مرحله مقدماتی جمع‌آوری می‌شود برای انجام آزمایشات در مراحل بعدی مفید هستند. این اطلاعات در مراحل بعدی بایستی به روز شوند و اضافات و تغییرات در آنها ملحوظ شود.

## ۷- اثرات اقتصادی اتلاف آب

نتیجه اتلاف آب عبارت است از نیاز به منابع اضافی آب، تأسیسات و خطوط لوله بزرگتر، کارگر و سوخت اضافی برای پمپاژ و کارمند اضافی برای تعمیرات. علاوه بر این، هدرروی آب موجب کاهش فشار در لوله‌ها و گهگاه به مقدار زیاد می‌شود. هر گالن آبی که صرفه‌جویی می‌شود، مانند آن است که یک گالن آب جدید به دست آمده است، و صرف هزینه برای برنامه‌های ناکافی جلوگیری از تلفات آب، ممکن است نیاز به صرف هزینه‌های بیشتری برای ایجاد تأسیسات جدید تأمین آب، به‌ویژه اگر تمام منابع محلی با کیفیت مطلوب قبلاً مورد بهره‌برداری قرار گرفته‌اند، را به دنبال داشته باشد.

معمولاً تصمیم‌گیری برای این‌که واقعاً در چه زمانی، جلوگیری از تلفات آب غیراقتصادی است، ساده نیست و این به‌خاطر این است که ارزیابی ارزش آب صرفه‌جویی شده مشکل است. به‌طور عمومی این‌طور تفاهم شده است که تنها وقتی هزینه جلوگیری از تلفات به‌طور نامتناسبی بالا می‌رود (با در نظر گرفتن همه جوانب) سرمایه‌گذاری جدید برای تأسیسات جدید تأمین آب قابل توجیه است. به وضوح می‌آورد که شرکتهای آب و فاضلاب قادر لازم برای بازرسی دقیق و کشف تلفات آب را در خدمت داشته باشند و همین‌طور که مصرف آب به تدریج بالا می‌رود و نیاز به بهره‌برداری از منابع دورتر که بالطبع گرانتر هم هستند بیشتر می‌شود، اقدامات در مورد جلوگیری از تلفات و سایر روشهای صرفه‌جویی را به اجرا بگذارند.



در طی ۲۰ سال هزینه سرمایه‌گذاری تأمین هر مترمکعب آب در کشورمان ۱۸ برابر شده است. در شهر تهران سالیانه حدود ۲۴۰ میلیون متر مکعب آب تلف می‌شود که اگر هزینه تأمین هر مکعب آب از منابع جدید را فقط ۲۰۰ ریال در نظر بگیریم، سالیانه حدود ۴۸ میلیارد ریال هزینه آب هدر رفته، ناشی از تلفات فیزیکی آب است.

## ۸- روشهای جلوگیری از تلفات

در زیر مهمترین روشهای پیشگیری از تلفات آب در سیستمهای آبرسانی توضیح داده می‌شود:

- کاهش فشار و ایجاد مناطق فشاری
- وضع و اجرای آئیننامه‌ها و مقررات به منظور حصول اطمینان از طرز کار و پیش‌بینی لوله‌ها و اتصالات با کیفیت بهتر در انشعابات .
- تدارک خدمات تعمیر و تعویض واشرها و ترجیحاً ارائه خدمات مجانی تعویض واشر برای تمام شیرهای آب سرد و گرم و شیرهای شناور
- تبلیغات و آموزش همگانی
- نصب کنتور و اندازه‌گیری میزان آب مصرفی
- بهبود کیفیت مواد و مصالح، طراحی بهتر اتصالات و ارتقاء کیفیت اجرای کار و خدمات
- بازرسی لوله‌ها و اتصالات نو کار گذاشته شده و یا تعمیر شده
- بازدید از تمامی قسمتهای عرصه و اعیان مشترکین
- رعایت صرفه‌جویی در آب مصرفی برای شستشوی لوله‌ها، شستشوی صافی‌ها و سایر اجزاء تاسیسات آبرسانی

## ۸-۱ کاهش فشار و ایجاد نواحی هم فشار

خروج آب از یک روزنه متناسب با جذر فشار آب است، بنابراین مطلوب است که فشار در یک حد منطقی محدود شود. که این حد گاهی معادل ۳۰ متر ارتفاع آب در نظر گرفته می‌شود.

در نواحی غیرمسطح الزاماً نوسانات قابل توجهی در فشار رخ می‌دهد که بایستی به حداقل برسند همچنین بایستی نوسانات فشار حاصل از لوله‌های کم قطر با افت فشار بالا را با پیش‌بینی مخازن سرویس و یا استفاده از لوله‌های با قطر مناسب به حداقل رسانید. منطقه مصرف بایستی به نواحی هم فشار تقسیم و فشار در هر ناحیه به وسیله یک مخزن سرویس یا برج آب کنترل شود. در بسیاری از موارد برای افزایش یا کاهش فشار به بوستر پمپ یا شیر فشارشکن نیاز خواهد بود.



در مناطقی که خیلی زو عارضه هستند، لوله‌های تغذیه‌کننده برخی از نواحی ممکنست از نواحی دیگر عبور کنند. همچنین بعضی وقتها ممکنست لازم شود فشار را در یک منطقه پست کاهش داده و مجدداً با استفاده از بوستر پمپ فشار آب را برای رسیدن به یک ناحیه مرتفع زیاد کرد. هنوز در اکثر موارد هزینه اضافی ناشی از محدود کردن فشار با صرفه‌جویی که در مصرف آب از این طریق حاصل می‌شود، توجیه می‌شود. اجتناب از فشارهای زیاد در سیستم توزیع اثر مشخصی بر مقدار آبی که از طریق نشت در لوله‌ها و اتصالات تلف می‌شود و یا آبی که به مصرف می‌رسد، دارد. یک کاهش ۳۰ متری در فشار آب، از ۶۰ متر به ۳۰ متر، به‌طور متوسط موجب صرفه‌جویی ۲۳ لیتر در هکتار در روز می‌شود. طراحان بایستی پایین‌ترین مقدار فشار را که در عین حال بتواند سرویس مطمئن به مصرف‌کننده بدهد در نظر بگیرند. کاهش فشار علاوه بر کاهش تلفات یک نفع دیگر هم دارد و آن این است که وسیله‌ای است برای پایین آوردن فشار ناشی از ضربه قوچ و بروز صدا در لوله‌ها که در نتیجه موجب افزایش عمر لوله‌ها و اتصالات می‌شود.

## ۲-۸ ضوابط و آئین‌نامه‌ها

نیاز به حصول اطمینان از اجرا و نگهداری لوله‌ها و اتصالات با یک استاندارد قابل قبول موجب شده شرکت‌های آب و فاضلاب با حمایت قانون اقدام به تهیه ضوابط و آئین‌نامه‌هایی کنند که رعایت آنها توسط دفاتر فنی لوله‌کشی و گهگاه سازندگان لوازم و تجهیزات الزامی است. در برخی کشورها شرکت‌های آب و فاضلاب اختیارات قانونی برای آزمایش اتصالات و شیرآلات و ممهور کردن آنها را دارند.

## ۳-۸ سرویس تعمیرات

پیش‌بینی امکانات خدمت‌رسانی به مشترکین در امر تعویض واشرها، تعویض یا تعمیر شیرها، و تعمیرات لوله‌ها با کمترین هزینه ممکن، بدون شک مشترکین را تشویق می‌کند که موارد نشت آب را سریعاً اطلاع دهند.

در برخی از کشورها، شرکت‌های آب و فاضلاب تمام شیرهای برداشت آب و شیرهای شناور داخل منازل را به‌طور رایگان سرویس می‌کنند. همچنین تعمیرات لوله انشعاب بدون دریافت وجه از مشترک به‌عهدده آنان است. سرشکن کردن این قبیل هزینه‌ها به کل مشترکین تا دریافت آن از هر مشترک غیرعادلانه نیست. غیر از شرایط غیرمعمول محلی، اصولاً نشت از لوله‌های انشعاب بیشتر از لوله‌های اصلی است لذا پیش‌بینی یک واحد سرویس‌دهی مناسب، به‌همراه واحد تشخیص سریع نشت وسیله‌ای بسیار موثر برای کنترل نشت است.



امروزه اهمیت کمک مصرف‌کنندگان آب در برخورد با تلفات آب بیش از پیش شناخته شده و مورد توجه شرکتهای آب و فاضلاب قرار گرفته است و بسیاری از این شرکتها توجه خاصی به مسئله آموزش همگانی (به‌ویژه بچه‌های مدرسه‌ای) مبذول می‌دارند. آنان تلاش می‌کنند به همگان بیاموزند که آبی را که با هزینه و مشکلات زیاد در دسترس آنها قرار گرفته شده است با دقت مصرف کنند. مصرف‌کنندگانی که گوش شنوا دارند و همکاری می‌کنند، به همان اندازه بازرسی نشت‌یابی ارزشمند هستند و همیشه در صحنه‌اند. عمده تلفات آب از اتصالات و لوله‌های مشترکین رخ می‌دهند (در مواردی ۹۰ درصد از کل تلفات) بنابراین آموزش همگانی از طریق سخنرانی برای عموم، برگزاری نمایشگاهها و توزیع فیلم و پوستر بایستی مورد توجه خاص شرکتهای آب و فاضلاب باشد.

#### ۵-۸ نصب کنتور

در برخی از کشورها با این تفکر که نصب کنتور برای اندازه‌گیری آب مصرفی مشترکین در منازل ممکنست باعث شود، گروهی از مردم کم درآمد در مصرف آب امساک کنند و این امر به بهداشت عمومی لطمه بزند، فروش آب را به مشترکین خود به‌جای اندازه‌گیری حجم آب مصرفی از طریق نصب کنتور براساس سطح زیر بنا و قیمت واحدی برای هر مترمکعب آب محاسبه و دریافت می‌کنند. ضمن این‌که از هزینه‌های نسبتاً سنگین خرید کنتور و هزینه‌های قرائت و نگهداری آن با این روش جلوگیری می‌کنند. لکن تجربه نشان می‌دهد نصب کنتور و دریافت آب بها بر اساس حجم آب مصرفی یک راه منطقی برای جلوگیری از تلفات آب و مصرف بی‌رویه آب است.

#### ۶-۸ بهبود کیفیت مصالح و طراحی بهتر لوازم و اتصالات

استفاده از مصالح مرغوب و طراحی مناسب لوازم و اتصالات لوله‌کشی می‌تواند تاثیر قابل توجهی در کم کردن تلفات آب داشته باشد. نمونه بارز آن شیرهای شناور داخل مخازن آب و یا کولرهای آبی است. طراحی و آزمایش لوازم و اتصالات لوله‌کشی، ساخت مواد و مصالح جدید و توسعه تکنیک و روش کار، برای برخورد با هر برنامه جلوگیری و کاهش تلفات آب الزامی است.

#### ۷-۸ بازرسی کارهای جدید

لازم است نه فقط برای بازرسی کارهای جدید ضوابط و قوانینی وضع شود بلکه بایستی از رعایت آنها نیز اطمینان حاصل شود. تمام کارهای جدید بایستی قبل از این‌که مورد بهره‌برداری قرار گیرند به‌دقت بازدید و بازرسی شوند و سپس مجوز بهره‌برداری از آنها صادر شود.



بازرسی‌های تفصیلی از وضعیت لوله‌کشی، شیرآلات و اتصالات مشترکین به صورت ادواری حداقل ۵ سال یکبار حائز اهمیت است. چراکه هر چقدر هم بازدیدهای اولیه (در زمان احداث ساختمان) با دقت انجام شده باشد باز ممکنست در طول زمان تغییراتی به وجود آمده و مثلاً مشترک از اتصالاتی که مورد تایید شرکت آب و فاضلاب نباشد استفاده کرده باشد. در ضمن انجام این بازرسیها، علاوه بر کنترل منصوبات و تعیین تعداد و نوع اتصالات، آمار و اطلاعات مفید دیگری مانند تعداد افرادی که در هر منزل زندگی می‌کنند (بعد انشعاب) و غیره نیز می‌توان قید کرد.

## ۹- رخدادهای نشت و روشهای نشتیابی

### ۹-۱ تئوری نشتیابی

#### ۹-۱-۱ مقدمه

جریان معمولی آب در لوله‌ها با سرعتی انجام می‌شود که باعث تولید صدا یا بروز لرزش در لوله نشود. وقتی آب از محلی در لوله بخارج نشت می‌کند انرژی موجود در سیستم آزاد می‌شود و به‌طور ناگهانی به سایر انواع انرژی تبدیل می‌شود. این تبدیل انرژی سبب بروز ارتعاش در لوله شده و صداهائی تولید می‌شود که به "صداهای نشت" موسوم است. این صداهای در طول لوله منتقل می‌شوند و از طریق خاک دور لوله به سطح زمین می‌رسند. این صداهای از زمانهای گذشته که لوله‌های آب تحت فشار در تأسیسات آبرسانی، بخدمت گرفته شده‌اند اساس روشهای مورد استفاده در نشتیابی را تشکیل می‌دهد.

#### ۹-۱-۲ خصوصیات صداهای نشت

تنها کلید موجود برای کشف نشت‌های زیرزمینی صداهای نشت هستند. در نقاط نشت، صداهای مختلفی ایجاد می‌شود که دارای فرکانس‌ها و طول موج‌های متفاوتی هستند که کم و کیف آن به عواملی نظیر: فشار در لوله، اندازه نشت و جنس خاک اطراف لوله بستگی دارد.

این صداهای مختلف وابسته به درجه فرکانسی که دارند می‌توان به شرح زیر دسته‌بندی کرد:

الف - صدای آب در حدی که آب نشتی فقط در لایه خاک دور لوله جریان یابد (۵۰-۲۰ HZ)

ب - نشت آب به صورت جت به‌طوریکه از لایه خاک اطراف لوله عبور کند (۸۰-۳۰ HZ)

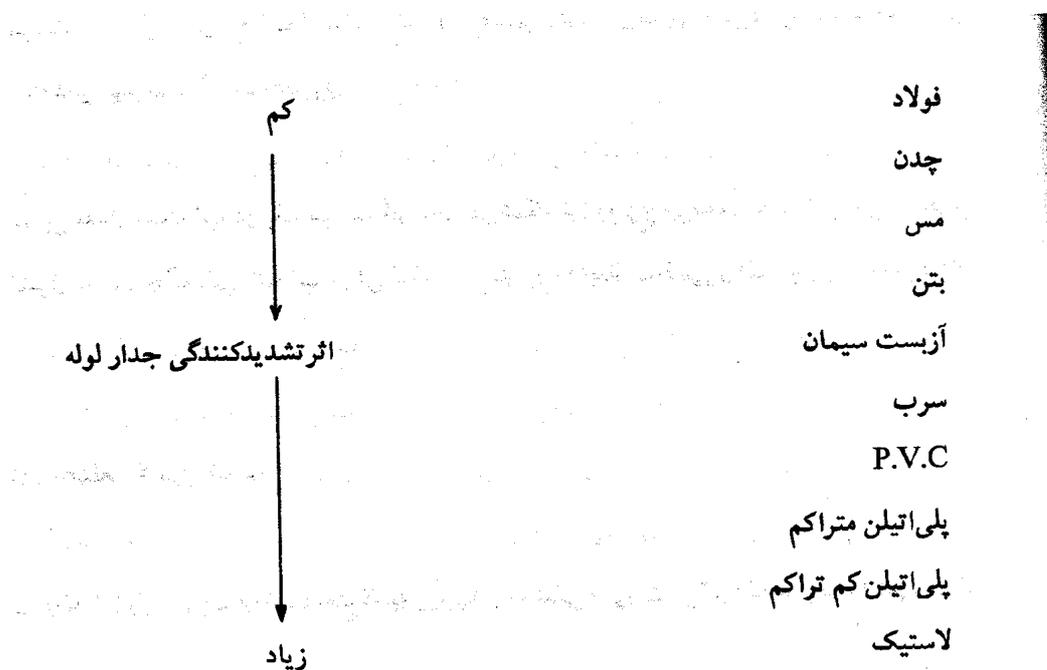
ج - صدای جت (۴۰۰-۱۰۰ HZ)

د- صدای خروج جت آب از لوله فلزی که باعث ارتعاش لوله شود (۴۰۰۰-۱۰۰۰ HZ)



## ۹-۱-۳ انتشار و ویژگی صدا

احساس کامل یک صدای بخصوص تنها با گوش دادن به آن میسر است. توصیفات نوشتنی محدود هستند و فقط به عنوان یک راهنمای عمومی ارائه می شوند و باید گفت برای تجارب عملی جایگزین بهتری برای صدا وجود ندارد. صدای آبی که از لوله برداشت می شود بسادگی با صدای آبی که از لوله به صورت نشت خارج می شود قابل اشتباه کردن است. این که انتشار هر صدایی ناشی از نشت در یک لوله پر از آب از طریق آب داخل لوله صورت می پذیرد و نه از طریق جدار لوله، از اهمیت خاصی برخوردار است. جدار لوله پر شده از آب، صدا را به خوبی آب داخل آن منتقل نمی کند. در عوض ماده به کار رفته در جدار لوله صدا را تشدید می کند و به طوری که در زیر نشان داده شده هر چه ماده جدار لوله نرم تر باشد این اثر بیشتر است.



## ۹-۱-۴ اثر هوا در یک لوله

حباب های هوا در یک لوله می توانند به مقدار زیادی در انتشار صدا تأثیر بگذارند. به طوری که حبابهای بزرگ هوا می توانند عملاً از انتقال صدا جلوگیری کنند. حبابهای بزرگ هوا می توانند در مواقعی که جریان آب در لوله در منطقه نشت موقتاً قطع می شود تشکیل شوند، به این صورت که آب داخل لوله از محل نشت خارج می شود و هوا وارد لوله می شود و وقتی که جریان آب مجدداً برقرار می شود، حبابهای هوا در لوله حبس می شوند تا وقتی که در خلال یک تخلیه قابل توجه از لوله خارج شوند. حتی حباب کوچک هوا ممکنست به میزان قابل توجهی قابلیت انتشار صدا را در لوله کاهش دهد.



## ۲-۹ روشهای نشت یابی

معمولاً نشت آب مبتلا به همه سیستمهای توزیع آب است و در شرایط عادی نشت آب بخش عمده آب به حساب نیامده را در یک سیستم آبرسانی تشکیل می‌دهد. در حالی که دستیابی به وضعیتی که در خطوط آبرسانی و مخازن هیچگونه نشتی رخ ندهد، بسیار پرهزینه و غیراقتصادی است. برای مقدار آبی هم که اتلاف آن از طریق نشت می‌تواند قابل تحمل باشد یک حد اقتصادی وجود دارد.

مسئله‌ای که اغلب شرکت‌های آب و فاضلاب با آن مواجه هستند این است که، چگونه سیاست مناسبی را برای مقابله با نشت آب در یک سیستم آبرسانی و توزیع آب انتخاب کنند که مطمئن باشند درآمدی که از کنترل نشت عاید آنها می‌شود بیشتر از هزینه‌های مربوط به آن خواهد بود.

در اغلب موارد بیشترین مقدار نشت آب در یک سیستم آبرسانی در شبکه توزیع رخ می‌دهد، که در زیر پس از معرفی روشهای مختلف کنترل نشت، چگونگی انتخاب روش مناسب بسته به ملاحظات فنی و اقتصادی توضیح داده می‌شود.

### ۱-۲-۹ روشهای مختلف کنترل نشت

کنترل تلفات آب در واقع ارزیابی میزان تلفات است که به روشهای مختلفی صورت می‌گیرد که هر یک دارای دقت‌های خاص خود هستند.

روشهای مختلف کنترل نشت به دو دسته کلی روشهای انفعالی<sup>۱</sup> و روشهای فعال<sup>۲</sup> تقسیم می‌شوند.

### ۱-۱-۲-۹ روشهای کنترل انفعالی<sup>۳</sup>

در این روش کنترل، صرفاً نشتهایی که به خودی خود در سطح معابر ظاهر و نمایان می‌شوند تعمیر می‌شوند و این به معنی آن است که در این روش فقط با نشتهای بزرگ برخورد می‌شود و نشتهای کوچک که اغلب زیاد هم هستند مورد توجه قرار نمی‌گیرند.

1-Passive

2- Active

3- Passive Control



## ۹-۲-۱-۲ روشهای کنترل فعال<sup>۱</sup>

به طور کلی در روشهای فعال هدف این است که با پیدا کردن محل نشت میزان تلفات آب در سیستم آبرسانی کاهش داده شود. در بین روشهای فعال هرچقدر که روش گسترده تر است به همان میزان کار بیشتری می برد تا نشتها در نواحی کوچکتر و در مدت کوتاهی از زمان وقوع مشخص شوند. برخی از این روشها به شرح زیراند:

## ۹-۲-۱-۲-۲ روش تخمین حداقل جریان شبانه<sup>۲</sup>

در شهرهایی که دارای آب ۲۴ ساعته هستند حداقل مصرف در ساعات نیمه شب رخ می دهد. در روش حداقل جریان شبانه این مقدار حداقل ارزیابی می شود. با منظور داشتن مقادیری برای مصارف مجاز شبانه اعم از خانگی یا صنعتی، در صورتی که مصرف از حد معقولی تجاوز کند نشان دهنده وقوع نوعی نشت یا تلفات در سیستم است که با بررسیهای بیشتر می توان آن را کشف کرد.

برای تخمین حداقل جریان شبانه می توان به دو روش زیر اقدام کرد:

- اندازه گیری مقدار آبی که بایستی به سیستم وارد کرد تا سطح آب در مخزن سرویس در ساعات نیمه شب ثابت نگهداشته شود. با اندازه گیری این مقدار آب و کسر واقعی مصرف شبانه توسط کارخانجات، بیمارستانها و غیره حداقل جریان شبانه که معادل نشت در سیستم (مخزن و شبکه توزیع) است به دست می آید.
- قطع هرگونه جریان ورودی به مخزن و اندازه گیری افت سطح آب در آن در فواصل معینی (مثلاً هر ۱۰ دقیقه یکبار). این روش ارزیابی دقیقتری از میزان جریان حداقل شبانه و در نتیجه تلف آب در سیستم را به دست می دهد.

برای اندازه گیری نشت آب در مخازن کافی است جریان ورودی و خروجی آنها قطع و برای مدت معینی افت سطح آب در آنها اندازه گیری شود و برای اندازه گیری تلفات در خطوط آبرسانی و خطوط اصلی شبکه توزیع بهترین روش عبور مقدار معینی از جریان آب و اندازه گیری مقدار جریان در مقاطع مختلف از لوله توسط کنتور و یا لوله پیتو است. و در این صورت بایستی ابتدا کلیه شیرهای قطع و وصل از نظر قطع کامل جریان آب کنترل و تمام خطوط فرعی منشعب از لوله اصلی تحت آزمایش قطع شوند.

نمودار شماره (۹-۱) تغییرات مصرف آب در ساعات مختلف شبانه روز و حداقل جریان شبانه را نشان می دهد.



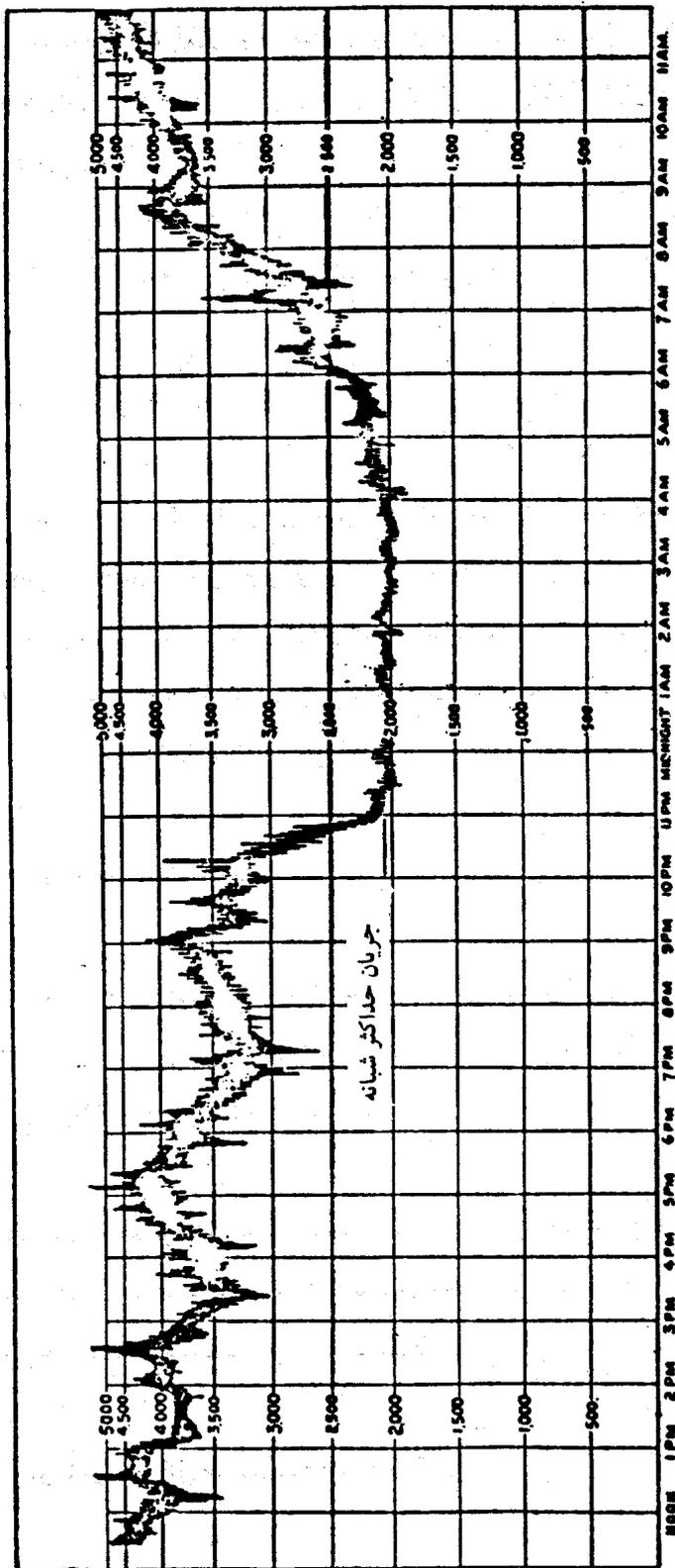
## ۹-۲-۱-۲-۲ روش گوش دادن به صدا<sup>۱</sup> (در هر انشعاب)

ویژگی صدای «هیس» حاصل از آبی که از یک لوله تحت فشار خارج می‌شود، به بازرسان با تجربه آب کمک می‌کند که نشست‌های آب را از لوله‌های مدفون در زیرزمین پیدا کنند. در این روش شیر قطع و وصل بیرون منزل تاحدی بسته می‌شود که فقط مقدار کمی آب از آن عبور کند. سپس سر یک میله از جنس سخت را (آهن یا آلومینیوم) در روی شیر قرار داده و سر دیگر آن را دم‌گوش قرار می‌دهند. هرگونه صدایی که از طریق میله به گوش برسد نشان از عبور جریان آب است. و در صورتی که تمام شیرهای مصرف داخل منزل مشترک بسته باشند علامت جریان آب قاعدتاً بایستی نشست آب باشد.

میله‌های انتقال دهنده صدا مجهز به گوشی و یا استوتسکوپ نیز ساخته شده‌اند که می‌توان از آنها استفاده کرد. گوش دادن به صدای آب در شب به علت فقدان صداهای مزاحم اضافی آسانتر است. از طرف دیگر در صورتی که حین انجام عملیات در شب به وجود نشست در داخل منازل پی ببریم. معمولاً امکان ورود به داخل منزل برای انجام بررسی‌های بیشتر مقدور نیست و بایستی این بررسی به روز بعد موکول شود. وسایل الکترونیکی مجهز به میکروفون‌های ظریف و حساسی نیز ساخته شده‌اند که می‌توان از آنها برای پیدا کردن محل دقیق نشست در روی یک لوله مدفون استفاده کرد. لکن برخی از آنها به صداهای بیرونی حساس هستند. کاربرد ابزاری از این نوع که برای کشف صدای ارتعاش از سطح زمین طراحی شده‌اند «صدایابی غیرمستقیم» نامگذاری شده‌اند و بدین صورت از روش معمول قراردادادن میله صدایابی بر روی اتصالات لوله‌کشی که به «روش مستقیم» موسوم است متمایز می‌شوند.

## ۹-۲-۱-۳ روش صدایابی منظم<sup>۲</sup> (در شبکه توزیع)

در این روش شبکه توزیع به چند ناحیه تقسیم می‌شود و در نقاط مهم فشارسنج نصب می‌شود و فشار شبکه قبل از شروع آزمایش، در طول آزمایش و بعد از آزمایش اندازه‌گیری می‌شود. در ناحیه مورد آزمایش گروه‌هایی از افراد با به‌کارگیری ادوات شنود صدا به طور مرتب و سیستماتیک در تمام قسمت‌های شبکه توزیع حرکت کرده و صدای نشست آب را در تمام شیرفلکه‌ها، شیرهای آتش‌نشانی، شیرهای قطع و وصل، کنتورها و غیره بررسی می‌کنند و در موارد برخورد با تلفات و نشست تعمیرات لازم صورت می‌گیرد و این کار مرتباً تکرار می‌شود. به‌طور معمول افراد کافی به کار گمارده می‌شوند تا بتوان تمام شبکه را به فواصل زمانی یک تا دو سال یکبار کنترل کرد.



نمودار ۹-۱ - تغییرات مصرف آب در ساعات شبانه روز و حداقل جریان شبانه



آزمایش ممکنست در شب یا در طول روز انجام شود و یا در مواردی بسته به شرایط منطقه آزمایش ممکنست در مناطقی مثل مناطق مسکونی در طول روز و در مناطق تجاری و محلهای خرید و شلوغ در طول شب و یا صبح خیلی زود انجام شود. توفیق کار در این روش را می توان با بهتر شدن فشار در شبکه ارزیابی کرد.

مزایای عمده این روش عبارتند از:

- امکان انجام عملیات در ساعات روز
- امکان انجام عملیات در زونهای بزرگتر در مقایسه با سایر روشها
- هزینه کمتر
- وقت گیری کمتر

و نقص عمده این روش این است که مقادیر آبی که از اتلاف آن جلوگیری می شود قابل اندازه گیری نیست و لذا امکان تحلیل اقتصادی (هزینه / نفع) در این روش وجود ندارد. معهذاً بسیاری از مهندسين معتقدند این روش در تقلیل نشست نسبت به سایر روشها مؤثرتر است و آنها ترجیح می دهند با به کارگماردن پرسنل بیشتری، اعتباراتشان را در این روش هزینه کنند تا صرف خرید ادوات و لوازم برای سایر روشها حتی ادعا می شود که در مواردی نتیجه کار این روش مساوی یا بهتر از سایر روشها است.

#### ۹-۲-۱-۲-۴ روش کنترل مصرف ناحیه<sup>۱</sup>

در این روش، شبکه توزیع به نواحی کوچکتری تقسیم می شود، و با نصب کنتور حجمی، کل میزان مصرف آب در هر ناحیه اندازه گیری می شود. در صورتی که آب از ناحیه مورد بررسی به نواحی مجاور نیز جریان داشته باشد با نصب کنتور در نقاط لازم جریان خروجی از ناحیه اندازه گیری می شود.

کنتورها به فواصل زمانی منظم قرائت و میزان آب مصرف شده در هر ناحیه با میزان آب مصرفی قبل مقایسه می شود. در صورتی که مقدار مصرف در هر ناحیه به میزان غیر قابل توجه بالا باشد، نشان از وجود نشست در شبکه بوده و با اعزام بازرسان به ناحیه، محل نشست پیدا و تعمیر می شود.

#### ۹-۲-۱-۲-۵ روش کنترل حداقل جریان شبانه با نصب کنتور<sup>۲</sup>

در این روش تمهیدات لازم برای این که بتوان شبکه توزیع را به نواحی کوچکتری تقسیم و هر ناحیه را از نواحی دیگر جدا کرد، به عمل می آید. اشکال شماره (۹-۲) و (۹-۳) شیرهای قطع و وصل محدوده هر ناحیه را در شب که

1- District Metering

2- Minimum Night Flow Metering (Waste Metering)

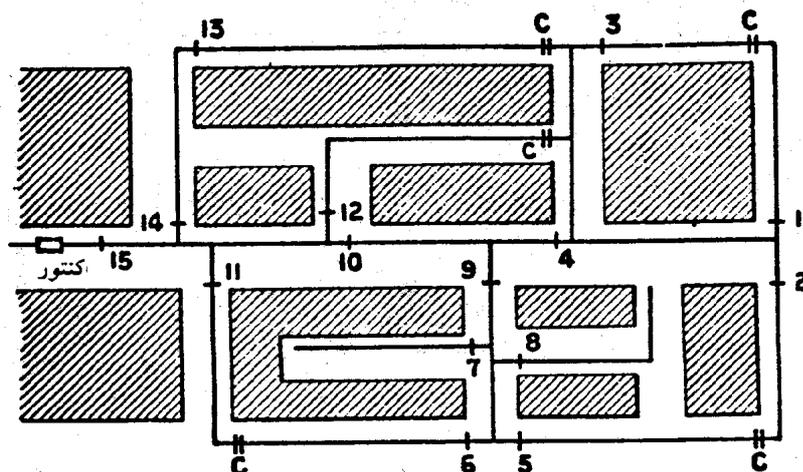
مصرف آب کم است بسته و میزان مصرف آب در هر ناحیه را با استفاده از کنتورهای نشت یاب (شکل ۹-۴) که قادرند مقادیر بسیار کم جریان را اندازه گیری کنند ثبت می کنند. با این ترتیب مقدار جریان شبانه به فواصل زمانی منظم اندازه گیری و در صورتی که افزایش قابل توجهی نسبت به مقادیر حداقل قبلی مشاهده شود بازرسان به محل اعزام تا محل نشت را تعیین و تعمیر کنند. عندالزوم از روشهای آزمایش دیگری نظیر «آزمایش پله ای» که می تواند موقعیت نشت را محدودتر کند نیز می توان استفاده کرد.

#### ۹-۲-۱-۲-۶ روش کنترل توأم مصرف ناحیه و حداقل جریان شبانه<sup>۱</sup>

این روش شامل کنترل هم مصرف ناحیه ای و هم حداقل جریان شبانه است. هر وقت که مصرف در کنتورهای ناحیه ای بالاتر از معمول نشان داده شود با به کارگیری کنتورهای نشت یاب که در زونهای کوچکتر داخل ناحیه نصب شده اند می توان به موقعیت نشت نزدیکتر شد و بازرسان را در پیدا کردن محل نشت های بزرگتر هدایت کرد.

#### ۹-۲-۱-۲-۷ روش بستن شیرهای انشعاب مشترکین<sup>۲</sup>

در این روش تأمین آب به ناحیه مورد آزمایش از طریق فقط یک ورودی صورت می گیرد و مقدار آب ورودی به ناحیه به وسیله یک کنتور مناسب اندازه گیری می شود. کلیه شیرفلکه های محدوده مورد آزمایش بسته شده و ارتباط ناحیه با سایر قسمتهای شبکه قطع می شود. همچنین برای انجام آزمایش تمام شیرهای قطع و وصل انشعاب بسته می شوند و لذا آزمایش در زمانی انجام شود که قطع آب برای مشترکین مشکل ایجاد نکند.

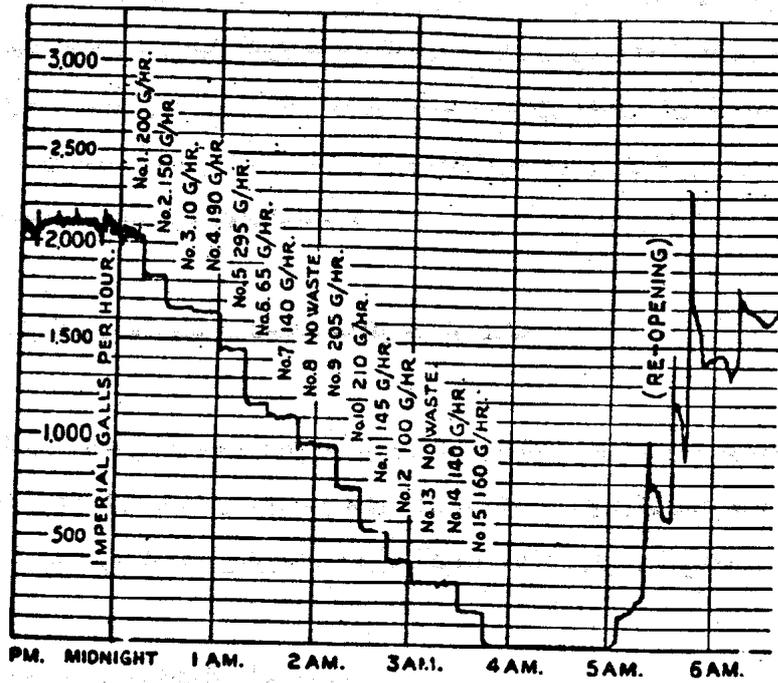


شکل ۹-۲- تقسیم شبکه به نواحی کوچکتر و نصب کنتور نشت یاب

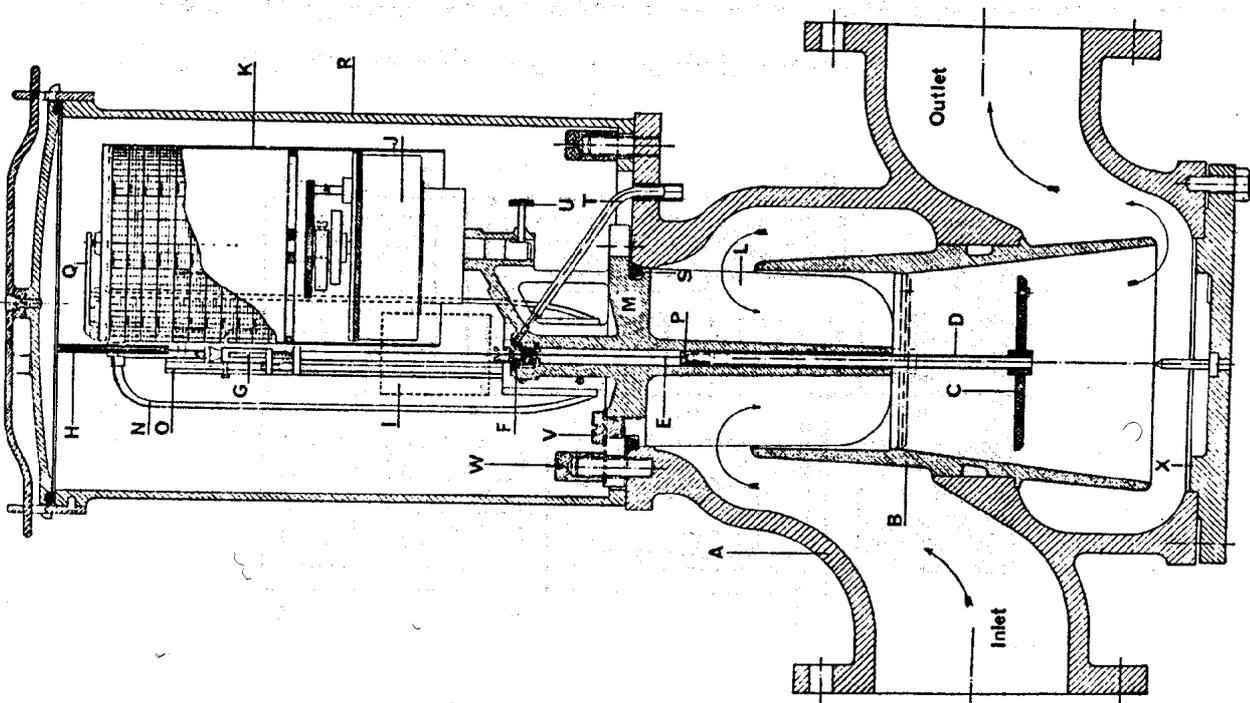
1- Combined District and Waste Metering

2- Stop Tap Method





شکل ۹-۳- نمودار ترسیم شده توسط کنتور نشت یاب



شکل ۹-۴- کنتور نشت یاب



قبل از شروع آزمایش تمام لوله‌های اصلی در ناحیه مورد آزمایش از آب پر می‌شوند. با توجه به این‌که تمام شیرهای انشعاب بسته هستند بنابراین مقدار آبی که در طول آزمایش وارد ناحیه شده و توسط کنتور ثبت می‌شود معادل با مقدار تلفات آب در ناحیه خواهد بود. بهتر است آزمایش در طول شب انجام شود تا امکان به‌کارگیری موثر میله‌های صدایاب یا سایر ابزار شنود فراهم شود. همچنین اعتراض و مداخله مشترکین در این صورت کمتر خواهد بود.

مزایای عمده این روش عبارتند از:

- مقادیر کمی تلفات قابل دسترسی است.
- مقدار آب صرفه‌جویی شده بر حسب لیتر و در نتیجه درآمد شرکت آب و فاضلاب قابل محاسبه است.
- اشکالات زیر نیز در این روش قابل ذکر هستند:
- در موارد اضطرار مقدار آب بایستی از ناحیه تحت آزمایش به نواحی مجاور داده شود که این امر ممکنست باعث مقداری خطا در مقدار آب مصرفی (تلفات) در ناحیه مورد آزمایش شود.
- ناحیه مورد بررسی به ۲۵۰ تا ۳۰۰ انشعاب محدود می‌شود، زیرا که آزمایش بایستی در مدتی که مصرف وجود ندارد تمام شود.
- امکان بازکردن شیر انشعاب توسط برخی از مشترکین در زمان آزمایش.
- هزینه بیشتر و نیاز به صرف وقت بیشتر.
- احتمال مداخله مشترکین مثلاً "بازکردن شیر انشعاب و ایجاد خطا در نتیجه کار."

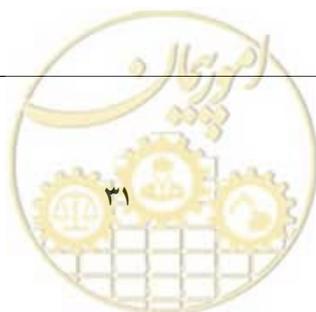
#### ۹-۲-۱-۲-۸ روش نصب کنتور اصلی<sup>۱</sup>

این روش وقتی کاربرد دارد که تمام انشعابات مجهز به کنتور باشند و ناحیه از یک لوله اصلی تغذیه شود. در این صورت روی لوله اصلی تغذیه کننده، یک کنتور معمولاً با سایز لوله، موسوم به کنتور اصلی نصب می‌شود. کلیه کنتورهای فرعی و کنتور اصلی قبل و بعد از مدت زمان آزمایش قرائت می‌شوند.

اختلاف بین مقادیر اندازه‌گیری شده در کنتور اصلی و مجموع مقادیر قرائت شده در کنتورهای فرعی میزان نشت در ناحیه را به دست می‌دهد.

مزایای عمده این روش عبارتند از:

- در مقایسه با روش بستن انشعاب مشترکین اقتصادی‌تر است.
- برای انجام آزمایش به روزهای کمتری نیاز است.



در عوض این روش دارای عیب‌های زیر است:

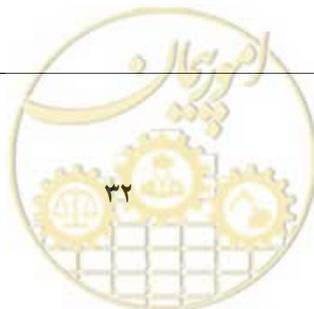
- ناحیه بایستی فقط از یک طرف تغذیه شود و بایستی یک ناحیه کاملاً بسته باشد.
- موفقیت بستگی به دقت کنتورها دارد.
- نشت در تک تک لوله‌ها قابل محاسبه نیست.
- افراد آموزش دیده برای قرائت کنتورها مورد نیاز است.

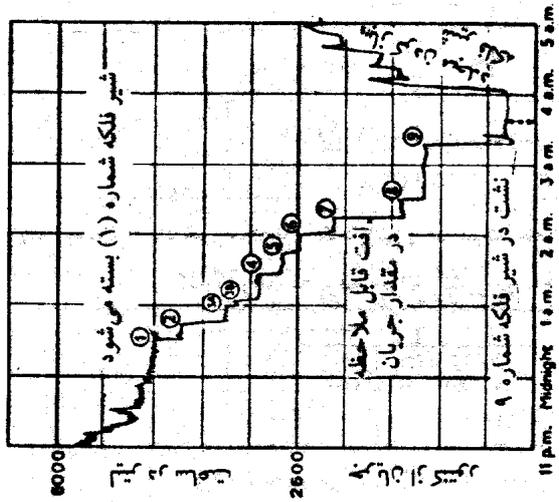
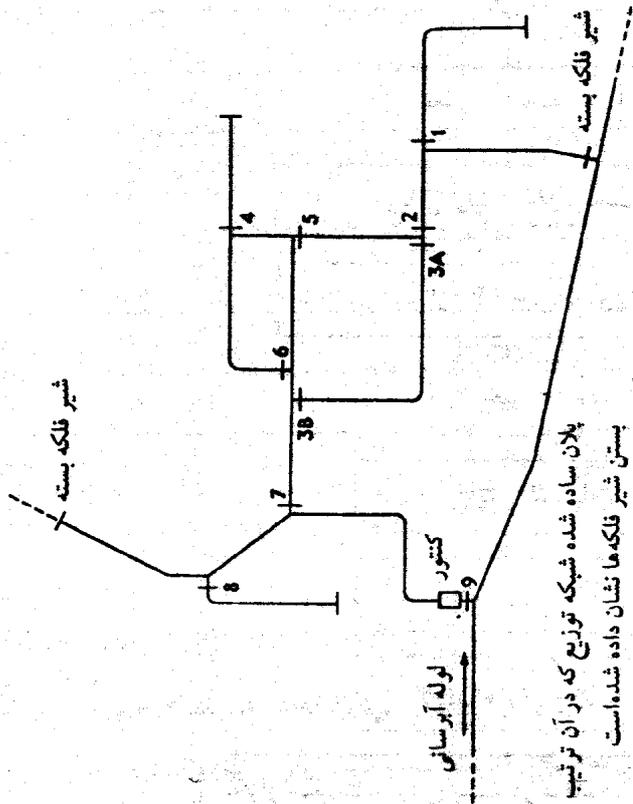
## ۹-۲-۱-۲-۹ روش پله‌ای<sup>۱</sup>

روش پله‌ای نسبت به روش‌های قبلی دقیق‌تر و کاملتر است. منطقه مورد آزمایش به نواحی کوچکتری تقسیم و هر ناحیه با تعبیه شیرفلکه از نواحی دیگر قابل جدا کردن است. برای انجام آزمایش با اعلام قبلی به ساکنین ناحیه (از طریق رادیو و غیره) در ساعات نیمه‌شب (مثلاً ۲ تا ۵ صبح) ابتدا کلیه شیرفلکه‌های اطراف ناحیه بسته شده و ارتباط ناحیه مورد بررسی از نواحی مجاور قطع می‌شود و با نصب کنتور نشت‌یاب در ورودی ناحیه هر نوع مصرف آب در ناحیه ثبت می‌شود. با بستن شیرفلکه‌های ابتدای هر خط فرعی یکی پس از دیگری یک مقدار افت در منحنی تغییرات جریان عبوری از کنتور به وجود می‌آید که پس از خاتمه کار (قطع جریان کلیه خطوط فرعی) و مقایسه افت‌های حاصل در نمودار تغییرات جریان، می‌توان افت‌های غیرمعمول و بیش از انتظار را مشخص کرد. این افت‌ها حاکی از نشت آب در لوله فرعی مربوط به آن است که پس از بررسی و اطمینان از این‌که مصرف خاصی در زمان آزمایش در ناحیه تحت بررسی صورت نگرفته است، می‌توان قضاوت کرد که نشتی در لوله یا لوله‌هایی که قطع آنها از سیستم موجب افت‌های غیرمعمول در نمودار تغییرات جریان می‌شود وجود دارد. به این ترتیب موقعیت نشت در ناحیه، محدود و مشخص می‌شود که به چه لوله یا لوله‌هایی مربوط است و سپس می‌توان با استفاده از دستگاه‌های شنود نقطه یا نقاط نشت را دقیقاً پیدا کرد.

نتایج آزمایش وقتی قابل اطمینان است که شیرفلکه‌های اطراف ناحیه قبلاً کنترل و از آب‌بند بودن کامل آنها اطمینان حاصل کرد. همچنین هیچ نوع ارتباطی بین ناحیه مورد آزمایش و نواحی مجاور که فاقد شیر قطع و وصل باشد وجود نداشته باشد.

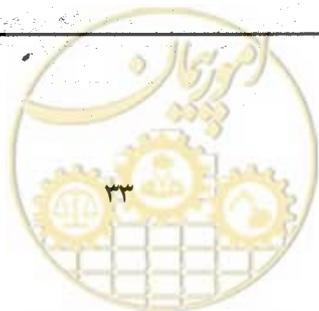
در شکل (۹-۵) شمای یک ناحیه مورد آزمایش و نمودار تغییرات جریان که توسط کنتور نشت‌یاب نصب شده در ورودی ناحیه، ثبت شده است ملاحظه می‌شود. به طوری که مشاهده می‌شود با بسته شدن شیرفلکه شماره (۷) افت بالنسبه بیشتری در منحنی تغییرات جریان به وجود می‌آید که می‌تواند حاکی از نشت آب در لوله (۷-۵) باشد. همچنین منحنی نشان می‌دهد که شیرفلکه شماره ۹ کاملاً آب‌بند نیست. ترتیب انجام یک آزمایش افت پله‌ای در نمودار شماره ۹-۲ و نتایج حاصل از یک آزمایش موردی در جدول شماره ۹-۱ و نقشه شبکه توزیع در شکل (۹-۶) نشان داده شده است.





هر کجا که در نمودار افت قابل ملاحظه بر اثر بستن یک شیر فلکه پدید آید (مثلاً بعد از شیر شماره ۷ در شکل بالا) این افت مرید مصرف زیاد آب در ناحیه پایین دست آن شیر فلکه می‌باشد.

شکل ۹-۵- کاربرد کنترلر نشست یاب



نمودار (۹-۲) ترتیب انجام آزمایش افت پله‌ای

شروع

معرفی ناحیه مورد آزمایش

تهیه لیست تعداد شیرفلکه‌ها، انشعابات و جمعیت تحت پوشش، قرائت کنتورها، کنارگذرها، مصرف سرانه، فشار در ناحیه و غیره

کنترل شیر فلکه‌ها

وجود نشت در شیر فلکه‌های محدوده ناحیه

خیر

بلی

تعمیر / تعویض

ارزیابی اولیه از مقدار نشت

آیا نشت کمتر از ۱۰٪ جریان روزانه است؟

بلی

خیر

انجام آزمایش افت پله‌ای

نشت‌یابی

تعمیر موارد نشت

تکرار عملیات تا وقتی نشت در محدوده مجاز قرار گیرد

تفسیر نتایج، فشارها، مقدار آب صرفه‌جویی شده، نسبت نفع به هزینه، سایر مزایا و غیره

تعریف

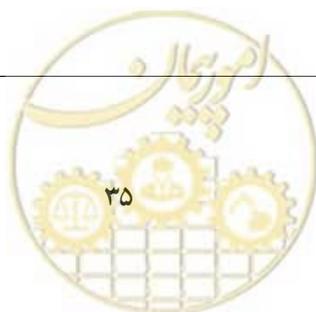


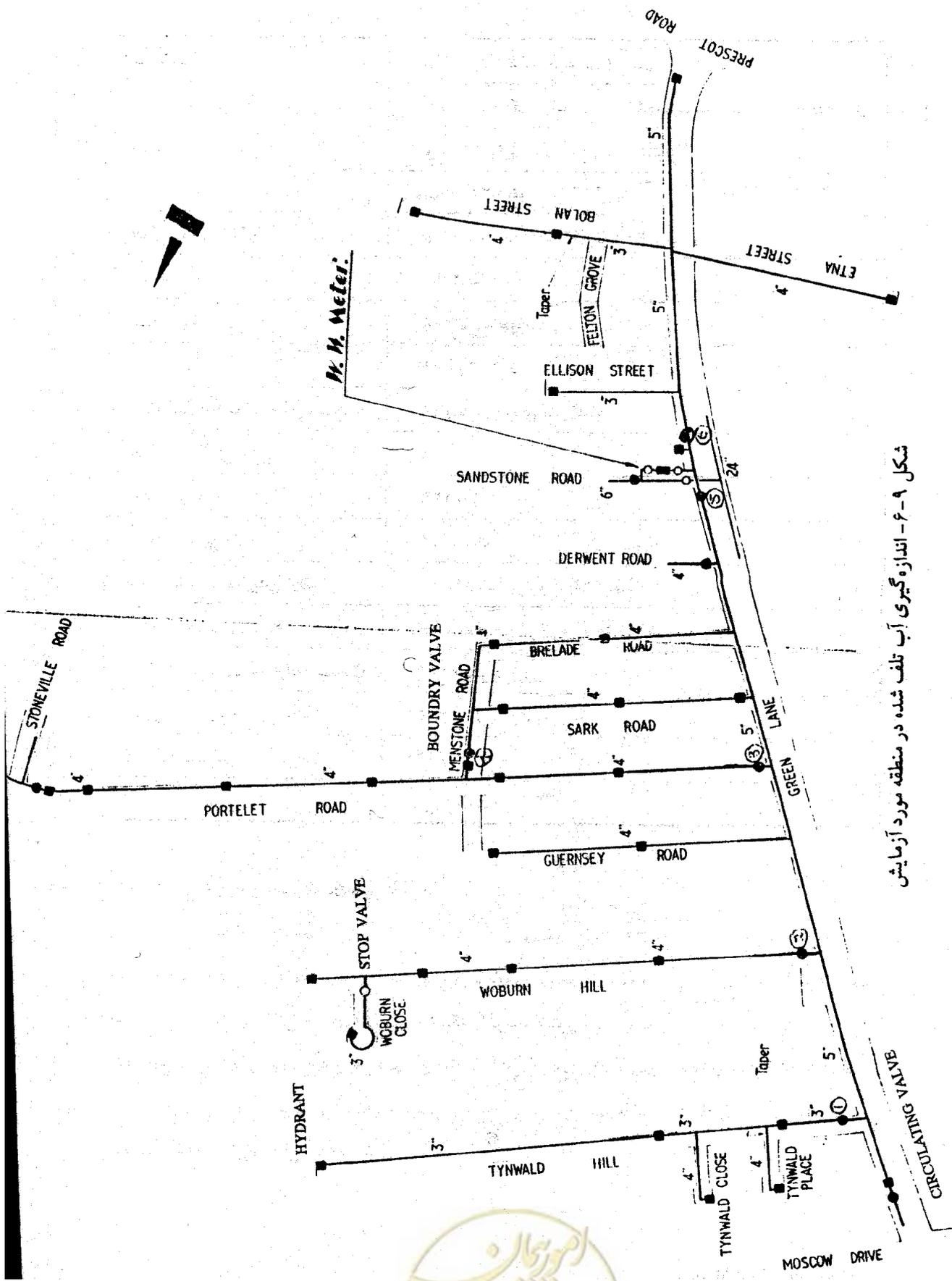
جدول شماره ۹-۱- نتایج آزمایش موردی در یک عملیات نشت یابی به روش افت پله‌ای

۱	موقعیت	محله بازار (محدود به ....) - شهر
۲	وضع ناحیه مورد آزمایش	قدیمی، پرتراکم، واقع در مرکز شهر، قدمت شبکه توزیع ۲۵ سال
۳	جمعیت	بومی ۲۶۲۵ نفر با سطح زندگی متوسط
		مهاجر ۷۳۰ نفر
۴	طول خطوط شبکه	۹۷۳/۵ متر در اقطار ۸۰ تا ۲۰۰ میلیمتر
۵	مساحت ناحیه	۲/۸۸ هکتار
۶	تعداد ساختمان	۲۸۵ تا سه طبقه
۷	تعداد انشعاب	۳۰۱ (۱۲ تا ۲۵ میلیمتر)
۸	تعداد شیرفلکه‌های قطع و وصل	۱۸ (با شیر روی کنارگذر)
۹	تعداد شیرآتش نشانی	۹
۱۰	تولید سرانه آب	۱۳۵ لیتر در روز
۱۱	ساعات تامین آب	۲۴ ساعت
۱۲	مقدار نشت در ارزیابی اولیه	۸۹۱۰۰ لیتر در روز (۲۵ درصد)
۱۳	موقعیت نشت / نشت‌ها	خط لوله فرعی در کوچه سعدی ۱۲
۱۴	مقدار نشت نهایی (بعد از انجام تعمیرات)	۶۴۸۵ لیتر در روز
۱۵	مقدار آب صرفه‌جویی شده	۸۲۶۱۵ لیتر در روز
۱۶	کاهش نشت پس از تعمیرات	٪۹۲
۱۷	زمان بازگشت سرمایه	طی ۱۸ ماه

۹-۲-۱-۲-۱۰ روش بازو بست کردن شیر فلکه‌ها<sup>۱</sup>

در این روش که خود یکی از روشهای پله‌ای است طوری برنامه‌ریزی می‌شود که در هر یک از خطوط فرعی ابتدا شیر فلکه ابتدای آن را بسته و کاهش جریان ورودی به شبکه را توسط کنتور نشت یاب ثبت می‌کنیم و سپس شیر فلکه را باز می‌کنیم. امتیاز این روش نسبت به روش قبلی این است که از جریان زیاد آب در لوله‌های اصلی ناحیه یکجا به سمت نقاطی که حساس و یا آسیب‌پذیر هستند جلوگیری می‌شود. این روش معمولاً کاربرد زیادی ندارد. زیرا تجزیه و تحلیل ارقام ثبت شده در این روش مشکل است.





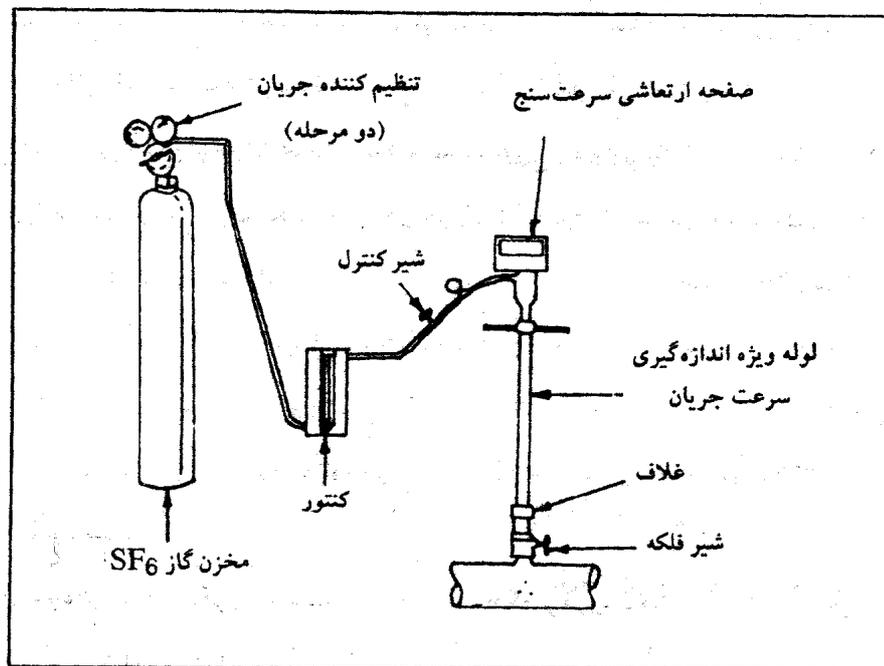
شکل ۹-۶- اندازه گیری آب تلف شده در منطقه مورد آزمایش



روش‌هایی دیگر نظیر استفاده از ردیاب‌های رادیواکتیو، استفاده از آب رنگی، و گازهای ردیاب برای پی بردن به محل وقوع نشت در لوله‌ها در برخی از کشورها به کار برده می‌شوند که در زیر به روش استفاده از گازهای ردیاب اشاره می‌شود.

گاز سولفور هگزا فلوراید (SF<sub>6</sub>) یک گاز خنثی است که به سادگی با سایر مواد ترکیب نمی‌شود. در آب محلول است و سمی و خورنده نیست. برخی از مراکز بهداشتی کاربرد این گاز را به صورت کنترل شده پذیرفته‌اند.

برای آزمایش به آبی که داخل لوله مورد آزمایش است مقداری آب محتوی گاز SF<sub>6</sub> تزریق می‌کنند برای تهیه آب محتوی گاز SF<sub>6</sub>، گاز را با فشار وارد آب می‌کنند و هر چه فشار بیشتر باشد گاز بیشتری در آب حل خواهد شد. پس لوله‌ای را که به آن محلول محتوی گاز تزریق شده آن قدر تحت فشار قرار می‌دهند که مطمئن شوند آب محتوی گاز از محل‌های نشت خارج شده است. با خروج آب محتوی گاز از محل نشتی‌ها فشار آن کم شده و گاز از آب خارج و در خاک نفوذ می‌کند. با استفاده از یک دستگاه ردیاب محل نشت گاز در سوراخ‌های به عمق ۲۰ سانتیمتر در روی محور لوله و به فواصل تقریباً برابر عمق لوله مشخص می‌شود. ترتیبات کلی کار در شکل شماره (۹-۶) نشان داده شده است.



شکل ۹-۷- تجهیزات تزریق گاز



کشف تک به تک نشتی‌ها بطرق مختلفی که تشریح شد انجام می‌شود و روشهایی که قبلاً توضیح داده شدند الزاماً در همه شرایط قابل کاربرد نیستند. برنامه جامع عملیات نشت یابی در هر ناحیه تحت آزمایش به شرح زیر می‌تواند باشد.

۱-۳-۹ تحلیل نتایج قرائت کنتورهای نشت یاب، یکی از نواحی که در آن میزان جریان شبانه پس از کسر مصارف

شبانه مربوط به کارخانه‌ها، بیمارستانها و غیره (احتمالاً تلفات) بالا است، انتخاب می‌شود. در نمودار

شماره (۹-۱) که تغییرات مصرف در ساعات مختلف شبانه روز را نشان می‌دهد حداقل جریان شبانه

۲۰۰۰ گالن در ساعت (۹۰۰۰ لیتر) ثبت شده است. در مقایسه با متوسط جریان روزانه که ۳۲۵۰ گالن

در ساعت (۱۵۶۲۵ لیتر) است در صورتی که هیچ مقدار آبی در ساعات شبانه مصرف نشده باشد میزان

تلفات ۶۱/۵ درصد کل جریان متوسط خواهد بود. برای به دست آوردن کل جریان آب در ۲۴ ساعت

مقادیر متوسط ساعتی در ساعات شبانه روز با هم جمع می‌شوند در حالی که برای به دست آوردن تلفات

آب در طول یک شبانه روز مقدار جریان حداقل شبانه در ۲۴ ضرب می‌شود که با توجه به این که فشار آب

در شب معمولاً بیشتر از روز است، رقم به دست آمده دست بالا خواهد بود.

۲-۳-۹ بازرسی خانه به خانه به منظور کشف شیرهایی که احتیاج به تعویض و اشتر دارند. در اکثر حالات و اشتر

شیرهای آب آشامیدنی و شیرهای شناور توسط فرد بازرسی کننده تعویض می‌شود و در مورد سایر شیرها

توجه لازم داده می‌شود که متعاقباً و بموقع توسط لوله کشها تعویض و اشتر شوند.

۳-۳-۹ یک بررسی جامع از میزان تلفات آب در سیستم توزیع مطابق آنچه که در بند (۹-۲) تشریح شد، به عمل

می‌آید. این بررسی میزان اتلاف آب را در هر یک از خطوط شبکه توزیع و منازل و اماکنی که به آن وصل

است را به دست خواهد داد.

۴-۳-۹ بازرسی هریک از خطوط آبرسانی شبکه توزیع در هر کجا که میزان نشت آب بالا به نظر می‌رسد با روش

گوش دادن به صدا در شب و بازرسی دقیقتر لوله‌هایی که در آنها آزمایشات شبانه وجود نشت را تایید

کرده است، در روز بعد و مرمت آنها خروج آب از لوله‌های سرریز مخازن موید آن است که شیرهای شناور

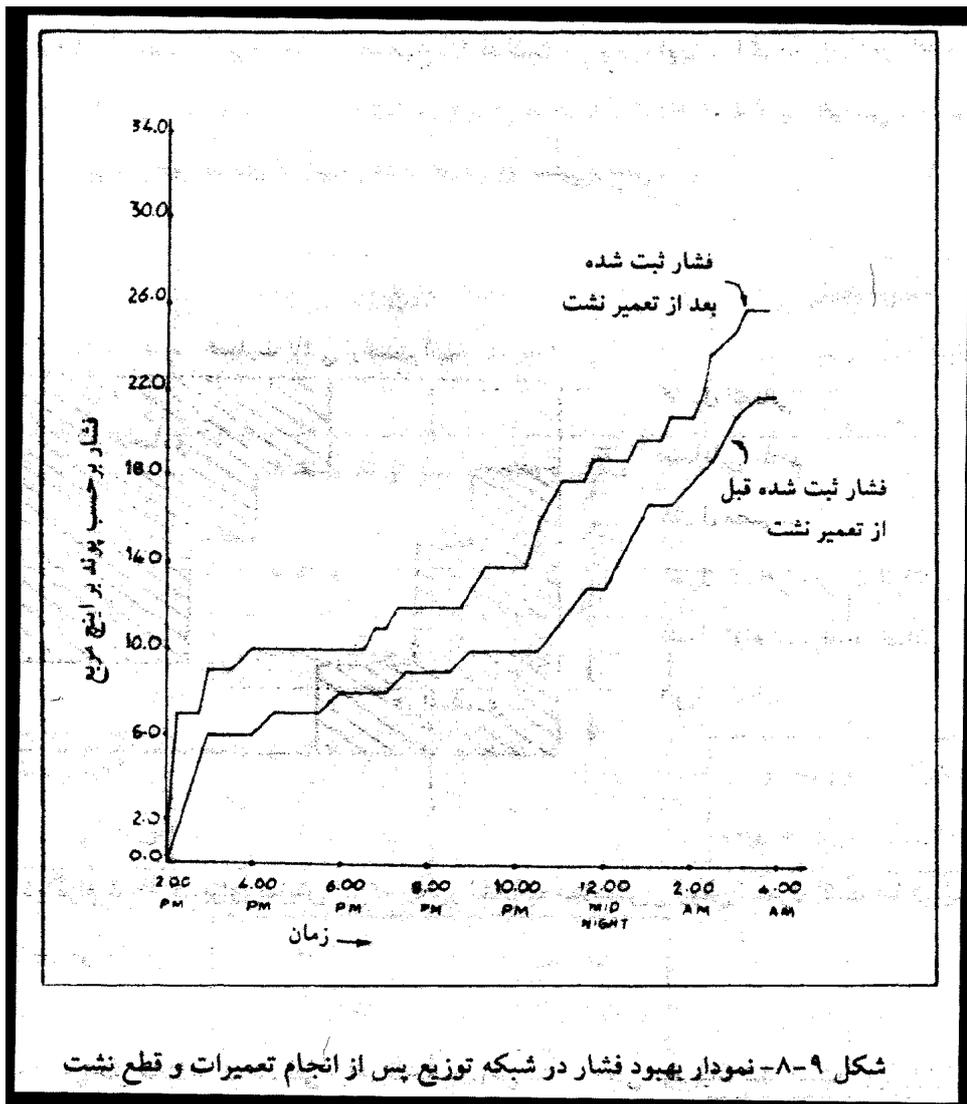
تنظیم نیستند.

۵-۳-۹ بررسیهای بعدی و تکرار عملیات نشان خواهند داد که برخورد با کنترل تلفات در ناحیه مورد بررسی تاچه

حد موفقیت آمیز بوده است.

شکل ۹-۷ بهبود فشار را در شبکه توزیع پس از انجام تعمیرات و قطع نشت نشان می‌دهد.





#### ۱۰- انتخاب روش بهینه

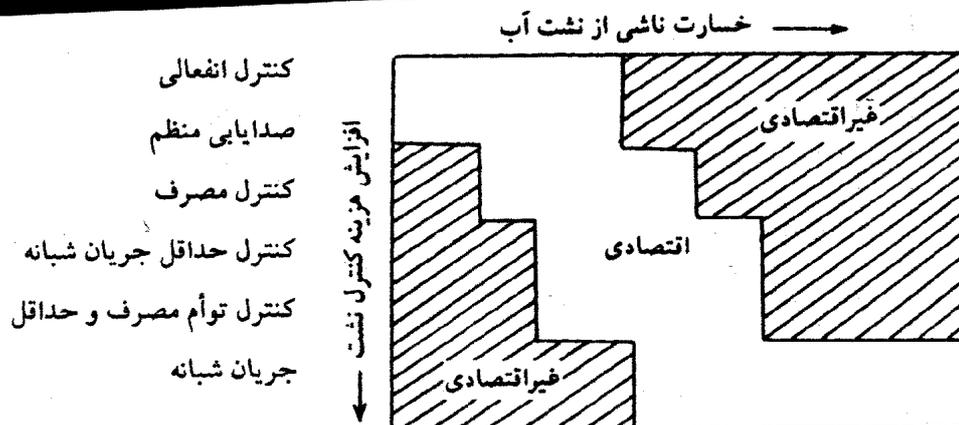
انتخاب روش بهینه بستگی به عوامل زیر دارد:

- میزان نشت در سیستم
- خسارت نشت یا برعکس درآمدی که از کاهش نشت عاید می شود.
- هزینه و سودمندی هریک از روشهای کنترل

در جایی که خسارت پائین است یعنی هم مقدار نشت آب کم است و هم بهای آن، غیراقتصادی خواهد بود که پول زیادی را صرف کنترل نشت کنیم و یک روش ساده در این مورد کافی است. از طرف دیگر در جایی که کل هزینه نشت بالا است، یک روش گرانتر ممکن است قابل توجه باشد چراکه درآمد آن هم به نسبت بیشتر است.



با توجه به شکل (۱-۱۰) مسئله تعیین سیاست صحیح کنترل نشت در وحله اول پیدا کردن راهی در باند مورب اقتصادی است، ثانیاً عواملی سوای ملاحظات اقتصادی بایستی به حساب گرفته شوند نظیر: طراحی سیستم، نوع منطقه (شهری، روستایی)، وجود نیروی انسانی، و سایر عوامل مهندسی و مالی.



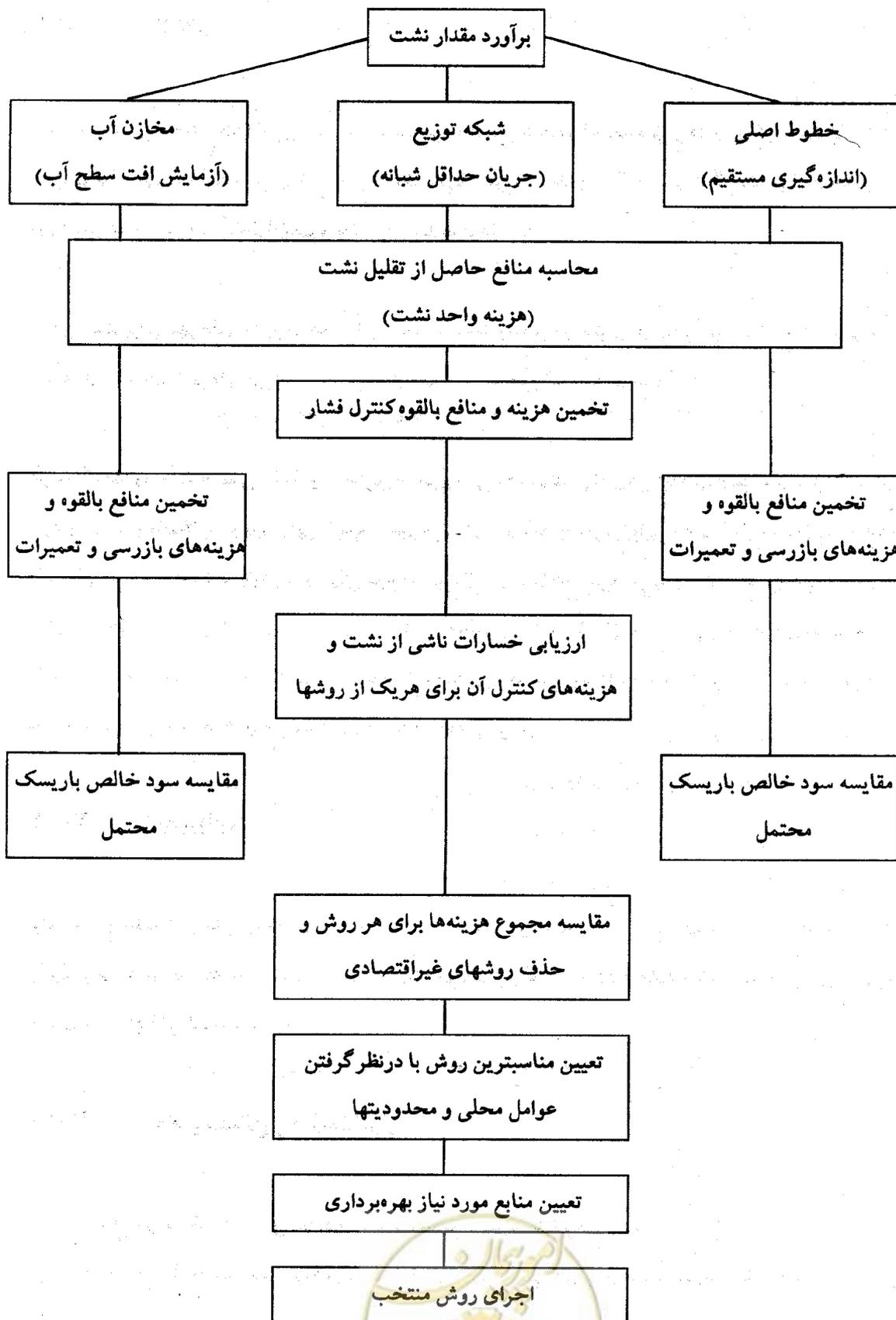
شکل (۱-۱۰) دیاگرام شماتیک برای نمایش این که چطور انتخاب مناسبترین روش کنترل نشت با هزینه‌های متفاوت نشت تغییر می‌کند.

در نمودار (۱-۱۰) مراحل مختلفی که بایستی برای انتخاب روش مناسب طی کرد بیان شده است. این روش در هر شبکه توزیع قابل کاربرد است و به منظورهای زیر می‌تواند به کار گرفته شود:

- تعیین یک سیاست درست کنترل نشت در جایی که وجود ندارد
- تجدیدنظر در یک سیاست موجود
- تعیین منابع موردنیاز برای اجرای روش منتخب، هزینه اجرا و درآمدهای احتمالی حاصله یکی از محاسن عمده این روش این است که قادر می‌سازد، منافع حاصل از کاهش نشت را محاسبه کرد (هزینه واحد نشت). این کار از روی تغییراتی که در هزینه‌های ناشی از تقلیل مقدار نشت در سیستم به وجود می‌آید انجام می‌شود. تغییر در هزینه‌ها شامل موارد زیر است:
- تقلیل هزینه‌های بهره‌برداری سالیانه (هزینه‌های پمپاژ، هزینه‌های تصفیه و غیره)
- به تعویق افتادن طرح‌های توسعه (سرمایه‌ای) و یا آن بخش از طرح‌های توسعه که لازم است متناسب با افزایش تقاضا به اجرا درآیند (منابع، مخازن، تصفیه‌خانه‌ها، خطوط انتقال و غیره)



نمودار (۱۰-۱) نمودار تعیین سیاست کنترل نشت



## ۱۱- کارکنان، تجهیزات، مواد و نوشت افزار

### ۱-۱۱ کارکنان

برنامه نشت یابی ماهیتاً یک کار پیوسته است و مستلزم داشتن یک کادر اختصاصی و دائم. ممکن است کار را با یک گروه کوچک مرکب از یک نفر مهندس جوان، یک وسیله تقویت صدا و ۸ تا ۱۰ نفر کارگر شروع کرد. حداقل ابزار مورد نیاز شامل یک دستگاه لوله یاب و یک میله تشدید صداست.

ممکن است برای شهرهای خیلی کوچک تأمین کادر و خرید وسایل مورد نیاز کار مقدور نباشد که در این صورت این شهرها از امکانات شهرهای بزرگتر و یا شرکتهای مهندسی مشاور استفاده خواهند کرد.

هرکجا که مقدور باشد بایستی یک اکیپ خاص به سرپرستی یک مهندس آموزش دیده و مجهز به وسایل لازم، توسط شرکتهای آب و فاضلاب تجهیز و این اکیپ به طور مرتب و با برنامه، به کار ارزیابی منظم مقدار نشت آب، برنامه های نشت یابی و کنترل نشت و پایش های کیفی مربوطه بپردازد. یک واحد نمونه به سرپرستی یک مهندس با تجربه که تمام وقت خود را به این کار اختصاص می دهد به شرح جدول (شماره ۱۱-۱) است. این واحد ممکن است شهرهایی تا جمعیت یک میلیون نفر را جوابگو باشد. تعمیرات اساسی، تعویض لوله ها و شیرآلات توسط قسمت بهره برداری و نگهداری و یا دیگر واحدهای شرکت آب و فاضلاب انجام می شود.

### ۲-۱۱ تجهیزات

برای اجرای اطمینان بخش برنامه ارزیابی، نشت یابی و کنترل، هر شرکت آب و فاضلاب بایستی به یک سری وسایل و تجهیزات به شرحی که در جدول ۲-۱۱ ملاحظه شود مجهز باشد. خلاصه مشخصات وسایل و کاربرد آنها در جدول (۳-۱۱) ذکر شده است.

### ۳-۱۱ مواد و مصالح و نوشت افزار

مواد و مصالح مورد نیاز کار شامل تعدادی ابزار و مصالح معمولی به شرح زیراند:  
ابزار حفاری، وسایل حصارکشی، رنگ زنی، گچ، پارچه لیفی، میخ چوبی و غیره، تجهیزات آزمایشگاهی برای



آزمایش نمونه‌های آب، کامپیوتر و وسایل نقشه‌کشی. همچنین مقداری نوشت‌افزار برای اجرای برنامه و برداشتن یادداشت به شرح زیر لازم است:

- نوشت‌افزار دفتری
- دفتر ثبت آمار
- دفتر یادداشت

#### ۴-۱۱ ثبت داده‌ها

اطلاعات پایه‌ای که در بررسی هر ناحیه یا زیر ناحیه جمع‌آوری می‌شوند برای نتیجه‌گیری از کار خیلی مهم هستند. این اطلاعات باید به خوبی در آرشیو نگهداری و هرچندگاه بروز شوند. نگهداری اطلاعات در موارد برگشت مجدد و آزمایش دوباره هر ناحیه موجب صرفه‌جویی در وقت، پول و نیروی کار می‌شود. اطلاعات زیر بایستی نگهداری شوند:

- ۱-۴-۱۱- اطلاعات در مورد جمعیت
- ۲-۴-۱۱- اطلاعات در مورد مشترکین
- ۳-۴-۱۱- اطلاعات در مورد لوله‌ها، متعلقات و شیرآلات
- ۴-۴-۱۱- یادداشت‌های کاری روزانه
- ۵-۴-۱۱- موادی که به کار رفته‌اند و قیمت آنها
- ۶-۴-۱۱- نقاط نشن آب در آزمایشهای به عمل آمده
- ۷-۴-۱۱- نقشه‌های موقعیت لوله‌ها و متعلقات شبکه
- ۸-۴-۱۱- نیروی انسانی به کار گرفته شده و هزینه آن
- ۹-۴-۱۱- سایر هزینه‌ها نظیر حمل و نقل، تجدید آسفالت، تلفن و غیره.

#### ۵-۱۱ گزارش نهایی هر زیر ناحیه بعد از انجام آزمایش

گزارش نهایی هر زیرناحیه بعد از انجام آزمایش که شامل موارد زیر است، بایستی نگهداری شود. ضمن این‌که گزارشها در هر آزمایش مجدد، بروز می‌شوند.

- ۱-۵-۱۱- توصیف هر ناحیه/زیرناحیه
- ۲-۵-۱۱- مدت آزمایش - تاریخ، سال، زمان
- ۳-۵-۱۱- روش آزمایش انتخابی
- ۴-۵-۱۱- کل جمعیت



- ۱۱-۵-۵- تعداد کل انشعابات
- ۱۱-۵-۶- مساحت ناحیه/زیرناحیه
- ۱۱-۵-۷- طول خطوط لوله و قطر آنها
- ۱۱-۵-۸- نوع تأمین آب و ساعات برخورداری از آن
- ۱۱-۵-۹- درصد نشست‌ها، فشارها قبل و بعد از آزمایش
- ۱۱-۵-۱۰- کل آب تأمین شده برای هر ناحیه و زیر ناحیه در روز
- ۱۱-۵-۱۱- مصرف سرانه آب لیتر/ نفر/روز
- ۱۱-۵-۱۲- هزینه انجام کار - مواد، نیروی کار، اجاره و کرایه تجهیزات، نظارت، حمل و نقل و تجدید آسفالت
- ۱۱-۵-۱۳- بروز درآوردن نقشه‌ها
- ۱۱-۵-۱۴- نظرات و پیشنهادات در موارد آزمایش مجدد هر ناحیه
- ۱۱-۵-۱۵- مسایل اقتصادی - برگشت هزینه آزمایش بر حسب ارزش آب صرفه جویی شده

جدول شماره ۱۱-۱ - واحد نشست یابی

ردیف	کارمند	تعداد پست	وظایف
۱	مهندس، با تجربه لازم	۱	سرپرستی و نظارت و کنترل برنامه
۲	سرپرست	۳	سرپرستی کارهای صحرائی
۳	شیمیست / باکتریولوژیست	۱	آزمایش و کنترل کیفی آب
۴	کنترخوان، بازوبست کننده شیر فلکه‌ها، افزارمند، لوله کش	۸	کارهای معمولی صحرائی
۵	مکانیک ابزار	۱	نگهداری و تعمیر ابزار و تجهیزات
۶	تکنسین صحرائی	۴	ردیف کردن لوله‌ها و صدایابی
۷	نقشه کشی و کاردان کامپیوتر	۱	بروزکردن نقشه‌های شبکه توزیع
۸	بایگان، کارمند، تایپیست	۲	کارهای دفتری
۹	کارگر	۶	همکاری با لوله کش‌ها
۱۰	راننده	۱	حمل و نقل



جدول شماره ۱۱-۲- ابزار و تجهیزات مورد نیاز برای یک واحد نشت یابی

ردیف	نوع وسیله	تعداد
۱	بده سنج پیتو	۱
۲	کتور حجمی <sup>۱</sup>	۳
۳	کتور ثبات <sup>۲</sup> نشت یابی متحرک (موبایل)	۱
۴	لوله یاب <sup>۳</sup> الکترونیکی	۲
۵	لوله یاب لوله غیر فلزی	۱
۶	نشت یاب الکترونیکی	۲
۷	دریچه یاب حوضچه شیرآلات	۱
۸	میله صدا یاب <sup>۴</sup>	۳
۹	فشارسنج	۴
۱۰	فشارسنج ثبات	۲
۱۱	کرنومتر	۲
۱۲	بی سیم <sup>۵</sup>	۱
۱۳	وسایل لوله کشی، تعمیرات، لوله خرطومی و غیره	۱ سری
۱۴	طول سنج (کیلومتر شمار)	۱
۱۵	وانت	۱

1- Revenue Water Meter

2- Waste Water Meter

3- Locator

4- aquascope

5- Walkie Talkie



جدول شماره ۱۱-۳- خلاصه مشخصات لوازم و تجهیزات

ردیف	نوع وسیله	مورد استفاده
۱	بده سنج پیتو	اندازه‌گیری سرعت و جریان در خطوط انتقال و خطوط اصلی، بررسیهای صحرائی برای محاسبه ضریب "C" در لوله‌ها
۲	فشارسنج (الف)- فشارسنج معمولی (ب)- فشارسنج ثابت قابل انتقال	مورد استفاده برای آزمایشات ارزیابی مقدار نشت، اندازه‌گیری فشار در لوله‌ها، بررسیهای صحرائی برای محاسبه ضریب "C"
۳	کتور نشت یاب معمولی اندازه‌های ۴، ۶ و ۳ اینچ	قابل استفاده به صورت کتور کنارگذر <sup>۱</sup> در آزمایشات ارزیابی مقدار نشت
۴	کتور نشت یاب ثابت با صفحه گردان	قابل استفاده برای آزمایشات ارزیابی مقدار نشت. و قابل استفاده بعنوان کتور کنارگذر موقت یا دائم.
۵	کتور نشت یاب نوع ثابت	برای نصب دائم در یک حوضچه
۶	میله انتقال‌دهنده صدا از جنس آهن با قسمت گوشی برنجی	وسیله‌ای ساده برای تعیین موقعیت صدای نشت در زیرزمین تا عمق ۲ تا ۲/۵ متر
۷	لوله یاب لوله‌های غیر فلزی	برای تعیین موقعیت لوله‌های مدفون
۸	نشت یاب الکترونیکی قابل حمل	برای تعیین موقعیت نشت در زیرزمین تا ۲/۵ متر عمق
۹	دریچه یاب درپوش حوضچه شیرآلات	برای تعیین موقعیت درپوشهای فلزی مدفون
۱۰	دستگاه مرتبط‌کننده نشت و صدا <sup>۲</sup>	وسیله‌ای دقیق و سریع برای تعیین موقعیت نشت‌ها
۱۱	لوله یاب الکترونیکی	برای تعیین مسیر و عمق لوله‌های فلزی مدفون تا ۲/۵ متر زیر سطح زمین
۱۲	کتور یا درجه اندازه‌گیری مقدار جریان آب در شیر آتش‌نشانی	برای اندازه‌گیری مقدار جریان در شیر آتش‌نشانی با نصب درجه در بالای دهانه شیر

1- by - Passmeter

2- Leak Noise Correlator



جدول شماره ۱۱-۳- خلاصه مشخصات لوازم و تجهیزات

ردیف	نوع وسیله	مورد استفاده
۱۳	تانکر با ظرفیت حدود ۲۰۰۰ لیتر مجهز به پمپ دوطرفه، قابل یدک به پشت جیپ	قابل استفاده برای آزمایش هیدرولیکی خطوط و شیرآلات از لحاظ نشت
۱۴	بی سیم	مورد استفاده برای انتقال پیامها و دستور کارها در حین انجام عملیات صحرایی
۱۵	طول سنج (کیلومتر)	قابل استفاده برای اندازه گیری طول واقعی خطوط لوله در خلال کارهای صحرایی
۱۶	وانت	برای انتقال افراد، مواد و مصالح و لوازم



## ۱۲- ابزار و دستگاههای نشت یابی

از آنجا که تابحال آب شرب شهرها به وسیله شبکه‌ای از لوله‌های مدفون تأمین می‌شده است، یکی از مشکلات این روش تأمین آب مواجه شدن با نشت آب بوده است. تا زمانی که آب به فراوانی در دسترس بود و ارزان هم قابل عرضه بود و هزینه تعمیرات نیز کم بود، اتلاف مقادیری از آب در سیستم توزیع می‌توانست تحمل شود. لکن امروزه شرایط، به خاطر افزایش چشمگیر تلفات آب همراه با گرانتر شدن انرژی و همچنین افزایش هزینه‌های پرسنلی، تجهیزات و مواد شیمیایی مورد مصرف در تصفیه آب، تغییر کرده است. این شرایط باعث شده است که ارزش واقعی آب به عنوان یک کالای گرانبها درک شود. در نتیجه محققین و مهندسين آب مجبور شدند راههایی برای تعیین موقعیت دقیق و سریع محل‌های نشت در لوله‌های مدفون زیر زمین، با استفاده از وسایل ساده موجود بیانند. به تدریج مراکز تحقیقاتی موفق شدند و وسایل نشت یابی جدیدی را که بر اساس اصل همبستگی صدا و نشت کار می‌کنند، به بازار عرضه کنند.

### ۱-۱۲ تعیین موقعیت نشت

فرار آب از یک لوله تحت فشار صدای خاصی را ایجاد کرده و امواج صوتی با فرکانس‌های متفاوتی را منتشر می‌کند. فرکانسهای ایجاد شده از یک نمونه نشت، خاص همان نشت است و بستگی به قطر و جنس لوله دارد، اندازه و شکل شکستگی، فشار داخل لوله و طبیعت زمینی که آب نشتی به داخل آن تخلیه می‌شود. صدایی که تولید می‌شود با سرعتی که بستگی به برخی از خصوصیات فوق دارد در طول لوله منتقل شده و از طریق جسم لوله و خاک پیرامون آن، به اطراف منتشر می‌شود. هر چقدر که صدا از محل تولید آن دور می‌شود، خصوصیات آن به تدریج به واسطه برخورد با محیط اطراف و تداخل با ارتعاشات دیگر حاصل از سایر تأسیسات مدفون زیر زمینی، تغییر می‌یابد.

معاير با سطح سخت و یا فرش شده، بهترین شرایط را برای تعیین موقعیت نشت دارند. سطوح پوشش شده با بتن بیشترین حساسیت را دارند و صداهای دیگر اطراف را جذب می‌کنند. سطوح آسفالت شده و سنگفرش شده بهترین شرایط کار را دارند. در نقاطی که خطوط آبرسانی زیر سطوح با پوشش گیاهی باشند بایستی ابتدا علفها و ریشه‌ها را کنار زد بعداً تجهیزات نشت یابی را روی خاک سفت قرار داد.

### ۲-۱۲ مسیر لوله و موقعیت متعلقات :

قبل از اجرای برنامه نشت یابی بایستی مسیر صحیح و عمق کارگذاری لوله، و موقعیت متعلقات شبکه به‌ویژه شیرفلکه‌ها شناسایی شود. نقشه‌ها معمولاً "مسیر دقیق خطوط را نشان نمی‌دهند و مادام که این مسیرها دقیقاً مشخص نشوند، اجرای برنامه‌های نشت یابی اتلاف وقت و بی نتیجه خواهد بود و ممکنست اجباراً به کندن غیر ضرور خیابانها



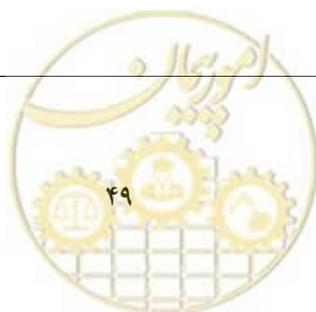
و معابر بینجامد. امروزه علامت‌گذاری مسیر لوله‌ها با یک مسیریاب الکترونیکی انجام می‌شود. با وسیله دیگری نیز می‌توان موفقیت حوضچه شیرآلات و دریچه‌های مدفون را شناسایی کرد.

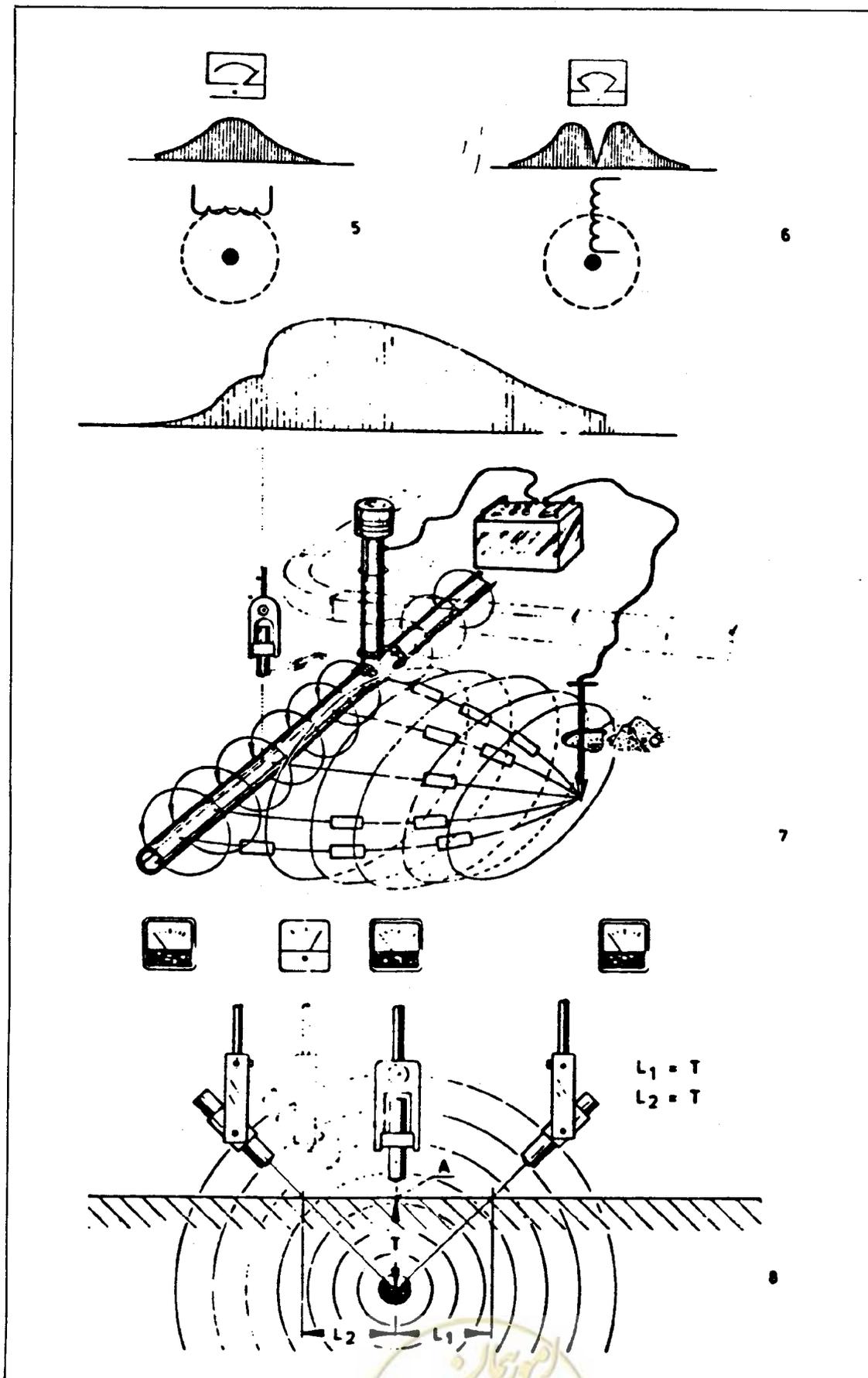
## ۱۲-۲-۱ مسیریاب لوله<sup>۱</sup>

یک مسیریاب الکترونیکی از دو قسمت فرستنده و گیرنده تشکیل شده است. شکل شماره (۱-۱۲) فرستنده یک میدان مغناطیسی متناوب بر اثر عبور جریان الکتریکی در یک سیم پیچ حلقوی تولید می‌کند. و این سبب القاء یک جریان متناوب مشابه در هر لوله‌ای که در این میدان قرار گیرد، می‌شود و گیرنده، این جریان ایجاد شده در لوله را دریافت می‌کند. این میدان الکترومغناطیسی که به وسیله آنتن گیرنده دریافت می‌شود به وسیله یک دستگاه تقویت‌کننده امواج الکترومغناطیسی به امواج صوتی و الکتریکی تبدیل می‌شود و یک شدت‌سنج، شدت امواج صوتی را نشان می‌دهد. در برخی از دستگاهها که فاقد بلندگوی سرخود هستند از گوشی‌هایی که به دستگاه گیرنده وصل می‌شود استفاده می‌شود. برای تعیین مسیر لوله، ابتدا دستگاه فرستنده را در نقطه‌ای مشخص در یک سر لوله و در امتداد محور آن قرار می‌دهند بعداً دستگاه گیرنده را به فاصله معقولی مثلاً "حدود ۱۰۰ متر دورتر برده و آن را در امتداد عمود بر محور لوله جابجا می‌کنند تا شدت صدا به حداکثر برسد. موقعیت دستگاه گیرنده در این نقطه نشان از مسیر لوله‌ای می‌دهد که در زیر زمین قرار دارد. با تکرار این عمل به دفعات در طول خیابان، تمام مسیر لوله را می‌توان مشخص و علامت‌گذاری کرد. علامت‌گذاری با رنگ در امتداد معبر یا نوشتن مختصات آن از نقاط مشخص بر روی دیوار ساختمانهای مجاور انجام می‌شود. باید دانست که میدانهای الکتریکی که به وسیله کابل‌های فشارقوی، واگنهای راه‌آهن، تراموا و غیره ایجاد می‌شوند در کار دستگاههای مسیریاب ایجاد اختلال می‌کنند. علائمی که از میدانهای مذکور دریافت می‌شوند گمراه‌کننده بوده و بایستی اثر آنها به طریق آزمایش و خطا حذف شود.

دستگاههای لوله‌یاب الکترونیکی می‌توانند برای تعیین عمق کارگذاری لوله‌ها نیز به کار گرفته شوند. طریق عمل به شرح زیر است:

دستگاه گیرنده با زاویه ۴۵ درجه نسبت به سطح زمین تنظیم می‌شود. کار از نقطه‌ای که مستقیماً در بالای مرکز خط لوله قرار دارد با حرکت در امتداد عمود بر لوله آغاز می‌شود، با حفظ زاویه ۴۵ درجه، از لوله به آهستگی دور می‌شویم تا وقتی صدا قطع یا به حداقل برسد، فاصله این نقطه تا محور لوله (که قبلاً مشخص شده است) برابر عمق لوله خواهد بود. برای دقت بیشتر می‌توان این کار را در هر دو طرف لوله انجام داده که در این صورت مقدار متوسط برابر عمق لوله خواهد بود این دستگاه ظریف، گران و بایستی بادقت جابه‌جا شود.



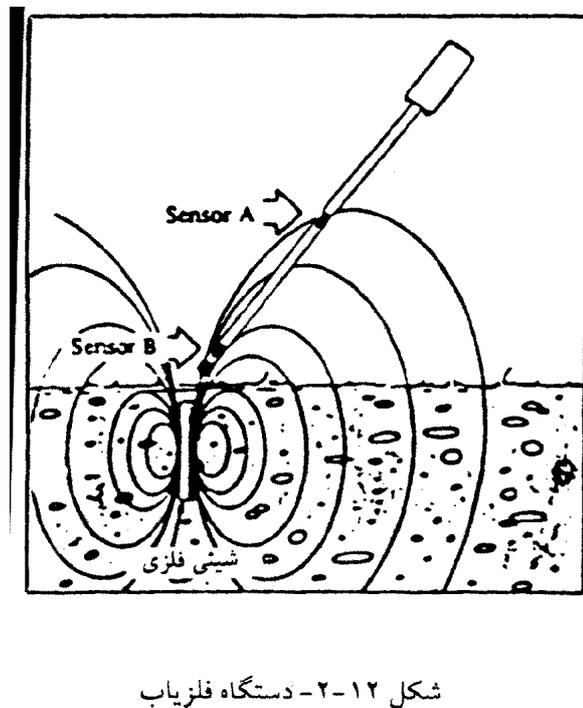


شکل ۱۲-۱- شمای کل یک مسیریاب الکترونیکی

## ۱۲-۲-۲ موقعیت یاب دریچه حوضچه شیرآلات یا فلزیاب<sup>۱</sup>

این وسیله موقعیت اشیاء فلزی را که در خود جریان اضافی تولید می کنند و در زیر زمین و یا در زیر درپوش چوبی یا پلاستیکی و یا داخل دیوار قرار گرفته اند را تعیین می کند شکل شماره (۱۲-۲).

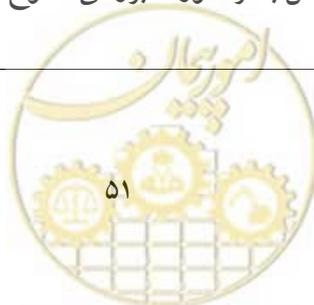
وقتی یک تکه فلز در میدان مغناطیسی که به وسیله سیم پیچ حلقوی دستگاه تولید می شود، قرار می گیرد شیئی فلزی هم زمان یک جریان اضافی در خود تولید می کند که به وسیله مدار تفکیک کننده دستگاه، تقویت شده و شاخص علامت دهنده دستگاه را در وضعیتی که درست در بالای شیئی فلزی قرار گرفته باشد به حرکت درمی آورد. حساسیت این وسیله در حدی است که می تواند موقعیت اشیاء به اندازه ۵۰ تا ۶۰ سانتیمتر را در عمق ۸۰ تا ۱۰۰ سانتیمتری تعیین کند.



## ۱۲-۳ کشف نشت

پیدا کردن سیستماتیک موارد نشت در لوله های زیرزمینی کاری است وقت گیر، طاقت فرسا و نیازمند صبر و حوصله. دو روش برای پیدا کردن نشت وجود دارد: روش بصری یا مشاهده ای و روش شنیدنی. روش بصری محدود است زیرا خطوط لوله در زیر زمین هستند. لکن به هر صورت بررسی سطوح خیابانها، مناطق پوشیده از گیاه، حوضچه های

1- Valve Box Locator or Metal Detector

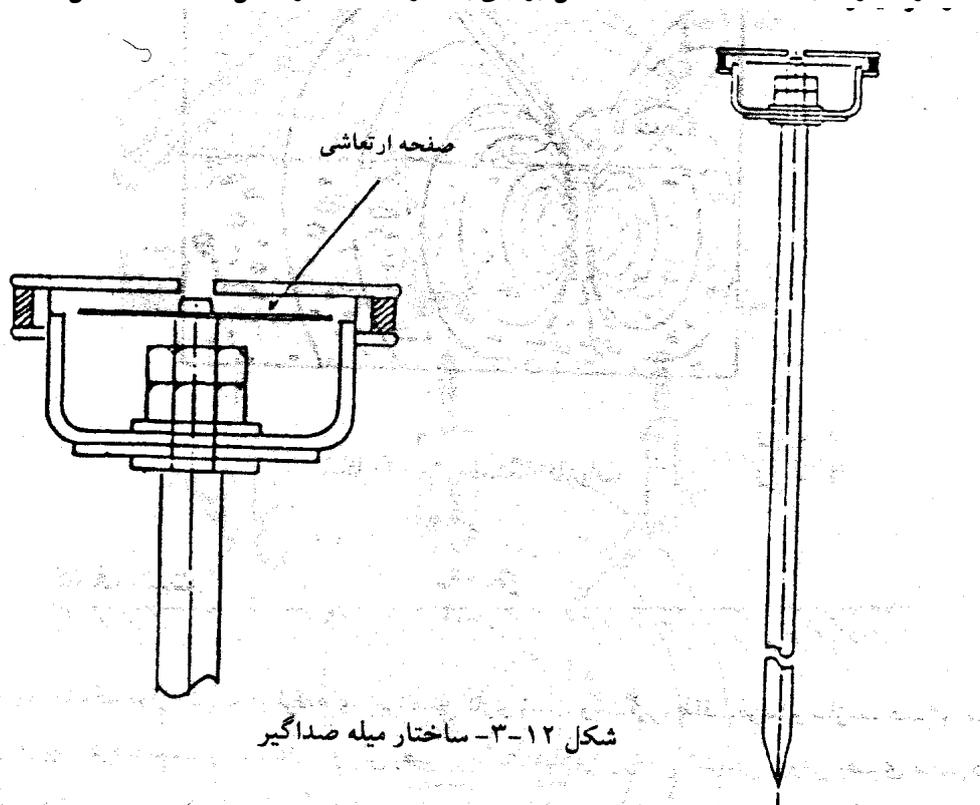


شیرآلات، آدم‌روهای فاضلاب‌روها، گالریهای عبور کابل‌های برق و تلفن، اغلب موارد نشت را نشان می‌دهند. روش شنیدنی تعیین موقعیت نشت، با استفاده از وسایلی صورت می‌گیرد که آنها را در روی سطح زمین و در روی لوله قرار می‌دهند. صدایی که به واسطه نشت آب از لوله تولید می‌شود به وسیله میله مخصوص صدایابی یا دستگاه استتوسکوپ<sup>۱</sup> و یا از طریق گوشی‌های متصل به نشت‌یاب‌های الکترونیکی پیشرفته شنیده می‌شود و دستگاه‌های پیشرفته‌تری که اخیراً به بازار آمده‌اند موسوم به ارتباط دهنده نشت و صدا<sup>۲</sup>.

صدایابی به دوروش انجام می‌شود روش مستقیم - وروش غیرمستقیم (یا سطحی). صدایابی مستقیم می‌تواند روی شیرفلکه‌ها، شیرهای آتش‌نشانی، شیر قطع و وصل<sup>۳</sup> و سایر متعلقات مناسب شبکه انجام شود. اپراتور به صدای حاصل از نشت آب گوش می‌دهد. از روی خصوصیات صدا و به کمک مهارت و تجربه خود در مورد وجود نشت قضاوت می‌کند. به طور مثال شیرآلاتی که بلندترین صدا از آنها شنیده می‌شود ممکنست نزدیکترین فاصله را با محل نشت داشته باشند. کارهای بیشتر برای تعیین موقعیت دقیق‌تر نشت به روش غیرمستقیم موسوم به روش سطحی صورت می‌پذیرد.

### ۱۲-۳-۱ میله صداگیر<sup>۴</sup>

این وسیله از یک میله توخالی فولادی به طول ۱/۲ متر و به قطر ۱۲ میلیمتر تشکیل شده که یک سر آن صاف یا خمیده و سر دیگر آن به یک صفحه فنجان شکل برنجی به قطر ۵ سانتیمتر وصل شده است (شماره ۱۲-۳).



1- Stethoscope

2- Leak Noise Correlator

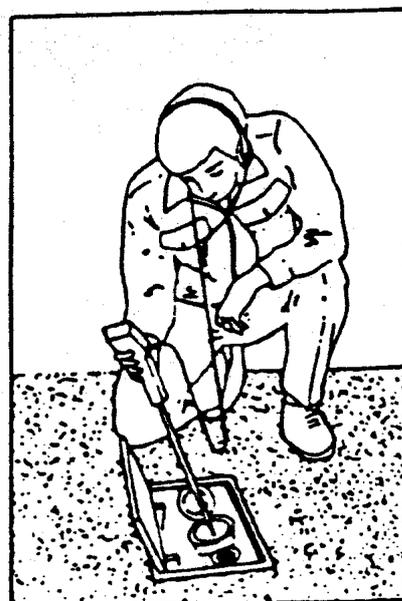
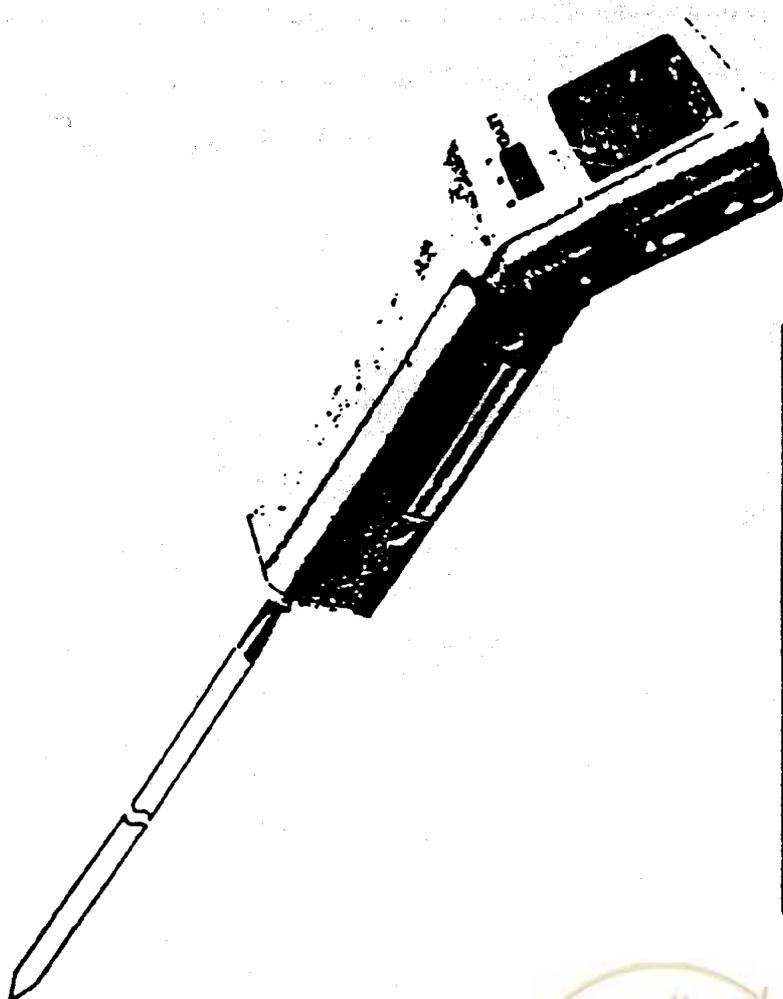
3- Stop cocks

4- Sounding Rod

یک توپ فلزی کوچک نیز در داخل این میله توخالی جای داده شده است. یک تکنسین آموزش دیده و ماهر در کار صدایابی در امتداد محور لوله که قبلاً علامتگذاری شده است حرکت می‌کند و سر میله صدایاب را در فواصل یک متری در روی سطح زمین قرار می‌دهد تا بدینوسیله صدای نشستهای احتمالی آب را بشنود. یک آدم ورزیده براحتی می‌تواند صدای حاصل از نشست آب را تشخیص دهد. این یک روش قابل دسترسی، قابل اتکاء و ارزان است. این بررسی معمولاً در شبها که صداهای ناشی از عبور و مرور وسائط نقلیه به حداقل می‌رسد مثلاً بین ساعت ۱ تا ۴ انجام می‌شود.

### ۱۲-۳-۲ میله صداگیر الکترونیکی

این میله وسیله‌ای است برای شنیدن صدای نشستی با استفاده مستقیم آن بر روی تجهیزات آبرسانی. صدای نشستی توسط یک تقویت‌کننده صدا، تقویت می‌شود و می‌توان با یک گوشی آن را شنید. حجم نیز می‌تواند با عدد بر روی صفحه دستگاه نمایش داده شود مانند وسیله قبلی، این دستگاه تنها برای مشخص کردن وجود نشستی است و محل نشستی را مشخص نمی‌کند (شکل ۱۲-۴).



شکل ۱۲-۴- میله صداگیر الکترونیکی

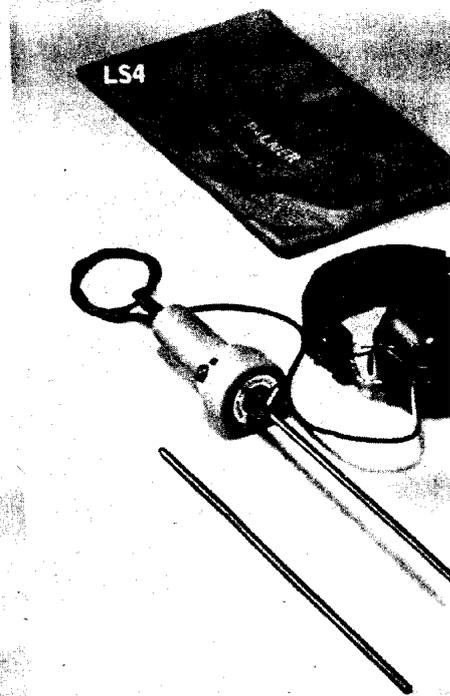
### ۱۲-۳-۳ نشت یاب الکترونیکی<sup>۱</sup>

این وسیله تشکیل شده است از یک میله واریسی با یک میکروفون مغناطیسی یا میکروفون زمینی، آمپلی فایر و دو عدد گوشی. میکروفون، صدای نشت را گرفته و امواج صدا که از طریق میکروفون گرفته می شوند به پالس های الکتریکی تبدیل و سپس از آمپلی فایر ترانزیستوری دستگاه عبور می کنند. صدای نشت آب را به این ترتیب هم می توان به وسیله یک شاخص چشمی مشاهده کرد و هم می توان آن را از طریق گوشی شنید. با تعبیه صافی های الکترونیکی که در دستگاه نشت یاب کار گذاشته می شوند می توان میزان صدای دریافتی را با توجه به فرکانس صدای نشت محدود کرد و تا حد ممکن صداهای مزاحم ناشی از عبور و مرور و یا صدای تولیدی از سایر منابع را حذف کرد شکل (۵-۱۲) و شکل (۶-۱۲).

### ۱۲-۳-۴ دستگاه ارتباط دهنده نشت و صدا<sup>۲</sup>

هر واحد از این دستگاه تشکیل شده است از یک دستگاه ارتباط دهنده، دو قرقره کابل، دو میله گیرنده صدا و دو آمپلی فایر. نیروی لازم توسط یک باطری ۱۲ ولتی تامین و از این دستگاه، می توان با استفاده از دو نفر بهره برداری کرد شکل (۷-۱۲) و شکل (۸-۱۲).



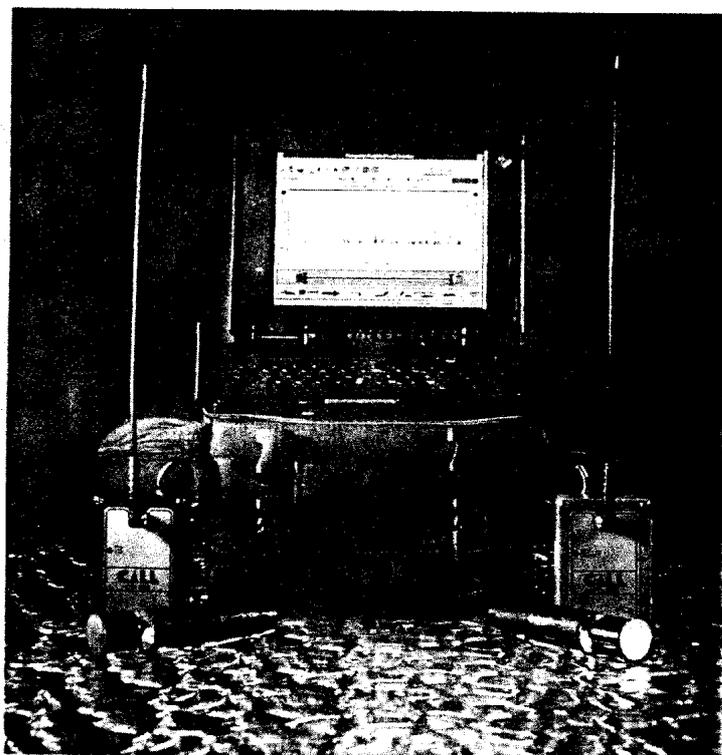


شکل ۱۲-۵-



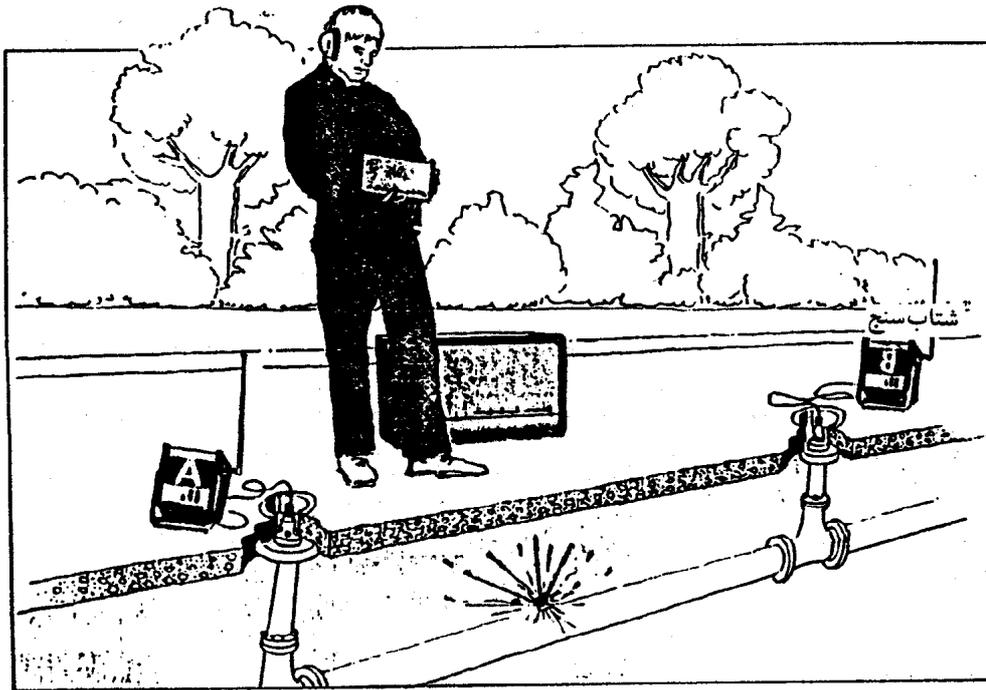


شکل ۱۲-۶-



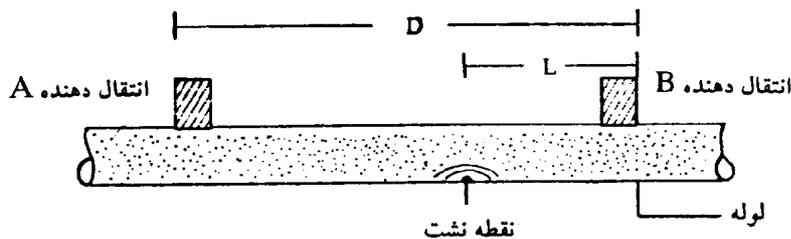
شکل ۱۲-۷- دستگاه ارتباط دهنده نشت و صدا





شکل ۱۲-۸- انجام آزمایش نشت یابی توسط دستگاه ارتباط دهنده نشت و صدا

دستگاه ارتباط دهنده نشت و صدا با سایر دستگاههای نشت یابی از این جهت متفاوت است که این دستگاه برای تعیین موقعیت حداکثر شدت صدا طراحی و ساخته نشده است. بلکه این دستگاه بر این اساس طراحی گردیده که می تواند اختلاف زمان انتقال صدا از نقطه نشت، تا دو گیرنده ای را که در روی لوله قرار داده شده اند، را اندازه گیری کند. با دانستن این اختلاف زمان، سرعت صوت و فاصله بین گیرنده ها، می توان موقعیت نشت را با دقت زیادی تعیین کرد.



شکل ۱۲-۹

اگر  $L$  فاصله محل نشت تا گیرنده  $B$ ،  $D$  فاصله دو گیرنده از هم و  $V$  سرعت صوت در لوله باشد، (شکل ۱۲-۹) زمانی که طول می کشد تا صدای نشت به گیرنده ها برسد عبارت است از:

$$\text{زمان برای رسیدن به گیرنده A} = \frac{D-L}{V}$$

$$\text{زمان برای رسیدن به گیرنده B} = \frac{L}{V}$$



از تفریق این دو مقدار، اختلاف زمان رسیدن صدا به هر گیرنده  $T_d$  به دست می‌آید و سپس مقدار  $L$  از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$L = \frac{D-VT_d}{2}$$

چون مقادیر  $D$ ،  $V$  و  $T_d$  در دست است مقدار  $L$  قابل محاسبه است.

به طوری که در شکل (۱۰-۱۲) ملاحظه می‌شود، تعقیب نشت آب در دو مرحله صورت می‌گیرد. مرحله اول نزدیک شدن به محل نشتاب است که این عمل با استفاده از دو ایستگاه شنوایی «الف» و «ب» انجام می‌گیرد. این دو ایستگاه با دستگاه  $C2000$  در ارتباطند که این دستگاه موج دریافتی را که به صورت سیگنال آنالوگ است از طریق میکروپروسور به سیگنال دیجیتال تبدیل می‌کند.

با ایجاد فاصله معین بین این دو ایستگاه در صورتی که نشتابی وجود داشته باشد یکی از این دو ایستگاه سیگنال موجی را بیش از دیگری ثبت خواهد کرد. با پیشرفت تدریجی و با حفظ فاصله معین این دو ایستگاه اگر به سمت قویترین سیگنال پیش رویم زمانی خواهد رسید که هر دو ایستگاه، سیگنال نسبتاً مشابهی را دریافت می‌کنند. در این هنگام محل نشتاب در بین دو ایستگاه قرار داشته و از طریق میکروپروسور دقیقاً محل نشتاب مشخص می‌شود. شکل (۱۱-۱۲).

اگر محل نشت خارج از گیرنده‌ها باشد، موقعیت یکی از آنها را به محل مناسبتری تغییر و عملیات تکرار می‌شود.

سرعت صوت در آب داخل لوله بستگی به اندازه لوله و جنس آن دارد، این سرعت را برای لوله چدنی تا قطر  $250$  میلیمتر می‌توان  $1400$  متر در ثانیه در نظر گرفت.

مزایای استفاده از دستگاه ارتباط دهنده نشت و صدا عبارتست از:

۱۲-۳-۳-۱- تعیین دقیق و سریع موقعیت نشت نسبت به روشهای موجود

۱۲-۳-۳-۲- کاهش تعداد چاله‌های خشک، و نتیجتاً صرفه‌جویی در هزینه حفاری و دوباره‌سازی

۱۲-۳-۳-۳- امکان بهره‌برداری در شرایط روزه و نتیجتاً غلبه بر نیاز به کار شبانه

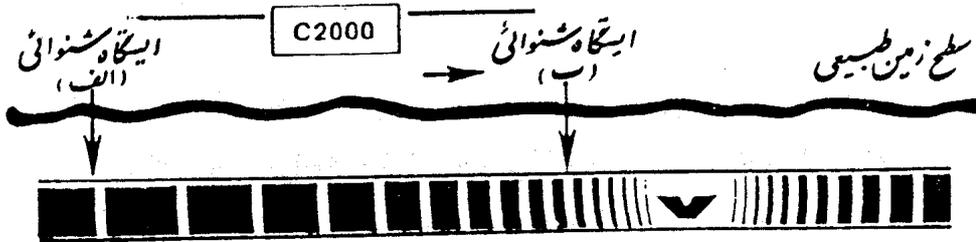
۱۲-۳-۳-۴- مؤثر در شرایط پایین بودن صدا

۱۲-۳-۳-۵- امکان استفاده از آن اگر دو نقطه نشت وجود داشته باشد.

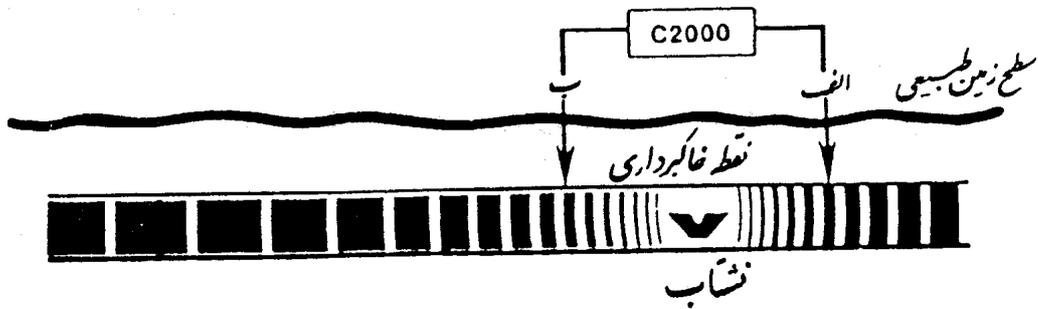


# تعقیب نشاب

## مرحله اول

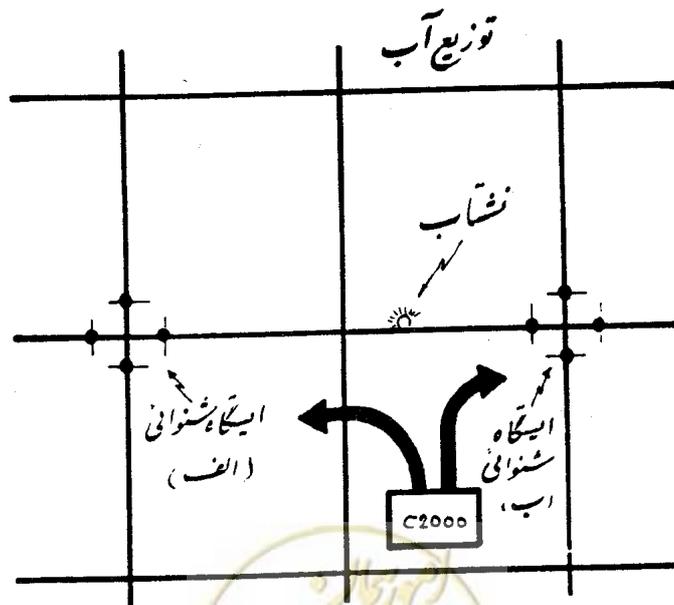


## مرحله دوم



شکل ۱۰-۱۲

## محل نشت آب



شکل ۱۱-۱۲

برخی ملاحظات در عملیات صحرائی نشت یابی به شرح زیر است:

۱۲-۳-۴-۱- در هر برنامه نشت یابی بایستی ابتدا موقعیت لوله و مسیر آن با استفاده از دستگاه لوله یاب الکترونیکی تعیین شود.

۱۲-۳-۴-۲- نشت یابی به کمک میله صدایابی در بررسیهای مقدماتی و سریع جایگاه مهمی دارد.

۱۲-۳-۴-۳- در هر برنامه نشت یابی استفاده از نشت یابهای الکترونیکی بدنبال میله صدایاب انجام می گیرد.

۱۲-۳-۴-۴- برای حصول موفقیت در کار نشت یابی وجود حداقل فشار در لوله ضروری است.

۱۲-۳-۴-۵- نشت های خیلی کوچک، که بعضی وقتها به وسیله میله صدایاب مشخص نمی شوند، به وسیله دستگاههای نشت یاب پیدا می شوند.

سایر ابزار و دستگاههای تخصصی مربوط به عملیات مسیریابی، عیب یابی و صدایابی در پایان حین مبحث معرفی شده اند.



– دستگاههای انعکاس پالس جهت عیب‌یابی

– سری CAF: مجهز به کامپیوتر، جدول و لیست ترتیب بهره‌برداری. ثبات جداگانه جهت ثبت سریع تعیین محل عیبهای با مقاومت زیاد، ذخیره سوابق شبکه جهت مقایسه با منحنی‌ها و علائم واقعی ذخیره شده در موقع بروز عیب.

– سریهای LMG: با نشاندهنده‌های ارقامی (عددی)، قابل حمل و یا نصب روی پایه، قابل بهره‌برداری با منبع تغذیه ولتاژ شهری و باطری.

– مدار پل آزمایش اتوماتیک T ۱۰ BARTEC

برای کابل‌های مخابراتی، با قابلیت کنترل دستی، دارای جدول مراحل بهره‌برداری، مناسب برای تعیین محل عیبهای عایق کابل از صفر تا ۱۰ مگا اهم، مناسب برای آزمایش عایق‌های با مقاومت تا ۹۹۹ مگا اهم.

– مولدهای تخلیه شوک الکتریکی

برای تعیین محل دقیق عیب کابل صوتی، خروجی تا ۱۱۰ کیلوولت ۲۰۰۰ ژول

– دستگاههای آزمایش اندازه‌گیری دقیق ولتاژهای زیاد

برای ولتاژهای تا ۱۰۰/۴۰۰ کیلوولت = خروجی تا ۱۰ کیلوولت

– دستگاه آزمایش اندازه‌گیری تشدید (رزونانس) برای:

کابل‌های PE و VPE ولتاژ متناوب آزمایش استاندارد ۲۹۸ VDE

– سیستمهای فرکانس صوتی

برای تعیین مسیر کابل، برای تشخیص کابل، تعیین محل جعبه‌های اتصال کابل، تشخیص مدارهای اتصال کوتاه شده، تعیین محل عیبهای غلاف کابل و غیره.

– FL ۲/۸ Q: خروجی ۸ وات، با کاربردهای کلی

– FL ۱۰/۵۰: خروجی ۵ وات، برای تعیین محل عیب در روی غلاف کابل.

– FL ۳-۸: خروجی ۸ وات، با کارایی فوق‌العاده مخصوص با خروجی اضافی

۴۸۰ هرتز جهت استفاده در حوزه‌های عملیاتی با تداخل صدای بسیار زیاد (راه‌آهن)، نشان‌دهنده ارقامی (عددی)، با کنترل‌های مجهز به مدار تشدیدکننده اتوماتیک.

– عیب‌یابهای غلاف کابل (5 - MFM)

برای کابل‌های با عایق پلاستیک

برای: آزمایش، عیب‌یابی، تعیین محل دقیق عیب

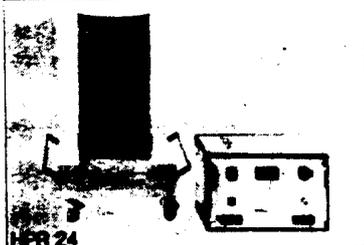
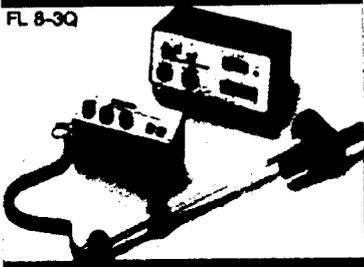
– سیستمهای آزمایش و تعیین محل عیب کابل

با یا بدون وسیله تقلیه (دارای کابین آزمایش کابل)، با عایق و رعایت موارد فنی و ایمنی استفاده‌کننده از دستگاه.

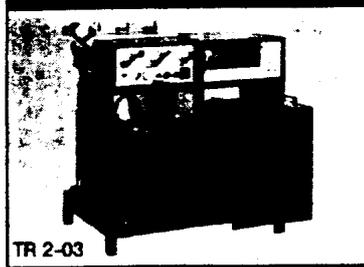


CAF

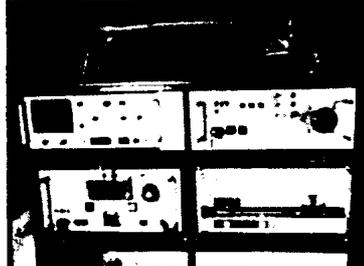
FL 8-3Q



MFR 24



TR 2-03



مسیریابی :

با استفاده از گیرنده قابل بهره‌برداری بوسیله یک دست اندازه‌گیریهای موردنیاز در خطوط لوله (گاز - آب - نفت) با استفاده از طیفهای مختلف فرکانس رادیویی و فرکانس ۵۰ هرتز

FM 810 -

عیب‌یاب کابل دیجیتالی (ارقامی - عددی)

با انتقال دهنده ساده برای مسیریابی و عمق‌یابی کابلها و لوله‌های فلزی، تنها با فشار دادن یک دکمه می‌توان عمق کارگذاری کابل و لوله (فلزی) را به‌طور دیجیتالی به‌دست آورد.

مجهز به سیستم علائم نوری و صوتی برای نمایش جهت‌یابی

MFE 90 -

با امکان بهره‌برداری بسیار ساده توسط یک دکمه فشاری

FM 650 -

با امکان نمایش عمق

FM 850 - E - گیرنده: مکمل سیستم FERROLUX<sup>†</sup>

لوله‌یاب و کابل یا بهای FERROLUX<sup>†</sup>

برای عملیات دقیق عمق‌یابی، مجهز به متعلقات موردنیاز تعیین کاملاً دقیق مشخصات کابل، تعیین محل جعبه‌های اتصال (بست) لوله و

کابل، عیب‌یابی غلاف کابل، تعیین محل‌های اتصال کوتاه شده در کابل

FL 2/80 -

خروجی ۸ وات: استاندارد شده، تأیید شده با کاربرد وسیع

FL 10/50 -

خروجی ۱۰ وات (باتری): برای تعیین محل عیب و مشخصات کابل

خروجی ۵۰ وات (برق شهر): برای تعیین محل عیب کابل

FL 35 -

خروجی ۳۵ وات (باتری): تعیین محل و اندازه‌گیر طول لوله‌های با قطر زیاد، به خصوص برای لوله‌های گازرسانی که عایق حفاظت کاتودیک آنها آسیب دیده است.

FL 8-3Q -

خروجی ۸ وات: در نوع خود بی‌نظیر، مجهز به سیستم انتقال دهنده و گیرنده با کنترل از نوع کوارتز، بدون نیاز به تنظیم.

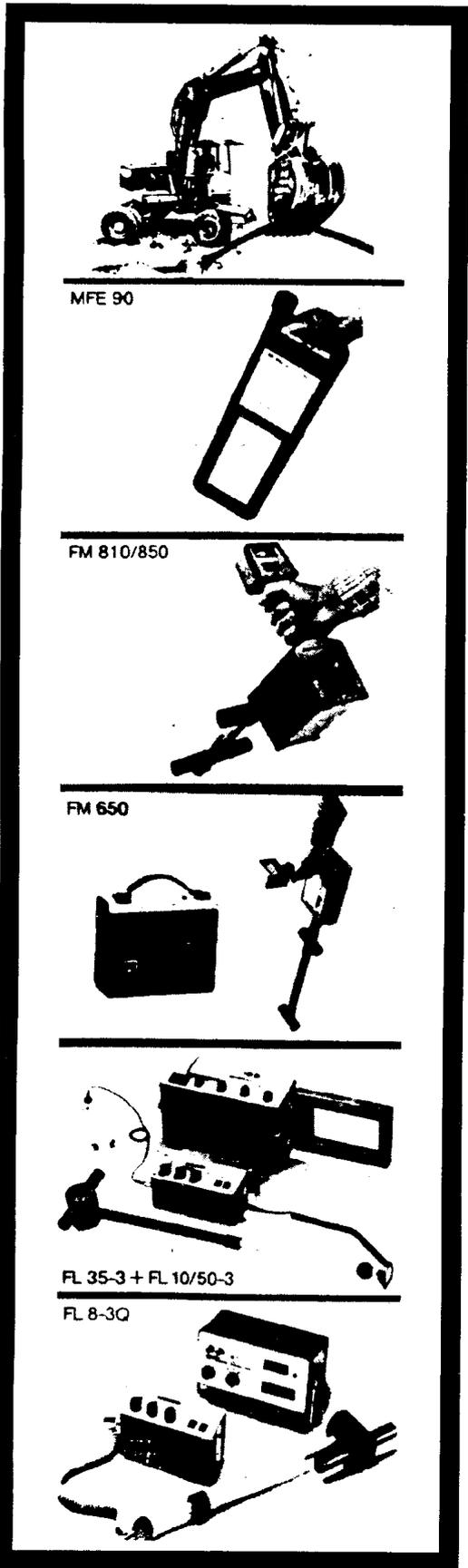
با نشان‌دهنده ارقامی (دیجیتالی)، خروجی اضافی ۴۸۰ هرتس،

مخصوص مسیریابی کابل در حوزه‌های دارای تداخل امواج صوتی

(راه‌آهن) انتقال‌دهنده با جعبه آهن و کابل نورانی برای لوله‌های

غیرفلزی

با کلاهک سوپاپ کشویی و عیب‌یابهای میله‌ای شکل سوپاپ‌دار



## صدایاب الکترونیکی

با بازدیدهای عادی از شیرها و اتصالات لوله کشی آب در منزل، از وجود نشتی مطلع شوید.

حساسیت فوق العاده، مجهز به سیستم انتخاب کننده (جهت جلوگیری از تداخل امواج صوتی).

EO 64 دستگاه استاندارد شده با امکان استفاده از فیلتر (صافی) قابل تنظیم

EO 70 مجهز به سیستم نشاندهنده نوری

GM 200 دارای سیستم قرائت عددی (دیجیتالی) و حافظه سریع دستگاه نشت یاب (HLE 90)

جهت تعیین محل مقدماتی و محل دقیق نشتی. فوق العاده حساس، با فیلترهای امواج صوتی قابل تنظیم، با امکان استفاده از میکروفن و گوشیها

دستگاه نشت یاب HYDROLUX HL 2000

با حساسیت بسیار زیاد جهت نشت یابیهای مقدماتی و تعیین محل دقیق نشت مجهز به سیستمهای:

- تجزیه و تحلیل فرکانس

- انتخاب کننده (جهت جلوگیری از تداخل امواج صوتی)

- حافظه جهت حفظ و نگهداری نتایج هشت آزمایش

دستگاه نشت یاب MICROCORR (CORRELATOR)

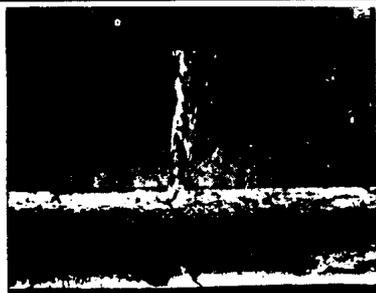
دستگاه عیب یاب کامپیوتری، با قابلیت بهره برداری برنامه ریزی شده، با نمایش فوق نتایج، مجهز به سیستم انتقال اطلاعات از طریق دو کانال امواج رادیویی.

وسایل اضافی: دستگاه چاپ

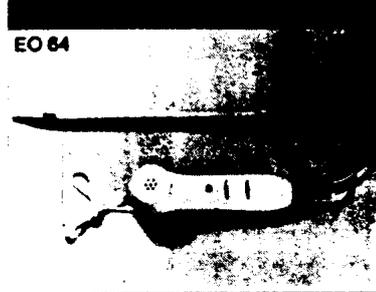
وسيله نقلیه آزمایش برای تجزیه و تحلیل مقدار آب نشت شده با کلیه دستگاههای اندازه گیری و ثبت نتایج، بررسیهای کامپیوتری و برنامه ریزی نرم افزار

dk 1400

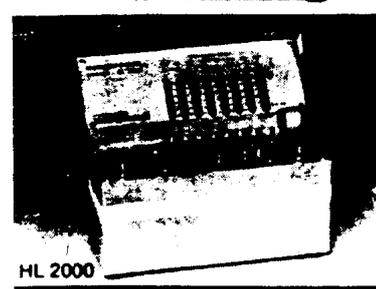
WMW



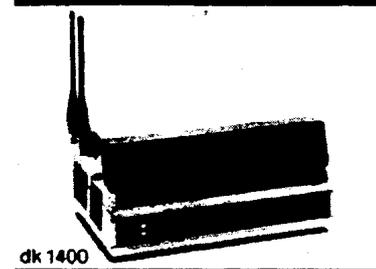
EO 64



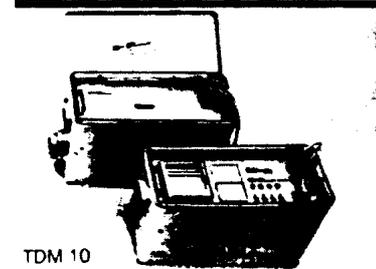
HL 90



HL 2000



dk 1400



TDM 10



## ۱۳- آلودگی آب به سبب نشت

مخاطره‌آمیزترین اثرات آلودگی آب در مواردی گزارش شده‌اند که آبهای آلوده خارجی به داخل لوله‌های آبرسانی راه یافته و با آب شرب مخلوط شده و در اختیار مصرف کنندگان قرار گرفته است. این اثر به‌ویژه در شهرهایی که آب ۲۴ ساعته در اختیار ندارند و سیستم توزیع به‌طور متناوب کار می‌کند غیر قابل تحمل است و ممکنست عواقب فاجعه آمیز داشته باشد:

### ۱-۱۳ عواملی که باعث آلودگی می‌شوند:

عواملی که ممکنست موجب آلودگی آب شوند به‌شرح زیر اند:

۱-۱-۱۳ نقص در سیستم توزیع

۱-۱-۱-۱۳ سیستم توزیع معیوب متشکل از لوله‌های خورده شده، اتصالات غیرآب بند، انشعابات ناقص و غیره

۲-۱-۱-۱۳ اتصالات معیوب یا نامناسب در لوله‌های آزیست سیمان یا PVC

۳-۱-۱-۱۳ بد کارگذاشتن انشعابات خانگی. خاصه در انشعابات غیر مجاز که احتمال پائین بودن کیفیت کار در آنها زیاد است.

۴-۱-۱-۱۳ آسیب‌های وارده به اتصالات لوله‌ها در خلال یا بعد از حفاریهای عمیق و در زمان اجرای سایر تأسیسات شهری که در مجاورت لوله‌های آب قرار می‌گیرند. در چنین مواقعی اغلب، تمهیدات لازم برای حفاظت لوله‌های آب آنطور که باید صورت نمی‌گیرد.

۵-۱-۱-۱۳ لوله‌های انشعاب متروک

۲-۱-۱۳ نقص در سیستم فاضلاب

۱-۲-۱-۱۳ فاضلاب‌روهای معیوب و قدیمی.

۲-۲-۱-۱۳ سیستم ناقص دفع آبهای سطحی

۳-۲-۱-۱۳ تکرار زیاد اضافه جریان در فاضلاب‌روها و سیستم دفع آب باران

۴-۲-۱-۱۳ اجرای ناقص آدم‌روها در سیستم فاضلاب و پوشش نامناسب آنها از داخل و خارج

۳-۱-۱۳ موقعیت نامناسب لوله‌های آب و اتصالات خانگی

۱-۳-۱-۱۳ بالا بودن سطح آبهای زیرزمینی به‌طوری‌که لوله‌های آبرسانی در آب مغروق شوند.

۲-۳-۱-۱۳ عبور لوله‌های آب یا انشعابات خانگی از داخل فاضلاب‌روها و کانالهای دفع آب باران



## ۲-۱۳ چگونگی بروز آلودگی

در مواردی که سیستم توزیع بعلت کمبود آب مواجه با قطع و وصل متناوب است، آبهای راکد اطراف لوله آبرسانی در ساعات قطع آب که لوله‌ها اکثراً خالی هستند از طریق نقاط نشست وارد لوله می‌شود. این آبهای مشکوک با آب شرب، وقتی جریان آب مجدداً برقرار می‌شود، مخلوط شده و غلظت آن در شروع وصل مجدد آب بیشتر است. مشکل وقتی جدی‌تر می‌شود که نقطه نشست در نزدیکی یک زهکش یا فاضلابرو واقع شده باشد.

## ۳-۱۳ روشهای علاج بخشی

بروز آلودگی در سیستم آبرسانی بطرق زیر نمایان می‌شود:

۱-۳-۱۳ آزمایش ادواری نمونه‌های آب که از نقاط مختلف سیستم آبرسانی برداشت شده‌اند.

۲-۳-۱۳ شکوایه‌های دریافتی از مشترکین

شناسائی کامل شبکه توزیع و به‌کارگیری روشهای نشست‌یابی مشکل را به‌سرعت حل خواهد کرد. در زیر به نکاتی به عنوان راهنما اشاره می‌شود:

۱-۲-۳-۱۳ برداشت و آزمایش نمونه‌های آب در نقاط مختلف شبکه توزیع به‌منظور تعیین رنگ، بو و وضع ظاهری آب و ردیابی منشأ آلودگی که ممکنست از فاضلابرو، پسابهای صنعتی، زهکش سطحی یا هر منبع دیگری باشد.

۲-۲-۳-۱۳ بسته به موقعیت نمونه آلوده و جهت حرکت آب در شبکه توزیع، وسعت منبع آلودگی را می‌توان تعیین کرد.

۳-۲-۳-۱۳ با توجه به اطلاعات جمع‌آوری شده، حتی‌الامکان ارتباط لوله اصلی در منطقه مشکوک از سایر قسمتهای شبکه توزیع قطع شود.

۴-۲-۳-۱۳ در مناطقی که آب در طول شبانه‌روز قطع و وصل می‌شود. در صورتیکه مقدور باشد فشار آب در لوله فوق‌الذکر بالا برده شود تا هم امکان نشست‌یابی بطریق صدایابی مقدور شود و هم از ورود آبهای خارجی به داخل لوله جلوگیری شود.

۵-۲-۳-۱۳ صدایابی گسترده توسط کارکنان مجرب انجام شود و نقاط نشست مشخص شود.

۶-۲-۳-۱۳ تمام شیرهای آتش‌نشانی در منطقه آلوده در شروع وصل مجدد آب باز گذاشته شوند تا بدینوسیله شستشوی خطوط انجام پذیرد.

۷-۲-۳-۱۳ به مردم اطلاع داده شود که در ۲۰ تا ۳۰ دقیقه ابتدای وصل آب، آب مصرف نکنند. و بعد از آن آب جوشیده مصرف کنند.

۸-۲-۳-۱۳ در صورت لزوم کلریناتور موقت در روی خط آلوده شده کار گذاشته شود.



## ۱۳-۴ روشهای جلوگیری

روشهای جلوگیری از بروز آلودگی به شرح زیراند:

- ۱-۴-۱۳ نگهداری درست سیستم آبرسانی
- ۲-۴-۱۳ نگهداری درست شبکه جمع آوری فاضلاب و سیستم دفع آبهای سطحی
- ۳-۴-۱۳ تعویض لوله‌های فرسوده و خورد شده
- ۴-۴-۱۳ قطع لوله‌های متروک از شبکه
- ۵-۴-۱۳ قطع انشعاباتی که از آنها استفاده نمی‌شود.
- ۶-۴-۱۳ تعویض لوله‌ها و اتصالات خورده شده، دارای نشت و ناقص در جریان اجرای برنامه‌های نشت‌یابی
- ۷-۴-۱۳ پرنگه‌داشتن لوله‌ها از آب به‌ویژه در قسمت فشار کم تا وقتی که آلودگی از سیستم خارج شود. (در سیستمهای متناوب تأمین آب)

## ۱۴- نشت بر اثر خوردگی

بیش از ۶۵ درصد سرمایه‌گذاری در تأسیسات آبرسانی را هزینه‌های شبکه توزیع تشکیل می‌دهد. خوردگی چه در داخل لوله و چه از خارج بیشترین اثر را در استهلاک زودرس شبکه دارد. تقریباً همه انواع لوله‌ها اعم از فولادی، چدنی، آزبست سیمان و یا بتنی در معرض خوردگی قرار می‌گیرند که بر اثر آن آب زیادی از شبکه هدر می‌شود.

### ۱-۱۴ تئوری خوردگی

خوردگی پدیده‌ای است که به واسطه تأثیر متقابل ماده و محیط بر هم پدید می‌آید و در نتیجه آن ماده تغییر حالت داده و فاسد می‌شود. محیط ممکن است آب (یا هر مایع دیگر) خاک و یا هوا باشد. انواع مختلف خوردگی را می‌توان به خوردگی ناشی از جریان الکتریسیته و جریانات اتفاقی برق، خوردگی بر اثر فشار، خوردگی شیمیایی و خوردگی میکروبی طبقه‌بندی کرد.

خوردگی فرآیندی است که طی آن فلز پالایش شده به تدریج به حالت طبیعی خود برمی‌گردد. این فرآیند از همان لحظه که فلز در کارخانه از سنگ طبیعی جدا می‌شود شروع می‌شود و اساساً یک فرآیند پایان‌ناپذیر است. وقتی دو فلز غیر همجنس در تماس با یکدیگر قرار می‌گیرند، فلزی که آند است شروع به زنگ‌زدگی می‌کند و این زنگ‌زدگی باعث نشت و ترکیدگی در لوله‌های انتقال آب شده و باعث هدرروی سنگین آب می‌شود.



## ۱۴-۲ خوردگی داخلی<sup>۱</sup>

سرعت جریان، درجه حرارت و pH آب، غلظت املاح محلول و اکسیژن محلول از عوامل مؤثر در سرعت خوردگی لوله‌های فلزی نظیر لوله‌های فولادی و چدنی است. از نقطه توقف خوردگی آنها، درجه پایداری آن که با اشباع آب به کربنات کلسیم تعیین می‌شود، قابل قبول‌ترین معیار طبقه‌بندی آنها از لحاظ خوردگی است. اندکس لانگلیر<sup>۲</sup> و اندکس ریزنر<sup>۳</sup> اغلب بعنوان شاخص تعیین درجه پایداری آب به کار برده می‌شوند. تمایل آب به رسوب‌گذاری یا خوردگی که بوسیله اندیسهای مذکور تعیین شده است در جدول شماره (۱-۱۴) ملاحظه می‌شود.

جدول شماره (۱-۱۴) مقادیر اندیسهای لانگلیر و ریزنر

اندیس ریزنر <sup>**</sup>	اندیس لانگلیر <sup>*</sup>	میل آب
۴ تا ۵	۲ + و بیشتر	رسوبگذار زیاد
۵ تا ۶	۲ +	رسوبگذار سبک
۶ تا ۷	۰/۵ +	رسوبگذار سبک یا خورنده
۷ تا ۷/۵	۱ -	خورنده قابل توجه
۷/۵ تا ۹	۲ -	خورنده قوی

\* Langelier Index =  $pH - pH_s$

\*\* Ryzner Index =  $2pH_s - pH$

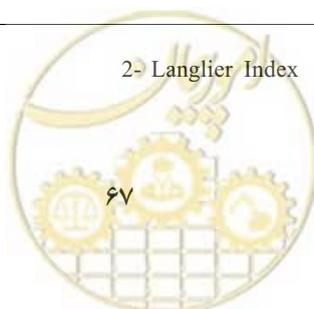
کلر باقیمانده زیاد ممکن است خاصیت خوردگی آب را افزایش دهد. درجات حرارت بالا نیز درجه خوردگی آب را زیاد می‌کند.

خوردگی داخلی در لوله‌های آزیست سیمان و لوله‌های بتنی انتقال آب که ممکن است از رسوبات جدار آنها سولفید هیدروژن آزاد شود، می‌تواند رخ دهد. سولفات موجود در آب نیز می‌تواند بتوسط باکتریهای تغییردهنده سولفات به سولفید هیدروژن تبدیل شود. و هیدروژن سولفور به وجود آمده بعداً به اسید سولفوریک تبدیل شده که می‌تواند در نقاطی از لوله که حفاظت نشده باشند ایجاد خوردگی کند.

1- internal corrosion

2- Langelier Index

3- Ryzner index



## ۳-۱۴ خوردگی خارجی<sup>۱</sup>

لوله‌های مدفون فلزی، به ویژه لوله‌های فولادی نرم و لوله‌های چدنی، از خوردگی ناشی از جریان‌اتفاقی و متفرقه آسیب می‌بینند. خوردگی ناشی از جریان‌اتفاقی یک فرآیند پیچیده تجزیه فلز است که در اثر عمل توأم خاک و جریان‌اتفاقی که منبع تولید آنها لوکوموتیو راه‌آهنهای حومه شهری و واگنهای شهری (تراموا) است رخ می‌دهد. خوردگی در منطقه‌ای که مثبت (آند) هست رخ می‌دهد، نقطه‌ای که در آن جریان از فلز جدا می‌شود تا به منبع تولید برگردد. خسارات بر اثر خوردگی ناشی از جریان‌اتفاقی اغلب خیلی سنگین هستند. اگر ۱٪ جریان ناشی از حرکت ترن از طریق ریل‌ها به بیرون نشت کند، تقریباً ۹۰ کیلوگرم از فولاد نرم در منطقه آند ظرف یکسال زنگ خواهد زد.

مقاومت الکتریکی یا هدایت الکتریکی خاک نیز یکی دیگر از پارامترهای مهم در تعیین مقدار خوردگی در لوله‌های فلزی مدفون نظیر لوله‌های فولادی نرم و لوله‌های چدنی است. عوامل مؤثر در میزان مقاومت الکتریکی خاک عبارتند از: مقدار pH، توان ایستادگی در مقابل سوختن و اکسیدشدن<sup>۲</sup>، میزان رطوبت، مقدار مواد آلی و مواد شیمیایی موجود در خاک، مقاومت الکتریکی خاک بوسیله روش<sup>۳</sup> اندازه‌گیری شده و مقادیری از آن که حاکی از خورنده بودن خاک است در جدول زیر داده شده است.

جدول شماره (۲-۱۴) مقاومت مخصوص خاک و درجه خوردگی

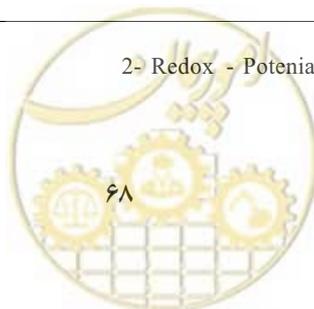
ردیف	مقاومت الکتریکی	خورندگی	عمر مفید لوله پوشش نشده از جنس فولاد نرم
۱	صفر تا ۵۰۰	خیلی زیاد	۱ تا ۱۰ سال
۲	۵۰۰ تا ۱۰۰۰	زیاد	۱ تا ۱۰ سال
۳	۱۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰	معمولی	۱۰ تا ۲۵ سال
۴	۱۰۰۰۰ به بالا	پائین	بیش از ۲۵ سال

باکتریها می‌توانند به طور مستقیم یا غیرمستقیم موجب خوردگی شوند. هر فعالیت بیولوژیکی، حاصل اثرات محیط بر سلول زنده هست و در عوض، هرگونه تغییر و تبدیل در محیط زیست بر اثر متابولیسم میکروبی صورت می‌پذیرد. محیط خاک اطراف لوله در داخل ترانشه مهمترین ناحیه از نظر خوردگی لوله و یا از بین بردن پوشش خارجی لوله است.

1- External corrosion

2- Redox - Potensial

3- Four pin Winner Method



بدترین نوع خسارت وارده به لوله‌های آزیست سیمان و لوله‌های بتنی به ترکیبات گوگردی موجود در خاک یا آب اطراف لوله در داخل ترانشه مربوط می‌شود. این ترکیبات با آهک آزاد ایجاد واکنش می‌کند و مقاومت لایه سیمانی دور لوله و یا مقاومت ذاتی لوله کم می‌شود.

#### ۴-۱۴ خوردگی لوله‌های چدنی:

به‌طور عمومی اعتقاد بر این است که لوله‌های چدنی وقتی در خاک مدفون شوند، خورده نمی‌شوند. این موضوع تا چند سال قبل که ساخت لوله‌های چدنی به گونه‌ای بود که با سرد شدن آرام چدن مذاب یک لایه نازک اکسید آهن در سطح لوله تشکیل می‌شد، صحیح بود. این ماده جسم چدنی لوله را محصور می‌کرد و به لحاظ این‌که قابلیت هدایت الکتریکی آن نسبت به چدن کمتر است، لایه تشکیل شده از آن می‌توانست خاصیت ضد خوردگی به لوله‌های چدنی بدهد. لکن در روشهای جدید ساخت لوله‌های چدنی چنین لایه چسبنده و محافظی تشکیل نمی‌شود و لوله به‌ویژه در نقاطی که در موقع حمل و نقل آسیب ببیند تقریباً بهمان میزان لوله‌های از جنس فولاد نرم در شرایط یکسان خاک، خورده می‌شود.

لوله‌های چدنی، بعضی اوقات در معرض خوردگی گرافیتی<sup>۱</sup> قرار می‌گیرند که در نتیجه آن آهن و سیلیس خارج شده و توده سیاه اسفنجی اما سخت گرافیت بجای گذاشته می‌شود. یک چنین لوله‌هایی تا زمانی قابل استفاده هستند که در معرض تغییرات زیاد فشار، بارهای خارجی و غیره قرار نگیرند.

به‌طریق زیر می‌توان از خوردگی این نوع لوله‌ها ممانعت به‌عمل آورد.

- تعویض خاک اطراف لوله
- پوشش قیری خارجی لوله برای کاهش اثرات خوردگی خاک
- نوارپیچی دور لوله با نوارهای پلی‌استر
- داخل کردن لوله در تیوپ پلی‌اتیلن

#### ۵-۱۴ خوردگی لوله‌های آهن گالوانیزه

در یک شبکه توزیع آب نمونه، انشعابات خانگی همیشه از لوله‌های چدنی با بست‌هایی از جنس مفرغ<sup>۲</sup> ساخته می‌شوند. لوله‌های ارتباطی از جنس آهن گالوانیزه<sup>۳</sup> به بست مفرغی متصل و سپس به هر مشترک وصل می‌شود.

1- Graphitic

2- Gun Metal Ferrule

3- Galvanized Iron



اتصال بین مفرغ و لوله‌های آهن گالوانیزه در زیر خیابان یا پیاده رو در عمقی حدود یک متر قرار می‌گیرد. از آنجا که بین این دو فلز غیر مشابه (G.I و G.M) از طریق خاک و آب بعنوان الکترولیت، تماس برقرار می‌شود. لوله از جنس آهن گالوانیزه که از پتانسیل بالاتری برخوردار است قطب مثبت قرار گرفته و با سرعت بیشتری خورده می‌شود.

به‌طور معمول، عمر مفید یک لوله چدنی ۷۰ تا ۸۰ سال است، در حالی که عمر مفید لوله‌های از جنس آهن گالوانیزه، حتی اگر اثر خوردگی در نظر گرفته نشود به سختی به ۱۰ تا ۱۵ سال می‌رسد. این به خوبی نشان می‌دهد که در طول یک دوره از عمر مفید لوله‌های چدنی، لوله‌های آهن گالوانیزه بایستی حداقل ۴ تا ۵ بار تعویض شوند.

## ۱۵- مشکلات و محدودیت‌ها در کار نشت‌یابی و راه‌حلهای عملی و چاره‌ساز

### ۱-۱۵ مسایل و مشکلات

علی‌رغم کار صحرائی دقیقی که توسط افراد ورزیده انجام می‌گیرد، هرازگاهی اطلاعاتی که جمع‌آوری می‌شود گمراه‌کننده هستند و نتایجی که از این اطلاعات گرفته می‌شود به نظر مشکوک می‌رسند. و لذا نتیجه‌گیری و جمع‌بندی را مشکل می‌سازد. برخی دلایل مبنی بر نادرست بودن اطلاعات به شرح زیر هستند:

### ۱-۱-۱۵ آب‌بند نبودن شیرهای قطع و وصل

برخی از شیرفلکه‌ها خوب بسته نمی‌شوند و مقداری آب از آنها عبور می‌کند و بنابراین نمی‌توان ارتباط ناحیه تحت آزمایش را با نواحی مجاور کاملاً قطع کرد.

### ۲-۱-۱۵ انشعابات ناشناخته

وجود این قبیل انشعابات باعث می‌شود که از جریانات ورودی و یا خروجی از این طریق به ناحیه تحت آزمایش اطلاعی حاصل نشود.

### ۳-۱-۱۵ انشعابات غیرمجاز

با وجودی که در موقع آزمایش، آب مصرف‌کنندگان قطع می‌شود، لکن به علت بازبودن شیرهای غیرمجاز میزان آب تلف شده زیادتر از حد واقعی به دست می‌آید.



## ۲-۱۵ محدودیتها

آنچه می‌توان در مورد نشت‌یابی یا جلوگیری از بروز نشت انجام داد عملاً به آن بخش از تأسیسات محدود می‌شود که در حیطه بهره‌برداری شرکتهای آب و فاضلاب است. بزرگترین اشکال این است که هیچگونه کنترلی در تلفات آب در سیستم توزیع آب داخل منازل صورت نمی‌گیرد و لذا در مواردی که برای سنجش آب مصرفی منازل کنتور وجود دارد مصرف کننده قیمت مجموع آب مصرفی خود و تلفات داخل منزل را می‌پردازد لکن در مواردی که انشعاب مجهز به کنتور نیست شرکت آب و فاضلاب از بابت میزان آبی که در سیستم لوله‌کشی داخل منازل تلف می‌شود درآمدی را کسب نمی‌کند.

## ۳-۱۵ اقدامات چاره‌ساز

اقدامات مدیریتی که می‌تواند موجب کاهش تلفات آب شود به شرح زیر است :

### ۱-۳-۱۵ آموزش همگانی

تمایل به اتلاف آب را می‌توان با درج مقالات در روزنامه‌ها و آگاه کردن مردم از مشکلاتی که برای به‌دست آوردن این کالای باارزش وجود دارد، کاهش داد. آموزش همچنین بایستی شامل سخنرانی، نشان دادن فیلم و اسلاید در سینماها، پوستر، میزگردهای تلویزیونی و رادیویی و غیره باشد.

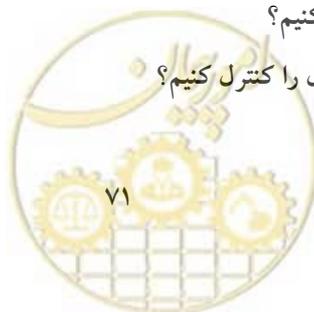
در شهرهایی که آب متناوباً قطع و وصل می‌شود مردم عادت دارند مقداری آب را در ظرف بزرگ ذخیره کنند که پس از وصل آب دور ریخته می‌شود. همچنین تمایلی به بستن شیرها پس از قطع آب نشان نمی‌دهند و این باعث می‌شود تا در زمان وصل مجدد آب، مقداری آب تلف شود. شستن لباسها با شیر باز و دادن آب اضافی به باغچه منزل از عوامل دیگر اتلاف آب است. در مناطق فقیرنشین و پست شهرها مقادیر قابل توجهی آب از شیرهای آتش‌نشانی تلف می‌شود. عدم تعویض به موقع واشرها و شیرهای خراب نیز موجب هدر رفتن زیاد آب است. در همه این موارد بایستی تبلیغات کافی بشود.

در این رابطه انتشار کتابچه‌های راهنما و آموزشی با محتوی :

- چرا صرفه‌جویی در مصرف آب لازم است!

- چگونه در مصرف آب صرفه‌جویی کنیم؟

- چگونه سیستم لوله‌کشی داخل منازل را کنترل کنیم؟



و نظایر آن به مردم یاد می‌دهند که از اتلاف بی‌مورد آب پرهیز کنند. علاوه بر نصب پوستر در اماکن عمومی، گذاشتن برخی آمار و اطلاعات در دسترس مردم نیز بسیار مفید است. نمونه‌ای از اطلاعات موردنظر به شرح جدول شماره (۱-۱۵) است.

### ۱۵-۳-۲ وضع قوانین

بایستی قوانین و آیین‌نامه‌های اجباری تدوین شود و مهلت‌های قانونی برای رفع عیب به مشترکین داده شود همچنین بایستی در هر مورد که مستاجرین آمادگی برای اجرای کار دارند، به موجب قانون بتوانند به هزینه صاحب بنا نسبت به رفع عیوب اقدام کنند.

### ۱۵-۳-۳ نصب کنتور

مصرف آب در همه زمینه‌ها بایستی همراه با اندازه‌گیری مقدار مصرف توسط کنتور باشد، این امر موجب کاهش قابل توجه اتلاف آب می‌شود.

### ۱۵-۳-۴ مشروط کردن کمکهای مالی

مؤسسات مالی نظیر بانک جهانی، بانک توسعه آسیایی و دولتها بایستی سرمایه‌گذاری، اعطای وام و کمکهای پولی خود را به شرکتهای آب و فاضلاب منوط به ارائه برنامه‌های کنترل تلفات از جانب آنها کنند.

شرکتهای آب و فاضلاب بایستی به اجرای برنامه‌های کنترل تلفات وادار شوند و پیشنهادهای مربوط به کنترل تلفات از طریق مراکز مستقل را مورد استقبال قرار دهند.

### ۱۵-۳-۵ جریمه کردن

چنانچه تلفات در داخل اماکن مسکونی به روشهای معمول کنترل نشود، انشعاب آب را بایستی قطع کرد و وصل مجدد آن را فقط به بعد از انجام تعمیرات موقوف کرد، و به جای دادن انشعاب مستقل به هر واحد مسکونی به ویژه در مجتمع‌ها، یک پست انشعاب در طبقه همکف ایجاد کرد. این شیوه کار در مجتمع‌ها در امر کنترل تلفات بسیار مؤثر است.



## ۴-۱۵ پیشنهادات عملی

کنترل نشت و جلوگیری از تلفات آب یک کار مداوم است. فشار کار را می توان به طور چشمگیری کاهش داد، اگر پیشنهادها زیر مورد توجه قرار گیرند:

### ۱-۴-۱۵ برنامه ریزی

۱-۴-۱۵ تمام لوله هایی که جدید کار گذاشته می شوند، اعم از لوله های اصلی و فرعی بایستی قبل از آنکه وارد سرویس شوند از لحاظ آب بندی مورد آزمایش قرار گیرند. در مورد لوله های چدنی، حدمجاز نشت بستگی به تعداد اتصالات دارد. به طور تقریب حدمجاز برای لوله های با اتصال سربی بایستی حداکثر ۳۰ لیتر/میلیمتر/کیلومتر/روز و برای لوله های با اتصال تایتون ۱۸ لیتر/میلیمتر/کیلومتر/روز خواهد بود.

۲-۴-۱۵ در هر کجا که ممکن باشد از لوله ای استفاده شود که عمر مفید طولانی تر داشته باشد.

۳-۴-۱۵ یک بررسی منظم اندازه گیری مقاومت الکتریکی خاک در نواحی که لوله های اصلی آب کار گذاشته شده اند یا قرار است کار گذاشته شود در زمینهای باتلاقی یا خاکهای ریخته انجام شود.

۴-۴-۱۵ یک برنامه زمان بندی شده برای جایگزینی خطوط اصلی و لوله های ارتباطی وجود داشته باشد.

۵-۴-۱۵ انواع تایید شده لوله، اتصالات و متعلقات به کار گرفته شود.

۶-۴-۱۵ کروکی موقعیت شیرفلکه ها در آرشیو نگهداری شود، این امر به پیدا کردن شیرفلکه های مدفون شده کمک می کند.

۷-۴-۱۵ فاصله مناسبی با سایر تاسیسات مراعات شود تا در مواقع حفاری خطوط لوله آب آسیب نبینند.

۸-۴-۱۵ ایجاد انگیزه در مصرف کنندگان خانگی، به شکل دادن امتیازاتی در صورت حسابها (قبوض آب بهاء) چنانچه جلوگیری از نشت و تلفات آب در مهلت مقرر انجام شده است.

۹-۴-۱۵ نگهداری اطاق کنترل در سرویس ۲۴ ساعته.

۱۰-۴-۱۵ بایستی هماهنگی مناسبی بین دستگاه های محلی بهره برداری و نگهداری شبکه توزیع و دولت وجود داشته باشد.

۱۱-۴-۱۵ لازم است کنترل ناحیه ای تلفات در زمان تحویل شبکه هایی که در اختیار بخش خصوصی بوده اند انجام گیرد.

۱۲-۴-۱۵ هر کجا که لازم باشد ممکنست از طریق تدوین ضوابط قانونی، اختیارات لازم به شرکتهای آب و فاضلاب داده شود تا اقدام به اخذ جریمه کنند.



۱۵-۴-۱۳ تعویض واشر شیرها به طور رایگان به جلب اعتماد عمومی نسبت به شرکتهای آب و فاضلاب کمک می‌کند.

۱۵-۴-۱۴ در طراحی و اجرای شبکه‌های جدید توزیع آب «نواحی کنترل نشت» به همراه لوله کنارگذر مشخص و پیش‌بینی‌های لازم برای نصب ادوات اندازه‌گیری به عمل آید.

## ۱۵-۴-۲ اجرا

۱۵-۴-۱ ۱ در تمام اتصالات خانگی بایستی از بست‌های فلزی از جنس مفرغ استفاده شود.

۱۵-۴-۲ ۲ تمام انشعاباتی که مورداستفاده قرار نمی‌گیرند بایستی از لوله اصلی قطع و با گذاشتن درپوش مسدود شوند.

۱۵-۴-۳ ۳ تمام لوله‌های از جنس آهن گالوانیزه را که در زیرزمین کار گذاشته می‌شوند بایستی رنگ‌زده و نوارپیچ کرد.

۱۵-۴-۴ ۴ تمام لوله‌های اصلی و لوله‌های فرعی که زیرزمین کارگذاشته می‌شوند بایستی در عمق کافی کار گذاشته شده و پوشش شوند.

۱۵-۴-۵ ۵ کلیه ترکیدگی‌ها و نشت‌ها یادداشت‌برداری و تفسیر شوند و گزارش‌های آنها در آرشیو نگهداری شود.

۱۵-۴-۶ ۶ مصرف‌کنندگان بزرگ به طور ادواری تحت کنترل و بازرسی قرار گرفته و میزان مصرف و اتلاف آب آنها مورد رسیدگی قرار گیرد.

۱۵-۴-۷ ۷ لوله‌کشی‌های داخل منازل صرفاً توسط کسانی انجام شود که گواهی‌نامه برای این کار دارند و کار آنها قبل از این که انشعاب داده شود بررسی و تایید شود.



جدول شماره ۱۵-۱ اتلاف غیر عمد آب ( چگونه می توانید از هدر رفتن آب جلوگیری کنید)

عمل	روش انتخاب شده	آب مصرف شده (لیتر)	روش مطلوب	آب مورد نیاز (لیتر)	میزان آب تلف شده (تلف شده لیتر)
مسواک کردن	بازگذاشتن شیر برای ۵ دقیقه	۴۵	استفاده از لیوان	۰/۵	۴۴/۵
شستن دست و صورت	بازگذاشتن شیر برای ۲ دقیقه	۱۸	پر کردن زینک دستشویی تانیمه	۲	۱۶
اصلاح کردن صورت	بازگذاشتن شیر برای ۲ دقیقه	۱۸	استفاده از لیوان یا ظرف مخصوص	۰/۲۵	۱۷/۷۵
دوش گرفتن	بازگذاشتن شیر برای تمام مدت استحمام	۹۰	خیس کردن بدن - بستن شیر - صابون زدن - آب کشیدن	۲۰	۷۰
کشیدن سیفون توالت	استفاده از سیفونهای قدیمی با مخزن بزرگ	۱۳/۵	سیستم سیفون دوگانه:		
		-	ریزش آب کم برای شستشوی ادرار	۴/۵	۴/۵
		-	ریزش آب زیاد برای دفع مدفوع	۹	۹
آب دادن باغچه	بازگذاشتن شیر برای ۵ دقیقه	۱۲۰	استفاده از آبیاش	۵	۱۱۵
شستن کف	بازگذاشتن شیر برای ۵ دقیقه	۲۰۰	استفاده از سطل آب و کف شور	۱۸	۱۸۲
شستن اتومبیل	بازگذاشتن شیر برای ۱۰ دقیقه	۴۰۰	استفاده از سطل (دو سطل)	۱۸	۳۸۲



## ۱۶- آموزش

مهندسی که در بخش نگهداری و بهره‌برداری، جلوگیری از تلفات، برنامه‌ریزی و طراحی و فنی شرکت آب و فاضلاب اشتغال دارند بایستی آشنایی کامل با برنامه‌ریزی و اداره سیستم توزیع آب داشته باشند. این کار نیاز به تخصص، مهارت و کار دقیق صحرائی دارد.

## ۱-۱۶ برنامه آموزش

برنامه آموزش شامل تشریح روشها و تمرین عملی در شرایط واقعی است. کلیات برنامه در جدول شماره ۱-۱۶ ملاحظه می‌شود.

جدول شماره ۱-۱۶ برنامه آموزش

سطح آموزش	مدت آموزش (روز)	نفرات شرکت کننده در هر نوبت	مطالب اصلی آموزش
مهندسی و سرپرستان قسمتها	۱۰	۲۰ تا ۳۰	تکیه بر برنامه‌ریزی، ثبت و ضبط رخدادها و غیره
تکنسین‌ها	۱۰	۲۰ تا ۳۰	تکیه بر عملیات صحرائی

مهندسی و پرسنل فنی بعد از گذراندن دوره، قابلیت‌های زیر را خواهند داشت:

۱-۱-۱۶ آگاهی، فهم و درک برنامه مقابله با نشت، ارزیابی، کنترل و حفاظت کیفیت آب در شبکه توزیع.

۲-۱-۱۶ قدرت برنامه‌ریزی، اجرا و نظارت بر کار نگهداری منظم سیستم در زمینه‌های:

- ارزیابی، کشف و کنترل تلفات آب در سیستم توزیع

- بررسیهای معمول صحرائی از مقدار جریان، فشار در سیستم و شستشوی خطوط لوله

- نگهداری شیرآلات و متعلقات

- پایش و ارزیابی کیفیت آب در سیستم توزیع

- آموزش مصرف کننده



چون برای آموزش عملی، ایجاد نشتهای واقعی در سیستم توزیع مشکل است، برای این منظور لازم است تأسیساتی که بتوان به عنوان مدل از آن استفاده کرد ساخته شود. یک مدل آموزشی خوب بایستی امکانات زیر را داشته باشد:

۱-۲-۱۶ یک شبکه توزیع مرکب از لوله‌هایی از جنس‌های مختلف، چدنی، پی‌وی‌سی، آزیست سیمان و غیره.

۲-۲-۱۶ شبکه مذکور دارای نقاط نشست در اندازه‌های مختلف و از نوع متفاوت است. نقاط نشست ممکنست از

زانوها و سه‌راهی‌ها در لوله‌های گالوانیزه، در اتصالات (نر و مادگی) لوله‌های چدنی، انشعابات شیرهای آتش‌نشانی روی لوله‌های مختلف و غیره باشد.

۳-۲-۱۶ هر نقطه نشست دارای یک درپوشی است که درمدت آموزش بتوان آن را باز و بسته کرد.

۴-۲-۱۶ چند کنتور در روی لوله‌های انشعاب و یا اتصالات خانگی کار گذاشته می‌شود تا نحوه اندازه‌گیری به کارآموزان آموزش داده شود.

۵-۲-۱۶ امکانات لازم برای صدایابی غیرمستقیم در زمینهای باپوشش گیاهی و یا سطوح سخت فراهم شود.

۶-۲-۱۶ برای دفع آبهای حاصل از نشست پیش‌بینی لازم به عمل می‌آید. ممکنست آبهای نشستی را به آدم‌روهای شبکه فاضلاب یا مجاری دفع آب باران تخلیه کرد.

۷-۲-۱۶ آب‌بند نبودن شیرفلکه‌ها ممکنست مشکلاتی را ایجاد کرده و باعث گرفتن نتایج غلط در ارزیابی مقدار نشست شود. امکانات برای کنترل آب‌بند بودن شیرفلکه‌ها بایستی فراهم باشد.

۸-۲-۱۶ فرق زیادی بین صدای حاصل از نشست از یک لوله که روی سطح آب زیرزمینی قرار دارد یا زیر سطح آب، وجود دارد. تعدادی نقطه نشست که در آب اطراف خود مستغرق باشد و تعداد دیگری که کاملاً خارج از آب باشد به منظور مقایسه در مدل تعبیه شود.

۹-۲-۱۶ نمونه‌ای از لوله‌های کنارگذر (معمول برای کارهای آبی) در یکی از لوله‌های شبکه آموزشی کار گذاشته شود.

۱۰-۲-۱۶ نمایش شستشوی لوله‌ها به وسیله قطعات اسفنجی نیز می‌تواند قسمتی از برنامه آموزش باشد.

۱۱-۲-۱۶ طبق ضوابط بایستی تمام لوله‌هایی که نوکار گذاشته می‌شوند قبل از این که مورد بهره‌برداری قرار گیرند آزمایش شوند. برنامه آموزش، آزمایش یک لوله را نیز شامل می‌شود.

۱۲-۲-۱۶ برنامه آموزش عملی و کارگاهی بایستی شامل سخنرانی با استفاده از ادوات سمعی بصری، پروژه‌های صحرائی، مطالعات آزمایشگاهی و بازدیدهای صحرائی باشد.

۱۳-۲-۱۶ روشهای معمول اندازه‌گیری مقدار جریان آب در لوله نظیر اندازه‌گیری دبی به کمک لوله پیتو نیز ممکنست در برنامه آموزشی گنجانیده شود.

یک چنین مراکز آموزشی نیاز روز است و بررسیهای مربوط به تلفات آب بایستی به کمک یک چنین مراکزی مفهوم پیدا کند.



## ۱۷- اقتصاد کنترل تلفات و سایر مزایا

هدف کلی در امر کنترل تلفات این است که «بیشترین مقدار آب با کمترین هزینه صرفه‌جویی شود» و به بیان دیگر بایستی نسبت هزینه جلوگیری از تلفات آب هر چه ممکن است پایین نگهداشته شود. وقتی یک برنامه کنترل نشت را ارزش آب صرفه‌جویی شده از ارزیابی می‌کنیم معمولاً انتظار داریم که هزینه جلوگیری از اتلاف آب از ارزش آبی که صرفه‌جویی شده است کمتر باشد. و این کاملاً درست نیست مزایای بسیار دیگری هم هست که ارزش آنها کمتر از مقدار آبی که عملاً صرفه‌جویی شده است نیست. علاوه بر این ارزش آبی که صرفه‌جویی می‌شود بایستی با قیمت آب از منابع موجود مقایسه و ارزیابی شود بلکه بایستی با قیمت تمام شده آب از طرح‌های دیگری که می‌توانند جایگزین شوند و پروژه‌های جدید مقایسه شود.

### ۱-۱۷ مسائل اقتصادی

اغلب برآورد ارزش واقعی آبی که بر اثر کنترل تلفات صرفه‌جویی می‌شود کار مشکلی است. گرچه بایستی این ارزیابی تا حد ممکن انجام شود. شرکت‌هایی که درگیر کار برنامه تلفات هستند، همیشه سعی می‌کنند به این سؤال پاسخ دهند. اگر  $x$  میلیون گالن آب صرفه‌جویی بشود بازاء آن شرکت چه مبلغ پول پس انداز خواهد کرد؟

ملاحظات زیر به پاسخ این سؤال کمک می‌کنند:

۱-۱-۱۷ اگر آبی که صرفه‌جویی می‌شود میزان درآمد کلی سالیانه را کاهش می‌دهد، پس صرفه‌جویی آب به روند درآمد سالیانه بستگی خواهد داشت.

۲-۱-۱۷ اگر نیاز مشترکین برآورده می‌شود، آبی را که بر اثر کنترل تلفات صرفه‌جویی شده است می‌توان در موارد زیر به مصرف رساند:

۱-۲-۱-۱۷ در اختیار شرکت‌های آب و فاضلاب مجاور قرارداد (فروش به سایر سازمانها)

۲-۲-۱-۱۷ فروش به یک مصرف‌کننده بزرگ را افزایش داد،

در این صورت صرفه‌جویی می‌تواند با قیمت فروش آب رابطه داشته باشد.

۳-۱-۱۷ اگر شرکت آب و فاضلاب می‌تواند زمان لازم برای سرمایه‌گذاری مجدد را برای استمرار کار آبرسانی مثلاً برای ساخت مخازن، ایستگاه‌های پمپاژ، تقویت شبکه توزیع پیش‌بینی کند، و اگر اثر کاهش تلفات آب بتواند تاریخ انجام یک چنین سرمایه‌گذاری را به تعویق بیندازد، پس مزایای مالی حاصله از یک چنین صرفه‌جویی بستگی دارد به مقدار بهره پولی که پرداخت آن به واسطه اقدامات صرفه‌جویی به تعویق می‌افتد.

۴-۱-۱۷ اگر سیستم آبرسانی به قدر کافی بزرگ است که می‌تواند با وجود تلفات و میزان فعلی آن، نیازهای زمان حال مشترکین را برآورده کند، پس منافع ناشی از کاهش تلفات به هزینه‌هایی که در مصرف برق و مواد شیمیایی صرفه‌جویی می‌شود، محدود می‌شود.



۱۷-۱-۵ این بحث نیز وارد است که تلفات صرفاً یک مسئله اقتصادی نیست، بلکه یک مسئله اخلاقی نیز هست و بنابراین بایستی با آن با حداکثر تلاش برخورد نمود، با این تفکر که منابع با ارزش را هرگز نباید دانسته تلف کرد.

## ۱۷-۲ ارزیابی اقتصادی تلفات

به منظور ارزیابی اقتصادی تلفات آب ابتدا هزینه جلوگیری از تلفات و درآمد به دست آمده از آن محاسبه و سپس مدت زمان برگشت سرمایه به خرج گرفته شده محاسبه می شود. در جدول شماره (۱۷-۱) اطلاعات لازم و روند کار نشان داده شده است.

جدول شماره (۱۷-۱) روند ارزیابی اقتصادی تلفات آب (در یک منطقه نمونه)

۱- جمعیت	: ..... نفر
۲- تعداد انشعاب	: ..... انشعاب
۳- طول کل خطوط شبکه توزیع	: ..... متر
۴- مصرف متوسط سرانه	: ..... لیتر / نفر / روز
۵- مقدار مصرف متوسط	: ..... لیتر در دقیقه
۶- مقدار تلفات آب :	: ..... لیتر در دقیقه ..... درصد
- مقدار اولیه	: ..... لیتر در دقیقه ..... درصد
- مقدار تلفات بعد از نوبت اول تعمیرات	: ..... لیتر در دقیقه ..... درصد
- مقدار تلفات بعد از نوبت دوم تعمیرات	: ..... لیتر در دقیقه ..... درصد
- مقدار تلفات نهایی	: ..... لیتر در دقیقه ..... درصد
۷- مقدار تلفات سرانه قبل از تعمیرات	: ..... لیتر در روز
۸- مقدار تلفات سرانه بعد از انجام تعمیرات	: ..... لیتر در روز
۹- مقدار کل آب صرفه جویی شده	: ..... لیتر در روز
۱۰- هزینه صرف شده :	: ..... ریال
- حقوق و دستمزد	: ..... ریال
- مواد و مصالح	: ..... ریال
- نظارت	: ..... ریال
- اجاره	: ..... ریال
- هزینه های متفرقه	: ..... ریال
۱۱- درآمد به دست آمده از محل آب صرفه جویی شده در روز	: ..... ریال
۱۲- درآمد به دست آمده از محل آب صرفه جویی شده در سال	: ..... ریال
۱۳- مدت زمان برگشت سرمایه	: ..... ماه



### ۳-۱۷ زمان انجام آزمایش مجدد نشت یابی

برنامه نشت یابی و کنترل تلفات آب یک کار دائمی است و احتیاج به پرسنل دائمی دارد. نواحی که یکبار در آنها برنامه نشت یابی اجرا شده است و مقدار تلفات آب تا حد مجاز تقلیل داده شده است بایستی در زمان دیگری مجدداً مورد آزمایش قرار گیرند. در واقع آزمایش مجدد بخاطر تغییراتی که در هر ناحیه رخ می دهد نظیر تغییرات در جمعیت، تغییرات در سیستم توزیع، تعداد انشعابات و غیره، لازم است. فعالیتهای ساختمانی نظیر کارگذاری لوله های فاضلاب و برنامه های مربوط به اصلاح معابر، اثر مستقیم بر وضعیت لوله های آبرسانی دارند به طوری که گاهی اتصالات این لوله ها به واسطه عملیات فوق آسیب می بینند. حرکات افقی و عمودی خاک در زیر لوله های آبرسانی در خلال خاکبرداری های عمیق در مجاورت این لوله ها از عوامل دیگر اثرگذار بر وضعیت لوله های آبرسانی محسوب می شود. در واقع بلحاظ مسائلی که گفته شد کارگذاری لوله های جدید آب همزمان با کارگذاری فاضلابروها، در صورتی که ممکن باشد، قابل توصیه است.

در جدول شماره (۲-۱۷) وضعیت و نتایج حاصل از انجام آزمایش نشت یابی و تکرار آن در یک منطقه نمونه نشان داده شده است.

جدول شماره (۲-۱۷) وضعیت و نتایج حاصل از انجام آزمایش نشت یابی و تکرار آن در یک منطقه نمونه

ردیف	ناحیه ۱		ناحیه ۲		
	نوبت اول	نوبت دوم	نوبت اول	نوبت دوم	
۱	۱۹۷۲	۱۹۷۵	۱۹۷۱-۷۲	۱۹۷۴-۷۵	زمان انجام آزمایش
۲	۲۵/۹	۲۵/۹	۲۷	۲۴	مساحت ناحیه (هکتار)
۳	۵۶۳۸	۷۹۹۴	۸۰۶۶	۷۶۱۵	جمعیت (نفر)
۴	۱۵۰	۱۵۰	۱۵۰	۱۵۰	قطر متوسط لوله های شبکه توزیع (میلیمتر)
۵	۱۵۹۰	۱۵۹۰	۲۰۵۵	۱۸۴۵	طول خطوط شبکه (متر)
۶	۷۶۰	۱۰۷۹	۱۰۸۹	۱۰۲۸	مصرف کل آب بر مبنای ۱۳۵ لیتر در روز مصرف سرانه (بر حسب مترمکعب در شبانه روز)
۷	۱۱۷۸	۷۴۸	۱۶۸۵	۱۲۸۷	تولید روزانه (مترمکعب)
۸	۲۰۹	۹۳/۵۰	۲۰۹	۱۶۹	مصرف سرانه (لیتر در روز)
۹	۳۷/۳	۲۷/۷	۲۶/۹	۲۴/۳	درصد تلفات قبل از انجام آزمایش
۱۰	۱۲/۳	۱۲/۶	۷/۹۵	۱۳/۹	درصد تلفات بعد از انجام آزمایش و تعمیرات
۱۱	Stop tap	Stop tap	Stop tap	Stop tap	روش آزمایش
۱۲	۱۱/۸۹۵	۲۰/۸۵۲	۱۲/۲۶۰	۲۴/۳۰۰	هزینه کل
۱۳	۹۵	۴۷	۱۰۲	۵۶	ارزش آب صرفه جویی شده در شبانه روز
۱۴	۱۲۶	۴۴۵	۱۲۰	۴۳۷	مدت زمان برگشت سرمایه (روز)

## ۴-۱۷ سایر مزایای حاصل از برنامه کنترل تلفات آب

منافع زیاد دیگری از کنترل تلفات آب عاید می‌شود که ارزیابی آنها از نظر درآمد مالی کار مشکلی است. مواردی از این نوع مزایا در زیر ملاحظه می‌شود:

- ۱-۴-۱۷ مقادیر قابل توجهی از آب صرفه‌جویی می‌شود که می‌توان از آن برای تأمین نیاز مشترکینی که در مضیقه قرار دارند استفاده کرد و ضمناً برای شرکت آب و فاضلاب کسب درآمد کرد.
- ۲-۴-۱۷ آب با فشار بهتری در اختیار مصرف‌کنندگان قرار می‌گیرد.
- ۳-۴-۱۷ هزینه پمپاژ آب اضافی برای جبران تلفات و هزینه مواد شیمیایی مورد مصرف کاهش می‌یابد.
- ۴-۴-۱۷ خطر آلوده‌شدن آب در شبکه توزیع کم می‌شود.
- ۵-۴-۱۷ میزان آب واقعی مصرفی توسط مصرف‌کنندگان با دقت بیشتری قابل ارزیابی خواهد بود.
- ۶-۴-۱۷ در طی عملیات کنترل تلفات اتصالات غیرمجاز کشف و جمع می‌شوند.
- ۷-۴-۱۷ برنامه مناسب تعویض لوله‌ها و بازسازی شبکه قابل تدوین خواهد بود.
- ۸-۴-۱۷ مدیر مسئول نگهداری سیستم توزیع، اطلاعات دقیق و بروز شده‌ای از وضعیت شبکه به‌دست می‌آورد.
- ۹-۴-۱۷ کنترل منظم و ثابتی از عملکرد شیرهای قطع و وصل و سایر شیرآلات روی شبکه به‌عمل می‌آید.
- ۱۰-۴-۱۷ مناطق ضعیف و مسئله‌دار شبکه توزیع برای شرکت آب و فاضلاب مشخص می‌شود و اطلاعاتی که به‌دست می‌آید برای برنامه‌ریزیهای آینده مفید است.
- ۱۱-۴-۱۷ میزان افت فشار در خطوط شبکه کمتر می‌شود.
- ۱۲-۴-۱۷ ذخیره‌سازی مؤثر آب بیشتر می‌شود.
- ۱۳-۴-۱۷ این نوع عملیات در مجموع بهداشت و سلامت عمومی را ارتقاء می‌دهد.
- ۱۴-۴-۱۷ و آخرین مزیت، رضامندی و خشنودی عمومی است که از همه مهمتر است.



## ۱۸- تشکیلات واحد نشت یابی

یک نمونه از تشکیلات واحد نشت یابی (که ممکن است وظایف دیگری نظیر قرائت کنتور را نیز انجام دهد) به شرح زیر ملاحظه می شود.

۱-۱۸ یک نفر سر بازرس<sup>۱</sup>: که ممکن است علاوه بر وظایف زیاد دیگر، سرپرستی و نظارت بر کار بازرسان لوله کشی، بازرسان نشت یابی و قرائت کنندگان کنتورها را به عهده داشته باشد.

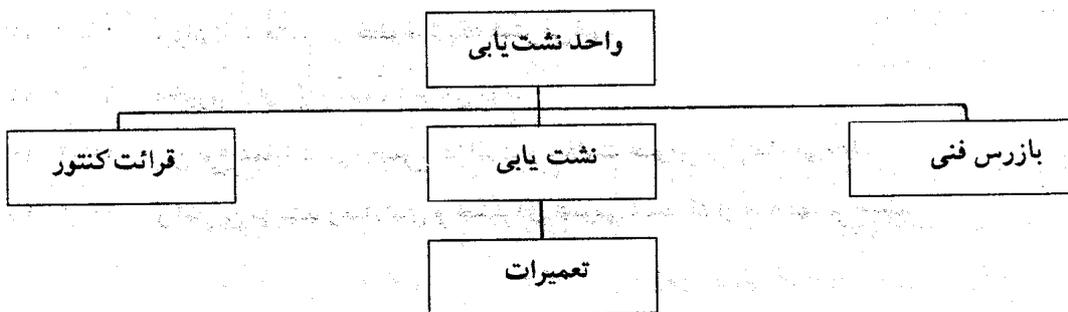
۲-۱۸ بازرسان لوله کشی<sup>۲</sup>: که وظیفه بازرسی و کنترل کارهای جدید و تطبیق آنها با آئین نامه های فنی<sup>۳</sup> و مقررات را به عهده دارند.

۳-۱۸ نشت یاب ها<sup>۴</sup>: گروهی که افراد آن به نوبت شب کار هستند.

انجام عملیات نشت یابی در شب توسط گروهی مرکب از ۲ تا ۶ نفر انجام می شود که در گروه های بزرگتر یک نفر نقش سرپرست گروه را به عهده دارد. به لحاظ ماهیت کار این گروه های شبانه، افراد آنها بایستی از بین قابل اعتمادترین و صالح ترین کارکنان انتخاب شوند. این گروه و همچنین قرائت کنندگان کنتورها به عنوان نمایندگان شرکت آب و فاضلاب در تماس مستقیم با مشترکین هستند. بنابراین خصوصیات شخصیتی این افراد بایستی از هر جهت قابل تأیید باشد.

۴-۱۸ لوله کش ها<sup>۵</sup>: برای اطمینان از تعمیر سریع اتصالات و متعلقات شبکه لوله کشی، حضور تعدادی لوله کش در واحد نشت یابی ضروری است، ولو این که مأموران واحد های دیگر باشند.

در شکل (۱-۱۸) نمودار تشکیلاتی یک واحد نشت یابی به طور نمونه ملاحظه می شود.



شکل ۱-۱۸

برای گزارش نشت می توان از فرم های تپ استفاده کرد که یک نمونه آن برای لوله های انشعاب مطابق فرم شماره (۱-۱۸) است.

1- Chief Inspector

2- Plumbing Inspector

3- Byelaw

4- Waste Inspector

5- Plumbers



شماره سریال فرم

شرکت آب و فاضلاب ..... : گزارش نشت

**نشت در لوله‌های انشعاب مدفون**

برای هر مورد نشت از یک فرم جداگانه استفاده شود

شماره ناحیه .....

تاریخ .....

آدرس محل نشت .....

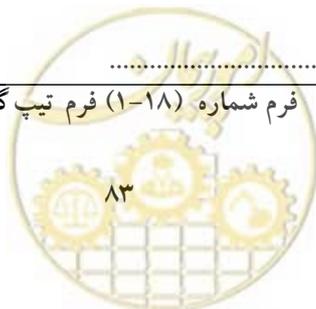
**پاسخ هر سؤال را در دایره مقابل علامت بزنید**

- |                       |                                   |                      |
|-----------------------|-----------------------------------|----------------------|
| <input type="radio"/> | - کارکنان شرکت آب و فاضلاب        | گزارش دهنده :        |
| <input type="radio"/> | - سایر افراد                      |                      |
| <input type="radio"/> | - لوله انشعاب                     | موقعیت نشت :         |
| <input type="radio"/> | - لوله آبرسان                     |                      |
| <input type="radio"/> | - جاری شدن آب                     | علت اولیه بروز نشت : |
| <input type="radio"/> | - صدا در سیستم لوله‌کشی داخل منزل |                      |
| <input type="radio"/> | - کم شدن فشار آب                  |                      |
| <input type="radio"/> | - نشان دادن مصرف زیاد توسط کنتور  |                      |
| <input type="radio"/> | - حادثه گزارش شده                 |                      |
| <input type="radio"/> | - صدایابی توسط شرکت آب و فاضلاب   |                      |
| <input type="radio"/> | - لوله اصلی Main                  | محل نشت :            |
| <input type="radio"/> | - شیر قطع و وصل (محل انشعاب)      |                      |
| <input type="radio"/> | - کمر بند انشعاب                  |                      |
| <input type="radio"/> | - شیر سماوری                      |                      |
| <input type="radio"/> | - اتصال مهره ماسوره‌ای لوله       |                      |
| <input type="radio"/> | - لوله                            |                      |
| <input type="radio"/> | - خوردگی                          | علت محتمل :          |
| <input type="radio"/> | - جابه‌جایی خاک یا ترافیک         |                      |
| <input type="radio"/> | - حادثه                           |                      |
| <input type="radio"/> | - کهنگی                           |                      |
| <input type="radio"/> | - سایر علل                        |                      |
| <input type="radio"/> | - نامعلوم                         |                      |
| <input type="radio"/> | - ۰ تا ۳۰ سانتیمتر                | عمق لوله :           |
| <input type="radio"/> | - ۳۰ تا ۶۰ سانتیمتر               |                      |
| <input type="radio"/> | - ۶۰ تا ۹۰ سانتیمتر               |                      |
| <input type="radio"/> | - بیش از ۹۰ سانتیمتر              |                      |
| <input type="radio"/> | - مسی                             | جنس لوله :           |
| <input type="radio"/> | - سربی                            |                      |
| <input type="radio"/> | - آهن گالوانیزه                   |                      |
| <input type="radio"/> | - پلی اتیلن                       |                      |
| <input type="radio"/> | - پی وی سی                        |                      |

ملاحظات :

نام و نام خانوادگی تکمیل‌کننده فرم .....

فرم شماره (۱-۱۸) فرم تیپ گزارش نشت



- 1- Twort A.C., Hoather R.C. and Law F.M. "Water Supply" Edward Arnold Ltd, Jan 1974.
- 2- William Oswald Skeat and Bernard Jahn Dangerfield "Manual of British Water Engineering Practice" Fourth Edition, 1969.
- 3- Rouse M.J. "Dealing With Leakages" Publication, Water Research Centre, Swindon, U.K. World Water 1983.
- 4- Goodwin S.J. and Mc Elroy J.K. "Reducing Unaccounted for Water in Municipal Water Systems" Publication, Water Research Centre, Swindon, U.K.
- 5- Sugawara H. "Some Economical Effects and Practices of Water Leakage Control in Japan" Aqua No.5/1985.
- 6- Keller Charles W. "Analysis of Unaccounted for Water" AWWA Journal, Nov. 1981.
- 7- E. Shaw, Cole "Methods of Leakage Detection" An Overview AWWA Journal Feb. 1979.
- 8- Shidhaye V.M. "Assessment and Control of Leakages in Distribution Systems" Late Mr. V.D. Tank Memorial Lecture at Ahmedabad, 1985.



Islamic Republic of Iran

# **Guideline for Leakage Detection and Prevention**

**No: 241**

Management and Planning Organization  
Office of the Deputy for Technical Affairs  
Bureau of Technical Affairs and Standards

Ministry of Energy  
Water Engineering Standards Plan  
Iran Water Resources Management Organization

2001/2002



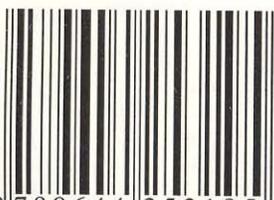
## این نشریه

با هدف آموزش شرکت‌های آب و فاضلاب در تمامی جنبه‌های مصرف‌جویی و جلوگیری از تلفات فیزیکی آب تهیه گردیده است. محتوی نشریه به گونه‌ای است که هر چند مختصر اطلاعات اساسی در مورد علل نشت در سیستم‌های آبرسانی، روش‌های نشت یابی، اندازه‌گیری مقادیر نشت و اقداماتی که بایستی برای جلوگیری یا تقلیل نشت به عمل آید، ارائه شده است. دستورالعمل همچنین روش‌های اجرایی عملیات نشت‌یابی و برنامه‌های ارزیابی مقادیر نشت را توضیح می‌دهد.

نظر به این که خوردگی لوله‌های شبکه توزیع آب باعث تشدید مقادیر نشت می‌گردد، لذا جلوگیری و تمهیدات برای مبارزه با خوردگی تشریح شده است. نشت یابی و جلوگیری از تلفات آب در شبکه‌های توزیع با حفاظت کیفیت آب در شبکه رابطه دارد. جلوگیری از تلفات می‌تواند از آلوده شدن آب به ویژه در شهرهایی که دارای شبکه‌های سنتی فاضلاب هستند معانعت نماید. یکی از فصول دستورالعمل به این موضوع اختصاص داده شده است. به لحاظ نیاز به پرسنل ماهر در امر نشت‌یابی و جلوگیری از تلفات آب، پیشنهادات لازم برای تربیت کادر موردنیاز نیز ارائه گردیده است.

معاونت امور پشتیبانی  
مرکز مدارک علمی و انتشارات

ISBN 964-425-319-1



9 789644 253195



omoorepeyman.ir