٣٤٨٩٩

۱۳۸۰ /۱/ ۳۰
مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
تهیه مدارک

دانشگاه تهران

آنالیز آب به حساب نیامده در شبکه‌های توزیع آب شهری

011933

توسط: پیمان یراقی

استادراهنما: دکتر مسعود تابش

پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد

در

مهندسی عمران - گرایش مهندسی آب

دانشکده فنی

۳۴۸۹۹

۳۴۸۹۹

زمستان ۱۳۷۹

فرم ارزشیابی پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده فنی

گروه مهندسی: عمران

در چارچوب ارزیابی مرحله تحقیقاتی مقطع کارشناسی ارشد دانشجویان دانشکده فنی دانشگاه تهران

آقای: **پیمان یراقی** به شماره دانشجویی: ۸۱۰۲۷۷۱۶۹ در رشته مهندسی: عمران

گرایش: آب پایان‌نامه خود به ارزش: ۶ واحد را که در نیمسال اول سال تحصیلی: ۷۹-۷۸

اخذ و ثبت‌نام نموده بود، تحت عنوان: "**آنالیز آب بحساب نیامده در شبکه‌های توزیع آب شهری**"

به سرپرستی (استاد راهنما): **دکتر مسعود تابش** استاد مشاور:

در تاریخ: ۷۹/۱۱/۲۵ در مقابل هیات داوران به شرح ذیل با (موفقیت / عدم موفقیت / اصلاحاتی) دفاع نمود.

اسامی هیات داوران (حداقل ۳ نفر) امضاء

۱- دکتر مسعود تابش

۲- دکتر حسن احمدی

۳- دکتر ابراهیم شادقاسمی

۴-

۵-

نمره نهایی هیات داوران:

به عدد	به حروف
۲۰	بیست

ملاحظات:

تذکر: نیازی به درج نمره جداگانه هریک از داوران نبوده و فقط نمره مورد توافق هیات داوران (متوسط) اعلام می‌شود.

سرپرست محترم تحصیلات تکمیلی دانشکده

با سلام، نظر به اعلام نمره نهایی فوق‌الذکر از جانب هیات داوران خواهشمند است نسبت به انجام امور فراغت از تحصیل دانشجوی یاد شده برابر ضوابط و مقررات اقدام مقتضی مبذول فرمائید.

نام و نام خانوادگی مدیر گروه: **دکتر منوچهر لطیفی** امضاء وتاریخ: ۷۹/۱۱/۳۰

توجه مهم: کلیه نوشته‌ها به استثناء نمره هیات داوران و مطالب بند ملاحظات قبل از دفاع باید با ماشین تایپ گردد. در صورت لزوم تایپ مطالب این فرم در دفتر تحصیلات تکمیلی امکان‌پذیر خواهد بود.

تذکر: این فرم به دفتر تحصیلات تکمیلی ارسال و تصویر آن در گروه مربوطه نگهداری می‌شود.

تقدیم به پدر و مادر بزرگوارم

که در آتش مهربانی و فداکاری خویش سوختند

تا من ساخته شوم

و

تقدیم به خواهران گرامیم

که قدم در راه پیمودهٔ آنها گذاشتم

و

تقدیم به همهٔ آنانی که به من آموختند

چکیده

در این تحقیق، روش جدیدی جهت آنالیز آب به حساب نیامده ارائه گردیده که قادر به تجزیه و تحلیل کمی مؤلفه‌های آب به حساب نیامده در شبکه‌های توزیع آب شهری است. در این روش، آب به حساب نیامده به دو بخش کلی تلفات فیزیکی و تلفات غیرفیزیکی تقسیم گردیده و مؤلفه‌های هریک از آنها به طور جداگانه ارزیابی می‌شوند.

در بخش آنالیز تلفات فیزیکی، ارزیابی تلفات زمینه با استفاده از چارچوب عملکردی مبتنی بر حداقل جریان شبانه و تخمین تلفات زمینه و شکستگیها انجام می‌گردد. در این روش، ارزیابی تلفات زمینه با تخمین اولیه‌ای از این تلفات آغاز گردیده و طی یک سلسله عملیات مختلف شامل محاسبات ریاضی و آماری، عملیات صحرایی و فشارسنجی و نیز شبیه سازیهای هیدرولیکی با برآورد نسبتاً دقیق از تلفات زمینه پایان می‌پذیرد. در این روش، استفاده از مفاهیم تخمین تلفات زمینه و شکستگیها (BABE)و منافذ نشت ثابت و متغیر (FAVAD)، تأثیر قابل توجهی در افزایش دقت و گسترش دامنهٔ کاربرد آن پدید آورده است. در بخش آنالیز تلفات غیرفیزیکی نیز با توجه به شرایط موجود در شبکه های توزیع آب شهری کشورمان روشی متناسب با این شرایط ارائه گردیده است.

بخش پایانی آنالیز آب حساب نیامده به محاسبه درصد سالانه هریک از مؤلفه‌های تلفات اختصاص دارد. همچنین جهت ارزیابی روش ارائه شده در این تحقیق، میزان آب به حساب نیامده در یک ایزولهٔ نمونه با استفاده از این روش مورد بررسی قرار گرفته است.

تقدیر و تشکر

در ابتدا، لازم می‌دانم که از زحمات و رهنمودهای ارزشمند جناب آقای دکتر مسعود تابش که مسئولیت راهنمایی اینجانب را در انجام این پایان‌نامه برعهده داشته‌اند، تقدیر و تشکر نمایم.

انجام این پایان نامه بدون همکاری و مساعدت مهندسان و کارشناسان دفتر مطالعات آب به حساب نیامده کشور و نیز مهندسان و مسئولین شرکت مهندسین مشاور آبران امکان پذیر نبود که در اینجا کمال قدردانی و سپاس خود را از ایشان ابراز می‌دارم.

همچنین از تمامی دوستان بزرگوارم که به نحوی در انجام این تحقیق، من را یاری نمودند، سپاسگزارم.

فهرست مطالب

عنوان | صفحه

۱- فصل اول : کلیات

۱-۱- مقدمه ۱
۱-۲- هدف از انجام این تحقیق ۳
۱-۳- مروری بر مطالب فصلهای بعد ۳

۲- فصل دوم: مروری بر ادبیات فنی

۲-۱- مقدمه ۵
۲-۲- آنالیز آب به حساب نیامده در شبکه‌های توزیع آب شهری ۵
۲-۳- آب به حساب نیامده در شبکه‌های توزیع آب شهری ۶
۲-۴- تاریخچه فعالیتهای انجام شده جهت آنالیز آب به حساب نیامده ۹
۲-۵-روشهای آنالیز آب به حساب نیامده ۱۰
۲-۶- حداقل جریان شبانه (NFM) ۱۳
۲-۶-۱- تعریف حداقل جریان شبانه ۱۳
۲-۶-۲- مؤلفه‌های حداقل جریان شبانه ۱۴
۲-۶-۳- عوامل مؤثر بر حداقل جریان شبانه ۱۵
۲-۶-۳-۱- تغییرات حداقل جریان شبانه با ابعاد ایزوله ۱۶
۲-۶-۳-۲- تأثیر فرکانس اندازه گیری حداقل جریان شبانه ۱۶
۲-۶-۳-۳- تأثیر تداوم اندازه گیری حداقل جریان شبانه ۱۷
۲-۶-۳-۴- تأثیر فشار بر حداقل جریان شبانه ۱۷
۲-۷- استفاده از مفهوم BABE در آنالیز آب به حساب نیامده ۱۷
۲-۸- فشار در شبکه های توزیع آب شهری ۱۸
۲-۸-۱- بررسی وضعیت کلی فشار در شبکه ۱۹
۲-۸-۱-۱- خطوط همفشار ۱۹
۲-۸-۱-۲- فشار متوسط شبانه منطقه‌ای (AZNP) ۱۹
۲-۸-۲- روابط فشار – نشت ۲۰
۲-۸-۲-۱- رابطهٔ فشار – نشت برای منافذ با سطح مقطع ثابت ۲۱

عنوان | صفحه

۲-۸-۲-۲- رابطهٔ توانی بین فشار (AZNP) و حداقل جریان شبانه (NFM) ۲۲
۲-۸-۲-۳- رابطهٔ فشار – شاخص نشت ۲۳
۲-۸-۲-۴- رابطهٔ فشار – نشت با استفاده از مفهوم FAVAD..... ۲۵
۲-۹- خلاصه و نتیجه‌گیری ۲۷

۳- فصل سوم : متدولوژی آنالیز آب به حساب نیامده

۳-۱- مقدمه ۲۹
۳-۲- آنالیز تلفات فیزیکی در شبکه‌های توزیع آب شهری ۳۰
۳-۲-۱- آنالیز تلفات زمینه..... ۳۰
۳-۲-۱-۱- چارچوب عملکرد در آنالیز تلفات زمینه..... ۳۰
۳-۲-۱-۲- اندازه‌گیری حداقل جریان شبانه ۳۳
۳-۲-۱-۲-۱- شناسایی و پیمایش محدوده ایزوله..... ۳۳
۳-۲-۱-۲-۲- اندازه گیری و تصحیح حداقل جریان شبانه..... ۳۴
۳-۲-۱-۳- برآورد آب تحویل شدهٔ شبانه ۳۸
۳-۲-۱-۳-۱- انحراف معیار استاندارد اب تحویل شدهٔ شبانه ۳۹
۳-۲-۱-۴- ارزیابی و محاسبه تلفات زمینه شبانه و روزانه در ایزوله ۴۰
۳-۲-۱-۴-۱- گام اول : تخمین اولیه تلفات زمینه روزانه ۴۰
۳-۲-۱-۴-۲- گام دوم : فاکتور ساعت – روز و محاسبه تلفات
زمینه شبانه اولیه ۴۳
۳-۲-۱-۴-۳- گام سوم : محاسبه حجم اضافی ۴۵
۳-۲-۱-۴-۴- گام چهارم: مکان یابی و ارزیابی شکستگیهای گزارش نشده..... ۴۶
۳-۲-۱-۴-۵- گام پنجم : تعیین مقدار دقیق تلفات زمینه شبانه ۵۱
۳-۲-۱-۴-۶- گام ششم : اصلاح فاکتور تصحیح فشار و فاکتور ساعت – روز ۵۲
۳-۲-۱-۴-۷- گام هفتم : محاسبه تلفات زمینه روزانه اصلاح شده ۵۴
۳-۲-۱-۵- جدول محاسباتی (Spread sheet) آنالیز تلفات زمینه ۵۵
۳-۲-۲- ارزیابی تلفات ناشی از شکستگیها ۶۱
۳-۲-۲-۱- محاسبه کل تلفات سالانه ناشی از شکستگیها در ایزوله ۶۴
۳-۲-۳- حجم کل تلفات فیزیکی در ایزوله..... ۶۵
۳-۳- آنالیز تلفات غیرفیزیکی در شبکه‌های توزیع آب شهری ۶۵

عنوان	صفحه

۳-۳-۱- تلفات غیرفیزیکی ناشی از خطای بهره برداری (Eo)..... ۶۶
۳-۳-۲- تلفات غیرفیزیکی ناشی از خطای مدیریتی (EM)..... ۶۷
۳-۳-۳- تلفات غیرفیزیکی ناشی از خطای انسانی (EP)..... ۶۸
۳-۳-۴- تلفات غیرفیزیکی ناشی از خطای ابراز اندازه‌گیری (EE)..... ۶۸
۳-۳-۴-۱- منحنی دقت کنتور.....۶۹
۳-۳-۴-۲- خطا در اندازه گیری دبی استارت (شروع به حرکت کنتور).....۷۰
۳-۳-۴-۳- تلفات غیرفیزیکی ناشی از خطا در اندازه‌گیری از دبی حداقل
تا دبی حداکثر.....۷۲
۳-۳-۴-۴- تلفات غیرفیزیکی ناشی از خرابی کنتورها.....۷۴
۳-۳-۴-۵- حجم کل تلفات غیرفیزیکی ناشی از خطای ابزار اندازه گیری.....۷۴
۳-۳-۵- تلفات غیرفیزیکی ناشی از انشعابات غیرمجاز (Eu)..... ۷۵
۳-۳-۶- تلفات غیرفیزیکی ناشی از مشترکین غیرمجاز (Eu')..... ۷۵
۳-۳-۷- تلفات غیرفیزیکی ناشی از مصارف مجاز عمومی اندازه گیری نشده (Ea).... ۷۵
۳-۳-۸- حجم کل تلفات غیرفیزیکی.....۷۵
۳-۴- تعیین درصد سالانه تلفات فیزیکی و تلفات غیرفیزیکی و مؤلفه‌های آنها.....۷۶
۳-۵- خلاصه و نتیجه گیری.....۷۶

۴- فصل چهارم : ارزیابی روش پیشنهادی

۴-۱- مقدمه.....۷۹
۴-۲- مشخصات و موقعیت نمونه مطالعاتی.....۷۹
۴-۳- آنالیز تلفات فیزیکی.....۸۰
۴-۳-۱- ارزیابی تلفات زمینه.....۸۰
۴-۳-۱-۱- اندازه گیری حداقل جریان شبانه (NFM).....۸۰
۴-۳-۱-۲- برآورد آب تحویل شدهٔ شبانه (NFD).....۸۳
۴-۳-۱-۳- ارزیابی و محاسبه‌تلفات زمینه شبانه و تلفات زمینه روزانه.....۸۴
۴-۳-۲- ارزیابی تلفات ناشی از شکستگیها.....۱۰۰
۴-۳-۲-۱- حجم تلفات ناشی از شکستگی بر روی لوله‌های اصلی.....۱۰۰
۴-۳-۲-۲- حجم تلفات ناشی از شکستگی‌ها از کنتور تاثیر قطع و وصل.....۱۰۳
۴-۳-۲-۳- حجم تلفات ناشی از شکستگی‌ها از شیر تا کمربند انشعاب.....۱۰۳

عنوان	صفحه

۴-۳-۲-۴- حجم کل تلفات ناشی از شکستگیها در ایزوله ۱۰۴
۴-۳-۳- حجم کل تلفات فیزیکی در ایزوله ۱۰۴
۴-۴- آنالیز تلفات غیرفیزیکی ۱۰۵
۴-۴-۱- تلفات غیرفیزیکی ناشی از خطای بهره برداری (Eo) ۱۰۵
۴-۴-۲- تلفات غیرفیزیکی ناشی از خطای مدیریتی (E_M) ۱۰۵
۴-۴-۳- تلفات غیرفیزیکی ناشی از خطای انسانی (E_P) ۱۰۶
۴-۴-۴- تلفات غیرفیزیکی ناشی از خطای ابزار اندازه گیری (E_E) ۱۰۶
۴-۴-۴-۱- تلفات غیرفیزیکی ناشی از خطای دبی شروع به حرکت (استارت) کنتور ۱۰۶
۴-۴-۴-۲- تلفات غیرفیزیکی ناشی از خطای ابزار اندازه گیری از دبی حداقل تا دبی حداکثر ۱۰۹
۴-۴-۴-۳- تلفات غیرفیزیکی ناشی از خرابی کنتورها ۱۱۰
۴-۴-۴-۴- کل تلفات غیرفیزیکی ناشی از خطای ابزار اندازه گیری ۱۱۱
۴-۴-۵- تلفات غیرفیزیکی ناشی از انشعابات غیرمجاز (E_U) ۱۱۱
۴-۴-۶- تلفات غیرفیزیکی ناشی از مصارف عمومی مجاز اندازه گیری نشده (Ea) ۱۱۱
۴-۴-۷- حجم کل تلفات غیرفیزیکی در ایزوله ۱۱۱
۴-۵- تعیین درصد سالانه تلفات فیزیکی و تلفات غیرفیزیکی در ایزوله ۱۱۱
۴-۶- بررسی نتایج روش ارائه شده در طرح کاهش آب به حساب نیامده تبریز ۱۱۳
۴-۷- خلاصه و نتیجه گیری ۱۱۷

۵- فصل پنجم : خلاصه و نتیجه گیری و ارائهٔ پیشنهادات

۵-۱- خلاصه و نتیجه گیری ۱۱۸
۵-۲- ارائه پیشنهادات ۱۲۰
مراجع ۱۳۱

فهرست پیوستها

عنوان **صفحه**

پیوست ۱ – روشها و تجهیزات نشت یابی ۱۲۶
پیوست ۲ – طبقه بندی کنتورهای آب سرد ۱۳۱
پیوست ۳ – فایل ورودی در شبیه سازی هیدرولیکی ایزوله نمونه با استفاده از
نرم افزار EPANET ۱۳۲
پیوست ۴ – جدول محاسباتی و نتایج ایزولهٔ نمونه ۱۴۴

فهرست شکلها

عنوان | صفحه

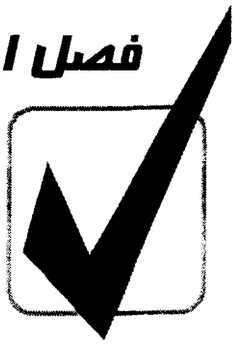
شکل (۲-۱) : تصویر یک منطقهٔ محدود شدهٔ اندازه گیری (ایزوله).....۱۴
شکل (۲-۲) : مؤلفه‌های حداقل جریان شبانه در یک ایزوله ۱۵
شکل (۲-۳) : رابطه فشار – نشت برای منافذ با سطح مقطع ثابت ۲۱
شکل (۲-۴) : رابطهٔ شاخص نشت با فشار ۲۴
شکل (۲-۵) : توان N در رابطه توانی فشار – نشت براساس مفهوم FAVAD ۲۶
شکل (۳-۱) : چارچوب عملکرد در روشهای BABE-NFM.....۳۲
شکل (۳-۲) : فاکتور تصحیح فشار براساس رابطه شاخص نشت ۳۶
شکل (۳-۳) : فاکتور تصحیح تداوم اندازه گیری.....۳۷
شکل (۳-۴) : جدول محاسباتی (Spread sheet) ۵۸
شکل (۳-۵) : روند ارزیابی تلفات زمینه در یک ایزوله ۶۰
شکل (۳-۶) : دبی متوسط ناشی از شکستگی براساس روش انگلیسی ۶۲
شکل (۳-۷) : تأثیر تداوم شکستگی در حجم کل تلفات ۶۳
شکل (۳-۸) : منحنی دقت کنتور.....۶۹
شکل (۴-۱) : محدودهٔتقریبی مسیر فشار سنجی (۱).....۹۰
شکل (۴-۲) : محدودهٔتقریبی مسیر فشارسنجی (۲).....۹۱
شکل (۴-۳) : محدودهٔ تقریبی مسیر فشار سنجی (۳) ۹۲
شکل (۴-۴) : تغییرات افت فشار با زبری در قبل و بعد از افزایش حساسیت مسیر (۱) ۹۳
شکل (۴-۵) : تغییرات افت فشار با زبری در قبل و بعد از افزایش حساسیت مسیر (۲) ۹۴
شکل (۴-۶) : تغییرات افت فشار با زبری در قبل و بعد از افزایش حساسیت مسیر (۳) ۹۴
شکل (۴-۷) : تغییرات افت فشار با زبری در قبل و بعد از وقوع شکستگی مسیر (۱).....۹۵
شکل (۴-۸) : تغییرات افت فشار با زبری در قبل و بعد از وقوع شکستگی مسیر (۲).....۹۶
شکل (۴-۹) : تغییرات افت فشار با زبری در قبل و بعد از وقوع شکستگی مسیر (۳).....۹۶
شکل (۴-۱۰) : تست حساسیت مسیر شماره ۱ .....۹۷
شکل (۴-۱۱) : تست حساسیت مسیر شماره ۲ .....۹۸
شکل (۴-۱۲) : تست حساسیت مسیر شماره ۳ .....۹۸

فهرست جدولها

عنوان **صفحه**

جدول (۲-۱) : مؤلفه‌های تلفات در روش بالانس سالانه و حداقل جریان شبانه ۱۲
جدول (۲-۲) : تخمین اولیه تلفات زمینه براساس مفهوم FAVAD..... ۱۸
جدول (۲-۳) : مقادیر N در رابطه توانی فشار – نشت (انگلیس و ژاپن) ۲۳
جدول (۲-۴) : محاسبهٔ توان N در رابطهٔ توانی فشار – نشت براساس FAVAD ۲۵
جدول (۲-۵) : تخمین اولیه توان N براساس مفهوم FAVAD-BABE ۲۷
جدول (۳-۱) : فاکتور تصحیح فشار براساس رابطهٔ شاخص نشت ۳۵
جدول (۳-۲) : انحراف معیار استاندارد و میانگین آب تحویل شده شبانه ۳۹
جدول (۳-۳) : درصد تلفات در آغاز بهره برداری برای جنسهای مختلف لوله.....۴۱
جدول (۳-۴) : عمر مفید جنسهای مختلف لوله ۴۱
جدول (۴-۱) : نتایج مرحله اول تست کنتور حجمی ۱۵۰ میلیمتری.....۸۲
جدول (۴-۲) : نتایج مرحله دوم تست کنتور حجمی ۱۵۰ میلیمتری ۸۲
جدول (۴-۳) : میزان فشار و تعداد ساعت برای دبیهای مختلف مصرف.....۸۷
جدول (۴-۴) : مقدار نشت در منافذ با قطرهای مختلف با استفاده از روش جذر فشار ۱۰۲
جدول (۴-۵) : نتایج آزمایش شروع به حرکت کنتورها.....۱۰۸
جدول (۴-۶) : نتایج تست کنتورها از دبی حداقل تا دبی حداکثر ۱۰۹
جدول (۴-۷) : درصد مؤلفه‌های تلفات فیزیکی و غیرفیزیکی نسبت به ورودی سالانه.....۱۱۳
جدول (۴-۸) : مقایسه نتایج طرح تبریز با روش ارائه شده در این تحقیق.....۱۱۶

فصل اول



کلیـــات

((و جعلنا من الماءکل شی))(انبیاء- ۳۰)

۱-۱- مقدمه

آب نشانهٔ حیات است. این مایع حیات بخش که نمی توان آن را با هیچ مادهٔ دیگری جـایگزین نمود از منابع محدودی برخوردار بوده و کمبود آن به همراه رشد روز افزون جمعیت، زندگی بشـری را در آستانهٔ یک بحران جدی قرار داده است. این مسئله مهم باعث گردیده تا تلاشهای گسترده ای برای استفاده بهینه از منابع موجود آب صورت گیـرد. یکـی از ایـن اقدامـات، جلـوگیـری از تلفـات آب در شبکه‌های توزیع آب شهری است. تلفات آب در شبکه های توزیـع آب شـهری از دو دیـدگاه مختلـف حیاتی و اقتصادی قابل بررسی می باشد.

تأمین ، تصفیه ، انتقال و توزیع آب آشامیدنی در شبکه‌های توزیع آب شهری، مسـتلزم صـرف هزینه های مختلفی است که باعث می گردد آب در شبکه های توزیع آب شهری نه تنها به عنوان یک مادهٔ حیاتی بلکه به عنوان یک کالای اقتصادی در نظر گرفته شود. به همین دلیل در چند دههٔ اخـیر، مفهوم آب به حـساب نیامده که در برگیرندهٔ مفاهیم مربـوط بـه تلفـات آب از دو دیـدگاه اقتصـادی و حیاتی می باشد مورد توجه کارشناسان قرار گـرفته است. تا کنون تعاریف مختلفی برای آب به حساب نیامده ارائه گردیده است. یکی از کاملترین تعریفها در این زمینه به صورت زیر می باشد:

آب به حـساب نیامده در یک شبکه توزیع آب شهری عبارت است از اختـلاف حجـم آب ورودی به شبکه و آن بخش از حجم آب مصرف شده توسط مشترکین که بوسیلهٔ کنتورهای آنها اندازه‌گیـری گردیده است. مطابق این تعریف، آب به حساب نیامده را می توان به دو بخش کلی تلفـات فـیزیکی و تلفات غیر فیزیکی تقسیم نمود. تلفات فیزیکی، شامل میزان آبی است که به دلیل نشت یا شکسـتگی از شبکه خارج شده و به هدر می رود. این مقدار آب هدر رفته نه تنها به دست مصرف کننده نرسـیده بلکه هزینه آن نیز برای شرکتهای آب و فاضلاب حاصل نمی گردد. از طرف دیگر، تلفات غیر فـیزیکی شامل مصارف اندازه‌گیری نشده و میزان خطا در مصارف اندازه‌گیری شده است که باعث می شـود مـا به ازاء اقتصادی آی مصرف شده، توسط شرکتهای آب و فاضلاب حصول نگردد.

نتایج مطالعاتی که درچندساله اخیر در نقاط مختلف جهان انجام گردیده است نشان دهنده حجم بالای آب به حساب نیامده در اکثر شبکه‌های توزیع آب شهری است. به عنوان مثال نتایج بررسی‌های انجام شده در ۱۷ کشور مختلف جهان نشان می دهد که درصد آب به حساب نیامده نسبت به ورودی کل شبکه از حدود ۹٪ در آلمان تا حدود ۴۳٪ در مالزی متغیر بوده و در اکثر این کشورها درصد آب به حساب نیامده در حدود ۲۰ تا ۳۰ درصد می باشد (Hoogsteem 1992).

همچنین نتایج بررسی‌های اولیه در چند پایلوت مطالعاتی در نقاط مختلف کشورمان درصد تلفات ناشی از آب به حساب نیامده در شبکه‌های توزیع آب شهری را به طور متوسط حدود ۳۵٪ آب ورودی به شبکه نشان میدهد.

درصد قابل توجه آب به حساب نیامده به همراه کمبود منابع و هزینه‌های سنگین تأمین مجدد آب از دست رفته، نشان دهنده لزوم بکارگیری روشهای مناسب جهت کنترل و کاهش آب به حساب نیامده در شبکه‌های توزیع آب شهری است. در این زمینه در برخی از کشورها فعالیتهای مناسبی انجام گرفته وتوانسته‌اند میزان تلفات ناشی از آب به حساب نیامده را تا حدود ۱۰٪ کاهش دهند. بانک جهانی نیز برای کشورهای در حال توسعه نظیر ایران، تلفاتی معادل ۱۵٪ را قابل توجیه می‌داند.

کاهش آب به حساب نیامده نه تنها از نظر حیاتی حائز اهمیت است بلکه از نظر اقتصادی نیز تأثیر قابل توجهی در کاهش هزینه‌ها و افزایش درآمدها بدنبال خواهد داشت. به عنوان مثال، میزان سود خالص حاصل از یک برنامه کنترل نشت در انگلستان حدود ۳۰ میلیون دلار برآورد گردیده است (Wind and Elary 1983) .

دستیابی به راهکار مناسب جهت کاهش آب به حساب نیامده تنها از طریق شناخت وتجزیه و تحلیل دقیق مؤلفه‌های تشکیل دهندهٔ آن امکان‌پذیر است. به عبارتی دیگر، میزان موفقیت در رسیدن به اهداف مورد نظر در طرحهای کاهش آب به حساب نیامده، تحت تأثیر میزان دقت و صحت نتایج بدست آمده از آنالیز آب به حساب نیامده می باشد.

شناخت و تجزیه و تحلیل آب به حساب نیامده از سه بخش جداگانه به شرح زیر تشکیل یافته است :

۱. آنالیز کمی مؤلفه‌های آب به حساب نیامده

۲. بررسی عوامل مؤثر در نوع و میزان تلفات

۳. آنالیز اقتصادی تلفات در ارتباط با روش در نظر گرفته شده جهت کاهش آن

هر یک از این بررسیها و تجزیه و تحلیلها بخشهایی از اطلاعات مورد نیاز، به منظور انتخاب روش مناسب جهت کاهش آب به حساب نیامده در شبکه‌های توزیع آب شهری را فراهم می‌سازد. در این تحقیق ، بخش نخست تجزیه و تحلیل آب به حساب نیامده که شامل آنالیز کمی مؤلفه‌های آن می‌باشد ، مورد نظر بوده است .

۱-۲- هدف از انجام این تحقیق

تاکنون روشهای مختلفی جهت آنالیز کمی آب به حساب نیامده ارائه گردیده است که اکثر آنها بر اثر مشکلات مختلفی از قبیل تعدد عوامل مؤثر بر نوع و میزان مؤلفه‌ها و متغیر بودن این عوامل درشبکه‌های مختلف و نیز عدم دسترسی مستقیم به اجزاء شبکه، از قابلیتهای مورد نظر از جمله دقت مناسب ، ارائه آنالیز مؤلفه‌ایی و یا کاربرد فراگیر برای شرایط مختلف برخوردار نمی‌باشند . به همین دلیل در این تحقیق ، تلاش گردیده است که با استفاده از امکانات ، نرم افزارها و تجهیزات موجود ، یک روش آنالیز مؤلفه‌ایی با دقت قابل قبول و متناسب با شرایط موجود در شبکه‌های توزیع آب شهری کشورمان ارائه گردد. این روش می‌تواند بخشی از مشکلات موجود در عدم دستیابی به کلیهٔ اهداف مورد نظر در طرحهای کاهش آب به حساب نیامده که ناشی از عدم دقت آنالیز آب به حساب نیامده می‌باشد را برطرف نماید .

۱-۳- مروری بر مطالب فصلهای بعد

مطالب این تحقیق در ۵ فصل تدوین شده است . فصل اول (فصل حاضر) به ارائه کلیاتی در زمینهٔ آب به حساب نیامده و آنالیز آن اختصاص دارد.

در فصل دوم با عنوان مروری بر ادبیات فنی ، پس از تعریف آب به حساب نیامده و مؤلفه‌های تشکیل دهندهٔ آن ، فعالیتها و تحقیقاتی که تاکنون در زمینه آنالیز آب به حساب نیامده انجام گردیده است به صورت اجمالی مورد بررسی قرار گرفته است . سپس روشهای مختلف آنالیز آب به حساب

نیامده ارائه گردیده و با توجه به اینکه از مفاهیم حداقل جریان شبانه و نیز تخمین تلفات زمینه و شکستگیها در روش ارائه شده در این تحقیق استفاده می‌گردد، این مفاهیم به طور مختصر معرفی گردیده‌اند . در پایان این فصل روابط فشار – نشت در شبکه‌های توزیع آب شهری مورد بررسی قرار گرفته اند .

در فصل سوم، روش ارائه شده در این تحقیق جهت آنالیز آب به حساب نیامده به طور مفصل مورد بررسی قرار گرفته است که در آن مراحل مختلف آنالیز درسه بخش کلی شامل آنالیز تلفات فیزیکی ، آنالیز تلفات غیر فیزیکی و درصد سالانه تلفات بیان گردیده‌اند . در بخش آنالیز تلفات فیزیکی ، ابتدا تلفات در دو بخش جداگانه ، شامل ارزیابی تلفات زمینه و برآورد تلفات ناشی از شکستگیها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و درپایان با استفاده از نتایج این آنالیزها ، چگونگی روش برآورد کلی از تلفات فیزیکی سالانه در شبکه مورد بررسی قرار گرفته است .

در بخش آنالیز تلفات غیر فیزیکی نیز ، ابتدا مؤلفه‌های آن به صورت جداگانه ارزیابی گردیده و سپس برآورد کلی از تلفات غیر فیزیکی براساس نتایج آنالیزهای مؤلفه‌ایی ارائه می‌گردد.

در پایان این فصل روش محاسبه درصد سالانه تلفات فیزیکی ، غیر فیزیکی و آب به حساب نیامده مورد بررسی قرار گرفته است .

در فصل چهارم ، جهت ارزیابی روش ارائه شده در این تحقیق ، آب به حساب نیامده در یک شبکهٔ محدود شده (ایزوله) نمونه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است . این ایزولهٔ نمونه ، بخشی از شبکه توزیع آب شهری تبریز است . در این ایزوله و در قالب طرح کاهش آب به حساب نیامده تبریز روش دیگری جهت آنالیز آب به حساب نیامده ارائه گردیده است که در ایان این فصل نتایج روش ارائه شده در این تحقیق و روش ارائه شده در طرح کاهش آب به حساب نیامده تبریز مورد مقایسه قرار گرفته‌اند .

فصل پنجم ، شامل جمع بندی مطالب و ارائه پیشنهادات جمع تحقیقات بعدی می‌باشد .

فصل دوم

مروری بر ادبیات فنی

۲-۱- مقدمه

در سالهای اخیر به علت رشد روز افزون جمعیت و محدودیت منابع آب ، استفادهٔ بهینه از این منابع مورد توجه قرار گرفته است . یکی از روشهای بهره وری بهینه از منابع موجود آب کاهش آب به حساب نیامده در شبکه‌های توزیع آب شهری است.

نخستین گام در طرحهای کاهش آب به حساب نیامده در شبکه‌های توزیع آب شهری ، تجزیه و تحلیل دقیق آن در شبکه می‌باشد . روشهای مختلف آنالیز آب به حساب نیامده مبتنی بر قوانین هیدرولیکی ، روشهای آماری و شبیه سازی هیدرولیکی می‌باشد که بخشی از آن به صورت عملیات صحرایی با استفاده از تجهیزاتی ویژه انجام می‌گردد.

آشنایی با روشها،قوانین، تجهیزات و اصطلاحاتی که در آنالیز آب به حساب نیامده به کار می‌رود پیش از ارائه روش مورد نظر برای آنالیز ، ضروری به نظر می‌رسد . لذا در این فصل با بررسی و بیان موارد فوق ، مقدمات لازم برای ارائه روشی مناسب جهت آنالیز آب به حساب نیامده در شبکه‌های توزیع آب شهری در فصل بعد فراهم می‌گردد.

۲-۲- آنالیز آب به حساب نیامده در شبکه‌های توزیع آب شهری

آنالیز آب به حساب نیامده ، یک ارزیابی کمی از مؤلفه‌های آب به حساب نیامده، محل وقوع و عوامل موثر بر آنها ارائه می‌نماید . لازم به توضیح است که آب به حساب نیامده دارای مفهومی فراگیر تر از مفهوم سنتی تلفات در شبکه‌های توزیع آب شهری می‌باشد . این مفهوم در بخش (۲-۳) به طور مفصل مورد بررسی قرار گرفته است . آنالیز آب به حساب نیامده ، عامل تعیین کننده‌ایی در انتخاب روش مناسب جهت طرحهای کاهش آب به حساب نیامده و بهینه سازی شبکه می‌باشد . لذا در صورتیکه تجزیه و تحلیل دقیقی از آب به حساب نیامده ارائه نگردد، دست یابی به اهداف مورد نظر با مشکل مواجه خواهد شد.

از چند دهۀ پیش تا کنون که کاهش تلفات در شبکه‌های توزیع آب شهری مورد توجه قرار گرفته، روش‌های مختلفی جهت آنالیز آب به حساب نیامده ارائه گردیده است که اکثر آنها دارای کاربردی محلی و منطقه‌ایی می‌باشند.

مدفون بودن اجزاء شبکه در درون زمین و تاثیر عوامل مختلف در میزان تلفات ، دسترسی به اطلاعات دقیق و کامل از وضعیت اجزاء شبکه را غیر ممکن می‌سازد . لذا در هنگام برآورد اولیۀ از آب به حساب نیامده یک جعبۀ سیاهی مواجهیم که اطلاعات محدودی از اجزاء درون آن داشته و هدف ما بررسی برخی از رفتارها و خصوصیات این مجموعه می‌باشد . همچنین وضعیت تلفات در هر شبکه تحت تاثیر شرایط محلی و خصوصیات آن شبکه قرار داشته و در بسیاری از موارد باشبکه‌های دیگر متفاوت است . لذا ارائۀ روشی واحد جهت آنالیز آب به حساب نیامده با قابلیت کاربرد فراگیر و هزینه‌های کم و دقتی قابل قبول از پیچیدگیهای خاصی برخوردار است.

۲-۳- آب به حساب نیامده در شبکه‌های توزیع آب شهری (U.F.W)

آب به حساب نیامده که معادل فارسی عبارت Unaccounted For Water می‌باشد و به اختصار U.F.W نامیده می‌شود، به صورتهای مختلفی تعریف گردیده است . از جمله Hanson در سال ۱۹۸۳ آب به حساب نیامده را به عنوان تفاوت بین حجم کل آب ورودی به شبکه و حجم کل آب اندازه‌گیری شده از طریق کنتورهای مشترکین می‌داند . تعریف بعضی از سازمانها و مراجع دیگر از آب به حساب نیامده ، فقط به مقدار آبی محدود می‌شود که نمی‌توان آن را به حساب آورد، خواه اندازه‌گیری شده و هزینه‌های آن دریافت شده باشد و یا هزینه ایی بابت آن دریافت نشده باشد .

جامع ترین و کامل ترین تعریفی که می‌توان از آب به حساب نیامده ارائه داد به صورت زیر می‌باشد :

آب به حساب نیامده میزان آبی است که به صورتهای مختلف از شبکه توزیع خارج گردیده ولی هزینه‌ایی بابت آن دریافت نگردیده است . مطابق این تعریف آب به حساب نیامده به دو قسمت کلی تقسیم می‌گردد:

۱- تلفات فیزیکی ۲- تلفات غیر فیزیکی

به منظور آشنایی بیشتر با این روش ، نحوه تعریف این تلفات و عوامل موثر بر آنها در ادامه آورده می‌شود .

الف- تلفات فیزیکی

تلفات فیزیکی به میزان آبی گفته می‌شود که به صورتهای مختلفی از قبیل نشت ، شکستگی‌ها و سرریز مخازن از شبکه خارج گردیده و علاوه بر اینکه به مصارف مورد نظر از قبیل نشت ، شکستگی‌ها و سرریز مخازن از شبکه خارج گردیده و علاوه بر اینکه به مصارف مورد نظر نرسیده هزینه‌ایی نیز بابت آن دریافت نگردیده است. تلفات فیزیکی بر اثر عوامل مختلفی در شبکه‌های توزیع آب شهری بوجود می‌آید . از مهمترین عوامل ایجاد تلفات فیزیکی ، می‌توان به حرکت زمین یا خاک، خوردگی وپوسیدگی لوله‌ها ، بار ترافیک روی معابر ، فشار زیاد شبکه ، حفاری معابر، تغییرات شدید دمای هوا، خرابی تجهیزات و اجزاء شبکه و مشکلات اجرایی و بهره برداری اشاره نمود. این عوامل باعث پیدایش نواحی مختلف اتلاف آب در شبکه می‌گردد. میزان دبی تلفات به نوع تلفات بستگی داشته و دارای دامنهٔ تغییر بسیار گستردهایی است . به طوریکه از نشت جزئی اتصالات تا دبی های چند هزار لیتر درساعتی ناشی از وقوع شکستگی در لوله‌های اصلی را شامل می‌شود . تلفات فیزیکی با روشهای مختلفی به مؤ لفه‌های کوچکتری تقسیم بندی می‌گردد. یکی از این روشها، تقسیم بندی تلفات فیزیکی براساس شدت جریان خروجی تلفات می‌باشد . براساس این روش ، تلفات فیزیکی به دو مؤلفه زیر تقسیم می‌گردد:

۱- تلفات زمینه (Background Losses)

هر گاه شدت جریان خروجی از محل وقوع نشت در فشار ۵۰ متر از ۵۰۰ لیتر درساعت کوچکتر باشد، تلفات بوجود آمده به عنوان تلفات زمینه محسوب می‌گردد.

۲- شکستگی ها (Bursts)

تلفات با دبی بیش از ۵۰۰ لیتر در ساعت در فشار ۵۰ متر به عنوان شکستگی محسوب می‌گردند . شکستگیها براساس مدت زمان آگاهی از وقوع آنها ، در دو گروه طبقه بندی و بررسی می‌گردند :

- شکستگی‌های گزارش شده (Reported Bursts)
- شکستگی‌های گزارش نشده (Unreported Bursts)

در بخش (۳-۲-۲) تفاوتها و خصوصیات این دو نوع شکستگی مورد بررسی قرار گرفته است . در روش دیگری تلفات فیزیکی براساس محل وقوع آنها در شبکه تقسیم بندی می‌گردند و شامل تلفات بر روی لوله‌های اصلی توزیع ، لوله‌های درون اشتراک ، لوله‌های فرعی اتصال به مشترکین ، لوله‌های اصلی انتقال و مخازن سرویس می‌باشد، که تلفات در هر یک از این بخشها به دو نوع تلفات زمینه و شکستگی تقسیم می‌شود (UK/WI Report E) .

ب - تلفات غیر فیزیکی

تلفات غیر فیزیکی به حجم آبی گفته می‌شود که برخلاف تلفات فیزیکی به مصرف مشترکین رسیده ولی هزینه ایی بابت آن دریافت نگردیده است . تلفات غیر فیزیکی بر اثر عوامل مختلف انسانی، ابزاری و یا مدیریتی درشبکه بوجود می‌آید . یکی از مهمترین مؤلفه‌های تلفات غیرفیزیکی تلفات ناشی از خطای ابزار اندازه‌گیری می‌باشد . منظور از ابزار اندازه‌گیری ، کنتورها می‌باشند. معمولاً بخشی از مصرف مشترکین به علت خطای کنتورها ثبت نمی‌گردد. به این حجم آب ثبت نشده ، تلفات غیر فیزیکی ناشی از خطای ابزار اندازه‌گیری می‌گویند .

همچنین بخش دیگری از تلفات غیر فیزیکی مربوط به انشعابات غیر مجاز می‌باشد که مصرف آنها اندازه‌گیری و محاسبه نمی‌گردد. مؤلفه‌های دیگر تلفات غیر فیزیکی ناشی از خطاهای مختلف مدیریتی و انسانی شرکتهای آب می‌باشد . این مؤلفه‌ها در بخش (۳-۳) به طور کامل مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند .

۲-۴- تاریخچهٔ فعالیتهای انجام شده جهت آنالیز آب به حساب نیامده

از حدود سه دههٔ پیش با احساس کمبود منابع آب و نیز عـدم تطبیـق هزینـه‌ها و درآمدهـای شرکتهای آب ، نخستین گامها جهت آنـالیز آب بـه حسـاب نیـامده درشـبکه‌های توزیـع آب شـهری برداشته شد. در ابتدا آب به حساب نیامده به مفهوم فـراگیـر فعلـی مـورد توجـه قـرار نگرفتـه بـود و مطالعات و تحقیقات در این زمینه ، تنها به مسئله نشت و عوامل موثر بر آن محدود می‌گشت.

کشور انگلستان ازپیشگامان در این زمینه می‌باشد . گزارش معروف به Report 26 که در سـال ۱۹۸۰ توسط WRC منتشر گردید. نتایج چندین سال بررسی همـه جانبـه در زمینـهٔ نشـت و تلفـات ناشی از آن را در بر می‌گرفت .

نتایج بررسیهای اولیه در شبکه‌های مختلف ، نشان دهندهٔ تـاثیر قـابل توجـه فشـار در مـیزان نشت در شبکه‌های توزیع آب شهری بود. با این حال در هیچ یک از بررسیها یک رابطهٔ واحد و فراگیر بین فشار و نشت بدست آورده نشد و روابط و نتایج بدست آمده تنها قابلیت کاربرد در همان شـبکه را دارا بودند. مهمترین رابطهٔ تجربی که در این زمینه بدست آمد رابطه شاخص نشـت بـود ، ایـن رابطـه نشان داد که نحوهٔ تغییرات میزان نشت با فشار در شبکه‌های توزیع شهری بـا نتـایج بدسـت آمـده از روابط تئوری متفاوت است . با توجه به اهمیت روابط فشار- نشت در آنالیز آب به حساب نیامده ، کلیهٔ روابطی که تاکنون در این زمینه بدست آمـده در بخـش (۲-۸) بـه طـور مفصـل مـورد بررسـی قـرار گرفته‌اند.

در حالیکه نخستین تحقیقات در زمینه نشت در انگلستان با توصیه به توقف تحقیقـات در ایـن زمینه به علت عدم دستیابی به یک رابطه کلی و ثـابت بیـن فشـار و نشـت در شـبکه‌های توزیـع آب شهری پایان یافت (Lambert 1994)، تحقیقات جدیدی در این زمینه در کشورهای ژاپن و آمریکا در حال انجام بود. به عنوان مثال می‌توان به تحقیقات آزمایشگاهی جهت شبیه سازی نشت در شبکه‌های توزیع از طریق لوله‌های مستغرق در آب در سال ۱۹۸۴ در کشور ژاپن اشاره نمود.

در سـال ۱۹۹۴ ، مفـهوم تخمیـن شکسـتگی و تلفـات زمینـه (BABE) (Burst And Background Estimate) توسـط Lambert مطـرح شـد. BABE امکـان ایجـاد روشـی

سیستماتیک جهت محاسبهٔ مولفه‌ایی آب به حساب نیامده را فراهم نمـود. همچنیـن در سـال ۱۹۹۴ مجموعهٔ جدیدی از تحقیقات انجام شده در این زمینـه تحـت عنـوان مدیریـت نشـت بوسـیله مرکـز تحقیقات صنعت آب انگسلتان (UK/WI) منتشر گردید. در این مجموعه انالیز آب به حساب نیامده با استفاده از حداقل جریان شبانه (Minimum Night Flow) (NFM) و مبتنـی بـر روش BABE ارائـه گردید. این روش هر چند دارای محدودیتهایی از نظر کاربرد فراگیر می‌باشـد، ولـی از دقـت مناسـبی برخوردار بوده و چارچوب مناسبی جهت آنالیز مؤلفه‌ایی آب به حساب نیامده ارائه می‌نمود.

در سال ۱۹۹۷ با ارائه مفهوم FAVAD (Fixed and Variable Discharge Paths) توسـط May ، تحول بزرگی در روابط فشار – نشت ایجاد شد و امکان ارائـه روشـهای فـراگیـر آنـالیز آب بـه حساب نیامده فراهم گردید. در مفهوم FAVAD ، نحوهٔ تغییرات میزان نشـت بـا فشـار بـه چگونـگی تغییرات سطح مقطع منافذ نشت با فشار نسبت داده شد.

روشهای حداقل جریان شبانه (NFM) ومفـهوم BABE در بخـش بعـد و مفـهوم FAVAD در بخش (۲-۸-۲-۴) به طور مفصل مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند .

در ایران نیز از سال ۱۳۷۳ موضوع مطالعه و کاهش آب به حساب نیامده در شبکه‌های آبرسانی شهری مورد توجه قرار گرفت و در برنامه ۵ ساله دوم طرح ملی تحقیق ، توسعه و بهسازی تاسیسـات توزیع آب شهری و ایجاد دفاتر مطالعهٔ آب به حساب نیامده در درون شرکت مهندسی آب و فـاضلاب کشور در نظر گرفته شد. در همان سال نخستین پایلوتهای مطالعاتی کشور در چهار شهر تهران، تبریز، اهواز و بوشهر ایجاد گردید و به تدریج به سلیر شهرهای کشور گسترش یافت، ولی تاکنون روش واحد و فراگیری که از دقتی مناسب با هزینه‌های محدود برخوردار باشد ارائه نگردیده است . در این تحقیق ، روشی مبتنی بر نتایج تحقیقـات انجـام شـده و مطـابق بـا شـرایط موجـود در شـبکه‌های آبرسـانی کشورمان ، با قابلیت کاربرد فراگیر و با دقتی قابل قبول ارائه می‌گردد.

۲-۵-روشهای آنالیز آب به حساب نیامده

آنالیز آب به حساب نیامده دریک شبکه توزیع آب شهری با اهداف و کاربرد هـای مختلفـی از قبیل مدیریت و کنترل فعال نشت، برآوردهای اولیه و کلی از وضعیت تلفات و یا پیش بینـی تقاضـای

دراز مدت در طرحهای توسعهٔ شبکه انجام می‌گردد. در هر یک از این کاربردها به مجموعه‌ایی خاص و با دقتهای متفاوت از اطلاعات در زمینه آب به حساب نیامده نیاز می‌باشد . به همین علت براساس نوع نیازها و کاربرد های مورد نظر ، تاکنون روشهای مختلفی جهت آنالیز آب به حساب نیامده طراحی گردیده است ،که اکثر آنها مبتنی بر یکی از دو روش کلی زیر می‌باشند:

۱. روش بالانس سالانهٔ آب (Annual Water Balance)

۲. روش حداقل جریان شبانه (Minimum Night Flow)(NFM)

معمولاً نتایجی که از روشهای بالانس سالانهٔ آب بدست می‌آید با نتایج بدست آمده از روشهای حداقل جریان شبانه به طور کامل تطبیق ندارد. علت اصلی این عدم تطبیق مربوط به عدم اشتراک مؤلفه‌های تلفات محاسبه شده از هر یک از این روشهاست. مؤلفه‌های مورد ارزیابی از طریق هر یک از این روشها در جدول (۲-۱) نشان داده شده است .

به طور کلی هر یک از این روشها دارای کاربردها و مشخصات ویژه‌ایی می‌باشد . تلفات سالانه برای ارزیابی عملکرد جامع مبتنی بر اطلاعات زمانی گذشته وپیش بینی تقاضای داراز مدت به کار می‌رود . در حالیکه جریان شبانه برای کنترل نشت و فعالیتهای مقدماتی آن به کار می‌رود. با این حال ، هر مدل مورد تصوری ، نیازمند است که جریان شبانه و تلفات سالانه را به صورتی منطقی به یکدیگر متصل نماید (Lambert-1994).

یکی از ساده‌ترین برآوردهایی که براساس روش بالانس سالانهٔ آب انجام می‌گردد، به صورت زیر می‌باشد:

$$UFW= TDF- (MC+DC \times POP) \qquad (۱-۲)$$

که در آن :

UFW: آب به حساب نیامده

TDF: کل جریان ورودی به سیستم

MC: جمع کل آب مصرفی اندازه‌گیری شده

DC: مقدار متوسط آب مصرفی سرانه مشترکین اندازه گیری نشده.

POP:میزان جمعیت مشترکین اندازه‌گیری نشده.

جدول (۲-۱) : مؤلفه‌های تلفات ارزیابی شده در روشهای بالانس سالانه و حداقل جریان شبانه

(UK/WI ReportE)

مؤلفه‌های تلفات	تلفات سیستم توزیع از روش بالانس سالانه آب	تلفات سیستم توزیع از روش حداقل جریان شبانه
تلفات لوله‌های اصلی انتقال **تلفات مخازن سرویس**	تلفات زمینه، شکستگی‌ها نشت و سرریز از مخزن	---
تلفات لوله‌های اصلی توزیع **تلفات لوله‌های اتصال به مشترکین**	تلفات زمینه شکستگی‌ها تلفات زمینه شکستگی‌ها	تلفات زمینه شکستگی‌ها تلفات زمینه شکستگی‌ها
تلفات لوله‌های زیر زمینی درون اشتراک	---	تلفات زمینه شکستگی‌ها
تلفات لوله‌های سطحی درون اشتراک	---	تلفات زمینه
مصرف شبانه مشترکین	---	مصرف خانگی نرمال مصرف غیر خانگی نرمال مصارف استثنایی بزرگتر از ۵۰۰ l/hr

این روش تنها یک برآورد کلی از آب به حساب نیامده ارائه می‌نماید و بدست آوردن اطلاعات از مؤلفه‌های تشکیل دهندهٔ آن امکان پذیر نمی‌باشد .

همانگونه که در بخش (۲-۴) ذکر شد ، در روشهای مبتنی بر NFM با تعریف مفهوم BABE و مطرح شدن مفهوم FAVAD امکان ارائه روشهای فراگیر و با دقت مناسب جهت آنالیز مؤلفه‌ایی آب به حساب نیامده فراهم گردیده است . با توجه به ویژگیهای فوق و براساس نتایج بدست آمده از بررسیهای مختلف در UK/WI Report - J نیز استفاده از روش حداقل جریان شبانه (NFM) در آنالیز آب به حساب نیامده توصیه گردیده است .

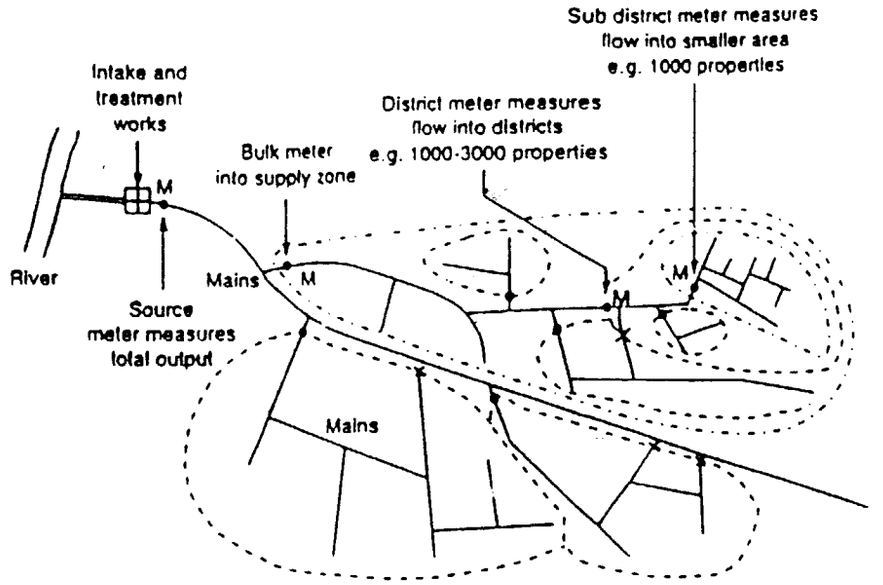
روش ارائه شده در این تحقیق نیز با توجه به قابلیتهای فوق ، با چارچوب عملکردی مبتنی بر حداقل جریان شبانه و با استفاده از مفاهیم FAVAD و BABE طراحی گردیده است. لذا آشنایی با این مفاهیم ، قبل از ارائه روش مورد نظر جهت آنالیز آب به حساب نیامده ،ضروری به نظر می‌رسد . این مفاهیم در ادامه به طور مفصل مورد بررسی قرار گرفته‌اند .

۲-۶- حداقل جریان شبانه (NFM)

۲-۶-۱- تعریف حداقل جریان شبانه

میزان جریان اندازه‌گیری شده در یک منطقه با شبکه مجزا شده (ایزوله) در هنگام شب و در فاصلهٔ زمانی حداقل تقاضای مشترکین را حداقل جریان شبانه (Minimum Night Flow)(NFM) می‌نامند . یک منطقه محدود شدهٔ اندازه‌گیری (ایزوله) ، جزئی از یک سیستم شبکه آبرسانی شهری است که آب ورودی و خروجی از مسیر یک یا چند ورودی و خروجی مشخص عبور می‌نماید و از کلیه مناطق مجاور خود بوسیله بستن شیرهای مرزی مجزا می‌گردد . هر ایزوله دارای خصوصیات منحصر به فردی از نظر میزان جمعیت ، تعداد خانه‌ها و اماکن ، طول خطوط انتقال و توزیع ، نسبت طول لوله به تعداد اماکن ، تعداد و نوع مصارف غیر خانگی با مصارف متفاوت شبانه ، تعداد اماکن با مصرف خاص شبانه ، متوسط فشار شبانه منطقه (AZNP) ، حد تلفات نامرئی و حوادث روی خطوط توزیع و سرویس می‌باشد (Uk/WI1994 Report F).شکل(۲-۱) تصویری شماتیک از یک ایزوله را نشان می‌دهد .

ابعاد ایزوله معمولاً بین ۵۰۰ تا ۵۰۰۰ مشترک متغیر می‌باشد، ولی بهترین ابعاد ایزوله جهت اندازه‌گیری حداقل جریان شبانه بین ۵۰۰ تا ۱۵۰۰ مشترک می‌باشد (Lambert 1997) . زیرا کوچکتر شدن ایزوله باعث تغییرات غیر قابل پیش بینی در مصارف شبانه مشترکین می‌گردد و بزرگتر شدن ابعاد ایزوله ، آگاهی از وقوع شکستگی در ایزوله را با مشکل مواجه می‌سازد.



شکل (۲-۱) : تصویر یک منطقهٔ محدوده شدهٔ اندازه‌گیری (ایزوله) (Uk/WI1994 Report F)

۲-۶-۲- مؤلفه‌های حداقل جریان شبانه

حداقل جریان شبانه مجموع چندین جریان مختلف می‌باشد. به هر یک از این جریانها مؤلفه‌های حداقل جریان شبانه می‌گویند. تاکنون تقسیم بندیهای مختلفی برای مؤلفه‌های حداقل جریان شبانه ارائه گردیده است. نحوهٔ تقسیم بندی به روش انتخابی جهت آنالیز آب به حساب نیامده بستگی دارد. در یکی از این روشها حداقل جریان شبانه به دو مؤلفهٔ کلی آب تحویل شده شبانه به مشترکین و تلفات شبانه درسیستم توزیع تقسیم می‌گردد(UK/WI ReportE).

در روشی دیگر حداقل جریان شبانه به سه مولفه کلی زیر تقسیم می‌گردد:

۱- تلفات زمینه شبانه (Background losses)

مطابق با تعریف UK/WI Report F ، به تلفات آب با شدت جریانی کمتر از ۵۰۰ لیتر در ساعت در فشار متوسط شبانه (AZNP) ۵۰ متر ، تلفات زمینه شبانه گفته می‌شود.همانطور که

درشکل (۲-۲) نشان داده شده است ، تلفات زمینه براساس محل وقوع آنها به سه مؤلفهٔ زیـر تقسـیم گردیده‌اند:

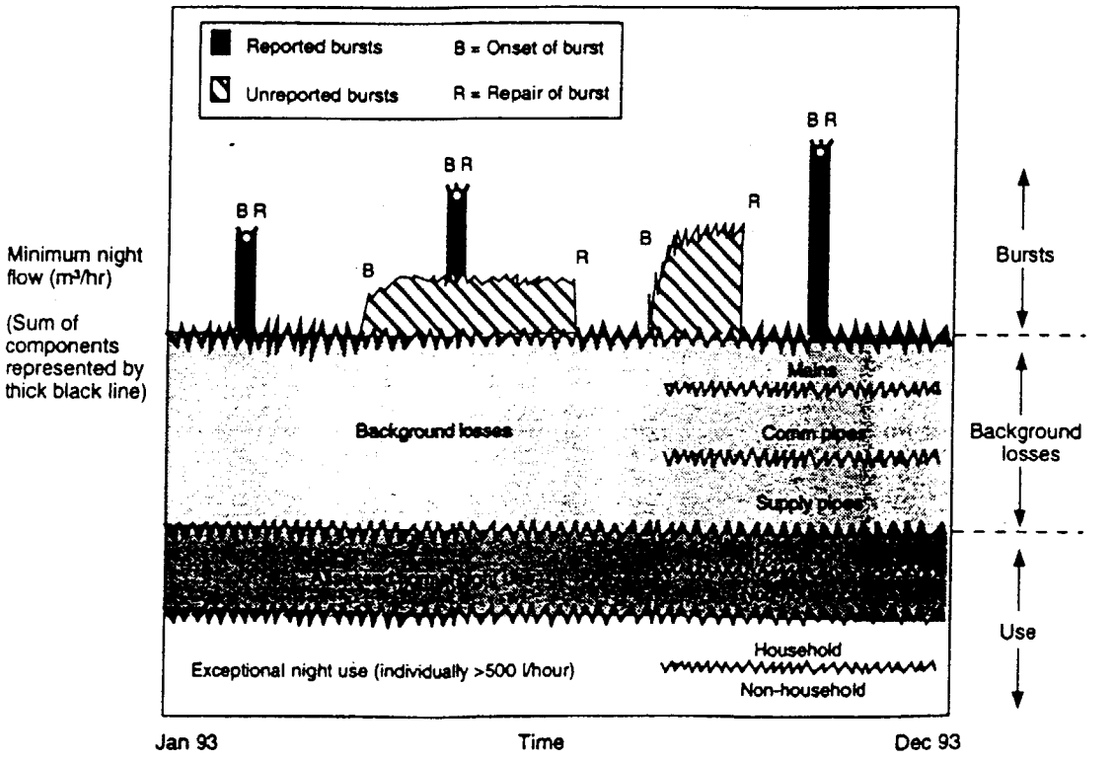
الف- تلفات زمینه شبانه بر روی لوله‌های اصلی توزیع (Distribultion Mains)

ب- تلفات زمینه شبانه بر روی لوله‌های اتصال به مشترکین (Communication Pipes)

ج- تلفات زمینه شبانه بر روی لوله‌های درون اشتراک (Supply Pipes)

۲-۶-۳- عوامل مؤثر بر حداقل جریان شبانه

عوامل مختلفی حجم حداقل جریان شبانه اندازه‌گیری شده در یک ایزوله را تحـت تـاثیر قـرار می‌دهند. برخی از این عوامل که دارای تاثیرات عمده‌ایی در میزان حداقل جریان شـبانه می‌باشـند در ادامه مورد بررسی قرار گرفته‌اند.



شکل (۲-۲) : مؤلفه‌های حداقل جریان شبانه در یک ایزوله (Uk/WI1994 Report F)

۲- شکستگی‌ها (Bursts)

در UK/WI Report F ، شکستگی به خروج آب از یک نقطهٔ منفرد در شبکه بادبی بیش از ۵۰۰ لیتر در ساعت در فشار شبانه (AZNP) ۵۰ متر گفته می‌شود . شکستگیها براساس مدت زمان آگاهی از وقوع آنها به دو گروه زیر طبقه بندی می‌گردند:

الف- شکستگی‌های گزارش شده (Reported Bursts)

ب- شکستگی‌های گزارش نشده (Unreported Bursts)

۳- مصارف شبانه

مصارف شبانه در واقع بخشی از آب تحویل شده شبانه به مشترکین می‌باشد . این مصارف خود به دو گروه مصارف شبانه خانگی و مصارف شبانه غیر خانگی تقسیم می‌گردند.

۲-۶-۳-۱- تغییرات حداقل جریان شبانه با ابعاد ایزوله

مطابق UK/WI Report E ، هر چه ابعاد ایزوله کوچکتر باشد وقوع شکستگی شبانه باعث تغییرات بزرگتری در حداقل جریان شبانه می‌گردد. همچنین با بزرگتر شدن ایزوله ، میزان تغییرات در مصرف متوسط شبانه خانگی کاهش می‌یابد . لذا انتخاب مناسب ابعاد ایزوله در میزان دقت نتایج بدست آمده برای آنالیز آب به حساب نیامده مؤثر می‌باشد .

۲-۶-۳-۲- تاثیر فرکانس اندازه‌گیری حداقل جریان شبانه

تعداد دفعات اندازه‌گیری حداقل جریان شبانه در یک ایزوله در یک دورهٔ زمانی یک ساله را فرکانس اندازه‌گیری حداقل جریان شبانه می‌نامند. بر اثر عوامل مختلف ، حداقل جریان شبانه اندازه‌گیری شده در یک ایزوله در شبهای مختلف دچار تغییراتی منظم یا غیر منظم می‌گردد. لذا هر چه اندازه‌گیریهای حداقل جریان شبانه منظم‌تر و دارای تعداد دفعات تکرار بیشتری در یک فاصلهٔ زمانی معین باشد ، مقادیر اندازه‌گیری شده از قابلیت اطمینان بیشتری برخوردار است . همچنین کاهش ابعاد ایزوله باعث افزایش تاثیرات فرکانس اندازه‌گیری حداقل جریان شبانه می‌گردد.

۲-۶-۳-۳- تاثیر تداوم اندازه‌گیری حداقل جریان شبانه

مقدار حداقل جریان شبانه ایی که دوریک تداوم اندازه‌گیری کوتاه (مثلاً ۱۵ دقیقه) اندازه‌گیری می‌شود، بیشتر از مقدار اندازه‌گیری شده در همان شب ولی در یک فاصلهٔ زمانی طولانی‌تر (مثلاً ۲ ساعت) می‌باشد . زیرا احتمال و مقدار مصرف مشترکین در یک فاصلهٔ زمانی ۱۵ دقیقه‌ایی کمتر از یک فاصلهٔ زمانی ۲ ساعته می‌باشد . تداوم اندازه‌گیری ۱ ساعته به عنوان تداوم اندازه‌گیری استاندارد در UK/WI Report E توصیه شده است .

۲-۶-۳-۴-تاثیر فشار بر حداثل جریان شبانه

میزان نشت درشبکه‌های توزیع آب شهری تابعی از فشار در شبکه می‌باشد . در نتیجه حداقل جریان شبانه که بخش عمده‌ایی از آن بر اثر نشتها و شکستگیها در شبکه پدیدار می‌گردد، تابعی از فشار متوسط شبانه منطقه‌ایی (Average Night Zone pressure)(AZNP) است.با توجه به تاثیرات فشار در میزان نشت و آب به حساب نیامده در شبکه‌های توزیع آب شهری ، توضیحات مفصلی در مورد فشار در شبکه و روابط فشار- نشت در بخش (۲-۸) آورده شده است .

۲-۷-استفاده از مفهوم BABE در آنالیز آب به حساب نیامده

مفهوم BABE جهت تخمین مؤلفه‌ایی جریان شبانه و محاسبهٔ تلفات سالانه مورد استفاده قرار می‌گیرد. این مفهوم از یک مدل صفحهٔ گستردهٔ (SpreadSheet) مؤلفه‌ایی استفاده می‌نمایدکه اطلاعات مورد نیاز این مدل از سه منبع مجزا به شرح زیر تامین می‌گردد:

الف- مؤلفه‌های استاندارد (از قبیل فاکتور تصحیح فشار و دبی متوسط خروجی شکستگیها)

ب- اطلاعات بدست آمده از پیمایش محلی (مانند فرکانس شکستگیها و یا شرایط زیر بنایی شبکه)

ج- استاندارد شرکتها (استاندارد سرویس ، روش کنترل نشت و آگاهی از تلفات و....)

روش BABE قادر است که با در اختیارداشتن اطلاعات فوق در مورد یک شبکه، تخمین اولیه‌ایی از مؤلفه‌های تلفات شبانهٔ آن ارائه نماید (Lambert 1994). این تخمینها به شرایط زیر بنایی شبکه بستگی دارد . شرایط زیربنائی شبکه عبارت است از مجموعه‌ایی از مشخصات شبکه از قبیل

میزان فرسودگی اجزاء شبکه ، نحوهٔ کنترل و مدیریت نشت در شبکه، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب ورودی به شبکه و عوامل بسیار متعدد دیگری که میزان تلفات در شبکه ، تحت تاثیر آنها می‌باشد. به عنوان مثال تخمینهای اولیه BABE برای شرایط زیر بنائی خوب، متوسط و بد در انگلستان مطابق جدول (۲-۲) می‌باشد .

جدول (۲-۲): تخمین اولیه تلفات زمینه براساس مفهو م BABE در انگلستان (UK/WIReport E)

مؤلفه‌های تلفات زمینه	واحد	شرایط زیر بنایی بد	شرایط زیر بنایی متوسط	شرایط زیر بنایی خوب
تلفات زمینه در لوله‌های اصلی توزیع	Lit/km/hr	۶۰	۴۰	۲۰
تلفات زمینه در لوله‌های اتصال به مشترکین	Lit/prop/hr	۴/۵	۳	۱/۵
تلفات زمینه در لوله‌های درون اشتراک	Lit/prop/hr	۱/۵	۱	۰/۵

سطح شرایط زیر بنایی در هر منطقه مطابق با خصوصیات و شرایط ان منطقه تعیین مـی‌گردد. در این زمینه در فصل بعد توضیحات بیشتری ارائه می‌گردد.

۲-۸- فشار در شبکه‌های توزیع آب شهری

همانگونه که در بخش (۲-۶-۳-۴) ذکر شد ، فشار یکی از مهمترین عوامل موثر در مـیزان آب به حساب نیامده در شبکه‌های توزیع آب شهری است. لذا آگاهـی از خصوصیـات و تـاثیرات فشـار در شبکه دارای نقش مؤثری در انتخاب روشی مناسب جهت آنالیز آب به حساب نیـامده و مـیزان دقـت نتایج بدست آمده از این روش‌ها می‌باشد . در این بخش توضیحاتی در مورد نحوهٔ بررسی وضعیت کلی فشار در شبکه و نیز تاثیرات فشار بر میزان نشت ارائه می‌گردد.

۲-۸-۱- بررسی وضعیت کلی فشار در شبکه

در هر نقطه‌ایی از شبکه دو نوع فشار به شرح زیر قابل اندازه‌گیری می‌باشند.

۱- فشار استاتیکی

۲- فشار دینامیکی

فشار اندازه‌گیری شده در هر نقطه، فقط قابلیت ارائهٔ تصویری از وضعیت فشار در ناحیه‌ایی محدود در اطراف آن نقطه را داراست. در حالیکه در اکثر روشهای آنالیز آب به حساب نیامده به تصویری از وضعیت کلی فشار در شبکه نیازمندیم روش‌های مختلفی جهت ارائهٔ این تصویر کلی ، متناسب با اهداف مورد نظر وجود دارد. دو روش متداول در این زمینه عبارتند از :

۱. ترسیم خطوط همفشار

۲. فشار متوسط شبانه منطقه‌ایی (AZNP)

در مورد این دو روش توضیحاتی در این بخش ارائه می‌گردد. همچنین روش جدید دیگری با هدف مکانیابی شکستگی های گزارش نشده در بخش (۳-۲-۱-۴-۴) ارائه گردیده است .

۲-۸-۱-۱- خطوط همفشار

خطوط یا منحنی های همفشار ، خطوطی هستند که نقاط همفشار بر روی یک شبکه را توسط منحنی هایی به یکدیگر متصل می‌نمایند. این خطوط بیانگر وضعیت فشار در یک شبکه توزیع آب شهری می‌باشند . انحنای شدید و دور و نزدیک شدن این خطوط به یکدیگر، نشان دهندهٔ وضعیت نامطلوب هیدرولیکی شبکه می‌باشد . هر چه این خطوط دارای انحناهای یکنواخت و موازی شیب طبیعی زمین باشند می‌توان گفت که شبکه از لحاظ هیدرولیکی دارای طراحی مطلوبست .

۲-۸-۱-۲- فشار متوسط شبانهٔ منطقه‌ایی (AZNP)

فشار متوسط شبانهٔ منطقه‌ایی (Average Night zone pressure) یا به اختصار AZNP دارای تاثیر اساسی بر روی جریان شبانه می‌باشد. بنابراین چگونگی محاسبهٔ آن برای هر ایزوله از اهمیت ویژه‌ایی برخوردار است . معمولاً توصیه می‌شود که AZNP در ارتباط با مکان قرارگیری مشترکین نسبت به محل لوله‌ها بطور وزنی بیان شود. در UK/WI Report F سه روش مختلف جهت وزنی

کردن AZNP ارائه گردیده است . این روشها که از ساده‌ترین روش تخمینی تا جزئی ترین روش محاسباتی با استفاده از GIS را شامل می‌شود در ادامه آورده شده است .

۱- روش نقطهٔ اندازه‌گیری شاخص (جایگزین)

در این روش ابتدا تراز متوسط زمینی که مشترکین خانگی در آن قرار گرفته‌اند محاسبه می‌گردد. سپس در این تراز متوسط محاسبه شده، ناحیه‌ایی که دارای بالاترین چگالی انشعاب در این تراز می‌باشد را مشخص می‌شود. در این ناحیه یک شیر آتش نشانی انتخاب و فشار سنج در این محل نصب می‌گردد. این نقطه را نقطهٔ اندازه‌گیری جایگزین (Surrogate Measuring Point) می‌نامند. فشار شبانه اندازه‌گیری شده در این نقطه ، به عنوان AZNP ایزوله در نظر گرفته می‌شود.

۲- روش منحنی تراز وزنی شده

در این روش تعداد مشترکین در هر منحنی تراز، در تراز مربوط به این مشترکین ضرب و سپس حاصل جمع آنها بر تعداد کل مشترکین تقسیم می‌گردد. حاصل این تقسیم ، برابر تراز متوسط وزنی شده زمین برای مشترکین در ایزوله می‌باشد . این تراز متوسط وزنی شده از فشار شبانه (تعریف شده براساس تراز شبانهٔ مخزن و یا تراز پمپ) کسر می‌گردد تا AZNPتخیمن زده شود.

۳- روش مشترکین

در این روش تراز متوسط زمین برای مشترکین با استفاده از GIS محاسبه می‌گردد. مراحل بعدی محاسبهٔ AZNP همانند روش منحنی تراز وزنی شده می‌باشد.

۲-۸-۲- روابط فشار – نشت

نتایج تجربی بدست آمده از وضعیت شبکه‌های توزیع آب شهری نشان دهندهٔ وجود رابطه‌ایی بین میزان نشت و فشار در شبکه می‌باشد . یکی از این مطالعات در انگلستان و در سال ۱۹۸۰ توسط کمیتهٔ مربوط به تهیهٔ گزارش ۲۶ انجام گرفته است. که در آن چگونگی تغییرات جریان شبانه نسبت به تغییرات فشار در شبکه توزیع در بین ساعات ۳ تا ۴ صبح ارزیابی گردیده است . زیرا در این ساعات مصرف مشترکین دارای پایین‌ترین مقدار در طول شبانه روز می‌باشد و در نتیجه بخش بزرگی از

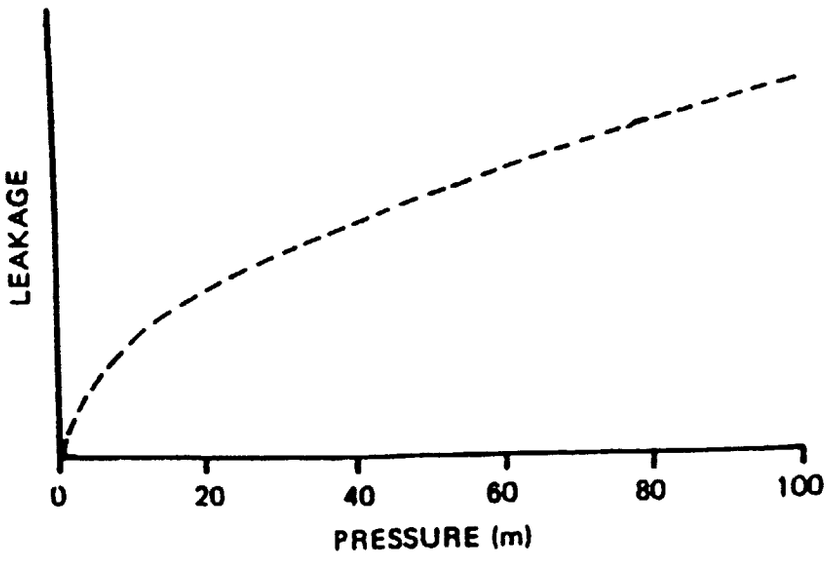
جریان شبانه مربوط به نشت در شبکه می‌باشد . نتایج حاصل از ایـــن بررسـی نشـان می‌دهـد کـه در فشاری(AZNP) معادل ۵۰ متر ، افزایش فشار باعث افزایش نشت به صورت زیر می‌گردد:

- افزایش ۱ متری (۲ ٪) فشار باعث افزایش ۲/۷ درصدی در جریان لحظه‌ایی شبانه می‌گردد.
- افزایش ۵ متری (۱۰ ٪) فشار باعث افزایش۱۳ درصدی در جریان لحظه‌ایی شبانه می‌گردد.
- افزایش ۱۰ متری (۲۰ ٪) فشار باعث افزایش ۲ ۷ درصدی در جریان لحظه‌ایی شبانه می‌گردد.

به طور کلی در تمامی بررسی های انجام شده ، افزایش فشار باعث افزایش نشت گردیده اسـت. با این حال، تاکنون رابطه‌ایی دقیق و واحد بین فشار و نشت ارائه نشده اســت. آخریـن نتـایج بدسـت آورده شده در این زمینه در ادامهٔ این بخش بیان می‌گردد.

۲-۸-۲-۱-رابطهٔ فشار – نشت برای منافذ با سطح مقطع ثابت

براساس اصل بقای انـرژی ، سـرعت خـروج آزادانـهٔ آب بـه اتمسـفر (v) از طریـق یـک منفـذ (اریفیس)، با جذر فشار متناسب است. در حالتیکه سطح مقطع سوراخ (A) ثابت باشد، دبـی خروجـی ($Q=A\times V$) نیز با جذر فشار متناسب است (شکل (۲-۳)) .



شکل (۲-۳) : رابطهٔ فشار – نشت برای منافذ با سطح مقطع ثابت

رابطهٔ کلی دبی خروجی از اریفیس به صورت زیر است :

$$Q = C\sqrt{P} \qquad (۲-۲)$$

Q: دبی خروجی از اریفیس

P: فشار

C: ضریب (به خصوصیات اریفیس بستگی دارد)

برای بررسی میزان تطبیق این رابطه با شرایط واقعی ، آزمایشهای مختلفی انجام شده است. در ژاپن درسالهای ۱۹۸۱، ۱۹۹۲ آزمایشهایی بر روی یک مدل آزمایشگاهی با ابعاد واقعی انجام شده است، که در آن لوله‌های فلزی را با مته سوراخ کرده و برای شبیه سازی وضعیت لوله‌های مدفون در خاک ، آنها را به صورت مستغرق در آب مورد آزمایش قرار دادند. از این آزمایشها رابطه‌ایی توانی بین فشار و نشت بدست آورده شد. مقادیر عددی بدست آمده برای توان فشار، بین ۰/۳۶ تا ۰/۷ با مقدار متوسط ۰/۵ متغیر بودند.

با این حال نتایج بدست آمده از بررسی وضعیت نشت در شبکه‌های آبرسانی شهری نشان دهندهٔ عدم تطبیق کامل رابطهٔ واقعی فشار- نشت با رابطهٔ جذر فشار می‌باشد .

این عدم تطبیق بر اثر عوامل مختلفی بوجود می‌آید . یکی از این عوامل، عدم تشابه کامل بین رفتار خاک اشباع اطراف لوله با رفتار آب که در شبیه سازی فوق استفاده گردیده ، می‌باشد . در بخش (۲-۸-۲-۴) ، دلایل دیگری از این عدم تطبیق بیان می‌گردد.

۲-۸-۲-۲- رابطهٔ توانی بین فشار (AZNP) و حداقل جریان شبانه (NFM)

در سال ۱۹۸۰ به منظور تهیهٔ گزارش ۲۶ در انگلستان ، آزمایشهای صحرایی در ۱۷ ایزوله انجام شد. در این آزمایشها تغییرات جریان خالص شبانه (NFN) (Net Night Flow) با میزان فشار (AZNP) مورد ارزیابی قرار گرفت. جریان خالص شبانه (NFN) عبارت است از اختلاف بین حداقل جریان شبانه و مجموع مصارف استثنایی شبامه که بیش از ۵۰۰ لیتر بر ساعت می‌باشند . همچنین در رابطهٔ حداقل جریان شبانه (NFM) با فشار (AZNP) توسط May بررسی گردیده است . علاوه بر اینها ، آزمایشهای مشابهی در ژاپن انجام گردیده است . نتایج تمامی آزمایشهای فوق. نشان دهندهٔ وجود رابطه‌ایی توانی بین فشار (AZNP) و حداقل جریان شبانه به صورت زیر می‌باشد:

$$\left(\frac{NFM_1}{NFM_0}\right)=\left(\frac{AZNP_1}{AZNP_0}\right)^N \qquad (۳-۲)$$

که در این رابطه، NFM_1 و $N\ FM_0$ ، حداقل جریان شبانه در فشارهای $AZNP_0$ و $AZNP_1$ می‌باشند. مقادیر بدست آمده برای توان N از هر یک از این آزمایشها در جدول زیر آورده شده است . نکته جالب توجه این آزمایشها این است که در جدول زیر آورده شده است . نکته جالب توجه این آزمایشها این است که در حالاتی که منافذ نشت دارای سطح مقطع ثابت می‌باشند توان N تقریباً برابر ۰/۵ می‌باشد ولی در حالت کلی حساسیت نشت درسیستم توزیع نسبت به فشار بیش از مقداری است که بوسیلهٔ رابطهٔ جذر فشار نشان داده می‌شود.

جدول (۲-۳) : مقادیر N در رابطهٔ توانی فشار – نشت از آزمایشهای انگلیس و ژاپن

Country	Number of Tests	Mean valve 'N'	Mean Valave of 'N'	Range of 'N'	Based on Analysis of
UK(TR154)	17	1.13	1	0.7	NFN*
JAPAN(1979)	20	1.15	----	0.63	
UK(1994/97)	17	0.62	.62	0.27	NFN
UK(1994/97)	17	0.95	.87	0.3	NFN Minus CNU**

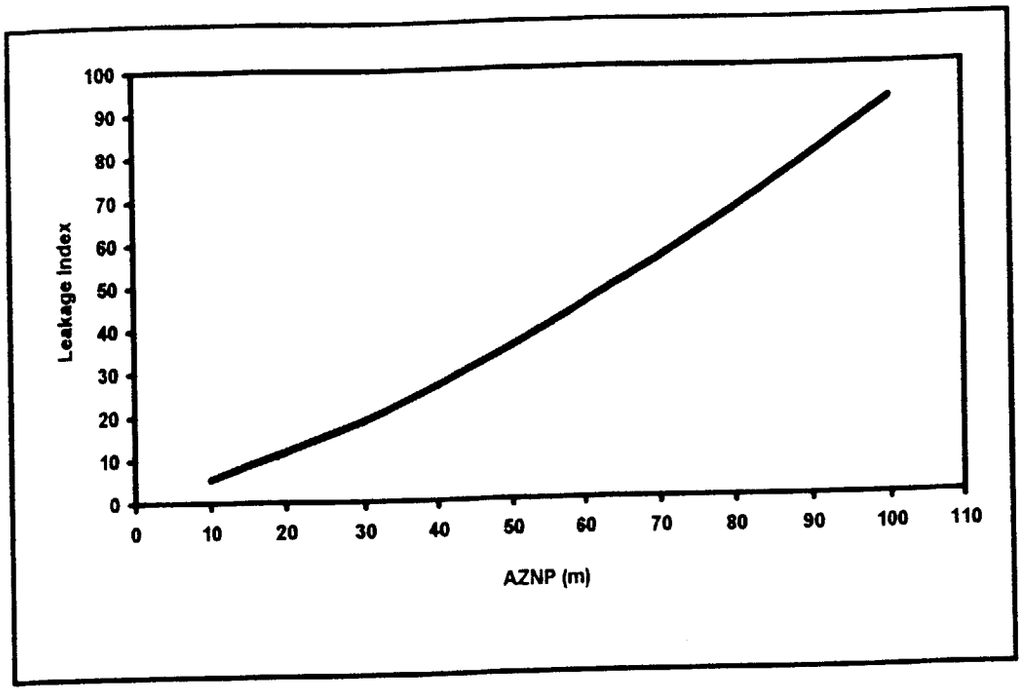
*: جریان خالص شبانه

**: مصرف شبانه مشترکین

۲-۸-۲-۳- رابطهٔ فشار- شاخص نشت

در Report 26 رابطه‌ایی بین شاخص نشت (LI) و فشار (AZNP) ارائه گردیده است. منظور از شاخص نشت ، جریان خالص شبانه‌ایی (NFN) می‌باشد که مصارف شبانهٔ استثنایی از آن کسر گردیده باشد. رابطهٔ ارائه شده در Report 26 مبتنی بر نتایج بدست آمده از آزمایشهای انجام شده بر روی ۱۷ ایزولهٔ مختلف می‌باشد . این رابطه در UK/WI Report G (1994) به صورتی زیر اصلاح گردید:

$$Leakage=0.5\times AZNP + .0042\ AZNP^2 \qquad (۴-۲)$$



شکل (۲-۴) : رابطهٔ بین شاخص نشت با فشار (Report 26)

تغییرات شاخص نشت نسبت به فشار (AZNP) در شکل (۲-۴) نشـان داده شـده اسـت . ایـن رابطه نشان می‌دهد که حساسیت نشت و جریان خالص شبانه نسبت به فشار بیش از مقداری است که از رابطهٔ جذر فشار بدست می‌آید . همچنین از مقایسه شکلهای (۲-۳) و (۲-۴) می‌توان مشاهده نمود که شیب منحنی در رابطهٔ شاخص نشت ، برخلاف رابطهٔ جذر فشار با افزایش فشار،افزایـش می‌یـابد . یکی از دلایل احتمالی این تفاوت می‌تواند مربوط به تغییرات سطح مقطع منافذ نشت با فشار باشد که در بخش (۲-۸-۲-۴) مورد بررسی قرار می‌گیرد . همچنین عامل دیگر این تفاوت می‌تواند مربوط بـه متغیر بودن فشار در منافذ نشت واقع در نقاط مختلف شبکه باشد، که در رابطه جـذر فشـار بـدون در نظر گرفتن این عامل برای کل شبکه یک فشار ثابت در نظر گرفته شده است .

از سوی دیگر میزان کاهش جریان خالص شـبانه تخمیـن زده شـده از رابطـهٔ شـاخص نشـت . همیشه با مقدار واقعی مطابقت ندارد. یکی از عوامل این عدم تطبیق ، استفاده از جریان خالص شـبانه (NFN) به عنوان شاخص نشت می‌باشد . زیرا در حالیکه جریـان خـالص شـبانه (NFN) از دو مؤلفـه

کلی ، شامل تلفات شبانه و مصارف شبانه تشکیل یافته است که مؤلفه اول تابعی از فشـار بـوده ولـی مؤلفه دوم آن دارای حجمی ثابت می‌باشد و مستقل از فشار است ولی در رابطهٔ شـاخص نشـت ، کـل حجم جریان خالص شبانه به صورت تابعی از فشار و در نظر گرفته شده است .

با این حال در شبکه‌هایی که از میزان مصارف شبانه در آنها، مشابه مصارف شبانهٔ ایزوله هـایی است که رابطهٔ شاخص نشت در آنها بدست آمده ، می‌توان از این رابطه به عنوان یک بـرآورد اولیـه و کلی از نحوهٔ تغییرات میزان نشت با فشار استفاده نمود .

۲-۸-۲-۴- رابطهٔ فشار – نشت با استفاده از مفهوم (FAVAD)

همانگونه که در بخشهای قبلی بیان شد تا سال ۱۹۹۴ در اکثر شبکه‌های توزیـع آب شـهری ، وجود رابطه‌ایی توانی به صورت زیر بین فشار و نشت مشاهده گردیده بود.

$$P_0)^N (P_1/\times NFM_1=NMF_0 \qquad (۵-۲)$$

اما در روشها و شبکه های مختلف مقادیر متفاوتی برای N بدست آورده شده بود. تـا اینکـه در اواخر سال ۱۹۹۴ ، May نظریهٔ خود را با عنوان منافذ نشت با سطح مقطع ثابت و متغـیر (FAVAD) ارائه نمود. بر طبق این نظریه سطح مقطع منافذ نشت با تغییرات فشار در شبکه تغییر می‌کند و میزان این تغییرات برای منافذ مختلف متفاوت است . وی منافذ نشت را براساس نحوهٔ تغییرات آنها با فشـار در سه گروه تقسیم بندی کرده و مقدار N را برای هر یک محاسبه نمود. مقـادیر N و نحـوهٔ محاسـبهٔ آنها در جدول (۲-۴) آورده شده است .

جدول (۲-۴) : محاسبهٔ توان N در رابطهٔ توانی فشار – نشت براساس (FAVAD) (Lambert 1997)

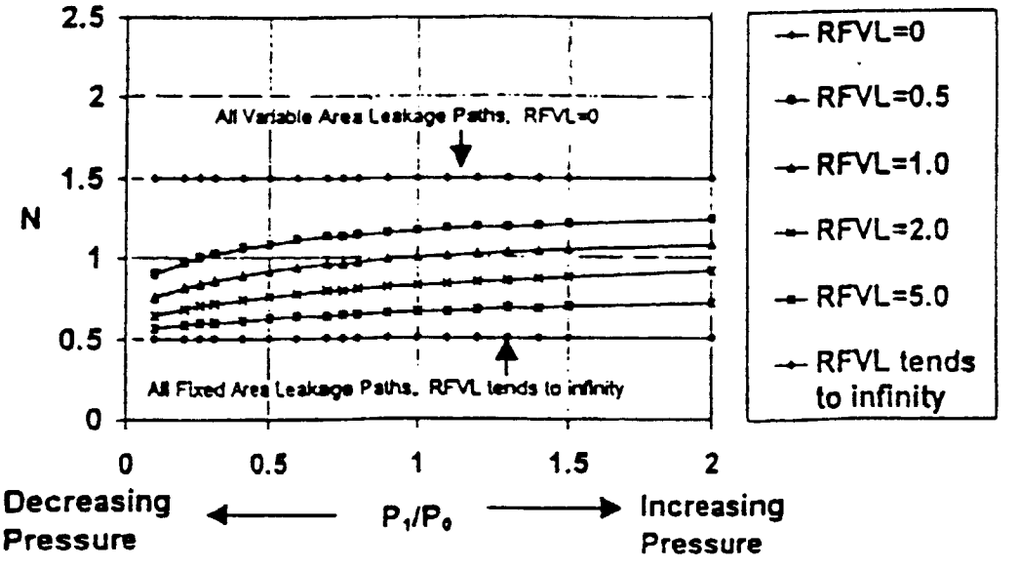
N	دبی نشت در فشار P_1 (NFM_1)	سرعت نشت در فشار P_1 (V_1)	سطح مقطع منافذ نشت در فشار P_1 (A_1)	نحوهٔ تغییرات سطح مقطع منافذ نشت با فشار
0.5	$A_0V_0(P_1/P_0)^{.5}$	$V_0(P_1/P_0)^{.5}$	A_0	ثابت با فشار
1.5	$A_0V_0(P_1/P_0)^{1.5}$	$V_0(P_1/P_0)^{.5}$	$A_0(P_1/P_0)$	دارای تغییرات متناسب با فشار
2.5	$A_0V_0(P_1/P_0)^{2.5}$	$V_0(P_1/P_0)^{.5}$	$A_0(P_1/P_0)^2$	دارای تغییرات متناسب با مربع فشار

بررسی های تکمیلی نشان داد که با استفاده از نسبت سطح مقطع منافذ نشت، با سطح مقطع ثابت به منافذ نشت با سطح مقطع متغیر (R_{FVL}) نیز می‌توان مقدار N را محاسبه نمود.

$$R_{FVL} = \frac{\text{(سطح مقطع منافذ نشت با سطح مقطع ثابت)}}{\text{(سطح مقطع منافذ نشت با سطح مقطع متغیر)}} \qquad \text{(در فشار } P0\text{)} \qquad (۶-۲)$$

در این روش محاسبهٔ توان N، در صورتیکه فشار از P_0 به P_1 تغییر یابد . با داشتن مقادیر (P_1 / P_0) و نیز مقدار R_{FVL} در فشار P_0 ،می‌توان با استفاده از شکل (۲-۵) مقدار N را محاسبه نمود.

همانگونه که در شکل (۲-۵) مشاهده می‌گردد، در صورتیکه R_{FVL} در فشار P_0 نزدیک به یک باشد ، توان N نیز در محدودهٔ وسیعی از مقادیر $\frac{P_1}{P_0}$ نزدیک به یک می‌باشد. به عقیده (1997) Lamber، مفهوم FAVAD مهمترین پیشرفت در تشخیص روابط فشار – نشت می‌باشد. این مفهوم که مبتنی بر منطقی فیزیکی می‌باشد، توانست علت تغییرات توانی نشت با میزان فشار در سیستمهای توزیع را مشخص و توجیه نماید.



شکل (۲-۵) : توان N در رابطه توانی فشار – نشت براساس مفهوم FAVAD (Lambert 1997)

با ترکیب مفهوم FAVAD با BABE که توسط Lambert در سال ۱۹۹۷ ارائه گردید، یک روش قدرتمند فراگیر جهت بررسی دقیقتر میزان تغییر تلفات با فشار بدست آمد . در این روش میزان

تغییرات هر یک از مؤلفه‌های جریان شبانه با فشار به صورت جداگانه مورد ارزیابی قرار گرفته و تـوان N در رابطه توانی فشار – نشـت بـرای هـر یـک ازمؤلفـه‌های جریـان شـبانه ، شـامل تلفـات زمینـه، شکستگیها و مصارف شبانه ، متفاوت می‌باشد . مقادیر تقریبی توان N که براساس دلایل منطقی و یـا نتایج تجربی در روش BABE - FAVAD برای مؤلفـه‌های مختلـف جریـان شـبانه در نظـر گرفتـه می‌شود . در جدول (۲-۵) نشان داده شده است .

مقایسه این روش با رابطهٔ شاخص نشت که در انگلستان به کار می‌رود و رابطهٔ جذر فشار که در آمریکا متداول است و رابطهٔ توانی با N=1.15 که در ژاپن مـورد اسـتفاده قـرار گرفـته اسـت ، نشـان می‌دهد که روش FAVAD-BABE از قابلیت اطمینان بسیار بالاتری نسبت به این روشـها برخـوردار است (Lambert 1997) .

جدول (۲-۵): تخمین اولیه توان N براساس مفهوم BABE - FAVAD (Lambert1997)

مؤلفه‌های جریان شبانه	توان (N)	
	در اندازه‌گیری لحظه‌ای جریان شبانه	در اندازه‌گـیری با تداوم یک ساعته
مصارف شبانه استثنایی (<۵۰۰ (lit/hr)	۰/۵	۰/۵
مصارف شبانه خانگی	۰/۵	۰
مصارف شبانه غیر خانگی	۰/۵	۰
تلفات زمینه شبانه	۱/۵	۱/۵
شکستگیها و یا ترکیبی ازشکستگیها و تلفات زمینه	≥۰/۵	≥۰/۵

۲-۹- خلاصه و نتیجه گیری

آب به حساب نیامده یکی از مهمترین مشکلات موجود در شبکه‌های توزیع آب شهری است که امروزه توجه بسیاری از کارشناسان را به خود جلب کرده است . به علـت گسـتردگی عوامـل مؤثـر بـر

میزان تلفات و نیز پیچیدگی و ناشناخته بودن مکانیزم عملکرد برخی از این عوامل ، تجزیه و تحلیل دقیق آب به حساب نیامده با مشکلات زیادی مواجه بوده است .

اطلاعات جمع آوری شده در چند دهۀ اخیر ، به همراه پیشرفتهای بوجود آمده در زمینۀ نرم افزارها و تجهیزات اندازه‌گیری و نشت یابی ، امکان تجزیه و تحلیل دقیق تری از آب به حساب نیامده را فراهم نموده است . به طوریکه امروزه ارائه روشهای آنالیز مؤلفه‌ایی با دقتی مناسب و قابلیت کاربرد فراگیر با استفاده از مفاهیم تخمین تلفات زمینه و شکسنگیها (BABE) و مفهوم منافذ نشت باسطح مقطع ثابت و متغیر (FAVAD) امکان پذیر گردیده است. روش ارائه شده در این تحقیق نیز با توجه به قابلیتهای ایجاد شده بوسیلۀ مفاهیم فوق، از چارچوب عملکردی مبتنی بر روش حداقل جریان شبانه (NFM) و با استفاده از مفاهیم BABE و FAVAD برخوردار است.

آشنایی با آب به حساب نیامده (UFW) و مؤلفه‌های تشکیل دهندۀ آن به همراه بررسی مهمترین روش‌های آنالیز آب به حساب نیامده از جمله مطالبی بود که در ابتدای این فصل مورد بررسی قرار گرفت. سپس با توجه به اینکه روش ارائه شده در این تحقیق مبتنی بر مفاهیم حداقل جریان شبانه (NFM) و تخمین تلفات زمینه و شکستگیها (BABE) می‌باشد ، مطالب مختصری در مورد این مفاهیم ارائه گردید. درپایان با توجه به اهمیت و تاثیرات فشار بر میزان آب به حساب نیامده با مروری کوتاه در مورد فشار و روابط فشار – نشت ، مفهوم FAVAD و نیز ترکیب مفاهیم BABE-FAVAD مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت.

در فصل بعد آنالیز آب به حساب نیامده در قالب یک روش آنالیز مؤلفه‌ایی با استفاده از روش‌های حداقل جریان شبانه و مبتنی بر مفاهیم BABE-FAVAD ارائه می‌گردد. در طراحی این روش از شبیه‌سازی هیدرولیکی ، مدل ریاضی و تجهیزات نشت یابی استفاده گردیده است .

فصل سوم

متدولوژی
آنالیز آب به حساب نیامده

مرکز تحقیقات آب و فاضلاب شهری ایران
تقسیم مدارک

۳-۱- مقدمه

هدف از آنالیز اب به حساب نیامده در یک شبکه توزیع آب شهری ، آگاهی و شناخت از نـوع و میزان مؤلفه‌های تشکیل دهندهٔ آن می‌باشد. تاکنون روشهای مختلفـی جـهت آنـالیز آب بـه حسـاب نیامده ارائه گردیده است. ولی به علت اینکه در هرشبکه مورد مطالعه، عوامل متعـددی نـوع و مـیزان مؤلفه‌های آب به حساب نیامده در آن شبکه را تحت تاثیر قرار می‌دهند، بسیاری از روشهای آنـالیز و نتایج بدست آمده از آنها مطابق شرایط شبکه مـورد مطالعـه بـوده و قـابلیت کـاربرد فـراگیـر ندارنـد. همچنین در برخی از این روشها، فقط یک برآورد کلی از آنالیز آب به حساب نیـامده در شـبکه ارائـه گردیده و وضعیت مؤلفه‌های تشکیل دهندهٔ آن به طور دقیق و روشن مورد بررسی قرار نمی‌گیرد.

در روش ارائهٔ شده در این تحقیق، تلاش گردیده است که یک روش آنالیز مؤلفه‌ایی آنـالیز آب به حساب نیامده با قابلیت کاربرد فراگیر . دقت مناسب و مطابق با شرایط موجود در شبکه‌های توزیع آب شهری کشورمان ارائه شود. بدین منظور و به علت اینکه تلفات فیزیکی و تلفات غیر فیزیکی دارای تاثیر قابل توجهی بر یکدیگر نبوده و به صورت مستقل عمل می‌نماید، مؤلفه‌های هر یک از این تلفات در دو بخش کلی و جداگانه مورد ارزیابی و تجزیه و تحلیل قرار گرفته و سپس از مجموع نتایج بدست آمده از آنالیزهای جداگانه فوق در ارزیابی مقدار کل آنالیز آب به حساب نیامده در شـبکه ، اسـتفاده می‌شود.

در ادامهٔ این فصل، مراحل مختلف آنالیز آب به حساب نیامده با استفاده از روش ارائه شده در این تحقیق درسه بخش کلی به شرح زیر ارائه گردیده است :

الف – آنالیز تلفات فیزیکی در شبکه‌های توزیع آب شهری

ب– آنالیز تلفات غیر فیزیکی در شبکه‌های توزیع آب شهری

ج – تعیین درصد سالانه آب به حساب نیامده و مؤلفه‌های آن در شبکه توزیع آب شهری

۳-۲-آنالیز تلفات فیزیکی در شبکه‌های توزیع آب شهری

آنالیز تلفات فیزیکی با هدف دست یابی به یک ارزیابی کلی از مؤلفه‌های تشکیل دهندهٔ آن انجام می‌گردد. لذا نخستین گام در آنالیز تلفات فیزیکی، تقسیم بندی تلفات فیزیکی ، تقسیم بندی آن به مؤلفه‌های کوچکتر می‌باشد. همانگونه که در بخش (۲-۳) بیان گردید، یکی از روشهای تقسیم‌بندی تلفات فیزیکی به مؤلفه‌های کوچکتر که در روش ارائه شده در این تحقیق نیز از آن استفاده می‌گردد، تقسیم بندی تلفات فیزیکی به دو مؤلفه به شرح زیر می‌باشد:

۱- تلفات زمینه ۲- شکستگیها

پس از مشخص شدن این مؤلفه‌ها ، آنالیز تلفات فیزیکی با تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های تشکیل دهندهٔ آن آغاز می‌گردد. آنالیز هر یک از این مؤلفه‌ها از چندین مرحلهٔ مختلف تشکیل یافته و هر مرحله شامل مجموعه عملیاتی از قبیل محاسبات ریاضی و آماری ، شبیه سازیهای هیدرولیکی و عملیات صحرایی می‌باشد.

در ادامهٔ این بخش ابتدا روش تجزیه و تحلیل و برآورد تلفات زمینه در شبکه‌های توزیع آب شهری به طور مفصل بیان گردیده و سپس نحوهٔ محاسبهٔ تلفات ناشی از شکستگیها ارائه شده است.

۳-۲-۱-آنالیز تلفات زمینه

۳-۲-۱-۱-چارچوب عملکرد در آنالیز تلفات زمینه

آنالیز تلفات زمینه با استفاده از یک روش مبتنی بر حداقل جریان شبانه (NFM) و مفاهیم BABE و FAVAD انجام می‌گردد. روشهای آنالیز مبتنی بر حداقل جریان شبانه و BABE دارای چارچوب عملکردی مطابق شکل (۳-۱) می‌باشند.

همانگونه که در شکل (۳-۱) مشاهده می‌گردد، این روشها از چهار گام کلی به شرح زیر تشکیل یافته‌اند:

- گام اول :

گام اول شامل سه مجموعه عملیات جداگانه به شرح زیر می‌باشد :

الف – اندازه‌گیری حداقل جریان شبانه (NFM)

ب – برآورد آب تحویل شدهٔ شبانه به مشترکین (NFD)

ج- تخمین تلفات زمینه شبانه اولیه در شرایط زیر بنایی خوب (INBL) با استفاده از مفهوم BABE

- گام دوم

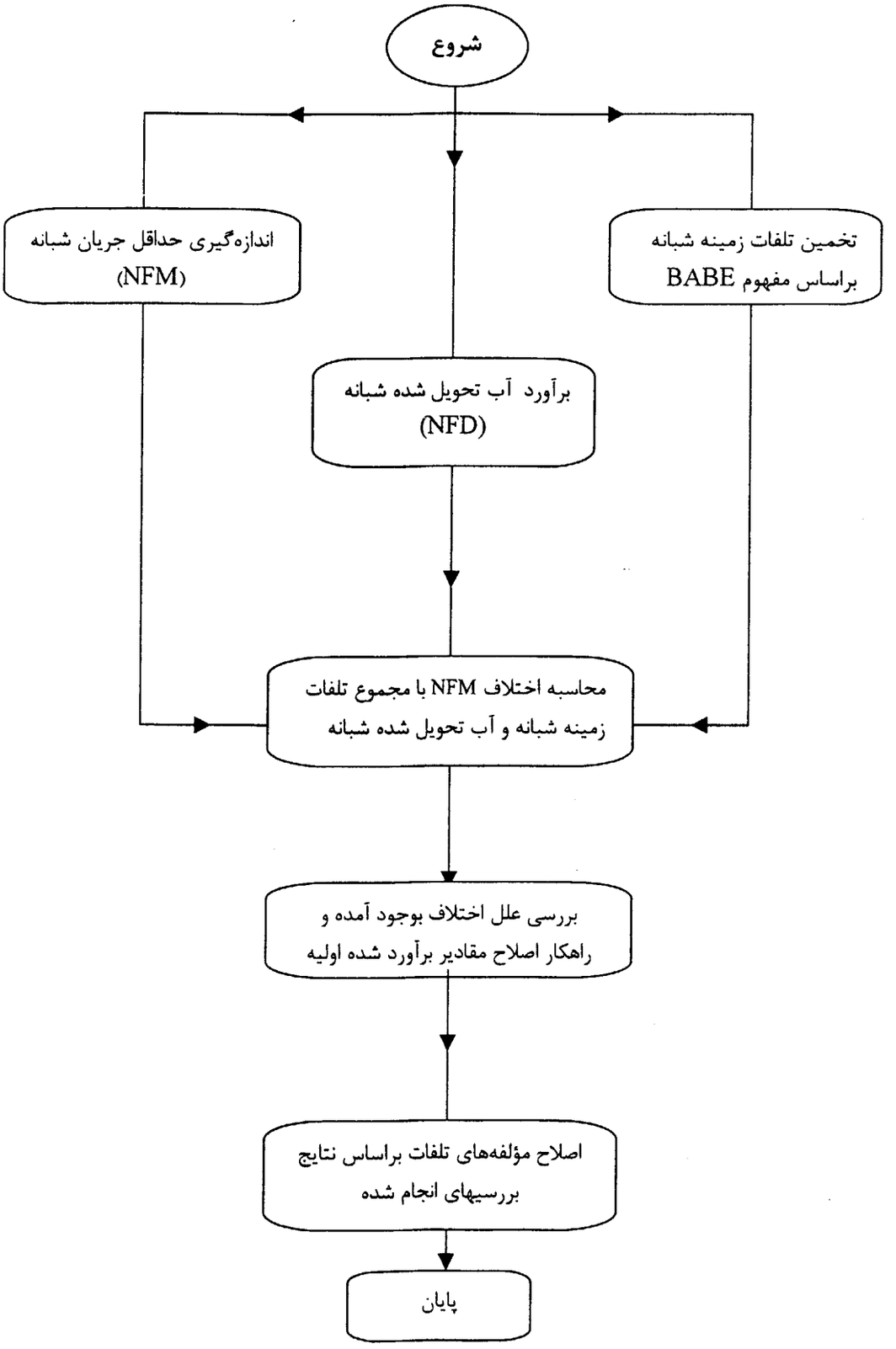
در گام دوم اختلاف حداقل جریان شبانه با مجموع تلفات زمینه شبانه اولیه (INBL) و آب تحویل شدهٔ شبانه (NFD) محاسبه می‌گردد. به این اختلاف حجم اضافی (E.V) (Excess Volume) گفته می‌شود.

- گام سوم

در این گام، علل وجود حجم اضافی (EV) در ایزوله مورد بررسی قرار گرفته و مؤلفه‌های تشکیل دهنده آن مشخص می‌گردند

- گام چهارم

در آخرین گام، مؤلفه‌های تلفات شبانه با استفاده از نتایج بررسیهای انجام شده در گام سوم. اصلاح می‌گردند. هر یک از این چهار گام کلی با تجهیزات ، تکنیکها و مکانیزمهای مختلفی قابل انجام است، لذا روشهای متعددی می‌توانند بر مبنای این چارچوب عملکرد ، پایه ریزی شوند که میزان دقت و قابلیت کاربرد هر یک به چگونگی انجام مراحل فوق بستگی دارد.



شکل (۳-۱) : چارچوب عملکرد در روشهای آنالیز تلفات زمینه، مبتنی بر روش BABE-NFM

در روش ارائه شده در این تحقیق مجموعه عملیات فوق در سه مرحلهٔ کلی به شرح زیـر انجـام گردیده است :

۱- اندازه‌گیری حداقل جریان شبانه ، که در واقع بخشی از گام اول چارچوب عملکرد در روشهای BABE-NFM می‌باشد.

۲- برآورد آب تحویل شدهٔ شبانه ، این مرحله نیز بخشی ازگام اول چارچوب عملکرد فوق است .

۳- تخمین، ارزیابی و محاسبهٔ مؤلفه‌های تلفات شبانه و تلفات زمینه روزانه ، کـه ایـن مرحلـه از عملیات، شامل گامهای دوم ، سوم ، چهارم و بخش پایـانی گام اول چـارچـوب عملکـرد روشـهای BABE – NFM می‌باشد.

در ادامهٔ این بخش، نحوهٔ انجام هر یک از سه مرحلهٔ فوق به ترتیب اولویـت انجـام عملیـات بـه طور مفصل بیان گردیده اند .

۳-۲-۱-۲- اندازه‌گیری حداقل جریان شبانه

۳-۲-۱-۲-۱- شناسایی و پیمایش محدودهٔ ایزوله

نخستین گام در اندازه‌گیری حداقل جریان شبانه و نیز آنالیز آب بـه حسـاب نیـامده ، تقسـیم بندی منطقه مطالعاتی (پایلوت) به مناطق کوچکتری به نام ایزوله می‌باشـد . نحـوهٔ ایزولـه کـردن و مشخصات آن در بخش (۲-۶) بیان گردیده است.

پس از مشخص شدن محدودهٔ ایزوله ، جمع آوری اطلاعات پایه مربوط به هـر ایزولـه از طریـق پیمایش محلی و نیز اطلاعات و آمار موجود در شرکتهای آب و فاضلاب ، آغاز می‌گردد. این اطلاعـات پایه از دو بخش کلی تشکیل یافته است .

الف- اطلاعات پایه تاسیسات زیر بنایی شبکه

این اطلاعات شامل کلیهٔ مشخصات اجزاء شبکه از قبیل جنس، عمر، نوع و طول آنها می‌باشد.

ب- اطلاعات پایه مشترکین

اطلاعات پایه مشترکین شامل نوع اشتراک (خانگی ، تجـاری ، صنعتـی) ، مشـخصات کنتـور (نوع کنتور ، عمر کنتور ، قطر کنتور) و میزان مصارف مشترکین در فواصل زمانی مختلف می‌باشد .

پس از مشخص شدن محدودهٔ ایزوله و بستن شیرهای مرزی ، کنتورهای حجمی با ابعاد مناسب در نقاط ورودی و خروجی ایزوله نصب گردیده و ایزوله آمادهٔ اندازه‌گیری حداقل جریان شبانه می‌گردد.

۳-۲-۱-۲-۲- اندازه‌گیری و تصحیح حداقل جریان شبانه

الف- اندازه‌گیری جریان

حداقل جریان شبانه از طریق اندازه‌گیری متوالی میزان جریان شبانه در فواصل زمانی ثابت (مثلاً ۱۵ دقیقه‌ایی) تعیین می‌شود . این اندازه‌گیریها درساعاتی ازشب که مصرف مشترکین کاهش می‌یابد (مثلاً ۲۴ شب تا ۴ بامداد) ، انجام می‌گردد. بدین منظور ارقام کنتورهای مبادی ورودی و خروجی ایزوله در فواصل زمانی مورد نظر (مثلاً ۱۵ دقیقه‌ایی) و به طور متوالی قرائت گردیده و کمترین جریان شبانه اندازه‌گیری شده در این تداومها به عنوان حداقل جریان شبانه در آن شب در نظر گرفته می‌شود . به منظور کاهش اثرات تغییرات منظم و یا غیر منظم حداقل جریان شبانه در چندین شب متوالی انجام می‌گردد. کمترین مقدار بدست آمده به عنوان حداقل جریان شبانه در نظر گرفته می‌شود.

ب – تصحیح میزان جریان

همانگونه که در بخش (۲-۶-۳) ذکر شد ، عوامل متعددی میزان حداقل جریان شبانه را تحت تاثیر قرار می‌دهند. یکی از این عوامل ، فشار متوسط شبانه منطقه‌ایی (AZNP) می‌باشد .

همچنین عامل دیگری که میزان حداقل جریان شبانه را تحت تاثیر قرار می‌دهد، تداوم اندازه‌گیری است. تاثیرات این دو عامل از طریق دو فاکتور تصحیح فشار و تصحیح تداوم اندازه‌گیری اعمال می‌گردد. نحوهٔ محاسبه و اعمال این فاکتورها به شرح زیر می‌باشد.

۱- فاکتور تصحیح فشار (PCF)

به علت تاثیرات فشاربر میزان نشت ، جریان شبانه و بخش عمده‌ایی از مؤلفه‌های تشکیل دهندهٔ آن ، شامل تلفات زمینه ، تلفات ناشی از شکستگیها و جریان شبانهٔ تحویل شده به مشترکین ، تابعی از فشار می‌باشند. لذا نتایج برآوردها، اندازه‌گیریها و محاسبات هر یک از مؤلفه‌ها در صورتی با

یکدیگر قابل مقایسه‌اند که در یک فشار شبانه یکسان ارزیابی گردیده باشند. در UK/WI Report E ، فشار ۵۰ متر به عنوان فشار متوسط شبانهٔ منطقه‌ایی (AZNP) معیار در اندازه‌گیریهای جریان شبانه در نظر گرفته شده است . در این تحقیق نیز با توجه به توصیهٔ نشریه ۳-۱۱۷ سازمان برنامه و بودجه که حداکثر فشار مجاز در شبکه‌های توزیع آب شهری را ۵۰ متر تعیین نموده، فشار ۵۰ متر به عنوان فشار در اندازه‌گیریهای شبانه در نظر گرفته می‌شود.

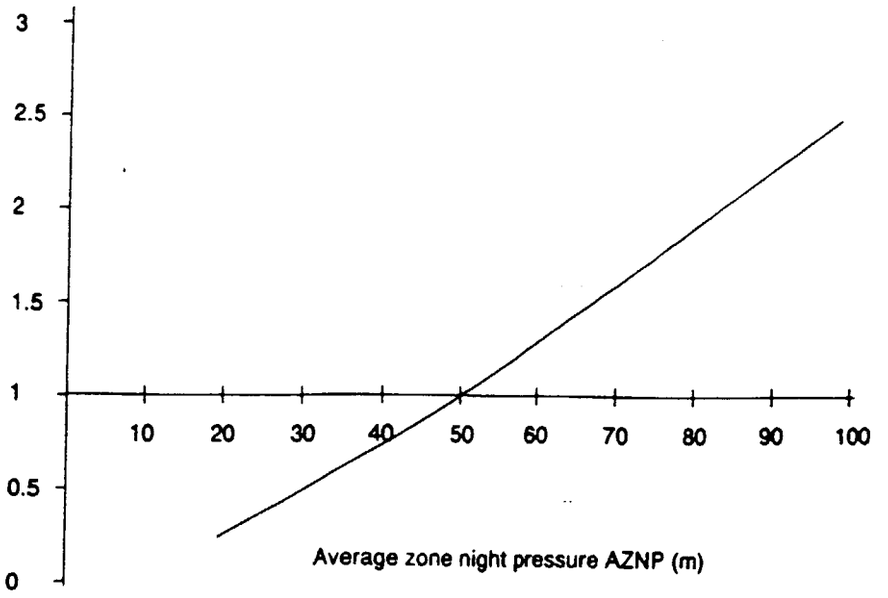
به همین علت در صورتیکه در هنگام اندازه‌گیری حداقل جریان شبانه ، فشار AZNP برابر ۵۰ متر نبود، مقدار اندازه‌گیری شده با استفاده از ضریبی به نام فاکتور تصحیح فشار (PCF) (Pressure Correction Factor) به مقدار معادل در فشار ۵۰ متر تبدیل می‌گردد. فاکتور تصحیح فشار بر مبنای روابط فشار – نشت تعیین می‌گردد. در مرحلهٔ اول ارزیابی شبکه به علت عدم دسترسی به اطلاعات کافی جهت تعیین فاکتور تصحیح فشار در شبکه، این فاکتور با استفاده از یکی از روابط شاخص نشت، جذر فشار و یا ساده سازی انجام شده براساس مفهوم FAVAD و یا میانگینی از مقادیر فوق براساس قضاوت مهندسی تعیین می‌گردد و در مراحل بعدی آنالیز این فاکتور براساس مفهوم FAVAD -BABE اصلاح می‌شود . رابطهٔ شاخص نشت که در بخش (۲-۸-۲-۳) به طور مفصل مورد بررسی قرار گرفته است به صورت زیر می‌باشد :

$$\text{Leakage Index} = 0.5AZNP + 0.0042AZNP^2 \qquad (۱-۳)$$

مقادیر فاکتور تصحیح فشار محاسبه شده براساس این رابطه در جدول (۳-۱) و شکل (۳-۲) نشان داده شده است .

جدول (۳-۱) : فاکتور تصحیح فشار براساس رابطهٔ شاخص نشت

AZNP(m)	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰
PCF	۰/۳۲۹	۰/۵۲۹	۰/۷۵۳	۱	۱/۲۷۱	۱/۵۶۵	۱/۸۸۴	۲/۲۲۶	۲/۵۹۲



شکل (۳-۲) : فاکتور تصحیح فشار براساس رابطه شاخص نشت (UK/WI Report E)

رابطهٔ جذر فشار نیز در بخش (۲-۸-۲-۱) به طور کامل مورد ارزیابی قرار گرفته است . فاکتور تصحیح فشار با استفاده از روش جذر فشار، برای هر فشار متوسط شبانه منطقه‌ایی مورد نظر (AZNP) ، براساس رابطه (۲-۲) به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$PCF = \sqrt{\frac{AZNP}{50}} \qquad (۲-۳)$$

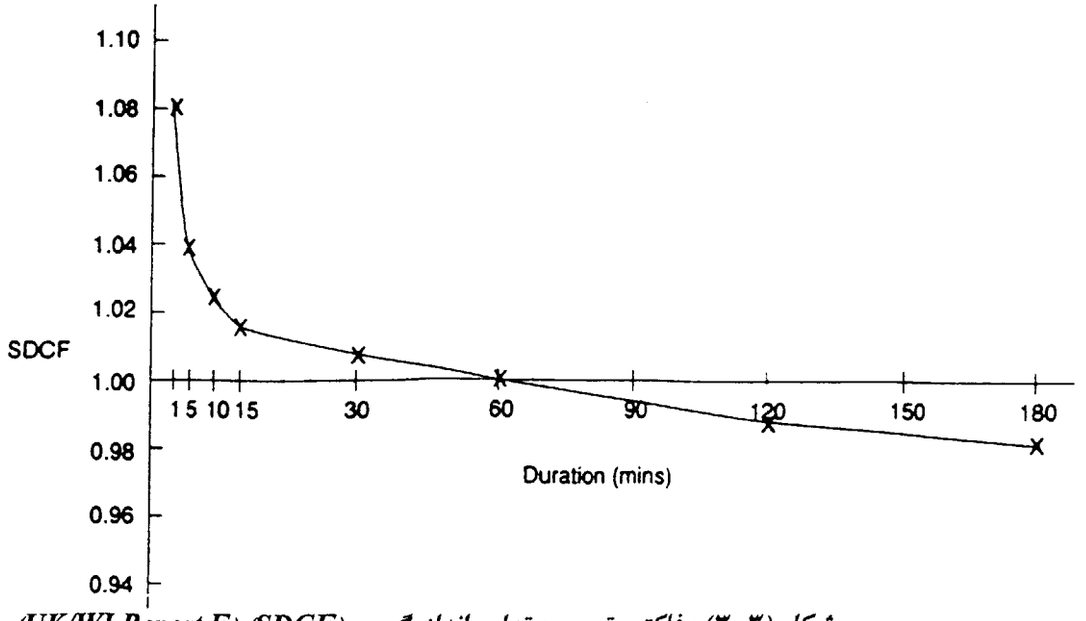
همچنین براساس مفهوم FAVAD که در بخش (۲-۸-۲-۴) بیان گردیده است . می‌توان در یک شبکه با فرض برابر بودن منافذ نشت ثابت و متغیر ، توان N در رابطهٔ توانی فشار – نشت را برای محدودهٔ وسیعی از نسبت $\frac{P_0}{P_1}$ برابر یک در نظر گرفت. در نتیجه با این فرض ساده کننده ، می‌توان فاکتور تصحیح فشار اولیه در یک شبکه را به صورت زیر محاسبه نمود:

$$PCF = \left(\frac{AZNP}{50}\right)^1 \qquad (۳-۳)$$

۱- فاکتور تصحیح تداوم اندازه‌گیری (SDCF)

در صورتیکه حداقل جریان شبانه در فواصل زمانی طولانی‌تر و یا کوتاهتر از یک ساعت ، اندازه‌گیری شده باشد ، از فاکتور تصحیح تداوم اندازه‌گیری (SDCF) (Sampling Duration Correction Factor) برای تصحیح مقادیر اندازه‌گیری شده استفاده می‌گردد. این فاکتور در شکل (۳-۳) نشان داده شده است . این رابطه از تحلیل اطلاعات جریان شبانه یک دقیقه‌ایی در ۱۶ ایزولهٔ شهری با ابعاد ۴۴۰ تا ۸۴۰۰ مشترک در سال ۱۹۹۲ در انگلستان بدست آورده شده است . در شکل زیر مشاهده می‌شود تأثیر SDCF در مقادیر اندازه‌گیری شده در تداومهای ۱۵ دقیقه‌ای تا ۳ ساعته ، چندان محسوس نبوده و حدود تغییرات ۲ ٪ ± می‌باشد .

همچنین علاوه بر ضرایب تصحیح فوق و به منظور تصحیح خطای کنتورهای حجمی که حداقل جریان شبانه را اندازه‌گیری می‌نمایند از ضریب تصحیح کنتور (f_m) استفاده می‌گردد . نحوهٔ محاسبه ضریب تصحیح کنتورها در بخش (۳-۳-۴-۳) به طور مفصل مورد بررسی قرار گرفته است .



شکل (۳-۳) : فاکتور تصحیح تداوم اندازه‌گیری (SDCF) (UK/WI Report E)

بدین ترتیب مقدار تصحیح شده حداقل جریان شبانه برای یک تداوم یک ساعته و فشار ۵۰ متر در یک ایزوله با استفاده از فاکتورهای تصحیح فشار (PCF) ، تصحیح تداوم اندازه‌گیری (SDCF) و

ضریب تصحیح کنتور (f_m) به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$NFM_{50} = INFM \times fm \times \frac{1}{PCF} \times SDCF \qquad (۴-۳)$$

NFM_{50} : حداقل جریان شبانه تصحیح شده

INFM: حداقل جریان شبانه اندازه‌گیری شده اولیه در ایزوله

۳-۲-۱-۳-برآورد آب تحویل شدهٔ شبانه

آب تحویل شده شبانه (NFD) ، یکی از مؤلفه‌های حداقل جریان شبانه است که می‌تواند شامل مؤلفه‌های زیر باشد :

- تلفات زمینه از لوله‌های زیرزمینی درون اشتراک
- شکستگیهای گزارش شده و گزارش نشده از لوله‌های زیر زمینی درون اشتراک
- تلفات زمینه از لوله کشیهای سطحی درون اشتراک
- مصارف خانگی شبانه (NFCU)

مصرف شبانهٔ خانگی معمولاً دارای حجم ثابتی است و به فشار بستگی ندارد. ولی سه مؤلفه دیگر که از مجموع به عنوان تلفات شبانه درون اشتراک شناخته می‌شوند ، تحت تاثیر میزان فشار در شبکه می‌باشند . بر آورد نسبتاً دقیق از میزان آب تحویل شده شبانه در دقت نتایج بدست آمده از آنالیز آب به حساب نیامده نقش عمده‌ایی دارد. دو روش مناسب برای ارزیابی جریان تحویل شده شبانه (NFD) و نیز مصرف شبانه خانگی (NFCU) با عنوان روشهای تست A و تست B در U.K/WI Report E توصیه شده است .

در روش تست A ، کنتورهای مشترکین دو بار در شب قرائت می‌گردند . اگر در هر بار قرائت کنتور، شمارندهٔ کنتور در حال چرخش باشد ، میزان کارکرد کنتور به عنوان تلفات شبانه خانگی محسوب می‌گردد و در غیر اینصورت به عنوان مصرف شبانه مشترک در نظر گرفته می‌شود .

در روش تست B ، آب تحویل شدهٔ شبانه به تعدادی از مشترکین بدون کنتور (تقریباً ۲۰۰ مشترک) تصب نموده و جریان شبانه را اندازه‌گیری می‌کنند. بدین منظور یک کنتور در روی لولهٔ اصلی نصب نموده و جریان شبانه را اندازه‌گیری می‌نمایند . سپس شیرهای ورودی مشترکین مورد

نظر را بسته و مجدداً جریان شبانه اندازه‌گیری می‌گردد . آب تحویل شدهٔ شبانه به این مشترکین از میزان اختلاف این دو جریان شبانه اندازه‌گیری شده بدست می‌آید .

۳-۲-۱-۳-۱- انحراف معیار استاندارد آب تحویل شده شبانه

بررسیهای مختلف در مورد آب تحویل شده شبانه و مصارف شبانه، نشان می‌دهد که تنها درصدی از مشترکین در هنگام شب فعال بوده و کل آب تحویل شدهٔ شبانه که در یک ایزوله اندازه‌گیری می‌شود به وسیله این مشترکین فعال تولید می‌گردد. با توجه به این مطلب اگر در یک ایزوله که تعداد کل مشترکین برابر N می‌باشد با فرض این که P درصد این مشترکین در هنگام شب فعال هستند و با در نظر گرفتن توزیع آماری بینم (Binominal Distribution) برای تعداد مشترکین فعال شبانه، میانگین و انحراف معیار استاندارد تعداد مشترکین فعال بصورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$\text{میانگین تعداد مشترکین فعال شبانه} = N \times P \qquad (۳-۵)$$

$$\text{انحراف معیار استاندارد و تعداد مشترکین فعال شبانه} = \sqrt{(NP(1-P))} \qquad (۳-۶)$$

حال اگر فرض شود که هر یک از مشترکین فعال دارای آب تحویل شدهٔ شبانه یکسان و معادل Z لیتر بر ساعت می‌باشند ، میانگین و انحراف معیار استاندارد آب تحویل شدهٔ شبانه، مطابق جدول (۳-۲) محاسبه می‌گردد.

جدول (۳-۲): انحراف معیار استاندارد و میانگین آب تحویل شدهٔ شبانه

L/hr	L/Prop/hr	
NPZ	PZ	میانگین آب تحویل شدهٔ شبانه (M)
$Z \times \sqrt{NP(1-P)}$	$Z \times \sqrt{(P(1-P)/N)}$	انحراف معیار استاندارد آب تحویل شده شبانه (SD)

انحراف معیار استاندارد آب تحویل شدهٔ شبانه، نشان دهندهٔ تاثیر تغییرات این جریان شبانه بر روی جریانهای شبانه اندازه‌گیری شده در یک ایزوله می‌باشد. از انحراف معیار استاندارد آب تحویل

شدهٔ شبانه در محاسبهٔ حجم اضافی (EV) که در بخش (۳-۲-۱-۴-۳) مورد بررسی قرار خواهد گرفت، استفاده می‌گردد.

۳-۲-۱-۴- ارزیابی و محاسبهٔ تلفات زمینه شبانه و روزانه در ایزوله

همانطور که قبلا نیز گفته شده، ارزیابی و برآورد تلفات زمینه در یک ساختار کلی منطبق بر – BABE NFM انجام می‌گردد. ولی روشهای برآورد اولیه و اصلاح نتایج بدست آمده در روش ارائه شده در این تحقیق با روشهای فعلی که منطبق بر BABE می‌باشد، کاملا متفاوت است.

در این روش، پس از اندازه‌گیری و اصلاح حداقل جریان شبانه و نیز برآورد آب تحویل شدهٔ شبانه، مرحله اصلی ارزیابی تلفات زمینه آغاز می‌شود. این مرحله از عملیات که در طی هفت گام انجام می‌گردد با تخمین اولیه‌ای از تلفات زمینه روزانه در گام اول آغاز گردیده و با محاسبه برآوردی نسبتاً دقیق از تلفات زمینه روزانه در گام هفته پایان می‌پذیرد. مراحل مختلف این مجموعه عملیات به ترتیب اولویت انجام آنها در ادامه آورده شده است.

۳-۲-۱-۴-۱- گام اول: تخمین اولیه تلفات زمینه روزانه

تخمین اولیهٔ تلفات زمینهٔ روزانه با استفاده از یک مدل ریاضی انجام می‌گردد. در این مدل ریاضی، درصد اولیهٔ تلفات زمینه روزانه در هر جزء (لوله) شبکه به صورت تابعی از جنس، عمر و میزان آب مصرفی از آن جزء برآورد می‌گردد.

تجربه نشان می‌دهد که در هر شبکه‌ایی از لحظهٔ آغاز بهره برداری، بر اثر عواملی از قبیل عدم رعایت دقیق استانداردها، مشکلات اجرایی و بهره‌برداری و یا خرابی تجهیزات، درصدی از آب به صورت تلفات زمینه از شبکه خارج می‌گردد.

درصد تلفات در آغاز بهره‌برداری با PS نشان داده می‌شود . مقدار PS برای جنسهای مختلف لوله متفاوت است. مقادیر تجربی PS برای جنسهای متداول لوله در شبکه‌های توزیع در جدول (۳-۳) آورده شده است.

درصد تلفات از اجزاء شبکه با گذشته زمان و بر اثر عواملی مختلفی که به برخی از آنها در ابتدای فصل اشاره گردید، افزایش می‌یابد. لذا بیشترین تلفات در پایان عمر مفید لوله ایجاد

می‌گردد.عمر مفید برخی از لوله‌ها که توسط کارخانه سازنده ارائه مـی‌گردد ، در جـدول (۳-۴) آورده شده است .

جدول (۳-۳) : درصد تلفات در آغاز بهره برداری برای جنسهای مختلف لوله

جنس لوله	بتنی	آزبست	داکتیل	چدنی	فولادی	فولاد گالوانیزه	پی وی سی	پلی اتیلن
درصد تلفات در آغاز بهره برداری	۳	۵	۳	۵	۵	۵	۵	۵

جدول (۳-۴) : عمر مفید جنسهای مختلف لوله

جنس لوله	بتنی	آزبست	داکتیل	چدنی	فولادی	فولاد گالوانیزه	پی وی سی	پلی اتیلن
عمر مفید (سال)	۵۰	۴۰	۷۰	۴۵	۵۵	۳۰	۳۰	۳۰

تخمین اولیه درصد تلفات زمینه روزانه در هر جزء شبکه براساس جنـس و عمـر آن جـزء و بـا فرض اینکه تغییر درصد تلفات ازآغاز بهره برداری (PS) تا پایان عمر مفید لوله (PE) به صورت خطـی باشد، از رابطهٔ زیر محاسبه می‌گردد:

$$(P_{DBL})_{i,j} = \frac{(PE)_i - (PS)_i}{(YB)_i} \times y_{ij} + (PS)_i \qquad (۵-۳)$$

$(P_{DBL})_{ij}$: درصد اولیهٔ تلفات زمینه روزانه از لوله با جنس Iو عمر j

$(PS)_i$:درصد تلفات زمینه لوله با جنس i در آغاز بهره‌برداری

$(PE)_i$: درصد تلفات زمینه لوله با جنس i در پایان عمر مفید لوله

$(y_B)_i$: عمر مفید لوله از جنس i

برآورد درصد تلفات زمینه لوله درپایان عمر مفید آن براساس اهداف آنالیز و بوسیله یک مجموعه عملیات سعی و خطا انجام می‌گردد.

بدلیل اینکه درصد اولیهٔ تلفات زمینه روزانه که توسط این مدل تخمین زده می‌شود در برآورد اولیهٔ تلفات زمینه شبانه مورد استفاده قرار می‌گیرد و با توجه به نحوهٔ عملکرد این روش دربرآورد تلفات فیزیکی موجود در شبکه ، $(PE)_i$ می‌بایستی به گونه‌ایی انتخاب گردد که میزان تلفات زمینه روزانه اولیه شبکه در وضعیت شرایط زیر بنایی خوب شبکه برآورد و سپس در طی یک سلسله عملیات و محاسبات ، این برآورد اولیه اصلاح گردد.

شرایط زیربنایی خوب در کشورهای مختلف دارای تعاریف متفاوتی است. در کشوری مانند ایران وجود تلفات زمینه روزانه در حدود ۱۵٪ جریان ورودی روزانه به شبکه ، نشان دهندهٔ شرایط زیر بنایی خوب در آن شبکه می‌باشد . البته تعیین شرایط زیر بنایی خوب برای شبکه های مختلف با توجه به عمر متوسط ایزوله و براساس قضاوت مهندسی می‌تواند تغییراتی داشته باشد . بالا بودن بیش از حد (PE) باعث کاهش دقت محاسبات و پایین بودن بیش از حد آن باعث طولانی شدن بیش از حد عملیات می‌گردد. تلفات زمینه روزانه اولیه در هر ناحیه از ایزوله به صورت زیر محاسبه می‌شود :

$$(\mathrm{IDBL})_K = \frac{(\mathrm{P_{DBL}})_{ij}}{100} \times [(\mathrm{DFD})_K + (\mathrm{UF})_K] \qquad (۸-۳)$$

$$(IDBL) = \sum_{K=1}^{N} [(P_{DBL})ij \times [(DFD)_K + (UF)_K]] \qquad (۹-۳)$$

$(IDBL)_K$: تلفات زمینه روزانه اولیه در ناحیه K ام ایزوله که دارای لوله‌های از جنس i و با عمر i می‌باشد .

$IDBL$: تلفات زمینه روزانه اولیه در کل ایزوله مورد نظر

$(DFD)_K$: آب تحویل شده ۲۴ ساعته به مشترکین ناحیه K

$(UF)_K$: تلفات غیر فیزیکی ناشی از خرابی کنتورها و انشعابات غیر مجاز در ناحیه K (مراجعه به بخش (۳-۳))

n: : تعداد ناحیه‌های ایزوله

منظور از ناحیه در هر ایزوله ، مجموعه‌ایی از لوله‌های متصل به هم می‌باشد که دارای قطر و عمر و جنس یکسان هستند .

در یک مجموعه عملیات سعی و خطا و با تغییر $(PE)_i$ در رابطهٔ (۳-۷) و محاسبهٔ $(IDBL)_{ij}$ از رابطهٔ (۳-۸) ، درصد تلفات زمینه روزانه شبکه از رابطه زیر محاسبه گردیده و مقداری برای $(PE)_i$ پذیرفته می‌شود که درصد تلفات زمینه روزانه حدود ۱۵٪ برای کل شبکه ایجاد نماید .

$$\text{درصد تلفات زمینه روزانه شبکه} = \frac{(IDBL)}{(\text{ورودی روزانه ایزوله})} \times ۱۰۰ \qquad (۳-۱۰)$$

۳-۲-۱-۴-۲- گام دوم: فاکتور ساعت – روز و محاسبهٔ تلفات زمینه شبانه اولیه

با توجه به تاثیر فشار بر میزان نشت و تلفات زمینه ، دبی نشت در شبکه توزیع در صورتی می‌تواند در طول ۲۴ ساعت ثابت و یکنواخت باشد که فشار در شبکه توزیع در طول ۲۴ ساعت ثابت باشد. با توجه به اینکه فشار در طول شبانه روز با تغییرات مصرف مشترکین تغییر می‌نماید، لذا برای محاسبهٔ تلفات زمینه شبانه ، می‌بایستی تلفات زمینه روزانه ، (۲۴ ساعته) بر فاکتوری به نام فاکتور ساعت – روز تقسیم گردد. بدین ترتیب تلفات زمینه شبانه اولیه از رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود :

$$(INBL)_K = (IDBL)_K \times \frac{1}{F_{hd}} \qquad (۳-۱۱)$$

$(INBL)_K$: تلفات زمینه شبانه در ناحیه K

$(IDBL)_K$: تلفات زمینه روزانه (۲۴ ساعته) اولیه در ناحیه K

F_{hd}: فاکتور ساعت - روز

فاکتور ساعت – روز برای شبکه‌های با تأمین فشار ثقلی که مدیریت فشار نشده‌اند معمولاً کوچکتر از یک است . ولی این فاکتور در شبکه‌هایی که سیستم تأمین فشار پمپی داشته و یا مدیریت فشار نشده‌اند ، بزرگتر از یک می‌باشد . همچنین نشانه‌هایی وجود دارد که بیانگر بزرگتر بودن فاکتور ساعت – روز برای سیستمهای با فشار کمتر، نسبت به سیستمهای با فشار بالاتر است. این مسئله هنوز اثبات نشده و نیاز به تحقیقات جزئی‌تر ی دارد .

در ابتدای آنالیز که اطلاعات کافی از وضعیت شبکه در دسترس نیست، می‌توان مقدار اولیه ایی برای فاکتور ساعت – روز از طریق یکی از روشهای تقریبی زیر و یا میانگین مقادیر بدست آمده از آنها و براساس قضاوت مهندسی انتخاب نمود:

الف – استفاده از رابطه جذر فشار

فاکتور ساعت – روز را می‌توان براساس رابطه جذر فشار(رابطه (۲-۲)) به صورت زیر برآورد نمود:

$$F_{hd} = \sqrt{\frac{p_w}{p_{Max}}} \qquad (۱۲-۳)$$

$$P_w = \frac{\sum_{i=1}^{n} p_i t_i}{\sum_{i=1}^{n} t_i} \qquad (۱۳-۳)$$

p_i : فشار در ساعات مختلف شبانه روز (۲۴ ساعت)

t_i: مدت زمانی که فشار در شبکه p_i می‌باشد .

P_w: متوسط وزنی فشار در ۲۴ ساعت شبانه روز

p_{Max}: فشار حداکثر (در زمان حداقل جریان شبانه)

ب – استفاده از مفهوم FAVAD و رابطهٔ توانی فشار – نشت

هرگاه در ایزوله ایی فاکتور ساعت – روز محاسبه نشده باشد ، یکی از روشهای ساده برای محاسبهٔ این فاکتور ، استفاده از مفهوم FAVAD با فرض سادهٔ کننده $R_{fM} = 1$ می‌باشد . در چنین حالتی ، می‌توان با در نظر گرفتن رابطهٔ خطی بین فشار و نشت و یا به عبارتی دیگر در نظر گرفتن توان N=1 در رابطهٔ توانی فشار – نشت مقدار اولیه‌ایی را برای فاکتور ساعت – روز در ایزوله محاسبه نمود (Lambert 1997) .

ج- استفاده از ضریب توصیه شده در Report 26

در Report 26 به دلیل اینکه فاکتور نشت در ساعات نیمه شب برابر ۱/۲ درنظر گرفته شده است، استفاده از ضریب $20/24$ برای شبکه های مدیریت فشار نشده ، توصیه شده است .

مقدار اولیه فاکتور ساعت – روز که از یکی روشهای فوق دست آمده است در مراحل بعدی آنالیز ، متناسب با شرایط شبکه مورد نظر اصلاح خواهد شد .

۳-۲-۱-۴-۳- گام سوم: محاسبه حجم اضافی (Excess Volume) (EV)

پس از برآورد تلفات زمینه شبانهٔ اولیه (INBL) و با استفاده از مقادیر حداقل جریان شبانه اندازه‌گیری شده اولیه در ایزوله (INFM) و میزان آب تحویل شدهٔ شبانه (NFD)، حجم اضافی (EV) از رابطهٔ زیر محاسبه می‌گردد.

(۱۴-۳)

$$EV = \left[(INFM) \times f_m \times (SDCF) \times \frac{1}{(PCF)} \right] - \left[\sum_{k=1}^{n} (INBL)_k \times \frac{1}{(PCF)} + V_{RB} + \sum_{k=1}^{n} (NFD)_k + (SD) \right]$$

که در آن :

V_{RB} ، حجم تلفات ناشی از شکستگیهای گزارش شده در زمان اندازه‌گیری حداقل جریان شبانه می‌باشد و SD میزان انحراف معیار استاندارد آب تحویل شده شبانه در ایزوله را نشان می‌دهد .

همانگونه که در رابطه فوق نشان داده شده است حجم اضافی (EV) ، میزان اختلاف بین حداقل جریان شبانه اندازه‌گیری شده با مجموع سه پارامتر زیر می‌باشد :

الف- تلفات زمینه شبانهٔ اولیه (INBL)

ب -آب تحویل شدهٔ سبانه مشترکین (NFD)

ج- شکستگیهای گزارش شده در هنگام اندازه‌گیری حداقل جریان شبانه (V_{RB})

این میزان اختلاف بر اثر یکی از سه عامل زیر ایجاد می‌گردد:

۱- شکستگیهای گزارش نشده موجود در شبکه در هنگام اندازه‌گیری حداقل جریان شبانه

۲- خطا در برآورد اولیه از شرایط زیر بنایی شبکه

۳- ترکیبی از حالات (۱) و (۲)

به منظور تعیین عامل ایجاد حجم اضافی (EV) ، مجموعه عملیات و محاسباتی با عنوان ارزیابی و مکان یابی شکستگیهای گزارش نشده انجام می‌گردد. در پایان این مجموعه عملیات و تجزیه و تحلیلهای مربوط در پایان به ، برآورد نسبتاً دقیقی از تلفات زمینه شبانه و نیز شکستگیهای گزارش نشده منجر می‌شود.

۳-۲-۱-۴-۴- گام چهارم: مکان یابی و ارزیابی شکستگیهای گزارش نشده (URB)

مکان یابی شکستگیهای گزارش نشده (URB) (Unreported Bursts) از طریق مجموعه عملیاتی مرکب از فشار سنجی ، شبیه سازی هیدرولیکی و نشت یابی انجام می‌گردد.

در هنگام وقوع شکستگی در یک ناحیه از ایزوله به علت افزایش سرعت جریان، میزان فشار در نقاط نزدیک به محل شکستگی کاهش می‌یابد. لذا در صورتیکه در شبیه سازی هیدرولیکی جریان شبانهٔ شبکه این شکستگی در نظر گرفته نشود ، میزان فشار گره در شبیه سازی ، بیشتر از میزان فشار واقعی بدست آمده از عملیات فشار سنجی است. لذا با یک مجموعه عملیات فشار سنجی وشبیه سازی هیدرولیکی در مسیرها و نقاطی خاص در ایزوله ، می‌توان محدودهٔ تقریبی وقوع شکستگی گزارش نشده در ایزوله را مشخص نمود. نحوهٔ تعیین مسیرها و نقاط فشار سنجی و چگونگی شبیه سازی هیدرولیکی و سایر عملیات مورد نیاز جهت مکان یابی URB به ترتیب اولویت عملیات در ادامه آورده شده است.

۱-تعیین نقاط و مسیرهای فشار سنجی با استفاده از شبیه سازی هیدرولیکی

عملیات فشار سنجی با هدف مکان یابی شکستگیهای گزارش نشده (URB) با فشار سنجی انجام شده با هدف تعیین AZNP کاملاً متفاوت بوده و از نقاط و مسیرهای ویژه‌ایی جهت فشار سنجی استفاده می‌گردد.

یکی از مهمترین آثار وقوع شکستگی در شبکه ، افت فشار در بخشهایی از شبکه می‌باشد . در یک ایزوله در حالت عادی (یعنی زمانیکه تمامی شیرها در درون ایزوله باز است) با توجه به ساختار شبکه از نظر ارتباط لوله‌ها و بخشهای مختلف آن به یکدیگر ، وقوع شکستگی در یک نقطه ممکن

است تنها در نقاط محدودی از شبکه باعث افت فشار گردیده و در بخشهای دیگر شبکه اثرات آن مشهود نباشد . از طرفی با توجه به قطر لوله‌ها و یا حلقوی بودن بخشهایی از شبکه ممکن است در برخی از نقاط ، وقوع URB شبانه تأثیری بر فشار در نقاط مختلف شبکه ایجاد ننماید . لذا روش تعیین نقاط و مسیرهای فشار سنجی با استفاده از شبیه سازی هیدرولیکی به گونه‌ایی طراحی گردیده است که وقوع URB در کلیهٔ بخشهای شبکه قابل تشخیص و مکان یابی باشد.

شبیه سازی هیدرولیکی شبکه با نرم افزارهای مختلفی از جمله EPANET قابل انجام می‌باشد. در شبیه سازی هیدرولیکی ایزوله، این بخش از شبکه مستقل در نظر گرفته شده و در نقطهٔ ورودی آن یک مخزن فرضی قرار داده می‌شود . تراز آب در این مخزن فرضی معادل مجموع فشار در نقطهٔ ورودی ایزوله و تراز زمین در این نقطه می‌باشد . همچنین میزان تقاضا در هر ناحیه از ایزوله از رابطهٔ زیر بدست می‌آید :

$$D_k = (INBL)_k + (NFD)_k \qquad (۱۵-۳)$$

D_k: تقاضا در ناحیهٔ K ام ایزوله

$(INBL)_k$: تلفات زمینه شبانه اولیه در ناحیه K ام ایزوله

$(NFD)_k$: مجموع جریانهای شبانه تحویل شده به مشترکین خانگی در ناحیه K ام ایزوله

تقاضا در هر ناحیه، به گره مرجع در آن ناحیه نسبت داده می‌شود . منظور از گره مرجع ، گره‌ایی است که در انتهای لوله‌های هر ناحیه که دارای قطر و عمر و جنس یکسان بوده و متصل به هم می‌باشند ، قرار گرفته است .

شبیه سازی هیدرولیکی با هدف تعیین مسیرها و نقاط فشار سنجی در چندین حالت مختلف انجام می‌گردد. منظور از حالات مختلف ، باز و بسته نمودن شیرهای شبکه با هدف تغییر سرعت و مسیر جریان و یا قطع جریان در بخشهایی از شبکه می‌باشد . در هر یک از این حالات یک شکستگی فرضی در نقاط مختلف شبکه اعمال گردیده و وضعیت افت فشار در نقاط مختلف شبکه بررسی می‌گردد. سپس تعدادی از حالات مختلف فشار سنجی که در مجموع قابلیت انعکاس وقوع شکستگی در هر نقطه‌ایی از شبکه را دارا باشند به عنوان مسیرهای فشارسنجی انتخاب می‌شوند. همچنین در هر یک از این مسیرهای فشارسنجی ، نقطه‌ایی که دارای بیشترین حساسیت نسبت به وقوع

شکستگی در نقاط مختلف آن مسیر می‌باشد به عنوان نقطهٔ فشار سنجی در آن مسیر تعیین می‌گردد. البته در بعضی از حالات فشار سنجی به علت پایین بودن سرعت جریان شبانه، افت فشار در گره‌های فشار سنجی بر اثر وقوع شکستگی چندان محسوس نیست. این مشکل با استفاده از روش افزایش حساسیت گره‌های فشار سنجی برطرف می‌گردد. این روش در ادامه آورده شده است .

۳-افزایش حساسیت گره‌های فشار سنجی نسبت به وقوع شکستگی

علت اصلی محسوس نبودن افت فشار ناشی از وقوع شکستگی در لوله‌ها ، کوچک بودن دبی جریان شبانه نسبت به دبی ماکزیمم ساعتی است . با توجه به اینکه قطر لوله‌ها در شبکه براساس دبی ماکزیمم ساعتی طراحی گردیده ، در نتیجه در اکثر بخشهای شبکه سرعت جریان بسیار پایین و معمولاً کمتر از ۰/۱ متر بر ثانیه می‌باشد . از سوی دیگر، رابطهٔ دارسی وایسباخ (رابطه (۳-۱۶)) و سایر روابط محاسبهٔ افت فشار در لوله‌ها ، نشان دهندهٔ متناسب بودن افت فشار با توان دوم سرعت می‌باشد. لذا می‌توان انتظار داشت که با کاهش شدید سرعت در یک لوله میزان افت فشار به شدت کاهش یابد.

$$h_r = \frac{fl}{D} \times \frac{v^2}{2g} \qquad (۳-۱۶)$$

با توجه به مطالب فوق، حساسیت گره‌های فشار سنجی نسبت به وقوع شکستگی بایستی به روش مناسبی افزایش داده شود و یا به عبارتی دیگر میزان افت فشار در این گره‌ها در هنگام وقوع شکستگی افزایش یابد. البته این عملیات بایستی به گونه‌ایی انجام شود که در خصوصیات جریان شبانه در کل ایزوله تغییری ایجاد ننماید .

مناسب ترین روش افزایش حساسیت در مسیرهای مختلف فشار سنجی ، کاهش قطر شیر و یا لوله‌ایی واقع در ابتدای مسیر فشار سنجی مورد نظر می‌باشد . بدین ترتیب در هنگام وقوع شکستگی در محدودهٔ این مسیر ، میزان افت فشار در گره‌های فشار سنجی به شدت افزایش می‌یابد، بدون اینکه میزان سرعت و افت فشار در طول سایر لوله‌های شیر آلات مسیر تغییری نماید. با کاهش قطر یک شیر (مثلاً نصف حالت عادی) ، سرعت جریان در این شیر به چند برابر حالت اولیه افزایش می‌یابد، ولی در سایر لوله‌های پایین دست این شیر به علت ثابت بودن دبی و براساس رابطهٔ پیوستگی (Q=A

V_x) میزان سرعت نسبت به حالت اولیه تغییر نمی‌نماید . در نتیجه با وقوع شکستگی ، به علت افزایش افت فشار در شیر مورد نظر ، میزان افت فشار در گره‌های فشار سنجی نیز به همین میزان افزایش می‌یابد .

۳- فشار سنجی درشبکه

پس از تعیین مسیرها و نقاط فشار سنجی ، عملیات فشار سنجی درشبکه آغاز می‌گردد . این عملیات همزمان با حداقل جریان شبانه و در نقاط فشار سنجی تعیین شده و در مسیرهای مختلف انجام می‌گردد . همچنین در هر مسیر فشار سنجی با تغییر قطر شیرهایی که از طریق شبیه سازی هیدرولیکی مشخص شده‌اند ، حساسیت گره‌هایی فشار سنجی افزایش داده می‌شود .

۴-شبیه سازی هیدرولیکی و مقایسه نتایج با فشار سنجی در شبکه

پس از عملیات فشار سنجی در شبکه، مجدداً از شبیه سازی هیدرولیکی استفاده می‌گردد. در این شبیه سازی تراز مخزن فرضی در ورودی ایزوله و نیز میزان تقاضا در گره‌های مختلف ، همانند روش ارائه شده در بند یک این گام ، تعیین می‌گردند . شبیه سازی در مسیرهای مختلف فشار سنجی انجام می‌شود و میزان فشار بدست آمده از عملیات فشار سنجی با نتایج بدست آمده از شبیه سازی با یکدیگر مقایسه می‌شوند .

عدم تطبیق فشارهای بدست آمده از عملیات فشار سنجی و شبیه سازی هیدرولیکی، نشان دهندهٔ عدم تطبیق سرعت در مسیر فشار سنجی در این دو حالت می‌باشد زیرا در جریان شبانه به علت پایین بودن سرعت، جریان آب در لوله‌ها در وضعیت لایه ای قرار داشته و میزان افت فشار تنها به سرعت جریان بستگی دارد و زبری لوله‌ها تاثیر چندانی بر میزان افت فشار ایجاد نمی‌نماید. عدم تطبیق سرعتها در واقع نشان دهندهٔ وجود دبی خروجی اضافی در بخشهایی از شبکه است.

این دبی خروجی اضافی ابتدا به عنوان شکستگی گزارش نشده در نظر گرفته می‌شود و عملیات مکان یابی آن آغاز می‌گردد و در صورتیکه در محدودهٔ مورد نظر هیچ نوع شکستگی پیدا نشد، این اختلاف دبی خروجی به خطای بوجود آمده در تشخیص سطح شرایط زیر بنایی شبکه و یا به عبارتی دیگر به تلفات زمینه شبکه نسبت داده می‌شود.

جهت تعیین محدودهٔ تقریبی شکستگیها از تست حساسیت گره‌ها نسبت به شکستگی استفاده می‌کنیم . این تست حساسیت نیز از طریق شبیه سازی هیدرولیکی انجام می‌گردد. بدین ترتیب که ایزوله همانند شبیه سازیهای قبل در مسیرهای مختلف فشار سنجی شبیه سازی شده و سپس در نقاط مختلف مسیر، شکستگیهایی اعمال و میزان فشار در نقطهٔ فشار سنجی با میزان فشار بدست آمده از عملیات فشار سنجی مقایسه می‌گردد. هر نقطه‌ایی که وقوع شکستگی در آن تطابق بیشتری بین شبیه سازی و عملیات فشار سنجی ایجاد نمود، به عنوان محدودهٔ تقریبی مشکوک به شکستگی گزارش نشده در نظر گرفته می‌شود . محل دقیق وقوع شکستگی با استفاده از دستگاههای نشت یاب تعیین می‌گردد.

۵- تعیین محل دقیق وقوع شکستگی با استفاده از دستگاههای نشت یاب

پس از تعیین محدودهٔ تقریبی وقوع شکستگی ، تعیین محل دقیق آن با استفاده از دستگاههای نشت یابی به سادگی امکان پذیر است. نشت یابی به روشهای مختلفی انجام می‌گردد. یکی از پر کاربردترین و دقیق ترین این روشها ، روش کرولیشن می‌باشد . در این روش با نصب دوحسگر (Sensor) در دو طرف محدودهٔ مشکوک به شکستگی ، محل دقیق آن مشخص می‌گردد. در مورد دستگاهها ی نشت یاب کرولیتور و نحوهٔ نشت یابی به این روش درپیوست شماره (۱) توضیحاتی ارائه شده است .

پس از تعیین محل دقیق شکستگی ، میزان دبی خروجی آن در زمان حداقل جریان شبانه با استفاده ازقطر سوراخ(شکستگی) و میزان فشار ، محاسبه و بر آورد می‌گردد. در مورد نحوهٔ محاسبهٔ دبی خروجی ناشی از شکستگیها در بخش (۳-۲-۲) توضیحاتی ارائه گردیده است.

بدین ترتیب کلیهٔ نواحی مشکوک به شکستگی گزارش نشده مورد بررسی قرار گرفته و شکستگیهای احتمالی و دبی تلفات ناشی از آنها ارزیابی گردیده و حجم کل تلفات ناشی از انها از رابطهٔ زیر محاسبه می‌گردد:

$$V_{URB}= \Sigma (Qi \times t) \qquad (۳-۱۷)$$

V_{URB} : حجم کل تلفات ناشی از شکستگیهای گزارش نشده در ایزوله در زمان حداقل جریان شبانه

Q_i : دبی تلفات ناشی از شکستگی i ام.

t : تداوم اندازه‌گیری حداقل جریان شبانه

پس از تعیین حجم تلفات ناشی از شکستگیهای گزارش نشده ، میزان تلفات شبانه اولیه به صورتیکه در گام پنجم ارزیابی و محاسبه تلفات زمینه آورده شده است ، اصلاح می‌گردد.

۳-۲-۱-۴-۵-گام پنجم: تعیین مقدار دقیق تلفات زمینه شبانه

پس از تعیین حجم تلفات ناشی از شکستگیهای گزارش نشده (V_{URB}) و مقایسه آن با حجم اضافی (EV) که در گام سوم ارزیابی تلفات زمینه محاسبه گردیده بود، یکی از دو حالت زیر بوجود می‌آید :

حالت اول : حجم تلفات شکستگیهای گزارش نشده معادل حجم اضافی محاسبه شده باشد .

$(EV=V_{URB})$

حالت دوم: حجم تلفات شکستگیهای گزارش نشده کمتر از حجم اضافی محاسبه شده باشد .

$(EV<V_{URB})$

حالت اول نشان دهندهٔ صحت ارزیابی اولیه از تلفات زمینه موجود در شبکه می‌باشد و مقادیر تخمین اولیه نیاز به اصلاح و تغییر ندارد. حالت دوم نشان دهندهٔ عدم صحت ارزیابی اولیه از تلفات زمینه و شرایط زیر بنایی شبکه می‌باشد لذا می‌بایستی مقادیر تخمین اولیه از تلفات زمینه اصلاح گردد. بدین منظور ابتدا میزان خطا در تخمین اولیه تلفات زمینه از رابطهٔ زیر محاسبه می‌گردد:

$$(EV)' = V_{URB} - EV \qquad (۱۸-۳)$$

$(EV)'$: میزان خطا در تخمین اولیه تلفات زمینه را نشان می‌دهد .

با فرض اینکه میزان خطا در برآورد اولیه تلفات زمینه در هر بخش شبکه متناسب با تخمین اولیه از حجم تلفات در آن بخش می‌باشد ، $(EV)'$ را به صورت وزنی در بخشهای مختلف شبکه، توزیع نموده و میزان تلفات زمینه شبانه در آنها را با استفاده از رابطهٔ (۳-۲۰) اصلاح می‌نماییم.

$$CF_k = \frac{(INBL)_k}{\sum_{K=1}^{n}(INBL)_K} \qquad (۱۹-۳)$$

$$(NBL)_K = CF_K \times (EV)' + (INBL)_K \qquad (۲۰-۳)$$

CF_K : فاکتورصحیح تلفات زمینه شبانه در ناحیه K ام

$(INBL)_K$: تلفات زمینه شبانه اولیه در ناحیهK ام

$(NBL)_K$: تلفات زمینه شبانه اصلاح شده در ناحیه K ام

۳-۲-۱-۴-۶- گام ششم: اصلاح فاکتور تصحیح فشار و فاکتور ساعت – روز

پس از تعیین مقادیر دقیق تلفات زمینه شبانه و مقادیر تلفات ناشی از شکستگیهای گزارش نشده ، می‌توان فاکتور تصحیح فشار (PCF) و فاکتور ساعت – روز (F_{hd}) در ایزوله مورد نظر را با استفاده از مفهوم FAVAD - BABE مشخص و اصلاح نمود.

این مفهوم که در سال ۱۹۹۷ توسط Lambert ارائه گردید، تاثیرات فشار بر سه مؤلفه اصلی جریان شبانه را به صورت جداگانه و به شرح زیر در نظر می‌گیرد:

۱- تلفات ناشی از شکستگیها به خصوص در لوله‌های فلزی متناسب با جذر فشار است .

۲- میزان تلفات زمینه بر اثر فشار با استفاده از رابطهٔ توانی زیر قابل محاسبه می‌باشد .

$$\frac{NBL_1}{NBL_0} = \left(\frac{AZNP_1}{AZNP_0}\right)^N \qquad (۲۱-۳)$$

توان N در این رابطه با معلوم بودن نسبت منافذ ثابت به متغیر (R_{FVL}) با استفاده از شکل (۲-۵) قابل محاسبه می‌باشد .

۱- میزان مصرف شبانه خانگی دارای حجم ثابتی است و تحت تاثیر فشار نمی‌باشد

با توجه به مطالب فوق، در هر ایزوله در صورتی که در یک فشار $AZNP_0$، مقادیر سه مؤلفه حداقل جریان شبانه معلوم باشد، در هر فشار $AZNP_1$ دیگر نیز می‌توان مقادیر این مؤلفه‌ها را با استفاده از اطلاعات موجود و اندازه‌گیری حداقل جریان شبانه محاسبه نمود .

میزان مصرف شبانه با تغییرات فشار ، تغییر چندانی نمی‌یابد همچنین میزان تلفات ناشی از شکستگیها در فشار $AZNP_1$ براساس مقادیر تلفات ناشی از شکستگیها در فشار $AZNP_0$ و با استفاده از رابطهٔ جذر فشارقابل محاسبه می‌باشد . لذا می‌توان با اندازه‌گیری حداقل جریان شبانه و کسر نمودن مجموع مصارف شبانه و تلفات نشای از شکستگیها از آن ، میزان تلفات زمینه شبانه در فشار $AZNP_1$ را محاسبه نمود .

با توجه به مطالب فوق، در یک ایزوله که مقادیر مؤلفه‌های حداقل جریان شبانه در یک فشار $AZNP_0$ مشخص می‌باشد ، می‌توان مقادیر R_{fM} و در پی آن فاکتور تصحیح فشار و فاکتور ساعت – روز را با مجموعه عملیاتی به ترتیب زیر اصلاح و مشخص نمود:

۱- اندازه‌گیری حداقل جریان شبانه (NFM) درایزوله در فشار ($AZNP_1$) .

۲- محاسبه مؤلفه‌های حداقل جریان شبانه در فشار $AZNP_1$ به ترتیب زیر :

الف- مصرف شبانه خانگی (NFCUA)

$$NFCUA_1=NFCUA_0 \qquad (۲۲-۳)$$

ب- تلفات ناشی از شکستگیهای گزارش شده (V_{RB}) و شکستگیهای گزارش نشده (V_{URB})

$$\left[(V_{RB})_1+(V_{URB})_1\right]=\left[(V_{RB})_0+(V_{URB})_0\right]\times\sqrt{\frac{AZNP_1}{AZNP_0}} \qquad (۲۳-۳)$$

ج- تلفات زمینه شبانه (NBL)

$$NBL_1 = NFM_1-\left[(V_{RB})_1+(V_{URB})_1+NFCUA_1\right] \qquad (۲۴-۳)$$

۲- محاسبه توان N در رابطهٔ توانی فشار – نشت :

$$\frac{NBL_1}{NBL_0}=\left(\frac{AZNP_1}{AZNP_0}\right)^N \qquad (۲۴-۳)$$

در این رابطه مقادیر NBL_1 , NBL_0 و نیز $AZNP_1, AZNP_0$ معلوم است و تنها مقدار N مجهول است، لذا مقدار N از طریق حل یک معادلهٔ ریاضی به سادگی محاسبه می گردد.

۱- برآورد R_{FVL} :

حال با داشتن مقادیر N و نسبت $\frac{AZNP_0}{AZNP_1}$. با استفاده از مفهوم FAVAD ، و با کمک شکل (۲-۵) پارامتر R_{FVL} برآورد می‌گردد.

۵-تعیین فاکتور تصحیح فشار و فاکتور ساعت - روز

با مشخص بودن R_{FVL} با استفاده از مفهوم FAVAD ، در هر فشار $AZNP_1$ می‌توان N و درپی آن فاکتور تصحیح فشار را محاسبه نمود. همچنین تا زمانی که تحقیقات وسیع تری در زمینه فاکتور ساعت – روز انجام نگردیده است می‌توان با استفاده از همین روش و بکارگیری متوسط وزنی فشار (رابطه (۳-۱۲)) ، این فاکتور را نیز محاسبه و اصلاح نمود .

۳-۲-۱-۴-۷- گام هفتم : محاسبهٔ تلفات زمینه روزانه اصلاح شده

تخمین اولیه از تلفات زمینه روزانه در هر بخش شبکه با استفاده از مقادیر اصلاح شده تلفات زمینه شبانه و مطابق رابطهٔ (۳-۲۶) اصلاح می‌گردد:

$$(DBL)_K = F_{hd} \times (NBL)_k \qquad (۳-۲۶)$$

$$(DBL) = \sum_{K=1}^{n} (DBL)_k \qquad (۳-۲۷)$$

$(DBL)_K$: تلفات زمینه روزانه اصلاح شده در ناحیه k ام

$(NBL)_K$: تلفات زمینه شبانه اصلاح شده در ناحیه k ام

F_{hd}: فاکتور ساعت – روز اصلاح شده .

بدین ترتیب همانگونه که در ابتدای بخش (۳-۲-۲-۳) بیان گردید، ارزیابی تلفات زمینه با یک تخمین اولیه از تلفات زمینه روزانه آغاز گردیده و در اینجا با یک برآورد نسبتاً دقیق از تلفات زمینه روزانه، پایان می‌پذیرد .

روند عملیات انجام شده جهت ارزیابی تلفات زمینه روزانه به طور خلاصه در شکل (۳-۵) نشان داده شده است . همچنین کلیهٔ محاسبات و عملیات انجام شده جهت ارزیابی تلفات زمینه به صورت یک جدول محاسباتی (Spread sheet) در ادامه آورده می‌شود .

در ادامهٔ این فصل ، از نتایجی که در این بخش از ارزیابی تلفات زمینه بدست آورده شد به همراه نتایجی که در بخش بعد و ارزیابی تلفات ناشی از شکستگیها بدست آورده می‌شود، جهت ارزیابی کلی تلفات فیزیکی ونیز تعیین درصد کل آب به حساب نیامده استفاده خواهد شد .

۳-۲-۱-۵- جدول محاسباتی (Spreadsheet) انالیز تلفات زمینه

جدول محاسباتی یا اسپیریدشیت (Spreadsheet) آنالیز تلفات زمینه، شامل مجموعه‌ایی از ستونهای اطلاعات مربوط به یک ایزوله می‌باشد ، که با وارد نمودن این اطلاعات به جدول و انجام محاسبات لازم ، میزان تلفات زمینه روزانه در ایزوله تعیین می‌گردد. جدول محاسباتی آنالیز تلفات زمینه که براساس روش ارائه در این تحقیق ، طراحی گردیده در شکل (۳-۴) نشان داده شده است . اطلاعات مربوط به ستونهای مختلف این جدول به شرح زیر می‌باشند:

ستون ۱: شمارهٔ ناحیه ایزوله (هر ناحیه از ایزوله از تعدادی لوله که دارای عمر و جنس و قطر یکسان بوده و به یکدیگر متصل میباشند تشکیل یافته است .)

ستون ۲: شماره گره‌ایی که تقاضا در آن ناحیه به آن گره نسبت داده می‌شود .

ستون ۳ : عمر لوله‌های ناحیه

ستون ۴: جنس لوله‌های ناحیه

ستون ۵: تعداد مشترکین متصل به لوله‌های ناحیه

ستون ۶: مجموع مصرف ۲۴ ساعته مشترکین متصل به لوله‌های ناحیه (DFD)

ستون ۷: مجموع تلفات غیر فیزیکی ناشی از خرابی کنتورها و انشعابات غیر مجاز (UF) (مراجعه به بخش(۳-۳))

ستون ۸: مجموع ستونهای ۶ و ۷

ستون ۹: درصد تلفات لوله‌های ناحیه در آغاز بهره برداری (PS)

ستون ۱۰: درصد تلفات لوله‌های ناحیه درپایان عمر مفید (PE)

ستون ۱۱: عمر مفید لوله‌های ناحیه (Y_B)

ستون ۱۲: درصد تلفات زمینه روزانه اولیه در هر ناحیه از ایزوله که به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$\text{(ستون ۹)} + \text{(ستون ۳)} \times \frac{\text{(ستون ۹)} - \text{(ستون ۱۰)}}{\text{(ستون ۱۱)}} = \text{(ستون ۱۲)}$$

ستون ۱۳: تلفات زمینه روزانه اولیه که به صورت زیر تعیین می‌گردد:

(ستون ۸)× (ستون ۱۲) = (ستون ۱۳)

ستون ۱۴: فاکتور ساعت – روز (تخمین اولیه)

ستون ۱۵: تلفات زمینه شبانه اولیه (INBL) که به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$\frac{۱}{\text{(ستون ۱۴)}} \times \text{(ستون ۱۳)} = \text{(ستون ۱۵)}$$

ستون ۱۶: آب تحویل شده شبانه به مشترکین (NFD)

ستون ۱۷: تلفات ناشی از شکستگیهای گزارش شده در زمان اندازه‌گیری حداقل جریان شبانه (V_{RB})

ستون ۱۸: تقاضا در هر ناحیه که به صورت زیر تعیین می‌گردد:

(ستون ۱۷) + (ستون ۱۶) + (ستون ۱۵) =(ستون ۱۸)

ستون ۱۹: تلفات ناشی از شکستگیهای گزارش نشده در زمان اندازه‌گیری حداقل جریان شبانه (V_{URB})

ستون ۲۰: فاکتور تصحیح تلفات زمینه شبانه که به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

(مجموع ردیفهای ستون ۱۵)(ستون ۱۵) = (ستون ۲۰)

ستون ۲۱: حجم اضافی (EV)

ستون ۲۲: خطا در تخمین اولیه زمینه (EV)′ :

(ستون ۱۹) - (ستون ۲۱) =(ستون ۲۲)

ستون ۲۳: تلفات زمینه شبانه تصحیح شده (NBL) :

(ستون ۱۵) + (ستون ۲۲) × (ستون ۲۰) =(ستون ۲۳)

ستون ۲۴: فاکتور ساعت – روز تصحیح شده

ستون ۲۵: تلفات زمینه روزانه تصحیح شده:

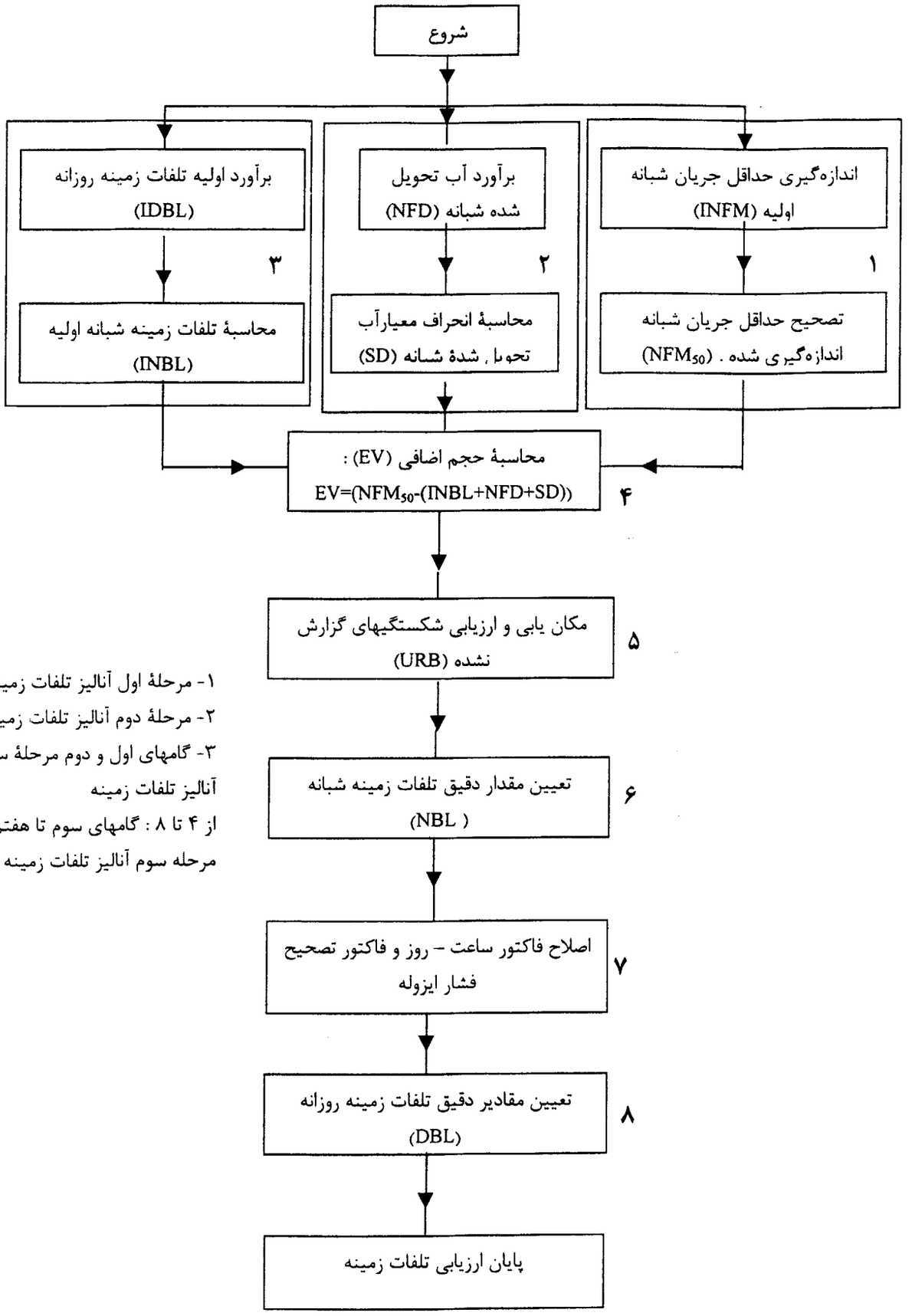
(ستون ۲۴) × (ستون ۲۳) = (ستون ۲۵)

شکل (۳-۴) : جدول محاسباتی *(Spreadsheet)*

۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳
شماره ناحیه ایزوله (K)	شماره گره مرجع	عمر لوله‌های ناحیه	جنس لوله‌های ناحیه	تعداد مشترکین ناحیه	آب تحویل شده ۲۴ ساعته به مشترکین (DFD)	تلفات غیرفیزیکی (UF)	مجموع DFD و UF	درصد تلفات در آغاز بهره‌برداری (PS)	درصد تلفات در پایان عمر مفید (PE)	عمرمفید لوله‌های ناحیه (Y_B)	درصد اولیه تلفات روزانه (P_{DBL})	تلفات زمینه روزانه اولیه (IDBL)
				property	m^3/day	m^3/day	m^3/day			Year		m^3/day

ادامه شکل (۳-۴)

۱	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳	۲۴	۲۵
شماره ناحیه ایزوله (K)	فاکتور ساعت – روز اولیه F_{hd}	تلفات زمینه شبانه اولیه (INBL)	آب تحویل شده شبانه به مشترکین (NFD)	تلفات ناشی از شکستگیهای گزارش شده V_{RB}	تقاضا در هر ناحیه (D)	تلفات ناشی از شکستگیهای گزارش نشده V_{URB}	فاکتور تصحیح تلفات زمینه شبانه (CF)	حجم اضافی (EV)	خطا در تخمین اولیهٔ تلفات زمینه (EV)'	تلفات زمینه شبانه تصحیح شده (NBL)	فاکتور ساعت – روز تصحیح شده F_{hd}	تلفات زمینه روزانه اصلاح شده (DBL)
		lit/sec	lit/sec	lit/sec	lit/sec	lit/sec		lit/sec	lit/sec	lit/sec		m^3/day



۱- مرحلهٔ اول آنالیز تلفات زمینه
۲- مرحلهٔ دوم آنالیز تلفات زمینه
۳- گامهای اول و دوم مرحلهٔ سوم آنالیز تلفات زمینه
از ۴ تا ۸ : گامهای سوم تا هفتم مرحله سوم آنالیز تلفات زمینه

شکل (۳-۵) : روند ارزیابی تلفات زمینه در یک ایزوله

۳-۲-۲- ارزیابی تلفات ناشی از شکستگی‌ها

دو مؤلفهٔ دیگر تلفات فیزیکی ، تلفات ناشی از شکستگیهای گزارش شده و شکستگیهای گزارش نشده می‌باشند . به طور کلی حجم آب تلف شده در یک شکستگی از رابطهٔ زیر محاسبه می‌گردد:

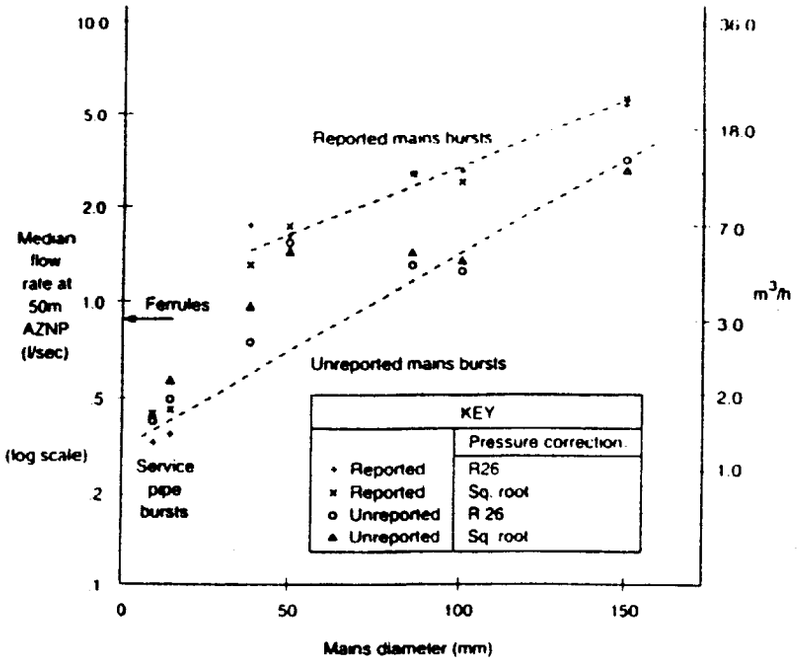
(۳-۲۸) (تداوم متوسط شکستگی‌ها) × (دبی شکستگی) = حجم تلفات ناشی از شکستگی

(تعداد دفعات وقوع شکستگی) ×

هر یک از این سه پارامتر یعنی دبی ، تداوم و تعداد دفعات شکستگی به عوامل مختلفی بستگی دارند. در ادامهٔ این بخش نحوهٔ محاسبه و تعیین این پارامترها و عوامل موثر بر آنها به صورت جداگانه مورد بررسی قرار گرفته است .

۱- دبی شکستگی (Burst Flow Rate)

دبی شکستگی به میزان فشار ، قطر لوله ، جنس لوله و کاربری لوله‌ها بستگی دارد . همچنین در لوله‌های اصلی توزیع (Distribution Manis) ، دبی شکستگیهای گزارش شده با دبی شکستگی‌های گزارش نشده متفاوت است . یکی از ساده‌ترین روشها جهت برآورد دبی شکستگی ، استفاده از رابطهٔ جذر فشار در اریفیسها می‌باشد . در کشورهای آمریکا و ژاپن معمولاً از این رابطه استفاده می‌گردد. در کشور انگلستان رابطهٔ مناسب دیگری جهت برآورد دبی شکستگی ها استفاده می‌گردد. این رابطه از تجزیه و تحلیل ۵۰۰ مجموعه اطلاعات مربوط به شکستگی های مختلف بدست آمده است . در این رابطه که در شکل (۳-۶) نشان داده شده است ، میزان دبی شکستگی براساس قطر لوله ، کاربری لوله و نوع شکستگی (گزارش شده یا گزارش نشده) تعیین می‌گردد. میزان دبی بدست آمده از این رابطه مربوط به فشار (AZNP) ۵۰ متر است و تاثیر فشار در میزان دبی از طریق فاکتور تصحیح فشار اعمال می‌گردد . فاکتور تصحیح فشار یا از رابطهٔ جذر – فشار و یا رابطهٔ شاخص نشت قابل محاسبه می‌باشد .



شکل (۳-۶) : دبی متوسط ناشی از شکستگی برحسب لیتر در ثانیه در فشار ۵۰ متر

معمولاً دبی شکستگی های گزارش شده از دبی شکستگی های گزارش نشده بیشتر است ، این خصوصیت را در شکل فوق می‌توان مشاهده نمود .

۲- تداوم شکستگی (Duration)

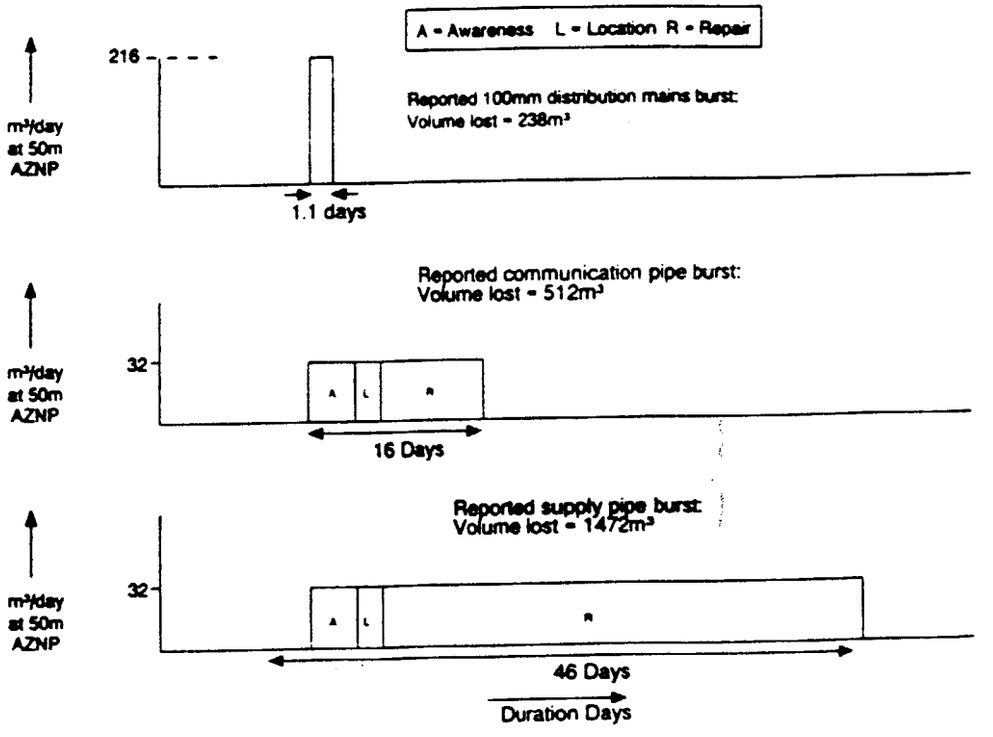
تداوم شکستگی به نوع شکستگی (گزارش شده یا گزارش نشده) و کاربری لوله‌ها بستگی دارد. تداوم متوسط شکستگی های گزارش نشده ، مستقیماً به روش کنترل فعال نشت بستگی داشته و معمولاً تداوم این نوع شکستگی‌ها بسیار بیشتر از شکستگی های گزارش شده می‌باشد . به طور کلی تداوم هر شکستگی از سه بخش زیر تشکیل یافته است :

الف - آگاهی (Awareness) (Da) : از آغاز شکستگی تا زمان آگاهی از وقوع شکستگی که لزوماً شامل مکان یابی دقیق شکستگی نمی‌شود.

ب – مکان یابی (Location) (Dl) : از زمان آگاهی از وقوع شکستگی تا زمان مکان یابی دقیق

ج – تعمیر (Repair) (Dr): از زمان مکان یابی دقیق تا تعمیر شکستگی

مدت زمان آگاهی و مکان یابی شکستگی های گزارش شده و گزارش نشده با یکدیگر متفـاوت است . ولی مدت زمان لازم برای تعمیر هر دو نوع شکستگی یکسان می‌باشد . در هـر شـبکه ، تـداوم متوسط هر یک از انواع شکستگی ها از تجزیه و تحلیـل اطلاعـات موجـود و براسـاس اسـتانداردها و مقررات شرکتها و نیز روشهای کنترل فعال نشت تعیین می‌گردد.



شکل (۳-۷) : تاثیر تداوم شکستگی در حجم کل تلفات ناشی از شکستگی

در حالیکه دبی شکستگی بر روی لوله‌های اصلی (Mains) کمتر می‌باشد متوسط تلفات سـالانه ناشی از شکستگی لوله‌های سرویس بیشتر از لوله‌های اصلی اسـت . زیـرا تـداوم شکسـتگی لولـه‌های سرویس بسیار بیشتر از لوله‌های اصلی می‌باشد . تـاثیر تـداوم شکسـتگی در مـیزان تلفـات در شـکل (۳-۷) نشان داده شده است .

۳- فرکانس شکستگی (Frequency)

در هر ایزوله، فرکانس انواع مختلف شکستگی ها براساس آمار محلی آن ایزوله تعیین می‌گردد. فرکانس مربوط به شکستگی های گزارش نشده در ایزوله هایی قابل تعییـــن اسـت کـه دارای شـرایط کنترل فعال نشت می‌باشند. فرکانس ثبت شدهٔ شکستگی ها به طور ضمنـــی نشـان دهنـدهٔ تـأثیرات محلی مواردی از قبیل نشت، بار ترافیکی ، نوع خاک ، سن و جنس لوله، فشار و شرایط آب و هوایـی می‌باشد. در تحقیقاتی که در آمریکا انجام شده است، نشان می‌دهد که با افزایش قطر لولـه‌ها، نسـبت فرکانس شکستگی های گزارش شده به فرکانس شکستگی‌های گزارش نشده افزایش می‌یابد .

۳-۲-۲-۱- محاسبه کل تلفات سالانه ناشی از شکستگیهای در ایزوله

با توجه به مطالب فوق، رابطه (۳-۲۸) جهت محاسبه حجم تلفات ناشی از یک نـوع شکسـتگی به صورت زیر اصلاح میگردد:

$$(V_B) = Q_i \times t_i \times N_i \times \frac{1}{PCF} \times F_{hd} \qquad (۳-۲۹)$$

V_B: حجم تلفات ناشی از یک نوع شکستگی در یک دورهٔ زمانی یک ساله (m^3)

t : مدت زمان تداوم شکستگی (hr)

N: تعداد دفعات وقوع شکستگی در یک دوره یک ساله (m^3/hr)

Q: دبی تلفات ناشی از شکستگی در فشار شبانه

PCF: فاکتور تصحیح فشار

F_{hd}: فاکتور ساعت – روز

حجم کل تلفات ناشی از شکستگیهای مختلف در یک دورهٔ یـک سـاله از رابطـهٔ زیـر محاسـبه می‌گردد:

$$V_B = \sum_{i=1}^{n} V_{Bi} \qquad (۳-۳۰)$$

از این حجم تلفات در آنالیز کل تلفات فیزیکی در بخش (۳-۲-۳) استفاده خواهد شد .

۳-۲-۳- حجم کل تلفات فیزیکی در ایزوله

همانگونه در ابتدای این فصل گفته شد ، آنالیز تلفات فیزیکی در دو بخش کلی به شرح زیر انجام شد:

۱- آنالیز و ارزیابی تلفات زمینه روزانه و شبانه در ایزوله

۲- برآورد تلفات ناشی از شکستگیهای گزارش شده و شکستگیهای گزارش نشده

حجم کل تلفات فیزیکی در یک ایزوله در یک دورهٔ زمانی مشخص ، از مجموع تلفات ناشی از این دو مؤلفه محاسبه می‌گردد.

حجم کل تلفات فیزیکی در یک دورهٔ یک ساله $= V_B + 365 \times DBL$ (۳-۳۱)

DBL: تلفات زمینه روزانه اصلاح شده

V_B: حجم تلفات ناشی از شکستگیهای گزارش شده و گزارش نشده در یک سال

از این حجم تلفات فیزیکی در محاسبه درصد سالانه تلفات فیزیکی و نیز درصد سالانه آب به حساب نیامده در بخش (۳-۴) استفاده می‌گردد.

۳-۳- آنالیز تلفات غیر فیزیکی در شبکه‌های توزیع آب شهری

تلفات غیر فیزیکی به همراه تلفات فیزیکی دو مؤلفه تشکیل دهندهٔ آب به حساب نیامده درشبکه‌های توزیع آب شهری می‌باشند . آنالیز تلفات فیزیکی به طور کامل در بخش (۳-۲) بیان گردید. در این بخش روش آنالیز تلفات غیر فیزیکی مورد بررسی قرار می‌گیرد .

مطابق تعریف ارائه شده در بخش (۳-۲) ، تلفات غیر فیزیکی به حجم آب مصرف شده‌ایی گفته می‌شود که بر اثر عوامل مختلف انسانی ، مدیریتی و یا ابزاری هزینه‌ایی بابت آن دریافت نگردیده است .تلفات غیر فیزیکی را می‌توان براساس عوامل ایجاد تلفات ، به مؤلفه‌های زیر تقسیم بندی نمود:

۱- تلفات ناشی از خطای بهره برداری

۲- تلفات ناشی از خطای انسانی

۳- تلفات ناشی از خطای مدیریتی

۴- تلفات ناشی از خطای ابزار اندازه‌گیری

۵- تلفات ناشی از انشعابات غیر مجاز

۶- تلفات ناشی از اشتراک غیر مجاز

۷- تلفات ناشی از مصارف مجاز اندازه‌گیری نشده

آنالیز تلفات غیر فیزیکی برای هر یک از مؤلفه‌های فوق به صورت مجزا انجام می‌گردد. این تجزیه و تحلیلها در شش بخش جداگانه در ادامه آورده شده است .

۳-۳-۱-تلفات غیر فیزیکی ناشی از خطای بهر برداری (Eo)

منظور از تلفات غیر فیزیکی ناشی از خطای بهره برداری ، عدم محاسبه کارکرد کنتور تعدادی از مشترکین می‌باشد . خطای بهره برداری بر اثر یکی از عوامل زیر ایجاد می‌گردد:

۱- مشترکین جدید که قبض برای آنها صادر نشده ست

۲- خرابی کنتورها و ثبت کارکرد صفر برای مشترکین

۳- عدم امکان قرائت کنتور توسط کنتور خوان و ثبت کارکرد صفر برای مشترک

به منظور ارزیابی تلفات غیر فیزیکی ناشی ازخطای بهره برداری ، ابتدا از طریق بررسی اطلاعات آماری شرکت آب ، مشترکین با مصرف صفر را مشخص نموده و سپس از طریق بازدیدهای محلی ، علت ثبت کارکرد صفر برای مشترک مشخص می‌گردد. پس از مشخص شدن عوامل ایجاد این خطا ، مصرف متوسط ماهانه و روزانه مشترک به یکی از دو روش زیر محاسبه می‌گردد:

الف - مشترک قبلاً دارای مصرف و کارکرد کنتور بوده و کنتور ظاهراً سالم بوده است ، مصرف متوسط روزانه را می‌توان معادل مصرف متوسط روزانه مشترک در دوره‌های قبلی در نظر گرفت .

ب- اگر به هر دلیلی ، مصرف مشترک از طریق روش (الف) قابل ارزیابی نباشد ، با در نظر گرفتن بعد خانوار در اشتراک مورد نظر و محاسبهٔ مصرف سرانه از طریق روش ارائه شده در نشریه ۳-۱۱۷ سازمان برنامه و بودجه، مصرف متوسط روزانه مشترک به ترتیب زیر محاسبه می‌گردد:

$$(Q_o)_i = C_i \times N_i \qquad (۳۲-۳)$$

C_i: مصرف سرانهٔ مشترکین با خطای بهره برداری (m^3/head/day)

N_i: تعداد ساکنین اشتراک (بعد خانوار) (head)

$(Q_O)_i$: مصرف متوسط روزانهٔ مشترک (m^3/day)

تلفات غیر فیزیکی ناشی از خطای بهره برداری برابر مجموع مصارف متوسطی است که به یکی از دو روش فوق در ایزوله اندازه‌گیری می‌شود و یا به عبارت دیگر تلفات غیر فیزیکی ناشی از خطای بهره برداری را می‌توان از رابطهٔ زیر محاسبه نمود:

$$E_o = \sum_{i=1}^{n} (Q_o)_i \qquad (۳۳-۳)$$

n: تعداد مشترکین با خطای بهره برداری

Eo: تلفات غیرفیزیکی ناشی از خطای بهره برداری (m^3/day)

۳-۳-۲-تلفات غیر فیزیکی ناشی از خطای مدیریتی (E_M)

منظور از تلفات غیر فیزیکی ناشی از خطای مدیریتی، عدم محاسبهٔ مصرف برخی از مشترکین به علت عدم ثبت آن اشتراک در فایلهای مربوط به مشترکین در شرکتهای آب می‌باشد . به منظور برآورد تلفات ناشی از خطای مدیریتی ، ابتدا پیمایش محلی انجام گردیده و سپس نتایج پیمایش با بانکهای اطلاعاتی شرکت آب مقایسه و تطبیق می‌گردد. بدین ترتیب مشترکین ثبت نشده ، مشخص می‌شوند . پس از مشخص شدن تعداد این مشترکین ، میزان مصر ف متوسط هر یک از آنها از روش (ب) ارائه شده در بخش (۳-۳-۱) محاسبه گردیده و حجم تلفات غیر فیزیکی ناشی از آنها با استفاده از رابطهٔ زیر تعیین می‌گردد:

$$E_M = \sum_{i=1}^{n} (Q_M)_i \qquad (۴۳-۳)$$

$(Q_M)_i$: مصرف متوسط روزانهٔ مشترکین با خطای مدیریتی (m^3/day)

E_M: تلفات غیر فیزیکی ناشی از خطای مدیریتی (m^3/day)

۳-۳-۳-تلفات غیر فیزیکی ناشی از خطای انسانی (E_P)

منظور از تلفات غیرفیزیکی ناشی از خطاهای انسانی ، عدم محاسبهٔ بخشی از مصرف مشترکین به دلیل خطاهای انسانی در سیستمهای ثبت، محاسبه، دریافت و پرداخت هزینه‌های آب مصرفی مشترکین می‌باشد . به طور کلی خطاهای انسانی را می‌توان به دو نوع زیر تقسیم نمود:

الف- خطای انسانی در قرائت کنتورها، که بر اثر عواملی از قبیل کوتاه بودن زمان قرائت کنتور ، عدم آشنایی کنتور خوان با انواع کنتورها ، فقدان پلاک اشتراک و نیز عدم رؤیت شماره کنتور پدیده می‌آید .

ب- خطای انسانی در وارد کردن اطلاعات به بانکهای اطلاعاتی سیستم امور مشترکین

با توجه به اینکه بروز خطاهای انسانی تحت تاثیر عوامل محیطی و انسانی متعددی می‌باشد، برآورد دقیق آن بسیار مشکل است. یکی از راههای مناسب در مورد خطاهای انسانی در قرائت کنتورها ، پیمایش مجدد مسیر قرائت شده توسط کنتور خوان و مقایسه نتایج می‌باشد . همچنین در مورد خطاهای مربوط به ورود اطلاعات به بانکهای اطلاعاتی نیز از روش کنترل مجدد می‌توان بهره جست . بنابراین می‌توان به صورت تقریبی ، تلفات غیر فیزیکی ناشی از خطای انسانی را به صورت درصدی از مصرف ثبت شده مشترکین در کل ایزوله در نظر گرفت.

۳-۳-۴-تلفات غیر فیزیکی ناشی از خطای ابزار اندازه‌گیری(E_E)

مهمترین ابزار اندازه‌گیری در شبکه‌های توزیع آب شهری کنتورها می‌باشند . منظور ازخطای کنتورها ، عدم اندازه‌گیری صحیح و دقیق مصرف مشترک توسط کنتور می‌باشد . به طور کلی می‌توان خطاهای اندازه‌گیری کنتور را به سه نوع زیر تقسیم نمود :

۱- خطا در دبی استارت (شروع به حرکت) کنتور

۲- خطا در اندازه‌گیری از دبی حداقل (Q_{min}) تا دبی ماکزیمم (Q_{max})

۳- خطا در اندازه‌گیری ناشی از خرابی کنتورها

علت ایجاد هر یک از این خطاها و نحوهٔ تجزیه و تحلیل آنها به صورت مجزا در ادامه آورده شده است .

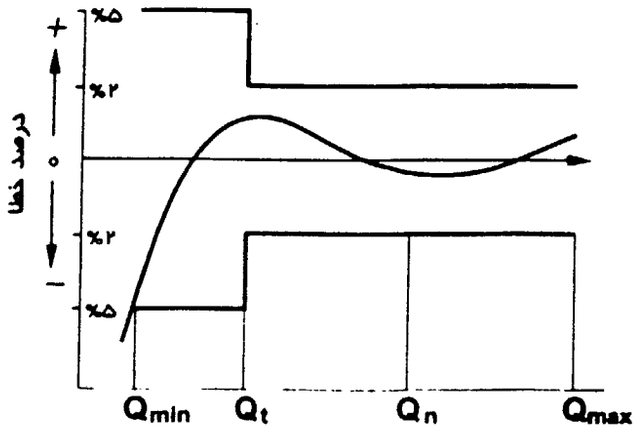
قبل از تجزیه و تحلیل این خطاها، آشنایی با منحنی دقت کنتور و اصطلاحات فنی مربوط به آن ضروری می‌باشد . لذا ابتدا منحنی دقت کنتور و برخی اصطلاحات مربوط به آن را مورد بررسی قرار داده و سپس هر یک از خطاهای کنتور و میزان تلفات ناشی از آنها مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد.

۳-۳-۴-۱- منحنی دقت کنتور

منحنی دقت کنتور، میزان دقت کنتور را در دبیهای مختلف نشان می‌دهد . یک تصویر تقریبی از این منحنی در شکل (۳-۸) نشان داده شده است . در این شکل محور افقی، دبی یا نسبت جریان می‌باشد که از تقسیم حجم آب عبوری بر مدت زمان عبور $\left(Q=\frac{V}{t}\right)$ بدست می‌آید . واحد دبی را معمولاً لیتر بر ساعت انتخاب می‌نمایند . محور عمودی که دقت یا میزان خطای کنتور را برحسب درصد نشان می‌دهد با استفاده از رابطهٔ زیر بدست می‌آید .

$$\text{خطای کنتور}=\frac{V_i-V_c}{V_c}\times 100 \qquad (۳۵-۳)$$

که در این رابطه، V_c حجم واقعی آب عبور داده شده از کنتور می‌باشد که از روی دستگاه آزمایش دقت کنتور قرائت گردیده و V_i حجم آب عبوری است که توسط کنتور اندازه‌گیری شده است.



شکل (۳-۸) : منحنی دقت کنتور

نقاط مهم این منحنی که جزو مشخصات فنی کنتورهای مکانیکی آب سرد نیز محسوب می‌شوند . عبارتند از :

۱- دبی شروع (Starting flow rate) (q_oیا qs)

دبی شروع معادل میزان جریانی است که در آن کنتور شروع به کـار می‌نمـاید . در کنتورهـای سرعتی مقدارآن به میزان اصطکاک قطعات متحرک کنتـور بسـتگی داشـته و در کنتورهـای حجمـی تحت تاثیر شکاف فرار آب از بین جزء تشخیص دهنده و محفظهٔ کاری کنتور می‌باشد .

۲- دبی حداقل (Minimum flow rate) (q_{min})

حداقل جریانی است که در آن میزان دقت کنتور وارد محدودهٔ مجاز خطای ۵٪ می‌شـود و بـه عنوان یکی از مشخصه‌های کنتور در تعیین کلاس کنتور به کار می‌رود .

۳- دبی انتقال (Transitional flow rate)(q_t)

۴- در این دبی خطای عملکرد کنتور از محدودهٔ مجاز ۵ ٪ به محدودهٔ مجاز ۲٪ وارد می‌شود .

دبی اسمی (Nominal flow rate)(q_n) میزان جریانی است که در آن کنتور در شرایط عمومی خـود و یا به عبارت دیگر در شرایط کاری پیوسته و متناوب، بدون تجاوز از خطای ۲٪ به کار ادامه می‌دهـد و معمولاً نصف دبی حداکثر می‌باشد .

۵- دبی حداکثر (Maximum flow rate) (q_{max})

دبی حداکثر، بیشترین جریانی است که کنتور می‌تواند در یک فاصلهٔ زمانی کوتاه بدون خرابـی و بدون افزایش در خطاهای مجاز ۲٪ از خود عبور دهد.

۶- محدودهٔ نسبت جریان یا محدودهٔ دبی (flow rate range)

محدودهٔ نسبت جریان ، فاصلهٔ بین q_{max}, q_{min} می‌باشد و همانگونه که در شکل (۳-۸) مشـاهده می‌شود به دو محدودهٔ مجاز ۵٪ (بین q_{min} , q_t) و ۲٪ (بین q_{max}, q_t) تقسیم می‌شود.

۳-۳-۴-۲- خطا در اندازه‌گیری دبی استارت (شروع به حرکت کنتور)

تلفات غیرفیزیکی ناشی از خطا در اندازه‌گیری دبی استارت، عبارت است از حجم آب مصرفـی توسط مشترک که به علت کمتر بودن گذر حجمی آب نسبت به دبی استارت کنتـور، مـورد محاسـبه قرار نمی‌گیرد .

مرکز اطلاعات علمی ایران

جریانهای با دبی پایین در درون اشتراک بر اثر عوامل مختلفی از قبیل وجود فلاش تانک، شیرهای شناور در کولرها و یا وجود نشت زمینه در لوله‌های مدفون در درون اشتراک پدیدار می‌گردند.

به منظور ارزیابی تلفات ناشی از خطاهای کنتور، یک نمونه آماری از کنتورهای ایزوله انتخاب نموده و دبی شروع به حرکت آنها اندازه‌گیری می‌گردد. با استفاده از نتایج بدست آمده از این تست کنتورها، دبی استارت متوسط کنتورهای ایزوله از طریق میانگین وزنی محاسبه می‌شود. با استفاده از دبی متوسط و با توجه به نتایج بدست آمده از پیمایشهای محلی ، میزان تلفات غیرفیزیکی ناشی از خطای دبی استارت به صورت زیر محاسبه می‌گردد.

$$E_{E1} = \frac{1}{2}(Qs + Q's) \times t \times p \times N \times F_{hd} \qquad (۳۶-۳)$$

که در آن :

E_E: تلفات غیر فیزیکی ناشی از دبی استارت (m^3/d)

Q_S: دبی استارت استاندارد کنتور(که براساس کلاس کنتور و توسط کارخانه سازنده ارائه می‌گردد در مورد کلاس کنتور درپیوست شماره (۲) توضیحاتی آورده شده است)

Q'_s: دبی استارت متوسط کنتورها که از نتایج تست کنتورها بدست آورده شده است .

t: تعداد ساعاتی از شبانه روز که مصرف مشترکین ، کمتر از دبی استارت کنتور است .

P: درصد مشترکین با جریانهای داخلی با دبی پایین

N: تعداد کل مشترکین ایزوله

F_{hd}، نیز فاکتور ساعت – روز می‌باشد که به صورت زیر محاسبه می‌گردد.

$$F_{hd} = \sqrt{\frac{P_W}{P_{\max}}} \qquad (۳۷-۳)$$

$$P_W = \frac{\sum p_i t_i}{\sum t_i} \qquad (۳۸-۳)$$

P_i : فشار در ساعات مختلف شبانه روز که دارای دبی کمتر از دبی استارت می‌باشند .

t_i: ساعاتی از شبانه روز که دارای دبی کمتر از دبی استارت می‌باشند .

P_w : میانگین وزنی فشار در ساعاتی که دارای دبی کمتر از دبی استارت می‌باشند .

P_{max}: فشار حداکثر (شبانه)

۳-۳-۴-۳- تلفات غیر فیزیکی ناشی از خطا در اندازه‌گیری از دبی حداقل تا دبی حداکثر

در برخی از کنتورها بر اثر عوامل مختلفی ، میزان حجم آب اندازه‌گیری شده توسط کنتور با حجم واقعی آب عبور کرده متفاوت می‌باشد.

به منظور اندازه‌گیری تلفات ناشی از این خطا، یک نمونه آماری از کنتورهای ایزوله انتخاب شده و عملیات تست کنتورها در دبیهای مختلف بر روی آنها انجام می‌گردد. دبیهای تست از q_{max} تا q_{min} به گونه‌ایی انتخاب می‌شوند که نزدیک به دبیهای مشترکین در حالات مختلف مصرف مصرف باشند . لازم به توضیح است که حداقل دبی مورد آزمایش در این تست ، بزرگتر یا مساوی دبی استارت متوسط بدست آمده در بخش (۳-۳-۴-۲) می‌باشد .

با استفاده از نتایج بدست آمده از تست کنتورها ، درصد خطا و ضریب اصلاح هر کنتور به صورت زیر محاسبه می‌گردد.

$$P_E = \frac{V_I - V_c}{V_c} \times 100 \qquad (۳۹-۳)$$

$$F_c = \frac{100}{100 + P_E} \qquad (۴۰-۳)$$

V_I: حجم آبی که توسط کنتور اندازه‌گیری شده است .

V_c: حجم واقعی آب عبوری از کنتور

P_E: درصد خطای کنتور

F_c : ضریب اصلاح کنتور

با انجام مطالعات آماری بر روی مصرف مشترکین و تعیین تعداد ساعات مصرف مشترکین با دبیهای مختلف ، می‌توان متوسط وزنی درصد خطای کنتورهای ایزوله و نیز متوسط وزنی ضریب اصلاح آنها را به صورت زیر محاسبه نمود:

$$(P_E)_W = \frac{\sum[(P_E)_i \times t_i \times Q_i]}{\sum t_i Q_i} \qquad (۴۱-۳)$$

$$(F_C)_W = \frac{\sum[(F_C)_i \times t_i \times Q_i]}{\sum t_i Q_i} = \frac{\sum\left[\frac{100}{100+(PE)_i} \times t_i \times Q_i\right]}{\sum t_i \times Q_i} \qquad (۴۲-۳)$$

$(P_E)_w$: متوسط وزنی درصد خطای کنتورها

$(F_C)_w$: متوسط وزنی ضریب اصلاح کنتورها

t_i : تعداد ساعاتی که مصرف متوسط مشترکین با دبی Q_i می‌باشد.

Q_i : دبیهای تست کنتور

پس از محاسبه متوسط وزنی درصد خطای کنتور ها، می‌توان تلفات غیر فیزیکی ناشی از این خطا را محاسبه نمود . با توجه به مقدار بدست آمده برای $(P_E)_w$ دو حالت مختلف به شرح زیر برای محاسبه تلفات ناشی از خطای کنتور بدست می‌آید .

- حالت اول: $(P_E)_w<0$

در این حالت کنتورها به طور متوسط مصرفی کمتر از میزان مصرف مشترکین را ثبت نموده و تلفات غیر فیزیکی ناشی از آن از رابطهٔ زیر محاسبه می‌گردد:

$$E_{E2} = \left|(P_E)_W\right| \times C \times \frac{1}{100} \qquad (۴۳-۳)$$

E_{E2} : تلفات غیر فیزیکی ناشی از خطای کنتور در دبی بین q_{max} تا q_{min}

C: میانگین مصرف روزانه مشترکین در ایزوله مورد نظر

- حالت دوم : $(P_E)_w\geq 0$

در این حالت میزان مصرف مشترکین ، کمتر یا مساوی مقادیر ثبت شده توسط کنتورهاست . در نتیجه در این وضعیت نه تنها تلفات غیر فیزیکی وجود ندارد، بلکه مصرف مشترکین بیشتر از مقدارواقعی آن اندازه‌گیری شده است . این مقدار خطا به صورت زیر محاسبه گردیده و در ارزیابی تلفات غیر فیزیکی ایزوله از حجم کل تلفات غیر فیزیکی کسر می‌گردد.

$$V_{E2} = (P_E)_w \times C \times \frac{1}{100} \qquad (۴۴-۳)$$

۳-۳-۴-۴- تلفات غیرفیزیکی ناشی از خرابی کنتورها

منظور از این خطا ، عدم اندازه‌گیری مصرف واقعی مشترک به علت خرابی کنتورهاست . در این حالت مقدار ثبت شده توسط کنتور بسیار پایین تر از مصرف واقعی مشترک بوده ولی مقدار ثبت شده بزرگتر از صفر می‌باشد .

کنتورهای خراب از طریق پیمایش محلی ایزوله ، شناسایی می‌گردند و میزان تلفات غیر فیزیکی ناشی از آنها به صورت زیر ارزیابی می‌شود :

الف- ابتدا مصرف متوسط مشترک با استفاده از نتایج قرائت کنتور مشترک در دوره‌های قبلی تعیین می‌گردد

ب – با در نظر گرفتن بعد خانوار مشترک و با استفاده از سرانهٔ مصرف مشترکین ، میزان مصرف مشترک به این روش نیز محاسبه می‌گردد.

ج- با مقایسهٔ نتایج(الف) و(ب) و براساس قضاوت مهندسی ، میزان مصرف معقول برای مشترک تعیین می‌گردد.

د- محاسبه حجم تلفات :

$$E_{E3} = \left[\sum_{i=1}^{n} C_i - \sum_{i=1}^{n} C_i'\right] \qquad (۴۵-۳)$$

C_i: مصرف محاسبه شده برای مشترک طبق بندهای(الف) تا (ج)

C_i': مصرف غیر واقعی اندازه‌گیری شده توسط کنتورهای خراب

E_{E3}: تلفات غیر فیزیکی ناشی از خرابی کنتورها

۳-۳-۴-۵ – حجم کل تلفات غیر فیزیکی ناشی از خطای ابزار اندازه‌گیری

حجم کل تلفات غیر فیزیکی ناشی از خطای ابزار اندازه‌گیری از جمع تلفات ناشی از خطاهای مختلف کنتور و به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$E_E = E_{E1} + E_{E_2} + E_{E3} - V_E \qquad (۴۶-۳)$$

۳-۳-۵-تلفات غیر فیزیکی ناشی از انشعابات غیر مجاز (E_U)

این تلفات در واقع میزان مصرف مشترکینی می‌باشد که به صورت غیر قانونی اقدام به گرفتن انشعاب از شبکه توزیع آب نموده‌اند. این نوع از مشترکین از طریق پیمایش محلی شناسایی می‌گردند و میزان مصرف آنها براساس بعد خانوار آنها و با استفاده از مصرف سرانه مشترکین محاسبه می‌شود. حجم تلفات غیر فیزیکی ناشی از انشعابات غیر مجاز برابر است با مجموع مصرف این مشترکین .

۳-۳-۶- تلفات غیر فیزیکی ناشی از اشتراک غیر مجاز ($E_{U'}$)

مشترکین غیر مجاز به مشترکینی گفته می‌شود که بدون نصب کنتور و پرداخت حق اشتراک از طریق سایر مشترکین مجاز، آب دریافت می‌کنند. میزان تفات ناشی از مشترکین غیر مجاز نیز معادل مجموع مصرف برآورد شده برای این مشترکین می‌باشد .

۳-۳-۷-تلفات غیر فیزیکی ناشی از مصارف مجاز اندازه‌گیری نشده (E_a)

تلفات غیر فیزیکی ناشی از مصارف مجاز عمومی اندازه‌گیری نشده مربوط به مصارفی از قبیل آتش نشانی ، اماکن عمومی فاقد فاکتور و شستشوی لوله‌ها و تأسیسات شبکه توزیع آب شهری می‌باشد . حجم این تلفات براساس آمار مربوط به آتش نشانی و سایر اطلاعات مربوط به اینگونه مصارف محاسبه می‌گردد.

۳-۳-۸- حجم کل تلفات غیر فیزیکی سالانه

حجم کل تلفات غیر فیزیکی سالانه در یک ایزوله از مجموع مؤلفه‌های ارزیابی شدهٔ آن و به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$\text{حجم کل تلفات غیر فیزیکی سالانه} = (E_0 + E_M + E_P + E_E + E_U + E_{U'} + E_a) \times 365 \qquad (۴۷-۳)$$

درصد سالانه تلفات غیر فیزیکی و نیز درصد سالانه هر یک از مؤلفه‌های تشکیل دهندهٔ آن به ترتیبی که در بخش (۳-۴) آورده شده است ، محاسبه می‌شوند .

۳-۴- تعیین درصد سالانه تلفات فیزیکی و تلفات غیر فیزیکی و مؤلفه‌های آنها

پس از محاسبهٔ حجم کل تلفات فیزیکی و تلفات غیر فیزیکی و مؤلفه‌های تشکیل دهندهٔ آنها ، می‌توان درصد سالانه این تلفات و مؤلفه‌های آنها را نیز محاسبه نمود . در محاسبهٔ این درصدها از معادلاتی که براساس مفهوم آب به حساب نیامده تعریف شده‌اند ، استفاده می‌گردد.

این معادلات به صورت زیر می‌باشند:

$$M = (\text{درصد UFW فیزیکی}) + (\text{درصد UFW غیرفیزیکی}) = ۱۰۰ - \frac{\text{حجم مصرفی سالانه} \times ۱۰۰}{S} \qquad (۴۸-۳)$$

$$M = \frac{100}{S} \times \left[365 \times \left(DBL + E_O + E_M + E_P + E_E + E_U\right) + V_B\right] \qquad (۴۹-۳)$$

که در آنها S، مقدار کل آب ورودی به ایزوله در طول یک سال می‌باشد و M درصد آب به حساب نیامده نسبت به کل ورودی ایزوله را نشان می‌دهد . بقیهٔ پارامترها ، مؤلفه‌های تلفات فیزیکی و غیر فیزیکی می‌باشند که قبلاً به طور کامل مورد بررسی قرار گرفته‌اند . در این دو معادله S و M مجهول می‌باشند و سایر پارامترها، مقادیر معلوم می‌باشند. بدین ترتیب یک دستگاه دو معادله و دو مجهولی داریم که می‌توان از آنها مقادیر S و M را محاسبه نمود. با معلوم بودن مقدار S درصد تلفات فیزیکی و غیر فیزیکی سالانه به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$\text{درصد } \textit{تلفات فیزیکی سالانه نسبت به کل آب ورودی به ایزوله} = \frac{V_B + 365 \times DBL}{S} \times 100 \qquad (۵۰-۳)$$

$$\text{درصد } \textit{تلفات فیزیکی سالانه نسبت به کل آب ورودی به ایزوله} = \frac{\left(E_O + E_M + E_p + E_E + E_U\right)}{S} \times 100 \qquad (۵۱-۳)$$

همچنین درصد تلفات سالانه ناشی از هر یک مؤلفه‌های تلفات فیزیکی و تلفات غیر فیزیکی از تقسیم حجم هر یک از این مؤلفه‌ها بر حجم ورودی سالانه ایزوله (S) محاسبه می‌گردد.

۳-۵-خلاصه و نتیجه گیری

آنالیز و یا تجزیه و تحلیل هر پدیده‌ای ، نخستین گام در شناسایی آن پدیده و مهمترین معیار جهت تصمیم گیری در مورد آن می‌باشد .

آنالیز آب به حساب نیامده نیز با هدف شناسایی مؤلفه‌های تشکیل دهندهٔ آن و ارزیابی کمی این مؤلفه‌ها انجام می‌گیرد تا با استفاده از نتایج بدست آمده ، راهکاری جهت کاهش و کنترل آن در نظر گرفته شود.

آنالیز آب به حساب نیامده بر اثر عوامل مختلفی از قبیل مدفون بودن اجزاء شبکه در درون زمین ، تعدد عوامل مؤثر بر میزان و نوع مؤلفه‌های تلفات و نیز متفاوت بودن شرایط درشبکه های مختلف ، با پیچیدگی و مقادیر مجهول متعددی مواجه است . لذا اکثر روشهای ارائه شده جهت آنالیز آب به حساب نیامده با مشکلاتی از قبیل عدم دقت مناسب و یا دامنه کاربرد محدود مواجه بوده و تمامی انتظارات از یک آنالیز را بر آورده نمی‌نمایند. روش ارائه شده در این تحقیق به گونه‌ایی طراحی گردیده است که قادر باشد علیرغم محدودیت اطلاعات و آگاهیها از وضعیت شبکه، تجزیه و تحلیل نسبتاً دقیقی از آب به حساب نیامده در شبکه ارائه نماید . در این روش، آنالیز آب به حساب نیامده در دو بخش کلی تلفات فیزیکی و غیر فیزیکی انجام گردیده و نتایج بدست آمده از آنها در تعیین درصد کل آب به حساب در شبکه مورد استفاده قرار گرفته است .

آنالیز تلفات فیزیکی در یک ساختار مبتنی بر روش BABE-NFM انجام شده است که در آن برآورد اولیه از تلفات زمینه با استفاده از یک مدل ریاضی انجام می‌گرددو برای نخستین بار شبیه سازی هیدرولیکی در مکان یابی شکستگ‌یهای گزارش نشده مورد استفاده قرار گرفته است . همچنین در روند این آنالیز، روش مناسبی جهت تشخیص فاکتور تصحیح فشار و فاکتور ساعت – روز با استفاده از مفهوم FAVD-BABE ارائه گردیده است .

آنالیز تلفات غیر فیزیکی در تعدادی از کشورها به علت عدم وجود سیستمهای اندازه‌گیری مصرف مشترکین ، مورد توجه قرار نگرفته است . ولی با توجه به اینکه در ایران، مصرف اکثر مشترکین بوسیلهٔ کنتور اندازه‌گیری می‌گردد آنالیز تلفات غیر فیزیکی نقش عمده‌ایی در تشخیص علل عدم تطبیق درآمدها و هزینه‌های شرکت آب ایفا می‌کند . به همین علت در روش ارائه شده این تحقیق ، تلفات غیر فیزیکی ، مؤلفه‌های تشکیل دهندهٔ آن و نحوهٔ ارزیابی و تجزیه و تحلیل آنها به عنوان بخشی از آب به حساب نیامده در شبکه‌های توزیع آب شهری در نظر گرفته شده است .

در این فصل ، ابتدا نحوهٔ آنالیز تلفات فیزیکی در که شامل ارزیابی تلفات، برآورد زمینه تلفات ناشی از شکستگیها و محاسبهٔ کل تلفات فیزیکی ایزوله می‌باشد ، ارائه گردیده است . سپس آنالیز تلفات غیرفیزیکی ، شامل آنالیز جداگانهٔ مؤلفه‌های تشکیل دهندهٔ آن و محاسبه حجم کل تلفات غیرفیزیکی به طور مفصل مورد بررسی قرار گرفته است . در بخش پایانی این فصل ، روش محاسبه درصد سالانه تلفات فیزیکی و تلفات غیر فیزیکی و مؤلفه‌های تشکیل دهندهٔ آنها ارائه گردیده است .

در فصل بعد ، روش ارائه شده جهت آنالیز آب به حساب نیامده در این فصل ، در یک پایلوت نمونه مورد ارزیابی قرار گرفته و نتایج آن با نتایج بدست آمده از روشهای دیگر مقایسه شده است .

فصل چهارم

ارزیابی روش پیشنهادی

۴-۱- مقدمه

در این فصل روش ارائه شده در فصل قبل برای انالیز آب به حساب نیامده با استفاده از داده‌های یک ایزولهٔ نمونه مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. البته با توجه به اینکه طرحهای آنالیز و کاهش آب به حساب نیامده از گستردگی بسیار زیادی برخوردار بوده و نیازمند هزینه‌های بالایی است که توسط شرکت آب و فاضلاب تأمین می‌گردد، لذا امکان اجرای عملیات صحرایی ارائه شده در این روش در قالب این تحقیق وجود نداشته و در نتیجه از اطلاعات موجود از مطالعات قبلی انجام شده در ایزولهٔ مورد نظر استفاده گردیده است .

به منظور انتخاب ایزولهٔ نمونه،نتایج بدست آمده از پایلوتهای مطالعاتی مختلف در سطح کشور مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته و از بین آنها پایلوت شهر تبریز که کار مطالعات آب به حساب نیامده در آن بوسیله شرکت مهندسین مشاور آبران انجام گرفته بود، انتخاب شد. علت این انتخاب ، تشابه بیشتر عملیات صحرایی انجام شده در این پایلوت با عملیات صحرایی مورد نیاز در روش ارائه شده در این تحقیق می‌باشد ، البته به علت اینکه تمامی اطلاعات مورد نیاز جهت آنالیز آب به حساب نیامده با استفاده از روش مورد نظر در دسترس نمی‌باشد . لذا در بخشهایی از آنالیز مربوط به ایزوله نمونه از فرضیاتی مناسب جهت انجام محاسبات استفاده نموده‌ایم .

در این فصل آنالیز آب به حساب نیامده در ایزولهٔ مورد نظر ، شامل آنالیز تلفات فیزیکی ، تلفات غیر فیزیکی و درصد سالانه هر یک از تلفات مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته و در پایان نتایج بدست آمده از این روش با نتایج بدست آمده از روش بکار رفته توسط شرکت آبران مقایسه گردیده است.

۴-۲- مشخصات و موقعیت نمونه مطالعاتی

نمونهٔ مطالعاتی که جهت ارزیابی روش ارائه شده در این تحقیق انتخاب گردیده است ، بخشی از پایلوت مطالعاتی شهر تبریز می‌باشد . وسعت این منطقه که ناحیه ۲۰۷ از شبکه توزیع آب شهری تبریز است ، حدود ۱۷ هکتار می‌باشد . قدمت لوله‌های این بخش ازشبکه در زمان انجام مطالعات

(درسال ۱۳۷۳) ، بین یک تا ۳۹ سال متغیر بوده و به طور کلی عمر متوسط لوله‌ها در ایـن منطقـه، بالای ۲۵ سال بوده است . سایر مشخصات این منطقه به صورت زیر می‌باشد :

- تعداد مشترکین	۷۴۸ مشترک
- طول کل شبکه توزیع آب	۵۸۰۰ متر
- طول لوله‌های چدنی شبکه توزیع آب	۳۲۰۳ متر
- طول لوله‌های گالوانیزه شبکه توزیع آب	۲۵۹۷ متر

این منطقه با بستن شیرهای مرزی از سایر بخشهای شبکه توزیع آب شهر تبریز جدا شـده و تنها مسیر ورود آب به این ایزوله ، یک لوله ۲۵۰ میلی متری چدنی می‌باشد . در محل ورودی ایزوله، یک کنتور حجمی ۱۵۰ میلی متری جهت اندازه‌گیری حجم آب ورودی به ایزوله نصب گردیده است . سایر اطلاعات مورد نیاز برای آنالیز اب به حساب نیامده در طول مراحل آنالیز بیان خواهد شد .

۴-۳ آنالیز تلفات فیزیکی

آنالیز تلفات فیزیکی درسه بخش کلـی شـامل ارزیـابی تلفـات زمینـه، بـرآورد تلفـات ناشـی از شکستگیها و محاسبهٔ حجم کل تلفات فیزیکی انجام می‌گردد.

۴-۳-۱-ارزیابی تلفات زمینه

۴-۳-۱-۱- اندازه‌گیری حداقل جریان شبانه

اندازه‌گیری حداقل جریان شبانه در این ایزوله با استفاده از کنتور حجمی نصب شده در ورودی ایزوله در دو شب متوالی از ساعت ۲۴ تا ۴ بامداد انجام گردیده است . اندازه گیری جریـان شـبانه در این دو شب ، ۱۳ مرتبه تکرار گردیده که تداوم اندازه‌گیری در هر مرتبه ۱۵ دقیقه می‌باشد .

به منظور تعیین حداقل جریان شبانه در این ایزوله، نتایج بدست آمده از ۱۳ مرتبه اندازه‌گیـری جریان شبانه را با یکدیگر مقایسه نموده و کمترین مقدار انتخاب گردیده است . این مقـدار معـادل ۲/۳۸ متر مکعب، در یک تداوم ۱۵ دقیقه‌ایی اندازه‌گیـری جریـان شـبانه می‌باشـد . همچنیـن فشـار

متوسط شبانه منطقه‌ایی ایزوله (AZNP) از طریق یک فشار سنج ، اندازه‌گیری گردیده است این فشار سنج میزان (AZNP) را در هنگام وقوع حداقل جریان شبانه برابر ۵۳ متر اندازه‌گیری نموده است . با استفاده از این مقادیر اندازه‌گیری شده و براساس مطالب بیان شده در بخش (۳-۲-۱-۲-۲) . میزان حداقل جریان شبانه یک ساعته در فشار ۵۰ متر به صورت زیر تعیین و تصحیح می‌گردد:

الف – تعیین فاکتور تصحیح فشار (PCF)

فاکتور تصحیح فشار اولیه در این ایزوله براساس رابطهٔ شاخص نشت و با استفاده از شکل (۳-۲) معادل ۱/۰۷۵ تعیین می‌گردد. همچنین با استفاده از مفهوم FAVAD که در بخش (۲-۸-۲-۴) بیان گردیده و با فرض برابر بودن سطح مقطع منافذ نشت ثابت و متغیر ($R_{FVL}=1$) و با توجه به اینکه نسبت $\frac{P_0}{P_1}$ نزدیک به یک می‌باشد ، می‌توان مقدار N در رابطه توانی فشار را معادل یک در نظر گرفت و بدین ترتیب فاکتور تصحیح فشار در این روش و براساس رابطه (۳-۳) برابر است با :

$$PCF = \left(\frac{53}{50}\right)^1 = 1.06$$

لذا در این ایزوله از میانگین دو عدد فوق که معادل ۱/۰۶۹ می‌باشد به عنوان فاکتور تصحیح فشار استفاده نموده‌ایم .

ب- تعیین فاکتور تصحیح تداوم اندازه‌گیری (SDCF)

با توجه به اینکه حداقل جریان شبانه در این ایزوله در یک تداوم ۱۵ دقیقه‌ای اندازه‌گیری شده است ، لذا فاکتور تصحیح تداوم اندازه‌گیری برای تبدیل آن به حداقل جریان شبانه با تداوم یک ساعته با استفاده از شکل (۳-۳) معادل ۱/۰۱۶ تعیین می‌گردد.

ج- تعیین ضریب تصحیح کنتور حجمی ۱۵۰ میلی متری

به منظور تعیین ضریب تصحیح کنتور حجمی ۱۵۰ میلی متری واقع در ورودی ایزوله، از یک کنتور اولتراسونیک استفاده گردیده است . نتایج بدست آمده از تست کنتور که در دو مرحله انجام گردیده است در جداول (۴-۱) و (۴-۲) آورده شده است .

جدول (۴-۱) : نتایج مرحلهٔ اول تست کنتور حجمی ۱۵۰ میلی متری

ردیف	وضعیت شیر فلکه	دبی کنتور اولتراسوینک m^3/hr	دبی کنتور حجمی m^3/hr	ضریب تصحیح کنتور
۱	یک دور باز	۵/۷۶	۴/۵۶	۱/۲۶
		۵/۷	۴/۶۸	۱/۲۲
۲	چند دور باز	۲۳/۱۶	۲۳/۴	۰/۹۹
		۲۳/۱۶	۲۵/۰۸	۰/۹۲

جدول (۴-۲) : نتایج مرحلهٔ دوم تست کنتور حجمی ۱۵۰ میلی متری

ردیف	وضعیت شیر فلکه	دبی کنتور اولتراسوینک m^3/hr	دبی کنتور حجمی m^3/hr	ضریب تصحیح کنتور
۱	شیر فلکه باز (دور کم)	۷/۸۶۸	۴/۸	۱/۶۴
۲	شیر فلکه باز (دور زیاد)	۲۶/۴۴۰	۲۶/۰۴	۱/۰۱۵
۳	شیر فلکه باز (دور زیاد)	۳۴/۴۳۰	۵۳/۸۲	۰/۶۳۹

همانگونه که در جداول فوق مشاهده می‌گردد، ضریب تصحیح کنتور برای دبیهای کم، متوسط و زیاد با یکدیگر متفاوت است . لذا ضریب تصحیح کنتور در دبیهای شبانه (f_m) از طریق میانگین مقادیر نوشته شده در ردیفهای شماره یک جدول فوق، به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$f_m=(1.26+1.22+1.64)\div 3=1.37$$

همچنین ضریب تصحیح کنتور در دبیهای متوسط (f_a) از میانگین مقادیر ردیفهای ۲ جداول فوق به صورت زیر تعیین می‌شود :

$$f_a=(0.99+0.92+1.015)\div 3=0.975$$

با توجه به مقادیر فوق و نیز ردیف ۳ جدول (۴-۲) ، ضریب تصحیح کنتور برای دبی متوسط ۲۴ ساعته (F) را می‌توان از طریق میانگین وزنی محاسبه نمود. در این میانگین وزنی ساعات ورودی با دبی کم و دبی زیاد هر کدام ۶ ساعت و ورودی با دبی متوسط ، ۱۲ ساعت در نظر گرفته شده است :

$$F=[(1.37+6)+(0.975\times 12)+(0.639\times 6)]\div 24=0.989$$

د) تصحیح و تعیین حداقل جریان شبانه

با استفاده از مقادیر محاسبه شده برای فاکتورهای تصحیح فشار ، تداوم اندازه‌گیری و تصحیح کنتور ، حداقل جریان شبانه یک ساعته ایزوله در فشار ۵۰ متر براساس رابطه (۴-۳) به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$NFM_{50} = INFM \times F_m \times \frac{1}{PCF} \times SDCF \qquad \text{(۴-۱) تکراری}$$

$$NFM_{50} = (4\times 2.38)\times 1.37\times \frac{1}{1.069}\times 1.016$$

۴-۳-۱-۲- برآورد آب تحویل شدهٔ شبانه (NFD)

همانگونه که در بخش (۳-۲-۱-۳) بیان گردید، برآورد آب تحویل شده شبانه از طریق یکی از روشهای تست A یا تست B قابل انجام است. ولی با توجه به اینکه این عملیات تاکنون در کشور ما انجام نگرفته است . لذا در این تحقیق از نتایج اجرای این تستها در کشور انگلستان استفاده شده است . براساس اطلاعات مندرج در UK/WI Report(1994) با اجرای تستها A و B بر روی ۶۲۰۷ مشترک در فشار ۵۰ متر ، میزان جریان تحویل شده شبانه با تداوم یک ساعته معادل l//prop/hr ۲/۵ بدست آمده است .

انحراف معیار استاندارد جریان شبانه تحویل شده با فرض اینکه ۲۵٪ از مشترکین در هنگام شب فعال باشند با استفاده از جدول (۳-۲) به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$SD = Z \times \sqrt{NP(1-P)}$$

$$SD = 10 \times \sqrt{748 \times 0.25 \times 0.75} \qquad \text{(۴-۲) تکراری}$$

$$\therefore SD = 118.4 \frac{lit}{hr}$$

۴-۳-۱-۳ - ارزیابی و محاسبه تلفات زمینه شبانه و تلفات زمینه روزانه

به منظور ارزیابی تلفات زمینه، این ایزوله به ۷۹ جزء (ناحیه) تقسیم گردیده است . هر جزء ایزوله شامل چند لولهٔ متصل به هم با قطر و جنس و عمر یکسان می‌باشد . مشخصات مربوط به هر ناحیه در جدول نتایج در پیوست ۲ نشان داده شده است .

مراحل مختلف ارزیابی تلفات زمینه در ۷ گام و به ترتیب انجام عملیات در ادامه آورده می‌شود .

- گام اول : تخمین اولیه تلفات زمینه روزانه

مطابق مطالب ذکر شده در بخش (۳-۲-۱-۴-۱) تخمین اولیه از تلفات زمینه اجزاء شبکه با استفاده از رابطهٔ زیر برآورد می‌گردد:

$$\left(P_{DBL}\right)_{ij} = \frac{\left(PE\right)_i - \left(PS\right)_i}{\left(Y_B\right)_i} \times y_{ij} + \left(PS\right)_i \qquad \text{(۴-۲) تکراری}$$

پارامترهای این رابطه برای هر جزء ایزوله به صورت زیر محاسبه و مشخص شده‌اند :

الف- تعیین $(PS)_i$

لوله‌های تشکیل دهندهٔ این ایزوله دارای یکی از دو جنس چدن و یا گالوانیزه می‌باشند . در رابطهٔ فوق لوله‌های چدنی را با i=1 و لوله‌های گالوانیزه را با i=2 نشان می‌دهیم . مقادیر PS (درصد تلفات در آغاز بهره برداری) برای این لوله‌ها با استفاده از جدول (۳-۳) تعیین می‌گردد:

$(PS)_۱$=٪۵ $(PS)_۲$= ٪۵

ب- تعیین $(y_B)_i$

عمر مفید لوله‌های چدن و گالوانیزه براساس جدول (۳-۴) برابر است با :

$(Y_B)_2$ =۳۰ سال $(Y_B)_1$ =۴۵ سال

ج- تعیین $(PE)_I$

درصد تلفات درپایان عمر مفید هر جزء شبکه (PE) در طی یک عملیات سعی و خطا و مطابق انچه در بخش (۳-۲-۱-۴-۱) ذکر شد ، محاسبه می‌گردد. در این ایزوله با فرض $(PE)_i$ برابر با ۳۰٪ ، درصد تلفات زمینه روزانه شبکه از رابطه (۳-۱۰) تقریباً معادل ۱۵٪ محاسبه می‌گردد. لذا می‌توان $(PE)_i$ برابر ۳۰٪ را به عنوان شرایط زیر بنایی خوب برای شبکه پذیرفت . در رابطه (۳-۱۰) جهت محاسبه درصد تلفات زمینه روزانه ، می‌بایستی حجم ورودی ۲۴ ساعته ایزوله مشخص شود. بدین منظور از اندازه‌گیریهای انجام شده توسط کنتور حجمی نصب شده در ورودی ایزوله استفاده می‌گردد. ورودی متوسط روزانه ایزوله از یک اندازه‌گیری ۸ روزه معادل ۸۲۷/۶ m^3/day بدست آمده است که با توجه به ضریب تصحیح کنتور در دبیهای ۲۴ ساعته (F) که در بخش (۴-۳-۱-۱) محاسبه گردید ، مقدار ورودی واقعی ۲۴ ساعته ایزوله ، برابر است با :

ورودی واقعی ۲۴ ساعته ایزوله =827.6 × F= 827.6 ×0.989

ورودی واقعی ۲۴ ساعته ایزوله = 818.5 m^3 /day

د- تعیین $(P_{DBL})_{ij}$

با مشخص شدن مقادیر $(PS)_i$,$(PE)_i$,$(y_B)_{ij}$ ، حال می‌توان با استفاده از رابطه (۴-۳) مقدار $(P_{DBL})_{ij}$ را برای هر جزء شبکه محاسبه نمود. مقادیر $(P_{DBL})_{ij}$ برای هر جزء شبکه در ستون (۱۲) جدول نتایج (پیوست ۴) محاسبه و درج گردیده است .

به عنوان مثال در جزء شماره یک ، جنس لوله از چدن می‌باشد و سن لوله ۳۹ سال است ، لذا براساس رابطهٔ (۴-۳) ، $(P_{DBL})_{ij}$ به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$(P_{DBL})_{1,39} = \frac{30-5}{45} \times 39 + 5 \approx 27$$

ه- محاسبهٔ تلفات زمینه روزانه اولیه (IDBL)

پس از مشخص شدن P_{DBL} برای تمامی اجزاء ایزوله ، تلفات زمینه روزانه اولیه (IDBL) برای هر یک از این اجزاء با استفاده از رابطه (۳-۸) که مجدداً در اینجا آورده شده است ، محاسبه گردیده و در ستون (۱۳) جدول نتایج (پیوست ۴) نوشته شده است .

$$(IDBL)_k = \frac{(P_{DBL})_{ij}}{100} \times [(DFD)_K + (UF)_K] \qquad \text{(۴-۴) تکراری}$$

در این رابطه ، آب تحویل شده ۲۴ ساعته به مشترکین $(DFD)_k$ از طریق بررسی آمار و اطلاعات موجود در شرکتهای آب تهیه گردیده و مقدار آن برای مشترکین هر ناحیه در ستون (۶) جدول نتایج پیوست ۴)آورده شده است . همچنین مطابق نتایج بدست آمده از پیمایشهای محلی ، تلفات غیر فیزیکی ناشی از انشعابات غیر مجاز در کل ایزوله برابر صفر می‌باشد . لذا با توجه به عدم دسترسی به محل دقیق مشترکین با کنتور خراب ، در تخمین اولیه تلفات زمینه روزانه ایزوله از تلفات غیر فیزیکی ناشی از انشعابات غیر مجاز و خرابی کنتورها (UF) صرف نظر شده است ، که البته با توجه به کوچک بودن حجم تلفات ناشی از خرابی کنتورها نسبت به کل مصرف روزانه مشترکین این عمل ، تاثیر محسوسی در محاسبات ایجاد نمی‌نماید .

با توجه به مطالب فوق، تلفات زمینه روزانه اولیه به عنوان مثال در ناحیهٔ یک ایزوله به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$(P_{DBL})_{1,39} = 27\% \qquad (DFD)_1 = 40.7 \qquad (UF)_1 = 0$$

$$\therefore (IDBL)_1 = \frac{27}{100} \times [40.7 + 0] = 10.99 \quad m^3/day$$

همچنین کل تلفات زمینه روزانه اولیه شبکه از مجموع تلفات محاسبه شده برای اجزاء شبکه بدست آورده می‌شود. در این ایزوله جمع کل تلفات زمینه روزانه معادل ۱۳۶/۵ m^3 /day می‌باشد .

در نتیجه درصد اولیه تلفات زمینه روزانه شبکه از رابطهٔ (۴-۱۰) به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$\text{درصد اولیه تلفات زمینه روزانه شبکه} = \frac{(IDBL)}{\text{(ورودی ۲۴ ساعته ایزوله)}} \times ۱۰۰ \qquad \text{(۴-۵) تکراری}$$

$$\text{درصد اولیه تلفات زمینه روزانه شبکه} = \frac{۱۳۶/۵}{۸۱۸/۵} \times ۱۰۰ = ۱۶/۶۷$$

٪۱۶/۶۷ = درصد اولیه تلفات زمینه روزانه شبکه ∴

گام دوم: تعیین فاکتور ساعت – روز و محاسبهٔ تلفات زمینه شبانه اولیه (INBL)

به منظور محاسبهٔ تلفات زمینه شبانه اولیه هر جزء شبکه، بایستی مقدار اولیه‌ایی برای فـاکتور ساعت- روز در نظر گرفته شود. البته این مقدار در مراحل بعدی آنالیز تصحیح خواهد شد .

بدین منظور می‌توان از یکی سه روش FAVAD و یا جذر فشار و یا ضریب $20/24$ اسـتفاده نمود. پیش از تعیین فاکتور ساعت – روز براساس FAVAD و یا جذر فشار، نیازمند محاسبه متوسط وزنی فشار ۲۴ ساعته ایزوله می‌باشیم. این فشار با استفاده از نتایج فشار سنجی ۲۴ ساعته شبکه کـه در جدول (۴-۳) نشان داده شده است ، به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

جدول (۴-۳): میزان فشار و تعداد ساعات برای دبیهای مختلف مصرف در ۲۴ ساعت شبانه روز

	میزان مصرف درشبکه پایین است	میزان مصرف در شبکه متوسط	میزان مصرف در شبکه بالا ست
فشار شبکه در این میزان مصرف	۵۳ (متر)	۴۰ (متر)	۲۷ (متر)
تعداد ساعات وجود این فشار در شبکه	۶ (ساعت)	۱۲ (ساعت)	۶ (ساعت)

$$P_W = (53+6+40\times12+27\times6)\div24 = 40m$$

با توجه به مقدار بدست آمده برای P_W ، فاکتور ساعت – روز از روشهای مختلف به صورت زیـر محاسبه می‌شود :

روش FAVAD : $F_{hd} = \frac{40}{53} = 0.75$

روش جذر فشار : $F_{hd} = \sqrt{\frac{40}{53}} = 0.87$

روش پیشنهادی در انگلستان : $F_{hd} = \frac{20}{24} = 0.83$

با توجه به اینکه مفهوم FAVAD و نیز ضریب $\frac{20}{24}$ دارای انطباق بیشتری با شرایط واقعی در شبکه‌های توزیع آب شهری می‌باشند ، لذا فاکتور ساعت – روز اولیه برای ایزوله براساس میانگین مقادیر بدست آمده از دو روش فوق و براساس قضاوت مهندسی معادل ۰/۸ در نظر گرفته شده است .

بدین ترتیب ، تلفات زمینه شبانه اولیه هر جزء شبکه براساس رابطه (۳-۱۱) به صورت زیر محاسبه شده و در ستون (۱۵) جدول نتایج (پیوست ۴) نوشته شده است .

$$(INBL)_{Iij} = (IDBL)_{ij} \times 1/0.8 \qquad (۴-۶)$$

همچنین حجم کل تلفات زمینه شبانه اولیه در ایزوله از مجموع این تلفات در اجزاء ایزوله محاسبه می‌گردد:

$$INBL = \sum_{k=2}^{79} (INBL)_k = 1.9749 \qquad lit/Sec$$

گام سوم : محاسبهٔ حجم اضافی (EV)

در این قسمت با مشخص شدن مقادیر تلفات زمینه شبانه اولیه (INBL) و آب تحویل شده شبانه به مشترکین (NFD) می‌توان با استفاده از رابطه (۳-۱۴) که در ادامه مجدداً آورده شده است ، حجم اضافی (EV) در ایزوله را محاسبه نمود. دراین رابطه پارامتر RB، حجم شکستگیهای گزارش شده در هنگام اندازه‌گیری حداقل جریان شبانه است، که مقدار آن در این ایزوله برابر صفر گزارش شده است . بقیه پارامترهای این رابطه قبلاً تعیین و تعریف شده‌اند :

(۴-۷) تکراری

$$EV = \left[(INFM) \times f_m \times (SDCF) \times \frac{1}{(PCF)} \right] - \left[\sum_{k=1}^{n} (INBL)_k \times \frac{1}{(PCF)} + V_{RB} + \sum_{k=1}^{n} (NFD)_k + (SD) \right]$$

$$EV = [9.52 \times 1.37 \times 1.016 \times 0.935] - [\,711 \times 0.935 + 0 + 748 \times 2.5 \times 0.001 + 0.1184]$$

$$\therefore EV = 3.75 \quad m^3/hr$$

این حجم اضافی معادل حجم تلفات ناشی از دو شکستگی گزارش نشده با دبی ۱/۶ متر مکعب در ساعت و یا هفت شکستگی با دبی ۵۰۰ لیتر در ساعت بر روی لوله‌های ایزوله می‌باشد . جهت

تشخیص علت وجود حجم اضافی و تعیین محل شکستگیهای گزارش نشده احتمالی ، عملیات مکـــان یابی شکستگیهای گزارش نشده در ایزوله اجرا می‌گردد.

گام چهارم : مکانیابی شکستگیهای گزارش نشده

۱- تعیین نقاط و مسیرهای فشار سنجی با استفاده از شبیه سازی هیدرولیکی

در این تحقیق برای شبیه سازی هیدرولیکی شـبکه از نسـخهٔ ۲ (2000) نـرم افـزار EPANET استفاده گردیده است . نرم افزار مذکور که قادر به شبیه سازی هیدرولیکی و کیفی شـبکه‌های توزیـع آب شهری در حالتهای استاتیک (مصارف ثابت) و دینامیک (مصـارف متغـیر بـا زمـان) می‌باشـد . توسط سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا EPA (Environment protection Agency) تهیه شـده است .

در شبیه سازی هیدرولیکی شبکه در هر ناحیه از ایزوله یک گره مرجع تعیین شده که تقاضـا (demand) در آن ناحیه به آن گره نسبت داده می‌شود . شماره گره مرجع هر ناحیـــه در سـتون (۲) جدول (۴-۴) نوشته شده است .

میزان تقاضای هر گره با استفاده از رابطه (۳-۱۵) محاسبه می‌گردد. به عنوان مثـال در ناحیـه شماره یک ایزوله ، تعداد ۳۹ مشترک وجود دارند و تلفات زمینه شبانه اولیه‌درآن $۰/۱۵۶ lit/sec$ برآورد گردیده است ، لذا میزان تقاضا در ناحیه یک به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

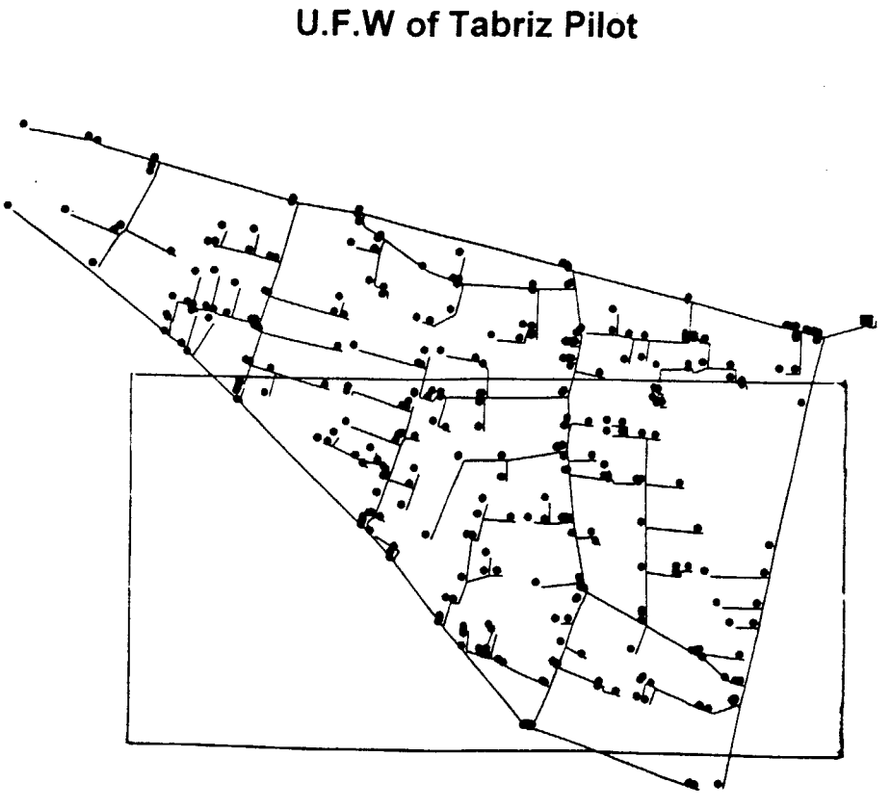
$$D_1 = (INBL)_1 + (NFD)_1$$
$$(INBL)_1 = 0.156 \ l/s$$
$$(NFD)_1 = 2.5 \times 39 \times \frac{1}{3600} = 0.027 \ l/s$$
$$\therefore D_1 = 0.156 + .027 = 0.183 \ l/s$$

میزان تقاضا برای نواحی مختلف ایزوله در ستون (۱۸) جـدول نتـایج (پیوسـت ۴) اورده شـده است . همچنین در شبیه سازی هیدرولیکی ایزوله ، هد فشار مخزن فرضی واقع در ورودی ایزوله برابر فشار اندازه‌گیری شده در ورودی ایزوله در زمان حداقل جریان شبانه در نظر گرفته شـده کـه معـادل ۵۷ متر می‌باشد .

به منظور تعیین نقاط و مسیرهای فشار سنجی ، یک عملیات سعی و خطا شـــامل بـاز و بســته نمودن شیرهای مختلف درون ایزوله و تغییر مسیر جریان آب درون لوله‌ها ، به همراه اعمال شکستگی در نقاط مختلف آن با استفاده از شبیه سازی هیدرولیکی انجام گردیده است . براساس نتایج بدســت /آمده از این عملیات در این ایزوله ۳ مسیر فشار سنجی و ۲ نقطهٔ فشار سنجی جـهت پوشـش کـامل شبکه برای مکان یابی شگستگی‌های گزارش نشده تعیین گردید. این مسـیرها و نقـاط بـه شـرح زیـر میباشند :

الف – مسیر شماره (۱) فشار سنجی

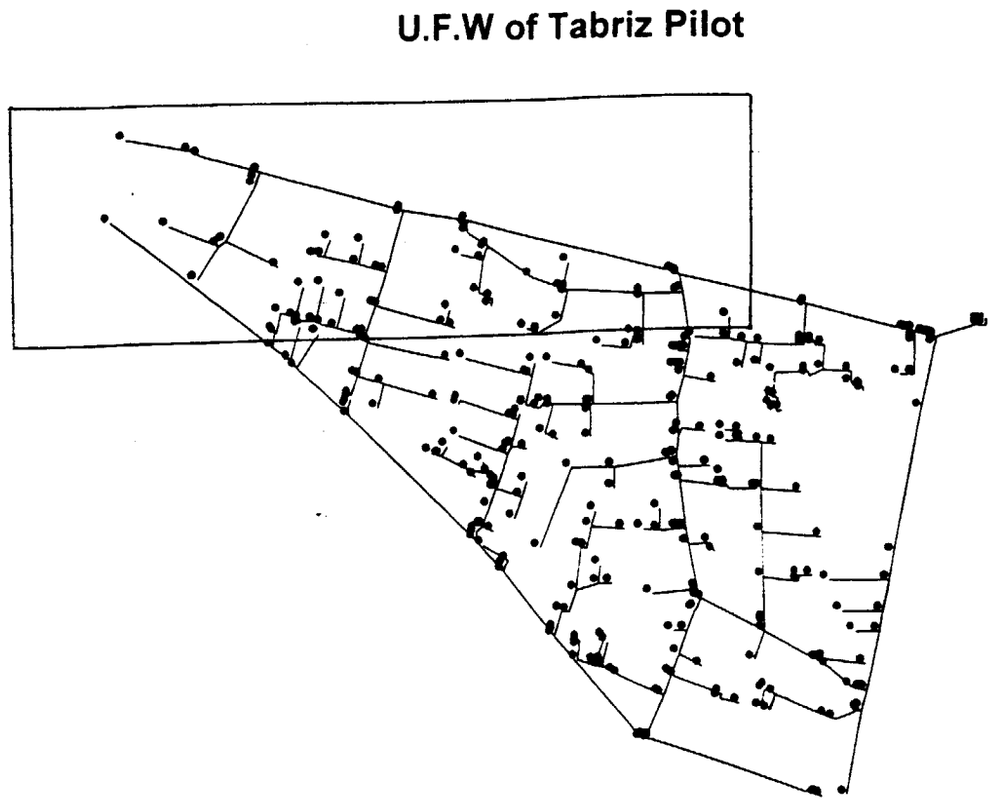
در این حالت ، کلیه شیرهای درون ایزوله باز بوده و نقطهٔ فشار سنجی در آن ، گرهٔ شـماره ۱۳ می‌باشد . این مسیر ، بخشهایی از نواحی جنوبی ، مرکزی ، جنوب غربی و شرق ایزوله را تحت پوشش قرار می‌دهد . (شکل (۴-۱)).



شکل (۴-۱) : محدودهٔ تقریبی مسیر فشار سنجی شماره (۱)

ب – مسیر شماره (۲) فشار سنجی

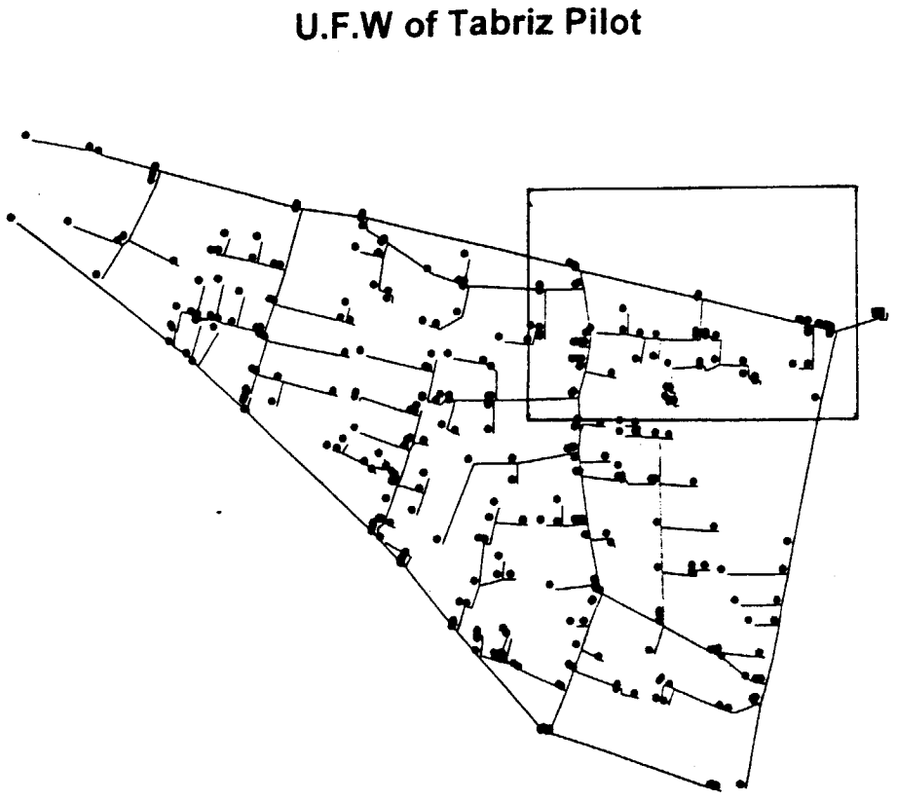
در این حالت ، شیر (لوله) شماره ۸۳ بسته شده و بقیهٔ شیرهای درون ایزوله بـاز اسـت . گرهٔ فشار سنجی در این مسیر ، گرهٔ شماره ۲ می‌باشد . این مسیر نواحی شمالی و غربـی ایزولـه را تحـت پوشش قرار می‌دهد (شکل (۴-۲)).



شکل (۴-۲) : محدودهٔ تقریبی مسیر فشار سنجی شماره (۲)

ج- مسیر شماره (۳)فشار سنجی

در این مسیر ، شیر (لوله) شماره ۳۳۴ باز گردیده و شیر (لوله) شماره ۳۳۲ بسته شده است . گرهٔ فشار سنجی در این مسیر ، گرهٔ شماره ۲ می‌باشد . در این حالت وقوع شکستگی در نواحی شمال شرقی ایزوله قابل تشخیص می‌باشد (شکل(۴-۳)).



شکل (۴-۳) : محدودهٔ تقریبی مسیر فشار سنجی شماره (۳)

۲- افزایش حساسیت گره‌های فشار سنجی نسبت به وقوع شکستگی

به منظور افزایش حساسیت گره‌های فشار سنجی از روش کاهش قطر شیر ورودی در هر مسیر استفاده شده است . شیرهای تغییر قطر یافته در هر مسیر به صورت زیر می‌باشند :

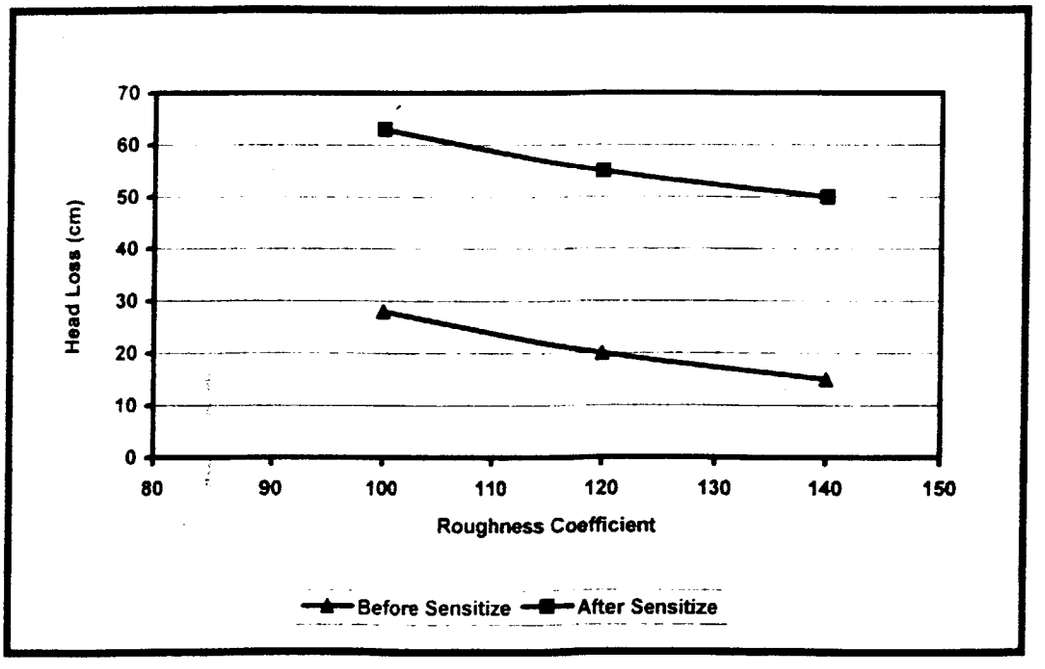
الف- در مسیر شماره یک، قطر شیر شماره ۹۶ از ۱۰۰ میلی متر به ۴۰ میلی متر کاهش یافته است .

ب – در مسیر شماره ۲، قطر شیر شماره ۸۵ از ۱۰۰ میلیمتر به ۴۰ میلیمتر کاهش یافته است.

ج- در مسیر شماره ۳ ، قطر شیر شماره ۹۶ از ۱۰۰ میلیمتر به ۴۰ میلیمتر کاهش یافته است .

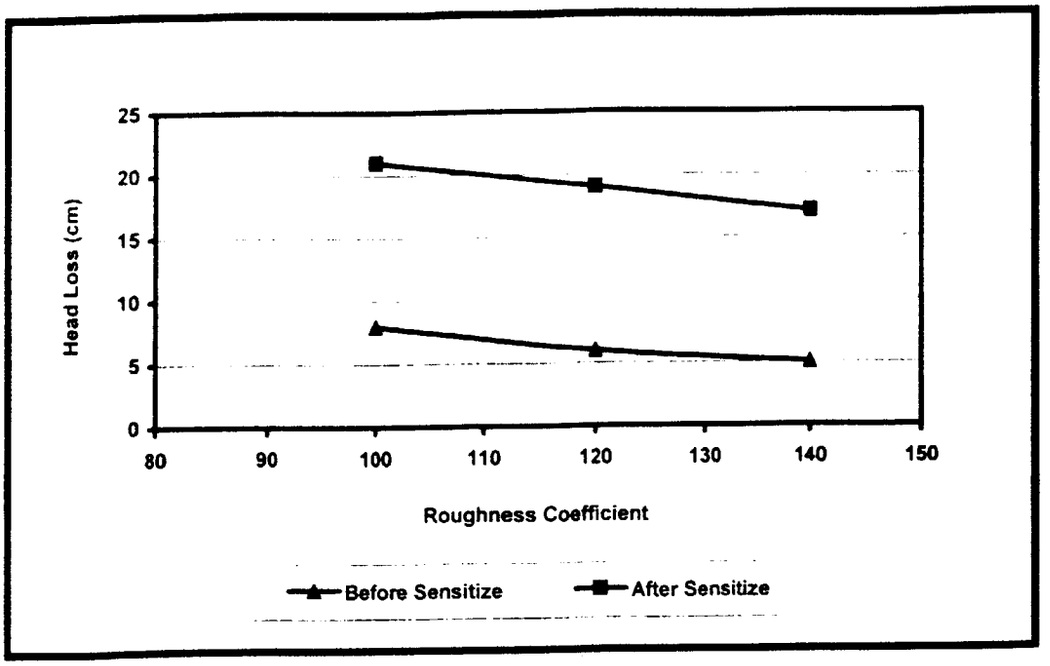
همانگونه که در فصل سوم نیز بیان گردید ، استفاده از روش افزایش حساسیت، بر سرعت و خصوصیات جریان در بخشهای دیگر نمی‌گذارد . این نکته را در شکلهای (۴-۴) تا (۴-۶) نیز می‌توان

مشاهده نمود . در این شکلها تغییرا ت افت فشار در گره فشار سنجی در هر یک از مسیرهای فشار سنجی فوق به ازای ضرایب زبری مختلف هیزن ویلیامز و برای دو حالت قبل و بعد از افزایش حساسیت گره، نشان داده شده است . در این نمودارها می‌توان مشاهده نمود که میزان تغییرات افت فشار با زبری لوله در دو حالت قبل و بعد از افزایش حساسیت ، تفاوتی چندانی نداشته و تقریباً یکسان است. این عدم اختلاف ، نشان دهندهٔ عدم تغییر سرعت و خصوصیات جریان در قبل و بعد از افزایش حساسیت می‌باشد . زیرا در صورتیکه سرعت در بخشهای دیگرشبکه افزایش می‌یافت ، تاثیرات زبری در میزان افت فشار نسبت به حالت قبل از افزایش حساسیت ، بیشتر می‌شد.

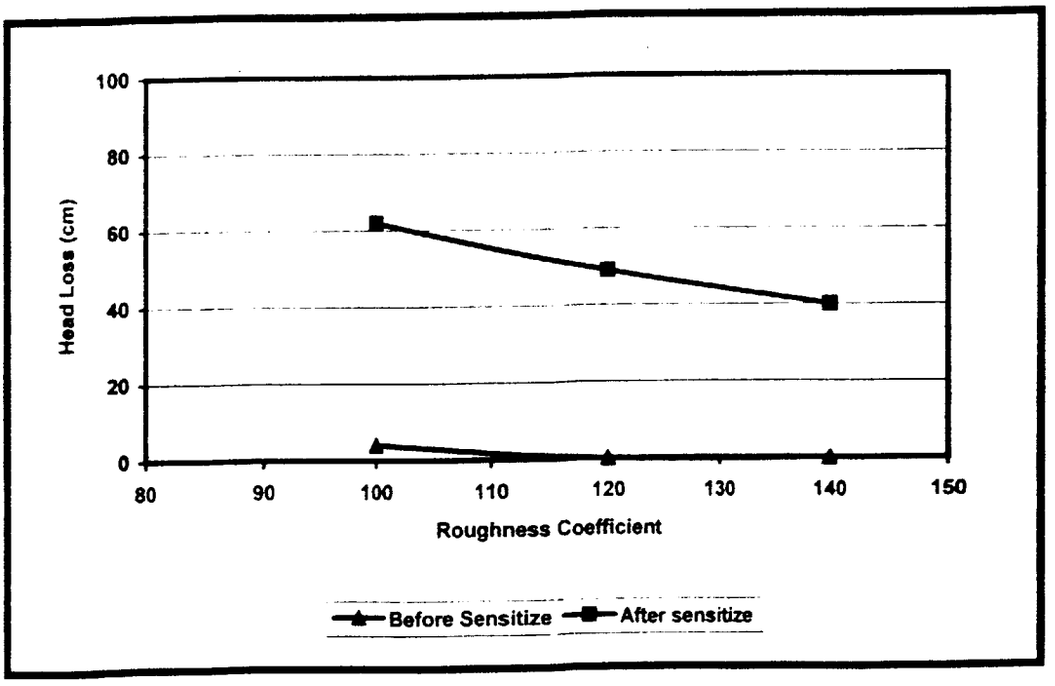


شکل (۴-۴) : تغییرات افت فشار یا زبری در قبل و بعدد از افزایش حساسیت

در مسیر شماره یک فشار سنجی



شکل (۴-۵) تغییرات افت فشار با زبری در قبل و بعد از افزایش حساسیت در مسیر شماره دو فشار سنجی



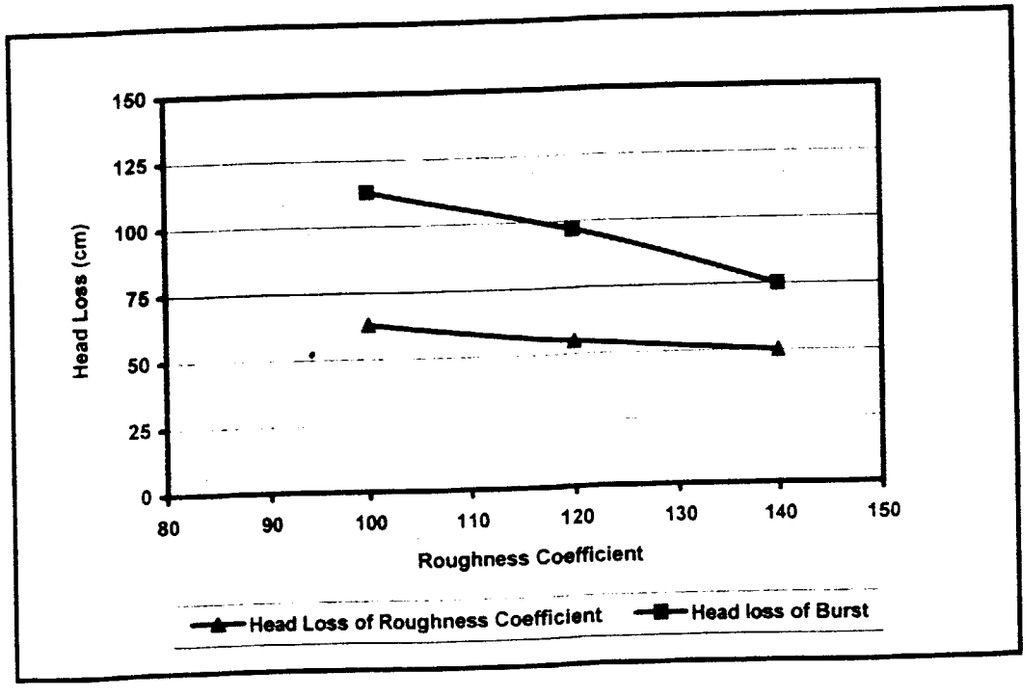
شکل (۴-۶) تغییرات افت فشار با زبری در قبل و بعد از افزایش حساسیت در مسیر شماره سه فشار سنجی

همچنین نکته قابل توجه دیگر که در فصل سوم نیز به آن اشاره گردید، در مورد تاثیرات زبری لوله‌ها در میزان افت فشار می‌باشد . در شکل‌های شماره (۴-۷) تا (۴-۹) تغییرات افت فشار با زبری ، در گره‌های فشار سنجی در دو حالت مختلف نشان داده شده است .

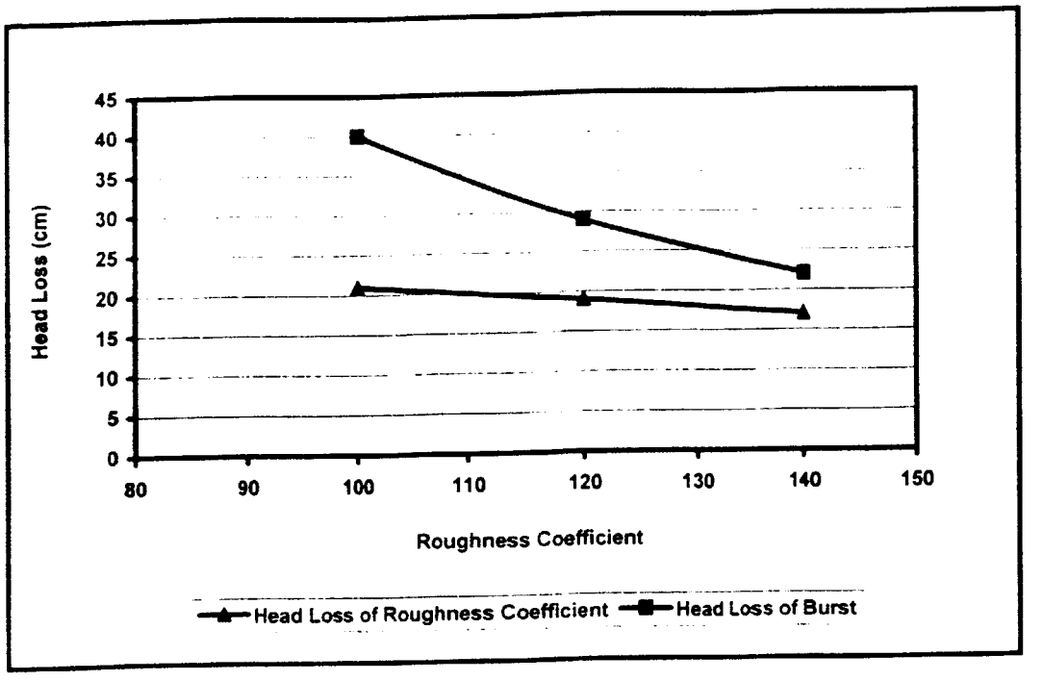
حالت اول در هر یک از این مسیرها میزان تغییرات افت فشار یا زبری در شرایطی که هیچ نوع شکستگی در مسیر فشار سنجی موجود نباشد را نشان می‌دهد .

و در حالت دوم تغییرات افت فشار با زبری در حالتی که در یکی از گره‌های مسیر فشار سنجی یک شکستگی با دبی ۰/۴۵ لیتر در ثانیه رخ داده باشد ، نشان داده شده است .

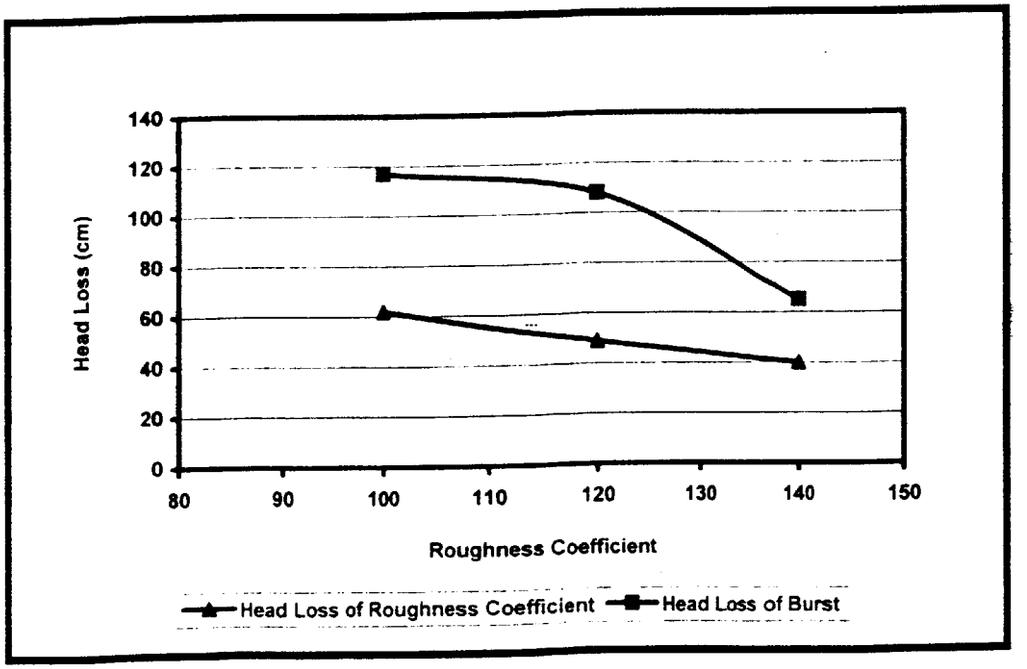
در این نمودارها می‌توان مشاهده نمود که میزان تغییرات افت فشار به ازای یک شکستگی در یک زبری ثابت، چندین برابر میزان تغییرات افت فشار بر اثر تغییر زبری در کل لوله‌های ایزوله می‌باشد . لذا در صورتیکه میزان زبری لوله‌ها بدرستی تعیین نشده باشند، میزان تاثیر این خطا در افت فشار نسبت به تاثیرات وقوع شکستگی در افت فشار، قابل چشم پوشی است . در نتیجه می‌توان وجود اختلاف در میزان فشار بدست آمده از شبیه سازی هیدرولیکی و عملیات فشار سنجی را به شکستگیهای گزارش نشده و یا خطا در تخمین تلفات زمینه در ایزوله نسبت داد.



شکل (۴-۷) تغییرات افت فشار یا زبری در قبل و بعد وقوع شکستگی در مسیر شماره یک



شکل (۴-۸): تغییرات افت فشار یا زبری در قبل و بعد وقوع شکستگی در مسیر شماره دو



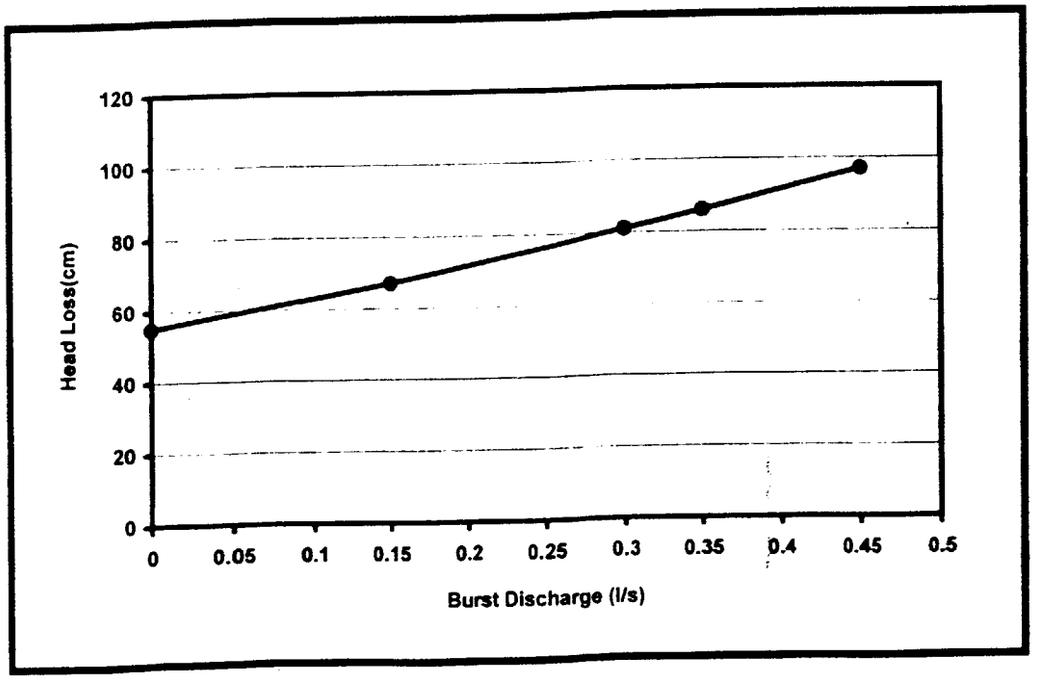
شکل (۴-۹): تغییرات افت فشار یا زبری در قبل و بعد وقوع شکستگی در مسیر شماره سه

بررسی میزان افت فشار در گره‌های فشار سنجی در اثر وقوع شکستگی با دبیهای مختلف و در نواحی مختلف فشار سنجی در مکانیابی شکستگیهای گزارش نشده از اهمیت ویژه‌ایی برخوردارست . نمونه‌ایی از این بررسیهای در هر یک از سه مسیر فشار سنجی ایزولهٔ مورد نظر در شکلهای (۴-۱۰) تا (۴-۱۲) نشان داده شده است . در این شکلها می‌توان مشاهده نمود که با کاهش دبی شکستگی میزان افت فشار نیز کاهش می‌یابد .

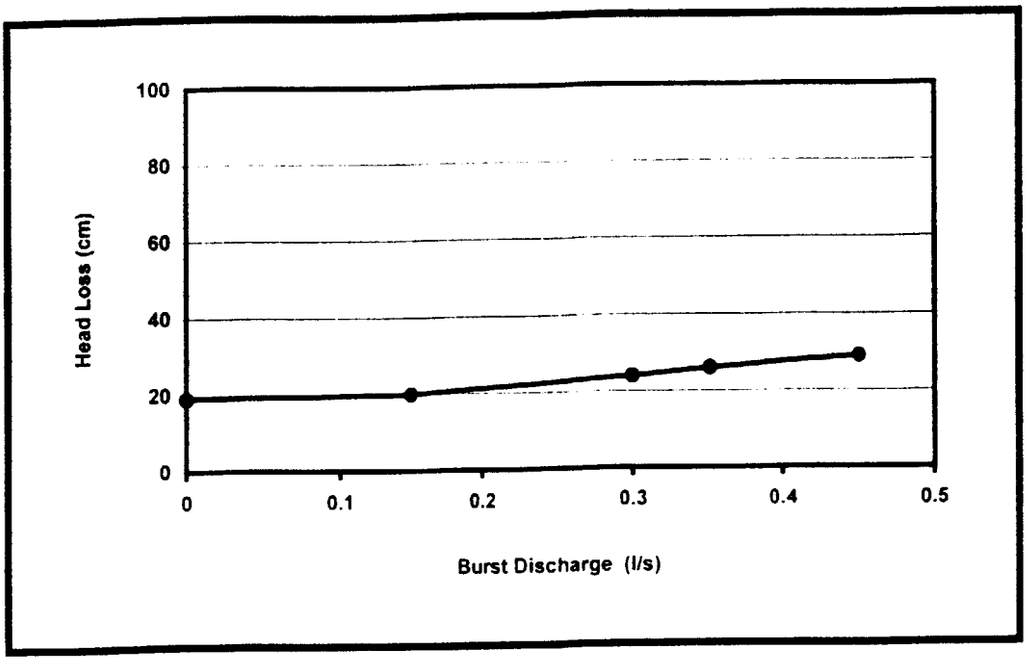
بدین ترتیب با تعیین نقاط و مسیرهای فشار سنجی ، شرایط لازم جهت عملیات فشار سنجی در ایزوله فراهم گردیده است .

۳- فشار سنجی در شبکه

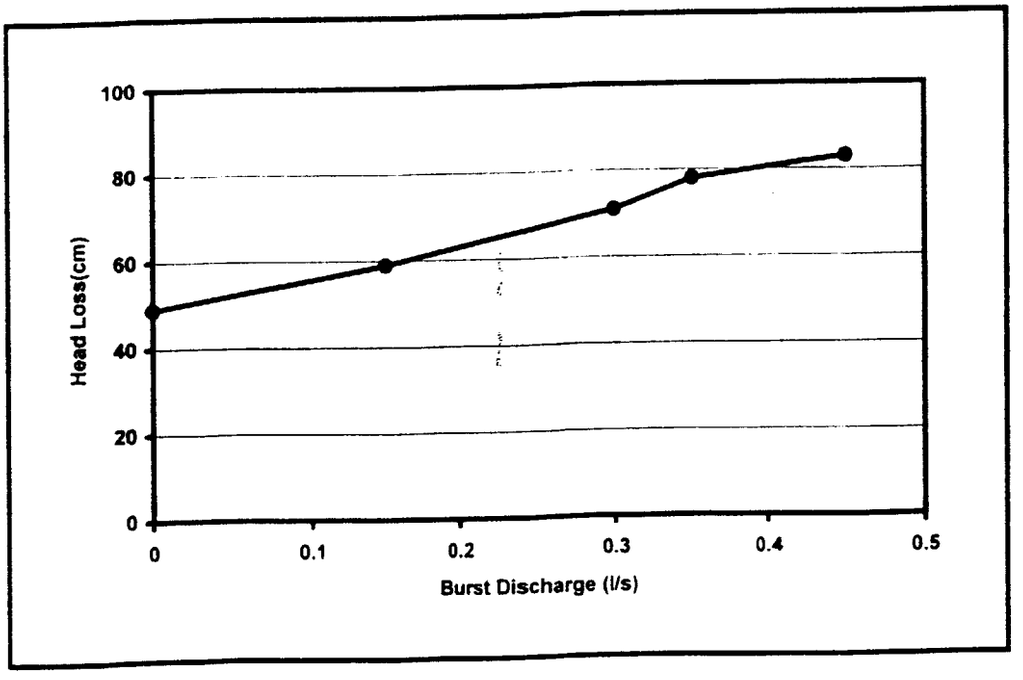
همانگونه که در مقدمه این فصل گفته شد، اطلاعات مورد استفاده در این نمونه مطالعاتی از گزارشهای مربوط به طرح کاهش آب به حساب نیامده تبریز اخذ گردیده و چون این روش مکانیابی شکستگیهای گزارش نشده برای نخستین بار در این تحقیق ارائه گردیده است ، لذا این عملیات فشار سنجی در ایزولهٔ مورد نظر اجرا نگردیده است . با این حال عملیات مکانیابی شکستگیهای گزارش نشده در این ایزوله با روشی دیگر توسط شرکت آبران انجام گردیده و نتایج آن نشان دهندهٔ عدم وجود شکستگی گزارش نشده در ایزوله در هنگام اندازه‌گیری حداقل جریان شبانه می‌باشد . لذا می‌توان تمامی حجم اضافی (EV) محاسبه شده را به تلفات زمینه شبانه نسبت داد. نحوهٔ تصحیح مقادیر تلفات زمینهٔ شبانه در گام بعدی آورده شده است .



شکل (۴-۱۰)تست حساسیت گره شماره ۱۳ نسبت به وقوع شکستگی در مسیر شماره یک



شکل (۴-۱۱) تست حساسیت گره شماره ۱۳ نسبت به وقوع شکستگی در مسیر شماره ۲



شکل (۴-۱۲) تست حساسیت گره شماره ۱۳ نسبت به وقوع شکستگی در مسیر شماره ۳

-گام پنجم : تعیین مقدار دقیق تلفات زمینه شبانه

تلفات زمینه شبانه در هر ناحیه از ایزوله، مطابق رابطه (۳-۲۰) به صورت زیر اصلاح می‌گردد.

$$(NBL)_k = (CF)_k \times (EV)' + (INBL)_K$$ (۴-۸) تکراری

با توجه به اینکه مقدار V_{URB}برابر صفر می‌باشد ، لذا براساس رابطه (۳-۱۸) می‌توان نوشت :

$$(EV)' = (EV) = 3.75 \qquad m^3/hr$$

همچنین CF با استفاده از رابطه (۳-۱۹) برای هر یک از نواحی ایزوله محاسبه گردیده و در ستون (۲۰) جدول نتایج (پیوست ۴) درج گردیده است . به عنوان مثال در ناحیهٔ شماره یک ایزوله مقدار $(CF)_1$ به صورت زیر محاسبه می‌شود :

$$(CF)_1 = \frac{(INBL)_1}{\sum_{K=1}^{80}(INBL)_K} = \frac{0.156}{1.9749} = .079$$

در نتیجه مقدار تلفات زمینه شبانه اصلاح شده برای این ناحیه ، برابر است با :

$$(NBL)_1 = .079 \times \frac{3.75}{0.935} \times \frac{1000}{3600} + 0.156 = 0.244 \quad lit/Sec$$

مقادیر تلفات زمینه شبانه شده اصلاح برای سایر اجزاء شبکه نیز به همین ترتیب محاسبه گردیده و در ستون (۲۳) جدول نتایج (پیوست ۴) نوشته شده است .

-گام ششم : اصلاح فاکتور تصحیح فشار و فاکتور ساعت – روز

همانگونه که قبلاً گفته شد با توجه به اینکه در این تحقیق امکان عملیات اجرایی و صحرایی در اختیار نبوده است ، لذا اصلاح فاکتور تصحیح فشار و ساعت – روز در این ایزوله امکان پذیر نمی‌باشد.

گام هفتم: محاسبهٔ تلفات زمینه روزانه اصلاح شده

با فرض اینکه فاکتور ساعت – روز اولیه ایی که در ابتدای محاسبات در نظر گرفته شد صحیح می‌باشد ، می‌توان تلفات زمینه روزانه تصحیح شده در هر ناحیه از ایزوله را با استفاده از رابطه(۳-۲۶) محاسبه نمود . به عنوان مثال در ناحیهٔ یک ایزوله داریم :

$$(DBL)_1 = 0.8 \times (NBL)_1$$
$$\therefore (DBL)_1 = 0.19 \quad lit/Sec$$

تلفات زمینه روزانه اصلاح شده هر یک از اجزاء شبکه در ستون (۲۵) جدول نتایج (پیوست ۴) آورده شده است . همچنین از مجموع این تلفات برای اجزاء شبکه، تلفات زمینه روزانه کل ایزوله محاسبه گردیده و برابر است با :

$$(DBL) = \sum_{k=1}^{80} (DBL)_K = 211.43 \, m^3/day$$

$$\therefore DBL = 211.43 \, m^3/day$$

۴-۳-۲- ارزیابی تلفات ناشی از شکستگیها

آمار و اطلاعات موجود از وقوع شکستگیها در این ایزوله بسیار محدود و ناقص می‌باشد و به علت اینکه سیستم کنترل فعال نشت در این ایزوله به اجرا در نیامده است ، اطلاعات چندانی از شکستگیهای گزارش نشدهٔ سالانه در دسترس نیست. با توجه به مطالب فوق و با استفاده از اطلاعات موجود، حجم تلفات ناشی از شکستگیهای گزارش شده سالانه در سه حالت زیر محاسبه گردیده است:

۱- شکستگی بر روی لوله‌های اصلی

۲-شکستگی از کنتور تا شیر قطع و وصل

۳-شکستگی از شیر تا کمر بند انشعاب

حجم تلفات در هر یک از این حالات با استفاده از دو روش جذر فشار و روش آماری به کار رفته در انگلستان محاسبه گردیده و نتایج آنها با یکدیگر مقایسه شده است .

۴-۳-۲-۱- حجم تلفات ناشی از شکستگی بر روی لوله‌های اصلی

اطلاعات موجود از این شکستگیها عبارتند از :

- تعداد دفعات وقوع شکستگی (N) : ۱۱ مورد در سال
- قطر متوسط لوله‌های شکسته : ۱۰۰ میلی متر
- فشار متوسط شبانه منطقه (AZNP) : ۵۳ متر
- فشار متوسط وزنی روزانه منطقه (P_W) : ۴۰ متر
- تداوم شکستگی (شامل مدت زمان آگاهی ، مکانیابی و تعمیر) (t) : ۲۴ ساعت
- قطر متوسط محل شکستگی: ۰/۵ اینچ

با توجه به اطلاعات فوق، حجم تلفات ناشی از این شکستگیها به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

الف- روش جذر فشار

در این روش با استفاده از جدول (۴-۴) که دبی نشت از منافذ نشت با قطرهای مختلف و در فشارهای مختلف را براساس روش جذر فشار نشان می‌دهد ، دبی تلفات محاسبه می‌گردد. لذا دبی متوسط تلفات شبانه از یک شکستگی بر روی لوله‌های اصلی با مشخصات فوق با استفاده از این جدول معادل ۲۰۲/۰۹ لیتر در دقیقه بدست آورده می‌شود . همچنین فاکتور ساعت – روز برای شکستگیها در این ایزوله، با توجه به اینکه تمامی لوله‌های آن فلزی می‌باشند از روش جذر فشار و به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$F_{hd} = \sqrt{\frac{p_w}{P_{max}}} = \sqrt{\frac{40}{53}}$$

$$\therefore F_{hd} = .87$$

با استفاده از این اطلاعات . می‌توان حجم تلفات ناشی از این شکستگیها را با استفاده از رابطه (۳-۲۹) و براساس روش جذر فشار به صورت زیر محاسبه نمود:

$$V_B = Q \times t \times N \times \frac{1}{PCF} \times F_{hd} \qquad \text{(۴-۹) تکراری}$$

$$(V_B)_1 = (202.09 \times 0.001 \times 60) \times (24) \times (11) \times (1) \times (0.87)$$

$$(V_B)_1 = 2785.05 \quad m^3/years \qquad \text{(روش جذر فشار)}$$

ب – روش انگلیسی

در این روش دبی تلفات ناشی از شکستگی بر روی لوله‌های اصلی با قطر ۱۰۰ میلی متر و با اسفاده از شکل (۳-۶) و در فشار ۵۰ متر برابر ۲/۸۸ لیتر در ثانیه بدست آورده می‌شود . همچنین فاکتور تصحیح فشار ۵۰ متر با استفاده از رابطهٔ شاخص نشت و با استفاده از شکل (۳-۲) معادل ۱/۱ تعیین می‌گردد. علت استفاده از رابطهٔ شاخص نشت برای فاکتور تصحیح فشار این است که مقادیر دبی شکستگیها در این روش با استفاده از رابطهٔ شاخص نشت تصحیح گردیده است.

با توجه به مطالب فوق ، دبی تلفات ناشی از این شکستگیها با استفاده از این روش برابر است با:

$(V_B)_I$= 2.88×0.001×3600×24×11×1.1×0.87

$(V_B)_I$ = 2619.46 m^3/years (روش انگلیسی)

جدول (۴-۴) : مقدار نشت آب در منافذ نشت با قطرهای مختلف در لوله‌های تحت فشار بر حسب لیتر دردقیقه بااستفاده از رابطه جذر فشار ($Q=C\sqrt{p}$)

قطر سوراخ	فشار آب (اتمسفر)				
(میلیمتر)	۱/۳۶	۲/۷	۴/۰۰	۵/۴۰	۶/۸۰
۲/۵	۴/۰۳۵	۵/۷۱۳	۷/۰۰۰	۸/۰۸۳	۹/۰۳۵
۵	۱۶/۱۶۶	۲۲/۸۶۱	۲۸/۰۰۰	۳۲/۳۳۳	۳۶/۰۴۲
۷/۵	۳۶/۳۷۵	۵۱/۴۴۴	۶۳/۰۰۷	۷۲/۷۵۶	۸۱/۳۴۷
۱۰	۶۴/۶۶۶	۹۱/۴۵۸	۱۱۲/۰۱۴	۱۲۹/۳۴۰	۱۴۴/۶۱۱
۱۲/۵	۱۰۱/۰۴۸	۱۴۲/۹۰۳	۱۷۵/۰۲۰	۲۰۲/۰۹۷	۲۲۵/۹۵۱
۱۵	۱۴۵/۶۲۵	۲۰۵/۵۷۷	۲۵۲/۰۳۵	۲۹۱/۰۲۱	۳۲۵/۳۷۵
۱۷/۵	۱۹۸/۰۵۵	۲۸۰/۰۹۷	۳۴۳/۰۵۵	۳۹۶/۱۱۸	۴۴۲/۸۴۷
۲۰	۲۸۵/۶۸۰	۳۶۵/۸۴	۴۴۸/۰۶۲	۵۱۷/۳۷۵	۵۷۸/۴۸۵
۲۲/۵	۳۲۷/۴۰۲	۴۶۳/۰۱۴	۵۶۷/۰۷۴	۶۵۴/۸۹۸	۷۳۲/۰۹۰
۲۵	۴۰۴/۳۳۷	۵۷۱/۶۲۵	۷۰۰/۰۹۰	۸۰۸/۴۰۲	۹۰۳/۸۱۹
۲۷/۵	۴۸۹/۰۸۳	۶۹۱/۶۶۶	۸۴۷/۱۱۸	۹۷۸/۱۶۶	۱۰۹۳/۶۱۸
۳۰	۵۸۲/۰۴۸	۸۲۳/۱۳۹	۱۰۰۸/۱۳۹	۱۱۶۴/۰۹۷	۱۳۰۱/۵۰۰
۳۲/۵	۶۸۳/۰۹۷	۹۶۶/۰۴۱	۱۱۸۳/۱۶۰	۱۳۶۶/۱۹۴	۱۵۲۷/۴۵۱
۳۵	۷۹۲/۲۳۶	۱۱۲۰/۳۸۲	۱۳۷۲/۱۸۷	۱۵۸۴/۴۶۵	۱۷۷۱/۴۸۶
۳۷/۵	۹۰۹/۴۵۱	۱۲۸۶/۱۶۰	۱۵۷۵/۲۱۵	۱۸۱۸/۸۹۶	۲۰۳۳/۵۹۷
۴۰	۱۰۴۳/۷۵۷	۱۴۶۳/۳۶۱	۱۷۹۲/۲۴۳	۲۰۶۹/۵۰۷	۷۷۷/۳۳۱۳
۲۲/۵	۱۱۶۸/۱۳۹	۱۶۱۵/۹۹۳	۲۰۲۳/۲۷۰	۲۳۳۶/۲۷۷	۲۶۱۲/۰۳۴
۴۵	۱۳۰۹/۶۱۱	۱۸۵۲/۰۶۲	۲۲۶۸/۳۰۵	۲۶۱۹/۲۱۵	۲۹۲۸/۳۷۵
۵۰	۱۶۱۶/۸۰۰	۲۲۸۶/۵۰۰	۲۸۰۰/۳۸۱	۳۲۳۳/۶۰۴	۳۶۱۵/۲۷۷
۴۷/۵	۱۴۵۹/۱۶	۲۰۶۳/۵۷	۲۵۲۷/۳۴۷	۲۹۱۸/۳۲۶	۳۲۶۲/۷۹۱

۴-۳-۲-۲- حجم تلفات ناشی از شکستگیها از کنتور تا شیر قطع و وصل

اطلاعات موجود از این شکستگیها :

- تعداد دفعات وقوع شکستگی (N) : ۳ مورد در سال
- قطر متوسط سوراخ : ۵ میلی متر
- تداوم متوسط شکستگیها (t) : ۲۴ روز

سایر اطلاعات مربوط به فشار شبکه، نحوهٔ محاسبهٔ فاکتور ساعت- روز و فاکتور تصحیح فشار همانند حالت شکستگی بر روی لوله‌های اصلی می‌باشد .

الف – روش جذر فشار

دبی این شکستگیها براساس جدول (۴-۴) معادل ۳۲/۳۳ لیتر در دقیقه تعیین می‌گردد. لذا حجم تلفات براساس روش جذر فشار به صورت زیر محاسبه می‌شود :

$(V_B)_2 = 32.33 \times 0.001 \times 60 \times 24 \times 34 \times 0.87$

$(V_B)_2 = 2916.48\ m^3/years$ (روش جذر فشار)

(روش جذر فشار)

ب- روش انگلیسی

در این روش دبی تلفات از لوله‌های سرویس با هر قطری که باشند معادل ۱/۶ متر مکعب در ساعت در نظر گرفته میشود . لذا حجم تلفات برابر است با :

$(`V_B)_2 = 1.6 \times 24 \times 24 \times 3 \times 1.1 \times 0.87$

$(V_B)_2 = 2678.95\ m^3/years$ (روش انگلیسی)

۴-۳-۲-۳- حجم تلفات ناشی از شکستگیها از شیر تا کمربند انشعاب

تعداد این نوع شکستگیها در ایزوله، ۳۴ مورد گزارش شده است . سایر مشخصات این شکستگیها همانند شکستگیها از کنتور تا شیر قطع و وصل می‌باشد .

الف – روش جذر فشار

$(V_B)_3$= 32.33×0.001×60×24×340×0.87

$(V_B)_3$=33053.48 m^3/years (روش جذر فشار)

ب – روش انگلیسی

$(V_B)_3$= 1.6×24×34×1.10×.87

$(V_B)_3$ = 30361.8 m^3/years (روش انگلیسی)

۴-۳-۲-۴ – حجم کل تلفات سالانه ناشی از شکستگیها در ایزوله

حجم کل تلفات سالانه ناشی از شکستگیها در ایزوله از مجموع تلفات بدست آمده از سه حالت فوق محاسبه می‌گردد. این مقادیر برای دو روش جذر فشار و انگلیسی به صورت زیر می‌باشند .

$V_B= (V_B)_1+ (V_B)_2+ (V_B)_3$

$\therefore V_B$ = 38755.01 m^3/years (روش جذر فشار)

$\therefore V_B$= 35660.21 m^3/years (روش انگلیسی)

نتایج بدست آمده در این ایزوله ، نشان می‌دهد که مقادیر تلفات محاسبه شده از روشهای آماری انگلیسی و جذر فشار به یکدیگر نزدیک می‌باشد . ولی با توجه به اینکه روش اماری ، مربوط به شرایط موجود در انگلستان می‌باشد در این آنالیز از تلفات محاسبه شده با روش جذر فشار استفاده می‌نماییم.

۴-۳-۳- حجم کل نلفات فیزیکی در ایزوله

حجم کل تلفات فیزیکی سالانه در ایزوله براساس رابطه (۳-۳۱) که در زیر مجدداً آورده شده است ، محاسبه می‌گردد.

(۴-۱۱) تکراری $V_B + 365 \times DBL$ = *حجم کل تلفات فیزیکی سالانه ایزوله*

حجم کل تلفات فیزیکی سالانه ایزوله = ۳۸۹۵۵/۰۱×۳۶۵×۲۱۱/۴۳

حجم کل تلفات فیزیکی سالانه ایزوله = ۱۱۵۹۲۶/۹۶ m^3/year

∴ *متوسط حجم تلفات فیزیکی در یک روز* = ۳۱۷/۶m^3/day

از حجم کل تلفات فیزیکی در محاسبه درصد تلفات فیزیکی، درصد تلفات غیر فیزیکی و درصد آب به حساب نیامده در بخش (۴-۵) استفاده خواهد شد .

۴-۴- آنالیز تلفات غیر فیزیکی

حجم هر یک از مؤلفه‌های تلفات غیر فیزیکی در بخشهای بعدی به تفکیک مورد ارزیابی قرار گرفته است .

۴-۴-۱ - تلفات غیر فیزیکی ناشی از خطای بهره برداری (E_0)

در این ایزوله، آمار دقیقی از کنتورهای با عملکرد صفر در دسترس نمی‌باشد ، لذا از بررسی این مؤلفه از تلفات صرف نظر نموده و حجم ان را در محاسبات معادل صفر در نظر می‌گیریم .

۴-۴-۲- تلفات غیر فیزیکی ناشی از خطای مدیریتی (E_M)

براساس پیمایشهای محلی انجام شده و با توجه به آمار موجود در شرکتهای آب ، اطلاعات مورد نیاز جهت محاسبه تلفات غیز فیزیکی ناشی از خطای مدیریتی در این ایزوله به صورت زیر میباشد :

- تعداد مشترکینی که در این ایزوله تا زمان انجام مطالعات ، صورت حساب آب (قبض آب) دریافت نکرده‌اند : ۹ مشترک
- بعد متوسط خانوار در این ایزوله (N) : (مشترک / نفر) ۴/۵
- مصرف متوسط سرانه مشترکین (C') : ۲۵۰lit/day

تلفات غیر فیزیکی ناشی از خطای مدیریتی در این ایزوله با استفاده از رابطه (۳-۴۳) محاسبه می‌گردد:

$$E_M = \sum_{i=1}^{9} (Q_M)_i = 9 \times C \times N$$

(۴-۱۲) تکراری

$$\therefore E_M = 10.125 \, m^3/day$$

۴-۴-۳- تلفات غیر فیزیکی ناشی از خطای انسانی

درصد خطاهای انسانی در این ایزوله، شامل خطاهای انسانی مربوط بـه قرائـت کنتورهـا و نـیز خطاهای انسانی مربوط به وارد کردن اطلاعات در بانکهای اطلاعاتی به طور کلـی حـدود یـک درصـد مصرف ثبت شده مشترکین در نظـر گرفتـه شـده اسـت . همچنیـن از دو قرائـت متوالـی کنتورهـای مشترکین ایزوله در طی یک دورهٔ زمانی هفت روزه، مصرفی معادل ۳۹۰۹/۴۷ متر مکعـب بـرای کـل ایزوله ثبت گردیده است .

با توجه به مقادیر فوق، می‌توان تلفات غیر فیزیکی ناشی از خطاهای انسانی را بـه صـورت زیـر محاسبه نمود:

$$E_p = 0.1 \times 3909.74 \times 1/7$$

$$\therefore E_p = 5.58 \, m^3 / day$$

۴-۴-۴-تلفات غیر فیزیکی ناشی از خطای ابزار اندازه‌گیری (E_E)

۴-۴-۴-۱- تلفات غیر فیزیکی ناشی از خطای دبی شروع به حرکت (استارت) کنتور (E_{E1})

به منظور تعیین تلفات غیر فیزیکی ناشی از خطای دبی شروع به حرکت کنتورهـا، حـدود ۳/۵ درصد از مشترکین پایلوت براساس روشهای نمونه‌گیری آماری انتخاب گردیده و تست دبی استارت در پنج دبی مختلف بر روی آنها انجام شده که نتایج آن را در جدول (۴-۵) می‌توان مشاهده نمود

با توجه به نتایج بدست آمده از تست کنتورها ، دبی استارت متوسـط (Q'S) بـه صـورت زیـر محاسبه می‌گردد:

$$Q's = \frac{\sum Q_i N_i}{\sum N_i} \qquad (۱۳-۴)$$

$$Q's = \frac{(222\times 30 + 4\times 35 + 324\times 45 + 17\times 55 + 35\times 65)}{(222+4+17+34)}$$

$$\therefore Q's = 40.8 \, lit/hr$$

همچنین با توجه به اینکه بیش از ۹۹ درصد کنتورهای موجود در ایزوله با قطر $\frac{1}{2}$ اینچ و کلاس B (مراجعه به پیوست شماره(۲)) می‌باشند ، دبی استارت استاندارد کنتورها (Qs) مطابق توصیهٔ شرکت آبفر (سازنده کنتور) معادل ۱۵ لیتر در ساعت در نظر گرفته شده است .

در این ایزوله در مورد تعداد ساعاتی از شبانه روز که مصرف مشترکین کمتر از دبی استارت کنتور می‌باشد مطالعه و بررسی انجام نشده و به طور تقریبی حدود ۱۸ ساعت در نظر گرفته می‌شود .

همچنین با توجه به جدول (۴-۳) و با استفاده از روابط (۳-۳۷) و (۳-۳۸) فشار متوسط وزنی ایزوله (P_W) و فاکتور ساعت – روز F_{hd} به صورت زیر محاسبه می‌گردند :

$$P_W = \frac{\sum_{i=1}^{n} P_i t_i}{\sum_{i=1}^{n} t_i} \qquad (۱۴-۴) \text{ تکراری}$$

$$P_W = \frac{5.3\times 6 + 4\times 12}{(6+12)}$$

$$\therefore P_W = 4.43 \, atm$$

$$F_{hd}\sqrt{\frac{p_w}{P_{\max}}} \qquad (۱۵-۴) \text{ تکراری}$$

$$\therefore F_{hd} = .917$$

جدول (٤–٥) : نتایج آزمایش شزوع به حرکت کتورها

ردیف	گذر حجمی شروع به حرکت	دقت قرائت	تعداد فراوانی	درصد فراوانی	
				گروهی	نسبی
۱	۳۰ لیتر در ساعت	کمتر از ۰/۲	۳	۱/۳۵	۰/۵۱
		۰/۲تا ۰/۹۴	۳۶	۱۶/۲	۶/۱۲
		۰/۹۵ تا ۱/۰۵	۲۱	۹/۴۶	۳/۵۷
		۱/۰۶تا ۱/۸	۹۲	۴/۴۱	۱۵/۶۴
		بیشتر از ۱/۸	۷۰	۳۱/۵	۱۱/۶۵
		جمع	۲۲۲		۳۷/۴۹
۲	۳۱ الی ۴۰ لیتر در ساعت	کمتر از ۰/۲	۰	———	———
		۰/۲تا ۰/۹۴	۰	———	———
		۰/۹۵ تا ۱/۰۵	۰	———	———
		۱/۰۶ تا ۱/۸	۲	۵۰	۳۴
		۸بیشتر ۱/	۲	۵۰	۳۴
		جمع	۴		۶۸
۴	۳۱ الی ۵۰ لیتر در ساعت	کمتر از ۰/۲	۴	۱/۲۳	۰/۶۸
		۰/۲ تا ۰/۹۴	۸۰	۲۴/۷	۱۳/۳۲
		۰/۹۵تا ۱/۰۵	۸۶	۲۶/۵	۱۴/۳۴
		بیشتر از ۱/۸	۱۱۰	۳۴	۵/۷۸
		جمع	۳۲۴		۵۲/۸۲
۴	۵۱ الی ۶۰ لیتر در ساغت	کمتر از ۰/۲	۰	———	———
		۰/۹۴تا ۰/۲	۱	۵/۸۸	۰/۱۷
		۱/۰۵ تا ۱/۶۰	۷	۵/۸۸	۰/۱۷
		۱/۸ تا۰/۹۵	۱	۴۱/۲	۱/۲
		۰	۸	۴۷/۱	۱/۳۶
		۰	۱۷		۲/۹
۵	۶۱ و بیشتر لیتر در ساعت متوسط ۶۵ لیتر	کمتر از ۰/۲	۱	۲/۹۴	۰/۱۷
		۰/۲ تا ۰/۹۴	۴	۱۱/۸	۰/۶۸
		۰/۹۵تا ۱/۰۵	۹	۲۶/۵	۱/۵۳
		۱/۰۶تا ۱/۸	۱۳	۳۸/۲	۲/۲۱
		بیشتر از ۱/۸	۷	۲۰/۶	۱/۲
		جمع	۳۴		۵/۷۹
		جمع کل	۶۰۱		۱۰۰
		۱/۰۶تا۱/۸	۱۱۰	۳۴	۱۸/۷

با فرض اینکه حدود ۳۰ درصد مشترکین ایزوله دارای جریانهای داخلی با دبی پـایین باشـند ، تلفات غیر فیزیکی از دبی استارت با استفاده از رابطه (۳-۶۳) قابل محاسبه می‌باشد :

$$E_{E1} = \frac{1}{2}(Qs + Q's) \times t \times P \times N \times F_{hd}$$ (۴-۱۶) تکراری

$$E_{E1} = \frac{1}{2}(40.8 + 15) \times 18 \times .3 \times 748 \times .917 \times .001$$

$$\therefore E_{E1} = 103.38 \, m^3/day$$

۴-۴-۴-۲- تلفات غیر فیزیکی ناشی از خطای اندازه‌گیری از دبی حداقل تا دبی حداکثر

به منظور تعیین خطای اندازه‌گیری کنتورها از دبی حداقل تـا دبـی حداکـثر ، عملیـات تسـت کنتور بر روی ۵۹۶ کنتور نمونه گیری شده از کل پایلوت انجام گردیده است . این تستها که نتایج آن در جدول (۴-۶) نشان داده شده است ، در سه دبی مختلف به شرح زیر انجام گردیده است :

الف – دبی ۵۰ لیتر درساعت که مربوط به مصارف کم ولـی بـا شـدت جریـانی بیشـتر از دبـی استارت متوسط محاسبه شده در ایزوله (۴۰/۸ لیتر در ساعت) می‌باشد .

ب – دبی ۱۲۵ لیتر در ساعت برای مصارف با شدت جریان متوسط در درون اشتراک

ج- دبی ۲۰۰ لیتر در ساعت و بیشتر که نشان دهندهٔ مصارف بـا شـدت جریـان بـالا در درون اشتراک می‌باشد .

درصد توزیع مصرف مشترک با هر یک از این دبیهای در ساعاتی از شبانه روز کـه دبـی ورودی به اشتراک بالاتر از دبی استارت میباشد در سومین ستون جدول (۴-۶) نشان داده شده است .

جدول (۴-۶) : نتایج تست کنتور ها از دبی حداقل تا دبی حداکثر

ردیف	دبی مصرف لیتر در ساعت	درصد توزیع مصرف	میانگین ضریب تصحیح کنتور	میانگین درصد خطای کنتور
۱	۵۰	۵	۱/۳۴	-۲۵/۳۷
۲	۱۲۵	۵	۱/۰۰۴	-۰/۳۹۸
۳	۲۰۰ و بیشتر	۹۰	۰/۹۶۵	۳/۶۲

با استفاده از مقادیر مندرج در جدول فوق و براساس رابطه (۳-۴۱) درصد خطای متوسط وزنی کنتورها تست شده به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$(P_E)_W = \frac{50\times.05\times(-25.37)+125\times.05\times(-.398)+200\times.9\times3.62}{(50\times.05+125\times.05+200\times.9)}$$

$$\therefore (P_E)_W = 3.1 \geq 0$$

به علت اینکه علامت بدست آمده برای $(P_E)_W$ مثبت می‌باشد، لذا مطابق مطالب گفته شده در بخش (۳-۳-۴-۳) میزان مصرف واقعی مشترکین ، کمتر از مقادیر ثبت شده توسط کنتورها می‌باشد . میزان خطای کنتورها با استفاده از رابطهٔ (۳-۴۴) و با توجه به اینکه مصرف متوسط یک روزه مشترکین در ایزوله (C) معادل ۵۵۸/۴۹ متر مکعب می‌باشد ، به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$V_{E2} = (P_E)_W \times C \times \frac{1}{100}$$ (۴-۱۷) تکراری

$$\therefore V_{E2} = 17.31 \, m^3/day$$

۴-۴-۴-۳- تلفات غیر فیزیکی ناشی از خرابی کنتورها

اطلاعات موجود در مورد کنتورهای خراب در ایزوله به شرح زیر می‌باشد :

- تعداد مشترکین با کنتور خراب در ایزوله : ۱۵۴ مشترک
- بعد متوسط خانوار مشترکین با کنتورهای خراب: (مشترک /نفر) ۴/۵
- مصرف متوسط سرانه مشترکین : ۲۵۰ lit/day
- مصرف غیر واقعی اندازه‌گیری شده توسط کنتورهای خراب $\left(\sum_{i=1}^{154} C'i\right)$: ۱۱۲ m^3/day

تلفات غیر فیزیکی ناشی از خرابی کنتورهای ایزوله براساس رابطهٔ (۳-۴۵) به صورت زیر برآورد می‌شود :

$$E_{E3} = (250 + 4.5\times154\times.001 - 112)$$

$$\therefore E_{E3} = 61.25 \, m^3/day$$

۴-۴-۴-۴- کل تلفات غیر فیزیکی ناشی از خطا ابزار اندازه‌گیری (کنتور)

با توجه به مقادیر بدست آمده از بخشهای (۴-۴-۴-۱) تا (۴-۴-۴-۳) ، می‌توان مقدار کل تلفات غیر فیزیکی ناشی از خطای کنتورها را محاسبه نمود .

$$E_E = E_{E1} + E_{E2} - V_{E2}$$
$$\therefore E_E = 147.32 \quad m^3/day \qquad (۱۸-۴)$$

۴-۴-۵- تلفات غیر فیزیکی ناشی از انشعابات غیر مجاز (EU)

در کل پایلوت تبریز ، هیچ انشعاب غیر مجازی مشاهده نگردیده است و در نتیجه تلفات غیر فیزیکی ناشی از انشعاب غیر مجاز (EU) در این ایزوله معادل صفر می‌باشد .

۴-۴-۶- تلفات غیر فیزیکی ناشی از مصارف عمومی مجاز اندازه‌گیری نشده (E a)

اطلاعات لازم جهت محاسبهٔ این تلفات در ایزوله موجود نمی‌باشد ، لذا از محاسبهٔ این تلفات صرف نظر نموده‌ایم .

۴-۴-۷- حجم کل تلفات غیر فیزیکی در ایزوله

حجم کل تلفات غیر فیزیکی در ایزوله از مجموع مؤلفه‌های آن و با استفاده از رابطه (۳-۴۷) به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

(۴-۱۹) تکراری

$$\text{حجم کل تلفات غیر فیزیکی در ایزوله} = E_O + E_M + E_P + E_E + E_U + E_a$$
$$\text{حجم کل تلفات غیر فیزیکی در ایزوله} = 163.03\ m^3/day$$
$$\text{حجم کل تلفات غیر فیزیکی در ایزوله} = 59504.125\ m^3/year$$

۴-۵-تعیین درصد سالانه تلفات فیزیکی و تلفات غیر فیزیکی در ایزوله

در محاسبات انجام شده در بخشهای قبلی ، حجم تلفات فیزیکی ، تلفات غیر فیزیکی و مؤلفه‌های تشکیل دهندهٔ آنها و نیز مصرف متوسط روزانه مشترکین در ایزوله تعیین گردید. در این

قسمت با استفاده از این اطلاعات و براساس روابط (۳-۴۸) تا (۳-۵۱) درصد هر یک از ایـن تلفـات و مؤلفه‌های تشکیل دهندهٔ آن به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

(۴-۲۰)

$$100 - \frac{\text{حجم مصرفی سالانه} \times 100}{S} = \frac{100}{S} \times [\text{حجم سالانه تلفات غیرفیزیکی} + \text{حجم سالانه تلفات فیزیکی}]$$

$$100 - \frac{558.49 \times 365 \times 100}{S} = \frac{100}{S} \times [115926.96 + 59504.125]$$

$$\therefore S = 379279.94 \ m^3/year \qquad \text{(حجم ورودی سالانه به ایزوله)}$$

با توجه به حجم ورودی سالانه به ایزوله (S) ، می‌توان درصـد تلفـات فـیزیکی و غـیر فـیزیکی سالانه و مؤلفه‌های تشکیل دهندهٔ آنها را نسبت به حجم آب ورودی به ایزوله محاسبه نمود .

الف – درصد تلفات فیزیکی سالانه

$$\text{درصد } \textit{تلفات فیزیکی سالانه} = \frac{(V_B + 365 \times DBL)}{S} \times 100$$

$$\text{درصد } \textit{تلفات فیزیکی سالانه} = \frac{38755.01 + 211.43 \times 365}{379279.94} \times 100$$

$$\text{درصد } \textit{تلفات فیزیکی سالانه} = 30.56\%$$

درصد تلفات فیزیکی سالانه هر یک از مؤلفه‌های تشکیل دهنده تلفات فیزیکی محاسبه گردیده و به طور خلاصه در جدولا (۴-۷) آورده شده است .

ب- درصد تلفات غیرفیزیکی سالانه

$$\text{درصد } \textit{تلفات غیرفیزیکی سالانه} = \frac{59504.125}{379279.94} \times 100$$

$$\text{درصد } \textit{کل تلفات غیر فیزیکی سالانه} = 15.69\%$$

درصد تلفات سالانه هر یک از مؤلفه‌های تلفات غیر فیزیکی در جدول (۴-۷) نشان داده شـده است.

جدول (۴-۷) : درصد مؤلفه‌های تلفات فیزیکی و غیر فیزیکی نسبت به ورودی سالانهٔ ایزوله

تلفات فیزیکی		تلفات غیر فیزیکی	
مؤلفه تلفات	درصد سالانه تلفات	مؤلفه‌های تلفات	درصد سالانه تلفات
تلفات ناشی از تلفات زمینه (DBL)	20.35	تلفات ناشی از خطای مدیریتی (E_M)	0.97
		تلفات ناشی از خطای انسانی (E_P)	0.54
تلفات ناشی از شکستگیها (V_B)	10.21	تلفات ناشی از خطای ابزار اندازه‌گیری (E_E)	14.18
درصد کل تلفات فیزیکی سالانه	30.56	درصد کل تلفات غیر فیزیکی سالانه	15.69
درصد کل آب به حساب نیامده سالانه در ایزوله :		46.25	

ج- درصد آب به حساب نیامده در ایزوله

از مجموع درصد کل تلفات فیزیکی سالانه و تلفات غیر فیزیکی سالانه، درصد کل آب به حساب نیامده سالانه در ایزوله محاسبه می‌گردد:

$$M = 30.56 + 15.69$$
$$\therefore M = 46.25\%$$

(درصد کل آب به حساب نیامده سالانه در ایزوله)

۴-۶- بررسی نتایج روش ارائه شده در طرح کاهش آب به حساب نیامده تبریز

همانگونه که در ابتدای این فصل گفته شد ، ایزوله‌ایی که برای ارزیابی روش ارائه شده در این تحقیق انتخاب گردیده است ، بخشی از پایلوت مطالعاتی شهر تبریز است که شرکت مهندسین مشاور آبران نیز در قالب طرح کاهش آب به حساب نیامده تبریز ، مطالعاتی در این ایزوله انجام داده‌اند .

جزئیات روش ارائه شده توسط شرکت آبران و نتایج بدست آمده از آن در مجموعه گزارشهای مربوط به طرح کاهش آب به حساب نیامده شهر تبریز موجود است .

در این بخش، خلاصه‌ایی از نتایج بدست آمده از آنالیز آب به حساب نیامده در ایزوله مورد مطالعه با استفاده از روش ارائه شده در طرح کاهش آب به حساب نیامده تبریز بیان شده و سپس با نتایج بدست آمده در این تحقیق مقایسه گردیده است .

در ادامه این بخش به منظور اختصار ، از طرح کاهش آب به حساب نیامده تبریز با عنوان « طرح تبریز» نام برده شده است .

الف- تلفات فیزیکی

در روش ارائه شده در طرح تبریز آنالیز تلفات زمینه با استفاده از اندازه‌گیری حداقل جریان شبانه (NFM) انجام گردیده است . در این روش بر خلاف روش ارائه شده در این تحقیق ، مقدار اندازه‌گیری شده برای حداقل جریان شبانه به طور کلی به نشت شبانه نسبت داده شده و از تفکیک آن به تلفات زمینه شبانه (NBL) و شکستگیهای گزارش شده و گزارش نشده شبانه صرف نظر گردیده است . همچنین در این روش ، میزان جریان تحویل شدهٔ شبانه در زمان اندازه‌گیری حداقل جریان شبانه برابر صفر در نظر گرفته شده است . اطلاعاتی که در این روش برای محاسبه تلفات ناشی از نشت در ۲۴ ساعت شبانه روز استفاده گردیده است به شرح زیر می‌باشد :

- حداقل جریان شبانه اندازه‌گیری شده در ایزوله (INFM) : ۱۱/۴ m^3/hr
- فاکتور ساعت روز (F_{hd}) : ۰/۸۶۶
- ضریب تصحیح کنتور حجمی (fm) : ۱/۳۷

با استفاده از این اطلاعات و با توجه به مطالب فوق، میزان نشت متوسط روزانهٔ ایزوله به صورت زیر محاسبه شده است:

$$DBL = 11.4 \times 1.37 \times 0.866 \times 24$$
$$\therefore DBL = 324.6 m^3 / year$$

همچنین با توجه به اینکه در محاسبه میزان تلفات سالانهٔ ناشـی از شکسـتگیها در روش ارائـه شده در طرح تبریز و روش ارائه شده در این تحقیق از اطلاعات یکسانی استفاده گردیـده اسـت . لـذا حجم تلفات ناشی از شکستگیها در دو روش با یکدیگر برابر بوده و به صورت زیر می‌باشد :

$V_B = 38755.01 m^3 / year$

با توجه به مطالب فوق ، حجم کل تلفات فیزیکی سالانه در روش طرح تـبریز بـه صـورت زیـر محاسبه می‌گردد:

حجم *کل تلفات فیزیکی سالانه*=38755. 01+365×324.6

حجم *کل تلفات فیزیکی سالانه*=$157234.01 m^3 / year$

ب- تلفات غیرفیزیکی

با توجه به اینکه در محاسبهٔ تلفات غیرفیزیکی از اطلاعات و رونـد محاسـبات یکسـانی در ایـن تحقیق و در طرح تبریز استفاده گردیده است ، لذا میزان تلفـات غیرفـیزیکی در دو روش بـا یکدیـگر مساوی بوده و برابر است با :

حجم *کل تلفات غیر فیزیکی سالانه*=$59504.125\ m^3 / year$

ج- محاسبه درصد سالانه تلفات و مقایسه با نتایج ارائه شده در این تحقیق

با توجه به مطالب فوق و با استفاده از رابطـهٔ (۴-۲۰) ، حجـم ورودی سـالانه ایزولـه محاسـبه گردیده و برابر است با :

$$S = 420586.985\ {m^3}/{year}$$

با استفاده از مقدار بدست آمده برای S ، درصد تلفات فـیزیکی و غـیر فـیزیکی سـالانه و نـیز درصد آب به حساب نیامده سالانه ایزوله با استفاده از روش طرح تبریز محاسبه گردیـده و در جـدول (۴-۸) اورده شده است .

مرکز اطلاعات علمی ایران

جدول (۴-۸) مقایسه نتایج آنالیز آب به حساب نیامده از روش طرح کاهش آب به حساب نیامده تبریز با روش ارائه شده در این تحقیق

روش آنالیز آب به حساب نیامده	روش ارائه شده در این تحقیق	روش طرح کاهش آب به حساب نیامده تبریز
درصد سالانه تلفات فیزیکی	۳۰/۵۶	۳۷/۳۸
درصد سالانه تلفات غیر فیزیکی	۱۵/۶۹	۱۴/۱۵
درصد سالانه آب به حساب نیامده	۴۶/۲۵	۵۱/۵۳

همانگونه که در جدول (۴-۸) مشاهده می‌گردد، درصد تلفات فیزیکی در روش طرح تبریز از مقدار محاسبه شده در این تحقیق بیشتر است . زیرا در روش طرح تبریز ، جریان تحویل شدهٔ شبانه به عنوان بخشی از تلفات شبانه محسوب گردیده ولی در روش ارائه شده در این تحقیق جریان تحویل شدهٔ شبانه از تلفات شبانه تفکیک گردیده است . همچنین فاکتور ساعت روز در دو روش با یکدیگر متفاوت می‌باشند.

البته باید توجه داشت که در مراحل مختلف آنالیز آب به حساب نیامده در این تحقیق از اطلاعات جمع آوری شده در طرح کاهش آب به حساب نیامده تبریز استفاده گردیده است . در حالیکه اگر عملیات صحرایی مورد نیاز روش ارائه شده در این تحقیق به طور کامل اجرا گردیده و مکانیابی شکستگی‌های گزارش نشده در ایزوله انجام شده بود و نیز مقادیر فاکتور تصحیح فشار و فاکتور ساعت – روز مطابق روش مورد نظر اصلاح گردیده بود، احتمالاً نتایج حاصله یا مقادیر محاسبه شدهٔ فعلی تفاوت داشت و در نتیجه با استفاده از این مقادیر نمی‌توان به طور کامل نتایج دو روش را با یکدیگر مقایسه نمود. با این حال، به دلایل مختلفی از جمله ارزیابی مؤلفه‌ایی جریان شبانه، مکانیابی شکستگیهای گزارش نشده شبانه و روشهای برآورد و اصلاح فاکتور ساعت – روز و فاکتور تصحیح فشار بکار رفته در روش ارائه شده در این تحقیق ، نتایج بدست آمده از این روش از دقت و قابلیت

اطمینان و کاربردی بیشتری نسبت به روش ارائـه شـده در طـرح کـاهش بـه حسـاب نیـامده تـبریز برخوردار می‌باشد .

۴-۷-خلاصه و نتیجه گیری

میزان دقت ، قابلیت کاربرد و مؤلفه‌ایی بودن آنالیز آب به حساب نیامده از مهمترین خصوصیات یک روش آنالیز می‌باشند . روش ارائه شده در این تحقیق با ارائه یک آنالیز مؤلفه‌ایی از آب به حسـاب نیامده و بکارگیری روشهای مناسب جهت مکانیابی شکستگیهای گزارش نشـده و اصـلاح فاکتورهـای ساعت- روز و تصحیح فشار و نیز در نظر گرفتن تلفات غیر فیزیکی در آنالیز آب به حسـاب نیـامده از قابلیت اطمینان ، دقت و دامنه کاربرد مناسبی برخوردار می‌باشد .

در این فصل با استفاده از روش ارائه شده در این تحقیق ، آب به حساب نیامده در یـک ایزولـهٔ نمونه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. ایزولهٔ نمونه از پایلوت مطالعاتی شهر تبریز انتخاب گردیده بود و به علت اینکه امکان اجرای عملیات صحرایی در قالب این تحقیق وجـود نداشـته اسـت ، در مراحـل مختلف آنالیز از اطلاعات جمع آوری شده در طرح کاهش آب به حساب نیامده تبریز استفاده نمـود و در برخی از موارد نیز به علت کمبود اطلاعات موجود از بخشهایی از آنالیز صرف نظر گردیده است .

با بکارگیری این روش در آنالیز آب به حساب نیامده در یک ایزولهٔ نمونه ، نشان داده شده کـه جهت دستیابی به اهداف مورد نظر از این روش ، اجرای کامل عملیات صحرایـی ، محاسـبات و شـبیه سازیهای هیدرولکی پیش بینی شده در این روش ضروری می‌باشد . همچنین با مقایسه نتایج و رونـد آنالیز ارائه شده در این تحقیق با روش بکار رفته در طرح کاهش آب به حساب نیامده تـبریز ، مـیزان دقت و قابلیت کاربرد روش ارائه شده در این تحقیق مورد ارزیابی قرار گرفت .

فصل پنجم

خلاصه و نتیجه گیری و ارائه پیشنهادات

۵-۱-خلاصه و نتیجه گیری

آنالیز آب به حساب نیامده بر ثر عوامل مختلفی از جمله تنوع مؤلفه‌های تشکیل دهندهٔ آب به حساب نیامده و تعدد عوامل مؤثر بر آنها و نیز مدفون بودن اجزاء شبکه ، همواره با مشکلات زیادی از جمله عدم دقت نتایج بدست آمده از آنالیز ، مواجه بوده است . در این تحقیق تلاش گردید تا با استفاده از اطلاعات ، نرم افزارها و تجهیزات موجود، روش جدیدی جهت آنالیز آب به حساب نیامده ارائه شود که قادرباشد بخشهایی از نواقص و مشکلات موجود درروشهای قبلی را برطرف نماید .

روش ارائه شده در این تحقیق ، امکان تجزیه و تحلیل جداگانهٔ مؤلفه‌های آب به حساب نیامده را با دقتی مناسب فراهم آورده است و در حالی که دارای قابلیت کابرد فراگیر برای شبکه‌های مختلف می‌باشد، شرایط خاص موجود در شبکه های توزیع آب شهری کشورمان را نیز در نظر گرفته است . در این روش، آنالیز آب به حساب نیامده در دو بخش کلی آنالیز تلفات فیزیکی و آنالیز تلفات غیر فیزیکی انجام گرفته است.

تلفات فیزیکی در قالب دو مؤلفهٔ اصلی شامل تلفات زمینه و شکستگیها مورد ارزیابی و تجزیه و تحلیل قرار گرفته اند ، چارچوب کلی به کار رفته در آنالیز تلفات زمینه مبتنی بر روش BABE-NFM می‌باشد که با برآورد اولیه از تلفات زمینه روزانه آغاز گردیده و با انجام مراحل مختلف تجزیه و تحلیل ، با ارئه برآورد نسبتاً دقیقی از تلفات زمینه روزانه پایان می‌پذیرد . در آنالیز تلفات زمینه شبانه و آب تحویل شده شبانه ، مقداری به نام حجم اضافی (EV) محاسبه می‌گردد. سپس مجموعه عملیات مکانیابی شکستگیهای گزارش نشده جهت تعیین علل ایجاد حجم اضافی ، با استفاده از روش ارائه شده در این تحقیق آغاز می‌گردد. این روش شامل شبیه سازی هیدرولیکی ، عملیات فشار سنجی و استفاده از دستگاههای نشت یاب می‌باشد که در آن از عدم تطبیق افت فشار در شبیه سازی هیدرولیکی و عملیات فشار سنجی به عنوان ابزار تشخیص وقوع شکستگی استفاده گردیده است . پس از تعیین تلفات ناشی از شکستگیهای گزارش نشده شبانه و اصلاح تلفات زمینه شبانه اولیه، امکان تصحیح مقادیر فاکتورهای ساعت – روز وتصحیح فشار فراهم می‌گردد با مشخص شدن مقادیر فوق ، آنالیز تلفات زمینه با تعیین تلفات زمینه روزانه پایان می‌پذیرد.

پس از ارزیابی تلفات زمینه روزانه ، تلفات سالانه ناشی از شکستگیها با استفاده از اطلاعات موجود شبکه و براساس رابطهٔ جذر فشار محاسبه گردیده و به همراه تلفات زمینهٔ روزانه در محاسبهٔ تلفات فیزیکی سالانه شبکه مورد استفاده قرار گرفته است .

بخش دیگری از آنالیز آب به حساب نیامده مربوط به آنالیز تلفات غیر فیزیکی می‌باشد . روش ارائه شده جهت آنالیز این تلفات ، مبتنی بر شرایط موجود در شبکه‌های توزیع آب شهری کشورمان می‌باشد که د ر آن مصارف اکثر مشترکین با استفاده از کنتور اندازه‌گیری و محاسبه می‌گردد.آنالیز تلفات غیر فیزیکی نیز همانند آنالیز تلفات فیزیکی به صورت مؤلفه‌ایی انجام گردیده و از مجموع نتایج آنها تلفات غیر فیزیکی روزانه و سالانه محاسبه شده است . مؤلفه‌های تلفات غیر فیزیکی بر اثر عوامل مختلفی از جمله خطای مدیریتی ، خطای بهره برداری ، خطاهای انسانی و خطای ابزار اندازه‌گیری به همراه برداشتهای غیر مجاز از شبکه به صورت انشعابات و اشتراکهای غیر مجاز بوجود می‌آیند که تلفات ناشی از هر یک از این عوامل به صورت جداگانه مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند .

محاسبه درصد سالانه تلفات غیر فیزیکی و فیزیکی و آب به حساب نیامده نسبت به ورودی سالانه شبکه ، آخرین مرحلهٔ آنالیز آب به حساب نیامده براساس روش ارائه شده در این تحقیق می‌باشد . در پایان این تحقیق با آنالیز آب به حساب نیامده در یک ایزولهٔ نمونه، روش ارائه شده در این تحقیق مورد ارزیابی قرار گرفته است .

به طور کلی در این روش با استفاده از مفاهیم BABE، FAVAD، NFM ، امکان آنالیز مؤلفه‌ایی تلفات شبانه فراهم گردیده است .

همچنین با توجه به مدل ریاضی استفاده شده در تخمین اولیه تلفات زمینه روزانه، تلفات زمینه‌ایی که از این روش محاسبه می‌گردد ، تابعی از مصرف مشترکین ، جنس و عمر اجزاء شبکه می‌باشد. استفاده همزمان ازشبیه سازیهای هیدرولیکی و عملیات فشار سنجی در مکانیابی شکستگیهاس گزارش نشده ، علاوه بر افزایش دقت و سرعت عملیات ، هزینه‌های مکانیابی را نیز کاهش داده است . در اکثر روشهای قبلی ، عملیات مکانیابی شکتگیهای گزارش نشده ،تنها با استفاده از دستگاههای نشت یاب انجام گردیده که نه تنها باعث افزایش هزینه‌ها می‌گردد بلکه به علت عدم

استفاده از معیار مناسب در تعیین محدودهٔ تقریبی وقوع شکستگی ، احتمال عدم شناسایی برخی از شکستگیهای گزارش نشده با استفاده از این روشها ، بسیار بالا می‌باشد .

از سوی دیگر با اصلاح فاکتور تصحیح فشار و فاکتور ساعت – روز با استفاده از مفهوم FAVAD-BABE ، میزان دقت در ارزیابی مؤلفه‌های تلفات شبانه و نیز برآورد تلفات زمینه روزانه به شدت افزایش یافته است .

به طور کلی روش ارائه شده در این تحقیق ، در حالیکه در مواردی از قبیل محاسبهٔ دقیقتر فاکتور ساعت – روز ، تعیین نحوهٔ تغییر تلفات در جنسهای مختلف لوله نسبت به زمان و یا تعیین ضریب تبدیل تلفات روزانه به تلفات سالانه نیاز به تحقیقات و مطالعات بیشتری دارد ولی توانسته است اهداف مورد نظر در دستیابی به یک روش آنالیز مؤلفه‌ایی با دقتی قابل قبول را تأمین نماید .

۵-۲- ارائه پیشنهادات

شایسته است که در تحقیقات آتی ، موارد زیر توجه و بررسی قرار گیرند:

۱- درصد تلفات آب در جنسهای مختلف لوله از زمان آغاز بهره برداری تاپان عمر مفید آن در حال افزایش می‌باشد و نحوهٔ تغییر آن نسبت به زمان به عوامل مختلفی بستگی دارد. در این زمینه تاکنون اطلاعات مناسبی منتشر نگردیده است . لذا در این تحقیق تغییرات درصد تلفات از آغاز بهره برداری تا پایان عمر مفید نسبت به زمان به صورت خطی در نظر گرفته شده ولی شایسته است که در تحقیقات بعدی ، مطالعات بیشتری در زمینهٔ نحوهٔ تغییرات درصد تلفات نسبت به زمان صورت گیرد .

۲- درحالیکه در این تحقیق ، روش مناسبی جهت برآورد دقیقتر فاکتور ساعت – روز نسبت به روشهای قبلی ارائه گردید ولی جهت دستیابی به مقادیر دقیقتر برای این فاکتور نیاز به تحقیقات گسترده‌ایی در این زمینه می‌باشد .

۳- در این تحقیق به علت عدم دستیابی به اطلاعات کافی ، تلفات زمینه روزانه با استفاده از ضریب ۳۶۵ به تلفات زمینه سالانه تبدیل گردیده است . به نظر می‌رسد ، که به علت تغییرات مصرف روزانه در طی ماهها و فصلهای مختلف سال، میزان تلفات زمینه روزانه نیز

در طول سال متغیر بوده و نیاز به ضریبی شبیه فاکتور ساعت – روز جهت تبدیل تلفات زمینه روزانه به تلفات زمینه سالانه می‌باشد .

۴- روش آنالیز ارائه شده در این تحقیق با توجه به اینکه جدول محاسباتی (Spread sheet) آن نیز تهیه گردیده است ، قابلیت تبدیل به یک نرم افزار و استفاده در سیستمهای اطلاعات جغرافیایی(GIS) شبکه‌های آب و فاضلاب شهری را دارا می‌باشد که لازم است در تحقیقات بعدی این کار انجام گردد.

۵- تهیه یک روش مناسب با شرایط موجود در ایران همانند روش ، آماری ارائه شده در انگلستان ، جهت برآورد دبی متوسط تلفات ناشی از شکستگیهای مختلف ، می‌تواند یکی دیگر از زمینه‌های تحقیقاتی آتی باشد .

۶- همچنین تعیین دقیقتر توان (N) برای مؤلفه‌های مختلف جریان شبانه دررابطهٔ توانی فشار – نشت براساس روش FAVAD-BABE ، نیاز به تحقیقات بیشتری دارد.

مراجع

[1] Evins, C., stephenson. G., warren, I.C., and Williams, S.M. (1989), "Planning the rehabilitation of water distribution systems", WRC Plc, Swindon, UK.P90.

[2] Goodwin, S.J., and McElory, S., (1983), "Reducing the water budget loss", World water, vol. 7, No.11, pp 31-33.

[3] Hoogsteem, Ir. K.J. (1992), "Leak Detection and Control".

[4] Lambert , A., (1994), "Accounting for losses: The bursts and background concept", j. CIWEM, Vol 8, April pp 205-214.

[5] Lambert, A., (1996), "A Brief overview of the Relationships Beetween pressure, leakage and Burst Frequency in pressurised water Distribution systems", Additional Evidence submitted to the House of Commons Environment Committee.

[6] Lambert, A., and Morrison, J.A.E., (1996), "Recent Developments in Application of "Bursts and Background Estimates' Concepts for leakage Management", J. CIWEM, Vol 10, April pp 100-104.

[7] Lambert, A., (1997), "Managing Leakage" Strategies for Quantifying, controlling and Reducing water losses, based on Analysis of components using BABE concepts", water pipelines and network Management , IIR Conference, London, February.

[8] Lambert , A., (1997), "Pressure management / leakage relationships: theory, concepts and practical applications", Minimizing leakage in water supply / Distribution systems, IQPC Seminar, London, April.

[9] May, J., (1994), "Pressure dependent leakage", world water and Environmental Engineering Management , October.

[10] "Microcorr 6 leak noise correlator Trading guide"

[11] Rossman, L.A., (2000) , "EPANT 2 user's mannual" , Water Supply and Water Resources Division. U.S. Environmental protection Agency, Cincinnatia. OH, U.S.A.

[12] Tabesh, M., (1998), "Implications of the pressure dependency of outflows on data management, mathematical modelling and reliability assesment of water distribution systems", PhD Thesis, Department of Civil Engineering of Liverpool, UK.

[13] Technical working Group on waste of water, (1980) , "Leakage control policy", WRC/water Authorities Association, Report 26.

[14] U.K. Water Industry, (1994), "Managing leakage. Report B: Reporting comparative leakage performance", WRC Plc/Water Service Association / Water Companies Association , Swindon, U.K.

[15] U.K. Water Industry, (1994) "Managing Report D: Estiating unmeasured water delivered", WRC Plc/Water service Association/ Water ompanies Association, Swindon , U.K.

[16] U.K. Water Industry, (1994), "Managing leakage Report E: Interpreting measured night flows", WRC Plc/Water service Association / water companies Association, Swindon, U.K.

[17] U.K. Water Industry, (1994), "Managing leakage Report F: Using night flow data", WRC Plc/water service Association / water companies Association, Swindon, U.K.

[18] U.K. Water Industry , (1994), "Managing leakage Report G: Managing water pressure", WRC plc/water service Association / water companies Association, Swindon, U.K.

[19] U.K. Water Industry, (1994), "Managing leakage Report J: Leakage management techniques , technology and training, WRC Plc/Water service Association / Water companies Association, Swindon, U.K.

[۲۰] امامیان، رسول، (۱۳۷۶)، «تحلیل ریاضی آب به حساب نیامده و تعیین اولویت انجام عملیات نشت یابی، پیش بینی اقتصادی تاریخ جایگزینی شبکه توزیع و انشعابات»، چهارمین سمینار مشترک آب وفاضلاب ایران و آلمان، تهران.

[۲۱] تابش، مسعود، (۱۳۷۸)، «مبانی تئوریک نشت در شبکه‌های توزیع آب شهری»، کارگاه آموزشی اصول و مبانی نشت و تکنولوژی نشت یابی در شبکه توزیع آب شهری، کرمانشاه. نشریه محیط زیست.

[۲۲] «دستورالعمل آزمایش کنتور»، (۱۳۷۹)، گروه مطالعات و بررسیهای فنی دفتر مطالعات کاهش آب به حساب نیامده.

[۲۳] طرح کاهش آب به حساب نیامده تبریز، «گزارش عملیات اجرایی نشت یابی ایزوله یک، ناحیه ۲۰۷ پایلوت»، طرح ملی تحقیق، توسعه و بهسازی تأسیسات توزیع آب شهری، مهندسین مشاور آبران، (۱۳۷۷).

[۲۴] طرح کاهش آب به حساب نیامده تبریز، «دستورالعمل برآورد و تخمین تلفات غیرفیزیکی»، طرح ملی تحقیق، توسعه و بهسازی تأسیسات توزیع آب شهری، مهندسین مشاور آبران، (۱۳۷۹).

[۲۵] طرح کاهش آب به حساب نیامده تبریز، «گزارش مطالعات حوادث و تحلیل آن در پایلوت تبریز»، طرح ملی تحقیق، توسعه و بهسازی تأسیسات توزیع آب شهری، مهندسین مشاور آبران، (۱۳۷۶).

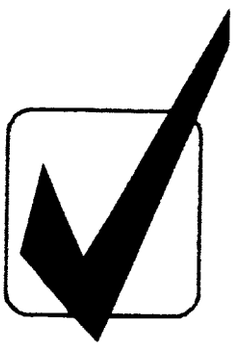
[۲۶] طرح کاهش آب به حساب نیامده تبریز، «گزارش خدمات مهندسی مرحله دوم، جلد اول: نگرش اجمالی»، طرح ملی تحقیق، توسعه و بهسازی تأسیسات توزیع آب شهری، مهندسین مشاور آبران.

[۲۷] طرح کاهش آب به حساب نیامده تبریز، «گزارش خدمات مهندسی مرحله دوم، جلد دوازدهم: تلفات فیزیکی (عملیات نشت یابی)»، طرح ملی تحقیق،توسعه و بهسازی تأسیسات توزیع آب شهری، مهندسین مشاور آبران.

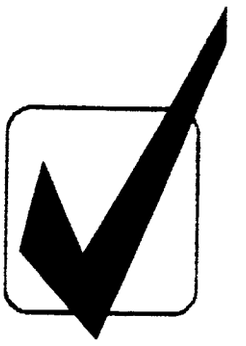
[۲۸] طرح کاهش آب به حساب نیامده تبریز، «گزارش خدمات مهندسی مرحله دوم، جلد سیزدهم: دستورالعملها»، طرح ملی تحقیق، توسعه و بهسازی تأسیسات توزیع آب شهری، مهندسین مشاور آبران.

[۲۹] طرح کاهش آب به حساب نیامده تهران، «گزارش مطالعات مرحله مقدماتی، جلد اول» ، طرح ملی تحقیق، توسعه و بهسازی تأسیسات توزیع آب شهری، مهندسین مشاور آلتی سر.

[۳۰] «مبانی و ضوابط طراحی طرحهای آبرسانی شهری»، وزارت نیرو – سازمان برنامه و بودجه، نشریهٔ شماره ۳-۱۱۷، (۱۳۷۱)



پیوست‌ها



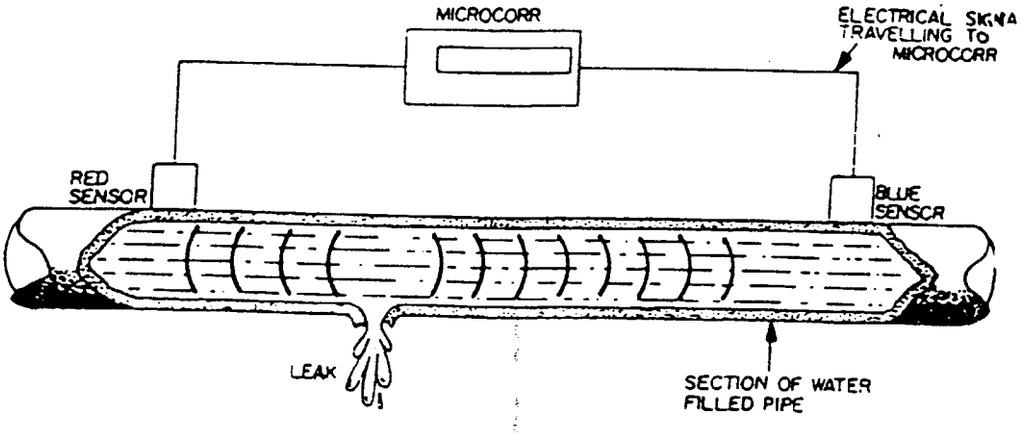
پیوست ۱

پیوست ۱ : روشها و تجهیزات نشت یابی

محدودهٔتقریبی وقوع نشت (Leak) در شبکه‌های توزیع آب شهری بـه روشـهای مختلفـی قـابل تشخیص است. روش ارائه شده در بخش (۳-۲-۱) باعنوان مکان یابی شکستگی‌های گزارش نشـده از جملهٔ این روشهاست. همچنین در برخی از مواقع، پـایین‌تر بـودن مشـخصات هیدرولیکـی جریـان از شرایط مرزی استاندارد نشان دهندهٔ وجود نشت در بخشهایی از شبکه می‌باشد. از اینگونه روشـها نـیز در تعیین محدودهٔ تقریبی نشت می‌توان استفاده نمود و تعیین محل دقیق وقوع نشت نیاز به تکنیکها و تجهیزات دیگری دارد. در این قسمت توضیحاتی در مورد این روشها و تجهیزات ارائه می‌گردد.

پ۱-۱- صوت نشتی (Leak noise)

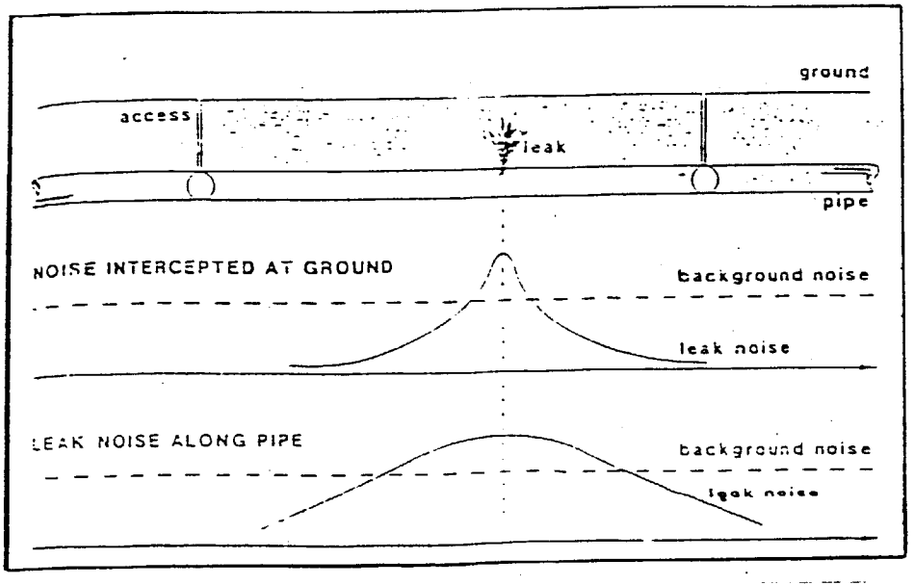
هنگامی که آب در محلی از خط لوله‌ای پر از آب خارج می‌شود، در ایـن نقطـه از لولـه صدایـی تولید می‌گردد. این صدا را صوت نشتی می‌نامند صوت نشتی در محل نشت تولید و در طول لولـه بـه صورت موج فشاری (pressure wave) منتشر می‌گردد. شکل (پ۱-۱)



شکل (پ۱-۱): تولید و انتشار صوت نشتی از محل وقوع نشت

شکل (پ۱-۱): تولید و انتشار صوت نشتی از محل وقوع نشت

این موج نه تنها بر روی لوله قابل دریافت می‌باشد بلکه در سطح زمین نیز می‌توان‌آن را احساس نمود، شکل (پ۱-۲). صوت حاصل از نشت دارای رابطهٔ مستقیم با طبیعت محل شکست می‌باشد. به عنوان مثال یک سوراخ یا ترک بزرگ عموماً صوت نشتی ضعیفی تولید می‌نماید. جنس مصالح پرکننده ترانشه لوله‌گذاری نیز بر نوع صوت نشتی، اثر می‌گذارد. به عنوان مثال مصالح پرکنندهٔ سخت از قبیل قلوه سنگ عموماً باعث ایجاد صوت نشتی قوی می‌گردند.



شکل (پ۱-۲) : صوت نشتی دریافت شده در سطح زمین و بر روی لوله

پ۱-۲- روشهای نشت یابی

اکثر تکنیکهای موجود نشت یابی مبتنی بر مکان یابی نشت از طریق ردیابی صوت نشتی می‌باشند. این روشها را می توان به دو دسته کلی زیر تقسیم نمود:

الف – روش دستی (Regullar Sounding) (Manually)

در این روش عملیات نشت یابی از طریق ردیابی موج نشتی در سطح زمین انجام می‌گردد.

ب – روش کرولیشن (Correlation Techniques) (Computer)

در این روش موج نشتی از دو مسیر مختلف قابل ردیابی می‌باشد. این مسیرها عبارتند از:

- انتشار امواج در آب درون لوله
- انتقال امواج از دیوارهٔ لوله

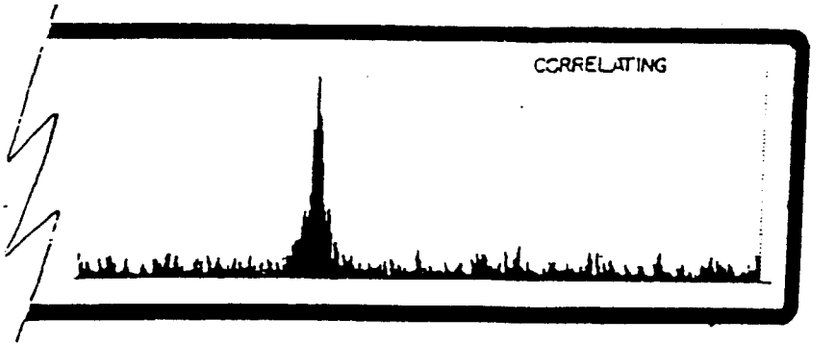
باتوجه به مکانیزم عملکرد هریک از این روشها، نتایج بدست آمده از آنها متأثر از کیفیت صوت نشتی تولیدی می‌باشد. کیفیت صوت نشتی را با دو پارامتر شفافیت و قدرت مورد ارزیابی قرار می‌دهند.

الف – شفافیت (Clarity)

شفافیت صوت نشتی به مفهوم توانایی در تشخیص آن از سایر اصوات زمینه می‌باشد. صوت نشتی با فرکانس بالا دارای شفافیت بیشتری نسبت به صوت نشتی با فرکانس پایین می‌باشد.

ب – قدرت (Strength)

یک صوت نشتی قوی دارای میزان بالای انرژی می‌باشد و می‌توان براحتی آن را دریافت نمود. شکل (پ۱ –۳).



شکل (پ۱-۳): نمایش یک صوت نشتی قوی بر روی دستگاه کرولیشن

پ۱-۲-۱- روش کرولیشن

همانگونه که در شکل (پ۱-۲) مشاهده می‌گردد، موج نشتی در سطح زمین در محدودهٔ کوچکتری نسبت به امتداد لوله، قابل دریافت می‌باشد. همچنین به علت مکانیزم عملکرد، در روش اول تأثیر خطاهای انسانی بسیار قابل توجه می‌باشد. باتوجه به نکات فوق روش کرولیشن از مزایای بیشتری نسبت به روش دستی برخوردار است.

همانگونه که در قسمت قبلی بیان گردید، در کرولیشن از امواج انتقالی از طریق آب و یا دیوارهٔ لوله جهت مکان یابی دقیق نشت استفاده می‌گردد. در هریک از این دو حالت از دو حس کننده (Sensor) جهت دریافت صورت نشتی استفاده می‌گردد، شکل (پ۱-۱). این حسگرها موج دریافتی را به سیگنالهای الکترونیکی تبدیل کرده و به دستگاه کرولیتور انتقال می‌دهند. حسگرها دارای دو نوع مختلف می باشند.

الف – گوشی آبی (Hydrophone)

این نوع حس کننده، صوت نشتی را مستقیما از آب دریافت می‌کند. گوشی آبی می‌بایست از نقطه‌ای مناسب (مثلا شیر آتش نشانی) دارای تماس مستقیم با آب درون لوله باشد.

ب – شتابنگار (Accelerometer)

این نوع حس کننده، صوت نشتی منتقل شده توسط جدار لوله را دریافت می‌نماید و دارای قابلیت اتصال به اکثر اتصالات لوله می‌باشد.

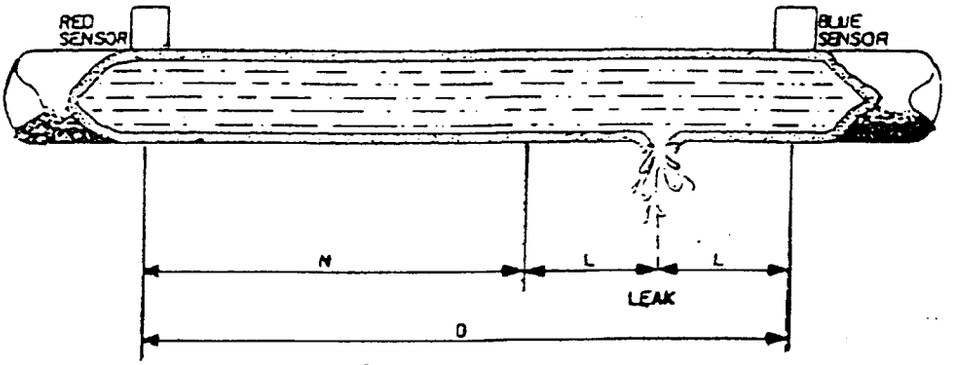
پ۱-۲-۱-۱- اساس کرولیشن

در عملیات کرولیشن، اختلاف زمانی رسیدن صوت نشتی به هرکدام از حس کننده‌های روی خط لوله اندازه گیری می‌گردد. این مدت زمان به نام تأخیر زمانی (Time delay) مشهور است. دستگاه کرولیتور تأخیر زمانی را برحسب میلی ثانیه (ms) اندازه گیری می‌نماید. سرعت صوت نیز

توسط کاربر به دستگاه وارد می‌گردد. سرعت صوت نشتی به جنس محیط انتشار موج بستگی داشته و با افزایش قطر لوله، کاهش می‌یابد.

پ۱-۲-۱-۲- تعیین محل قوع نشت

دستگاه کرولیتور با معلوم بودن فاصلهٔ بین دو حس کننده و سرعت انتشار موج، محل وقوع نشت را از طریق اندازه گیری تأخیر زمانی محاسبه می‌نماید. مطابق شکل (پ۱-۴) در هنگامی‌که صوت نشتی مسافت L را طی می‌کند و به حس کننده آبی می‌رسد در همین حال به اندازهٔ همان مسافت L به طرف حس کنندهٔ قرمز نیز حرکت نموده و تا رسیدن به آن به اندازهٔ N فاصله دارد.



شکل (پ۱-۴) : تأخیر زمانی

پس می‌توان نوشت:

$$D=N+ZL \qquad (پ۱-۱)$$

$$N=V*(Td) \qquad (پ۱-۲)$$

(پ۱-۳)

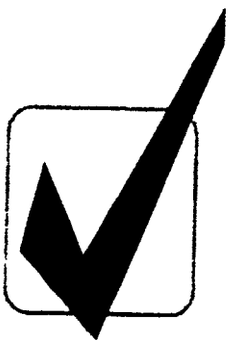
D: کل مسافت بین دو حس کننده (m)

V : سرعت انتشار موج نشتی (m/ms)

T_d : تأخیر زمانی (ms)

L : فاصلهٔمحل وقوع نشت از حس کنندهٔ نزدیکتر (m)

با استفاده از رابطه (پ۱-۳) که به اساس کرولیشن معروف است، می‌توان محل دقیق وقوع نشت را محاسبه نمود.



پیوست ۲

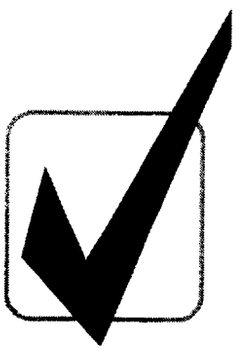
پیوست ۲ : طبقه بندی کنتورهای آب سرد

روشهای مختلفی برای طبقه بندی کنتورها وجود دارد. در یکی از این روشها که توسط سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO) در استاندارد (ISO 4064-1) ارائه گردیده است، کنتورهای آب سرد براساس دقت عملکردشان طبقه‌بندی گردیده‌اند. طبق آخرین تجدیدنظر این استاندارد در سال ۱۹۹۳، کنتورهای آب سرد در چهار کلاس A و B و C و D قرار می‌گیرند. (جدول (پ۲-۱))، به طوری که از کلاس A به سمت کلاس D دقت کنتور افزایش می‌یابد.

طبقه بندی کنتور	مقدار مشخصه کنتور (N)	
	N<15	N≥15
Calss A		
q_{min}	0.04 N	0.08 N
q_t	0.10 N	0.30 N
Calss B		
q_{min}	0.02 N	0.03 N
q_t	0.08 N	0.20 N
Calss C		
q_{min}	0.01 N	0.006 N
q_t	0.015 N	0.015 N
Calss D		
q_{min}	0.0075 N	--
q_t	0.0115 N	--

جدول (پ۲-۱) : طبقه بندی کنتورهای آب براساس مقادیر q_{min} و q_tبرحسب (ISO 4064-1) (m3/h)

مقدار مشخصهٔ کنتور (meter designation) (N) یک مقدار عددی است که به ابعاد کنتور بستگی داشته و براساس جداول ۵ و ۶ در استاندارد (ISO 4064-1) محاسبه می‌گردد.



پیوست ۳

فـــایل ورودی در شـــبیه ســـــازی هیدرولیکی ایزوله نمونه با استفاده از نرم افزار EPANET

[TITLE]
U.F.W of Tabriz Pilot
[JUNCTIONS]

NODE NO.	ELV.	DEMAND
2	40	.183
3	40	
4	40	
5	40	
6	40	
7	40	
8	40	
9	40	.012
10	40	.013
11	40	
12	40	.025
13	40	.096
14	40	
15	40	
16	40	.022
17	40	
18	40	
19	40	.022
20	40	
21	40	
22	40	
23	40	
24	40	
25	40	
26	40	
27	40	
28	40	
29	40	.012
30	40	.012
31	40	
32	40	
33	40	
34	40	
35	40	
36	40	
37	40	
38	40	.067
39	40	
40	40	
41	40	
42	40	.012
43	40	.056
44	40	.037
45	40	
46	40	
47	40	
48	40	
49	40	
50	40	
51	40	
52	40	.055
53	40	
54	40	
55	40	
56	40	
57	40	.014
58	40	
59	40	.014
60	40	.036
61	40	
62	40	
63	40	
64	40	
65	40	.091
66	40	
67	40	
68	40	
69	40	
70	40	.01
71	40	
72	40	
73	40	.012
74	40	
75	40	
76	40	.012
77	40	
78	40	
79	40	
80	40	
81	40	
82	40	
83	40	.023
84	40	.054
85	40	
86	40	
87	40	.005
88	40	.07
89	40	
90	40	
91	40	
92	40	
93	40	
94	40	
95	40	.012
96	40	
97	40	
98	40	
99	40	
100	40	
101	40	
102	40	
103	40	.012
104	40	.038
105	40	
106	40	
107	40	
108	40	.025
109	40	
110	40	
111	40	
112	40	
113	40	.012
114	40	
115	40	

NODE NO.	ELV.	DEMAND	NODE NO.	ELV.	DEMAND
116	40		177	40	
117	40	.009	178	40	
118	40		179	40	
119	40		180	40	
120	40		181	40	
121	40	.008	182	40	
122	40	.046	183	40	.03
123	40		184	40	
124	40		185	40	
125	40		186	40	.028
126	40	.008	187	40	
127	40	.0165	188	40	
128	40	.0165	189	40	
129	40		190	40	
130	40	.049	191	40	
131	40		192	40	
132	40		193	40	
133	40	.005	194	40	
134	40		195	40	
135	40		196	40	
136	40		197	40	
137	40		198	40	
138	40		199	40	
139	40		200	40	
140	40		201	40	
141	40	.005	202	40	.037
142	40		203	40	
143	40		204	40	
144	40		205	40	
145	40		206	40	
146	40		207	40	
147	40		208	40	
148	40		209	40	
149	40	.007	210	40	.037
150	40	.022	211	40	
151	40		212	40	
152	40		213	40	.028
153	40		214	40	
154	40	.01	215	40	
155	40	.046	216	40	
156	40	.076	217	40	.013
157	40		218	40	
158	40		219	40	.009
159	40	.003	220	40	
160	40		221	40	
161	40		222	40	
162	40		223	40	
163	40		224	40	
164	40	.004	225	40	
165	40		226	40	.036
166	40		227	40	
167	40		228	40	
168	40	.041	229	40	
169	40		230	40	
170	40		231	40	.0077
171	40		232	40	.014
172	40		233	40	
173	40		234	40	
174	40		235	40	
175	40		236	40	.032
176	40		237	40	

NODE NO.	ELV.	DEMAND.	NODE NO.	ELV.	DEMAND
238	40	.019	299	40	
239	40		300	40	
240	40	.06	301	40	
241	40		302	40	.033
242	40		303	40	.025
243	40		304	40	
244	40		305	40	
245	40		306	40	.025
246	40	.0016	308	40	.092
247	40		309	40	
248	40	.011	310	40	
249	40		311	40	
250	40		312	40	
251	40		313	40	.049
252	40		314	40	
253	40		315	40	
254	40	.026	316	40	
255	40		317	40	
256	40		318	40	
257	40		319	40	
258	40		320	40	.035
259	40		321	40	
260	40		322	40	
261	40	.022	323	40	
262	40		324	40	
263	40		325	40	
264	40	.01	326	40	.019
265	40		327	40	
266	40		328	40	.008
267	40		329	40	
268	40	.046	330	40	
269	40		331	40	
270	40	.06	332	40	
271	40		333	40	
272	40		334	40	
273	40		335	40	
274	40		275	40	.045
276	40				
277	40				
278	40				
279	40	.031			
280	40	.031			
281	40				
282	40				
283	40				
284	40				
285	40				
286	40	.035			
287	40				
288	40	.072			
289	40				
290	40				
291	40				
292	40				
293	40				
294	40	.009			
295	40	.0047			
296	40				
297	40				
298	40				

[RESERVOIRS]
400 97
[PIPES]

PIPE NO	FROM	TO	LENGTH	DIAMETER	ROUGHNES C.
2	2	3	50	250	120
3	3	4	10	250	120
4	4	5	48	250	120
5	5	6	6	40	120
7	7	8	54	40	120
8	8	9	7	40	120
9	8	11	48	40	120
10	11	10	44	40	120
11	11	12	36	40	120
12	13	14	164	100	120
13	5	62	120	250	120
15	61	54	50	100	120
17	55	56	19	100	120
18	56	57	15	80	120
19	56	58	28	100	120
20	58	59	12	25	120
21	58	60	6	100	120
22	54	49	30	100	120
24	50	51	57	60	120
25	51	53	13	40	120
26	51	52	9	60	120
27	49	33	26	100	120
28	33	34	1	80	120
30	32	31	23	80	120
31	31	30	26	40	120
32	27	31	12	80	120
33	27	26	4	80	120
34	27	28	6	80	120
35	28	29	31	40	120
36	28	20	11	80	120
37	21	20	3	80	120
38	20	18	4	80	120
39	18	19	25	40	120
40	17	18	14	80	120
41	17	16	13	60	120
42	14	15	15	100	120
43	14	23	19	100	120
44	23	22	28	40	120
45	23	24	7	100	120
46	24	25	23	40	120
47	24	48	52	100	120
48	48	47	2	100	120
50	46	45	3	100	120
51	44	39	18	100	120
53	40	41	23	60	120
54	41	42	21	40	120
55	41	43	46	60	120
56	39	36	29	100	120
57	35	36	2	60	120
59	37	38	69	60	120
60	35	34	2	100	120
61	62	63	48	250	120
63	64	65	8	100	120
64	65	66	21	100	120
66	68	69	8	40	120
67	69	70	20	40	120
68	69	71	26	40	120
69	71	72	15	40	120

PIPE NO	FROM	TO	LENGTH	DIAMETER	ROUGHNES C.	
70	72	73	5	40	120	
71	66	74	35	100	120	
72	74	75	25	100	120	
73	75	76	22	40	120	
74	75	77	4	100	120	
75	77	78	1	80	120	
77	79	80	26	80	120	
78	80	81	16	80	120	
79	81	82	12	80	120	
80	82	83	12	80	120	
81	190	63	180	250	120	
83	189	188	2	250	120	0
85	187	178	15	100	120	
87	179	180	33	100	120	
88	180	77	62	100	120	
90	181	182	33	80	120	
91	182	184	8	80	120	
92	182	183	7	80	120	
93	184	185	10	40	120	
94	185	186	23	40	120	
95	177	178	40	100	120	
96	177	173	6	100	120	
98	176	175	3	100	120	
99	173	169	15	100	120	
101	172	171	4	100	120	
102	169	170	2	100	120	
103	167	169	5	100	120	
104	167	168	26	40	120	
105	165	167	20	100	120	
107	166	97	71	80	120	
108	97	98	23	60	120	
109	98	99	8	60	120	
110	99	100	30	60	120	
111	97	96	3	80	120	
112	96	101	5	60	120	
114	102	103	18	60	120	
115	96	92	33	80	120	
116	95	94	1	40	120	
117	93	94	25	40	120	
119	91	92	8	80	120	
120	91	90	6	80	120	
121	90	88	13	80	120	
122	88	89	2	60	120	
123	86	88	24	60	120	
125	86	87	10	60	120	
126	84	85	57	40	120	
127	107	108	3	80	120	
129	105	106	52	80	120	
130	104	105	4	80	120	
131	107	109	22	80	120	
133	110	111	15	80	120	
134	109	112	7	80	120	
135	112	113	43	60	120	
136	112	114	24	80	120	
138	115	116	20	80	120	
139	116	117	11	25	120	
140	116	118	9	60	120	
141	118	119	8	25	120	
142	118	120	25	60	120	
143	120	121	10	25	120	
144	120	122	9	60	120	

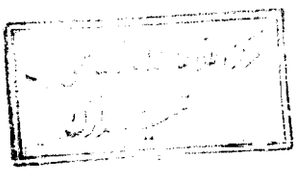
PIPE NO	FROM	TO	LENGTH	DIAMETER	ROUGHNES C.
145	114	123	6	80	120
146	123	129	32	80	120
147	123	124	3	60	120
149	125	126	20	60	120
150	126	127	15	60	120
151	126	128	18	60	120
152	129	130	14	60	120
153	130	131	1	60	120
154	130	134	7	60	120
156	135	136	5	60	120
158	132	133	31	60	120
159	136	137	35	100	120
160	140	141	23	100	120
161	140	139	5	100	120
163	137	138	3	100	120
164	137	142	66	100	120
165	165	163	24	100	120
167	335	164	20	25	120
168	163	162	22	100	120
169	162	161	4	40	120
171	160	158	52	40	120
172	158	159	18	40	120
173	157	158	35	40	120
174	156	157	68	40	120
175	162	218	68	100	120
176	218	220	8	100	120
177	218	219	13	100	120
179	221	222	33	60	120
180	222	223	8	60	120
181	222	224	3	60	120
182	224	225	1	60	120
183	225	226	25	60	120
184	220	227	37	100	120
185	227	228	4	40	120
187	229	230	16	40	120
188	230	232	15	40	120
189	230	231	13	20	120
190	227	233	14	100	120
192	234	235	17	60	120
193	235	236	9	40	120
194	233	237	37	100	120
195	237	238	38	40	120
197	239	240	5	100	120
198	240	241	2	100	120
200	242	296	57	100	120
201	241	243	12	100	120
203	244	245	17	100	120
204	245	246	11	40	120
205	245	247	20	100	120
206	247	248	25	40	120
207	247	249	18	100	120
208	249	250	2	60	120
210	251	252	43	60	120
211	252	253	5	60	120
212	253	254	16	60	120
213	249	255	19	100	120
215	255	270	38	100	120
216	256	257	36	80	120
217	257	258	3	80	120
218	258	259	13	80	120
220	260	261	20	60	120

PIPE NO	FROM	TO	LENGTH	DIAMETER	ROUGHNES C.
221	263	264	22	60	120
223	262	265	17	80	120
224	265	266	11	80	120
226	267	268	5	80	120
227	269	142	112	100	120
228	142	143	4	60	120
230	143	145	19	60	120
231	145	146	8	60	120
232	146	147	23	60	120
234	147	148	20	60	120
235	148	149	11	60	120
236	148	150	16	25	120
237	147	151	28	60	120
238	151	152	5	60	120
239	152	153	19	60	120
240	153	155	14	60	120
241	153	154	27	60	120
242	188	191	106	250	120
243	215	217	26	80	120
244	216	215	18	80	120
245	215	214	14	80	120
246	213	214	22	40	120
247	214	211	15	80	120
248	211	212	17	40	120
249	211	194	35	80	120
250	194	193	2	80	120
251	193	192	32	80	120
253	191	314	85	250	120
255	193	195	6	80	120
256	195	196	2	80	120
258	196	197	9	80	120
259	197	198	21	80	120
260	198	203	13	40	120
261	203	204	4	40	120
262	204	205	27	40	120
263	205	206	18	40	120
264	206	208	4	40	120
265	208	209	1	40	120
266	209	210	6	40	120
267	206	207	7.5	40	120
268	309	308	13	40	120
269	308	310	18	40	120
270	310	312	8	40	120
271	312	313	13	40	120
272	310	311	14	40	120
273	305	308	38	80	120
274	306	305	34	80	120
275	305	304	33	80	120
276	304	303	51	40	120
277	299	304	35	80	120
278	299	300	31	60	120
279	300	301	4	60	120
280	301	302	10	60	120
281	299	298	35	80	120
283	297	296	8	80	120
284	296	295	23	25	120
285	296	291	50	100	120
286	291	292	4	100	120
288	293	294	34	100	120
289	290	291	11	100	120
290	289	290	23	100	120

PIPE NO	FROM	TO	LENGTH	DIAMETER	ROUGHNES C.
291	289	288	12	100	120
293	285	287	15	250	120
294	285	284	3	40	120
296	285	286	68	250	120
297	283	282	21	40	120
298	282	281	8	40	120
299	281	279	46	40	120
300	279	280	15	40	120
301	279	278	8	40	120
302	278	277	3	40	120
303	277	276	13	40	120
305	270	271	4	40	120
307	272	273	154	100	120
309	274	275	4	100	120
310	198	199	22	40	120
311	199	200	10	40	120
312	200	201	9.5	40	120
313	201	202	6	40	120
315	315	316	5	250	120
316	316	317	7	40	120
318	318	319	26	40	120
319	319	320	7	40	120
320	321	316	12	250	120
321	327	328	47	40	120
322	325	327	26	250	120
323	325	326	32	40	120
324	323	325	16	250	120
325	323	324	17	40	120
326	287	323	50	250	120
327	329	322	8	250	120
328	173	174	5	100	120
329	262	259	4	80	120
330	48	136	146	100	120
333	330	331	3	250	120
335	327	334	23	250	120
336	333	332	57	250	120
340	333	334	115	250	120
350	400	330	5.5	250	120
500	66	67	1	100	120
6	6	7	1	40	120
14	61	62	1	100	120
16	54	55	1	100	120
23	49	50	1	60	120
29	33	32	1	80	120
49	46	47	1	100	120
52	39	40	1	60	120
58	36	37	1	60	120
62	63	64	1	100	120
65	67	68	1	40	120
76	78	79	1	80	120
82	190	189	1	250	120
84	188	187	1	100	120
86	178	179	1	100	120
89	180	181	1	80	120
97	174	175	1	100	120
100	171	170	1	100	120
106	165	166	1	80	120
113	101	102	1	60	120
118	92	93	1	40	120
124	86	85	1	40	120
128	106	107	1	80	120

PIPE NO	FROM	TO	LENGTH	DIAMETER	ROUGHNES C.		
132	109	110	1	80	120		
137	114	115	1	60	120		
148	124	125	1	60	120		
155	134	135	1	60	120		
157	131	132	1	60	120		
162	138	139	1	100	120		
166	163	335	1	40	120		
170	160	161	1	40	120		
178	220	221	1	60	120		
186	228	229	1	40	120		
191	233	234	1	60	120		
196	237	239	1	100	120		
199	241	242	1	100	120		
202	243	244	1	100	120		
209	250	251	1	60	120		
214	255	256	1	80	120		
219	259	260	1	60	120		
222	262	263	1	60	120		
225	266	267	1	80	120		
229	143	144	1	60	120		
252	192	191	1	80	120		
282	298	297	1	80	120		
287	292	293	1	100	120		
292	288	287	1	100	120		
295	284	283	1	40	120		
304	269	270	1	100	120		
306	271	272	1	100	120		
308	273	274	1	100	120		
314	314	315	1	250	120		
317	317	318	1	40	120		
332	329	330	1	250	120		
334	331	332	1	250	120	0	open
337	321	322	1	250	120		

[OPTIONS]
UNITS LPS
MAP TAB1.MAP
TRIALS 100
ACCURACY 0.004
[END]



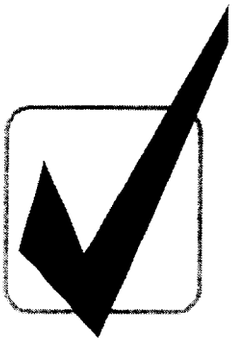
[COORDINATES]

NODE NO.	[X]	[Y]
2	10.1	54.9
3	15.2	53.9
4	16	53.6
5	20.7	52.3
6	20.5	51.7
7	20.4	51.2
8	18	46.8
9	22.3	44.7
10	13.6	48
11	17.6	46.4
12	15.9	43.7
13	9.1	48.3
14	21.9	38.3
15	22.1	39.6
16	22.2	39.3
17	22.5	41
18	23.8	40.7
19	24.4	43.1
20	24.2	40.5
21	24.1	40.2
22	24.1	40
23	23.4	37.3
24	23.9	36.7
25	25.6	39.3
27	26	40.1
28	25.3	40.3
29	26	43.2
30	27.7	42.3
31	27.1	39.8
32	29.1	39.3
33	29.4	39.2
34	29.5	39.3
35	29.4	38.9
36	29.6	38.7
37	29.8	38.6
38	36.4	37.3
39	28.7	36.1
40	29.1	36
41	30.9	35.5
42	30.5	33.5
43	35.4	34.2
44	28.3	34.5
45	28.2	34.2
46	28.1	33.9
47	28	33.6
48	28.1	32.9
49	30.2	41.7
50	30.6	41.6
51	36.1	40.1
52	36.9	39.9
53	36.4	41.3
54	31	44.3
55	30.6	44.5
56	28.7	45
57	29.1	46.6
58	26	45.6
59	26.4	46.9

NODE NO.	[X]	[Y]
60	25.4	45.6
61	32.3	48.9
62	32.4	49.2
63	37.9	48.3
64	37.8	48
65	37.9	47.4
66	39.7	46.3
67	39.6	46.2
68	39.5	46
69	39.2	45.2
70	37.3	45.7
71	38.8	42.7
72	40.1	42.1
73	39.9	41.6
74	43.2	43.8
75	45.8	42.9
76	46.3	45
77	46.3	42.8
78	46.2	42.7
79	46.2	42.4
80	45.7	40.3
81	43.9	39.5
82	43.9	39.4
83	42.8	39.7
84	37.8	37.4
85	43.1	36.1
86	43.4	36
87	43.6	37
88	42.9	33.7
89	42.9	33.6
90	44	33.4
91	44.3	33.9
92	45	33.7
93	45	33.4
94	44.5	31.4
95	45.5	31
96	48.2	33.6
97	48.4	33.6
98	48.5	36
99	47.9	36.4
100	44.9	37
101	48.2	33.1
102	48.2	32.9
103	48.2	31
104	37.3	33.8
105	37.4	34.1
106	41.9	32.7
107	42.2	32.6
108	42.4	33
109	41.6	30.4
110	41.9	30.5
111	43	30.2
112	41.4	29.9
113	37.3	31.3
114	40.7	27.6
115	40.4	27.8
116	39.9	28.3

NODE NO.	[X]	[Y]
117	39.3	29.3
118	38.1	28.6
119	38.7	28
120	35.8	29.7
121	36.3	30.5
122	35	30
123	40.4	27.1
124	40.6	27.1
125	40.8	27.1
126	42.6	26.4
127	43	27.7
128	42	24.7
129	39.9	25.7
130	39.3	24.2
131	39.3	24.2
132	39.6	24.1
133	40.3	23.8
134	38.9	23.8
135	38.9	23.6
136	38.7	23.2
137	41.1	20.6
138	41.2	20.9
139	41.3	21.1
140	41.5	21.5
141	39.5	22.7
142	45.3	15.5
143	45.4	15.7
144	45.4	16
145	45.9	17.5
146	46.5	17.3
147	47.1	19.1
148	49	19.5
149	50	19.5
150	49.1	21
151	47.5	22.4
152	48	22.3
153	48.3	24
154	51	23.8
155	48.7	25.3
156	44.1	22.5
157	46.6	28.6
158	50.1	28.7
159	50.1	26.9
160	54.6	29.4
161	54.8	29.4
162	55.2	29.5
163	55.3	31.1
164	57.3	31.4
165	55.2	33.9
166	55	33.8
167	55.6	35.8
168	58.2	35.3
169	55.8	36.4
170	55.7	36.4
171	55.5	36.4
172	55	36.4
173	56	37.8
174	55.7	37.8
175	55.4	37.8
176	55.2	37.8
177	56.1	38.5
178	55.5	42.5
179	55.3	42.4
180	52.3	42.4
181	52.3	41.9
182	52.4	39
183	52.4	38.3
184	51.6	39.1
185	51.4	38
186	49.1	38.3
187	55.3	43.7
188	55.3	43.9
189	55	44
190	54.8	44.1
191	65.7	41.5
192	65.6	41.3
193	65.5	38.6
194	65.5	38.3
195	66.3	38.5
196	66.3	38.3
197	67.2	38.3
198	67.1	36.3
199	69.4	36.2
200	69.4	35.2
201	70.3	35
202	70.3	34.6
203	65.9	35.8
204	65.9	36.2
205	63.1	36.1
206	62.9	34.2
207	62.8	33.5
208	63.3	34.1
209	63.2	33
210	63.7	33.1
211	62	38.4
212	61.7	36.7
213	60.3	36.4
214	60.6	38.5
215	59.2	38.7
216	59.1	40.5
217	56.5	38.9
218	55.3	28.7
219	57.7	28.8
220	55.4	27.5
221	55.6	27.5
222	58.8	27.2
223	58.8	28.1
224	59.1	27.2
225	59.1	27
226	61.6	26.9
227	55.9	23.8
228	55.5	23.8
229	55.3	23.8
230	53.8	23.7
231	52.5	23.8
232	53.8	25.4
233	56.1	22.6
234	56.3	22.6
235	57.8	22.7
236	58.2	22
237	56.9	19
238	53.2	18.7

NODE NO.	[X]	[Y]
229	55.3	23.8
230	53.8	23.7
231	52.5	23.8
232	53.8	25.4
233	56.1	22.6
234	56.3	22.6
235	57.8	22.7
236	58.2	22
237	56.9	19
238	53.2	18.7
239	57	18.7
240	57	18.3
241	57.1	18.3
242	57.3	18.2
243	56.7	17.4
244	56.6	17.3
245	56	15.8
246	54.9	15.8
247	55.4	13.9
248	57.2	13
249	54.8	12.3
250	54.9	12.2
251	55.1	12.1
252	58.8	10.8
253	58.7	10.4
254	60.2	10
255	54.2	10.7
256	53.9	10.8
257	50.7	12.2
258	50.3	12.5
259	49.3	12.9
260	49.3	13.3
261	49.7	14.9
262	48.8	13
263	48.7	13.3
264	49.4	15.3
265	47.2	13.6
266	47.3	14.5
267	47.3	14.8
268	47.3	15.2
269	52.5	7.2
270	52.7	7.4
271	53	7.3
272	53.2	7.2
273	66.8	2.8
274	67	2.8
275	67.3	2.7
276	62.1	9.7
277	62.3	11
278	62.6	11.2
279	63.3	10.8
280	62.8	9.4
281	67.6	9.1
282	68.3	8.8
283	70.2	9.5
284	70.4	9.4
285	70.5	9.7
286	69.3	2.9
287	70.8	11.1
288	70.5	11.1
289	69.6	11.4
290	67.7	12.9
291	66.8	13.4
292	67.1	13.5
293	67.4	13.6
294	70.7	13.2
295	61.5	13.5
296	62.3	15.7
297	62.3	16.4
298	62.3	16.6
299	62.2	20
300	65.2	19.7
301	65.3	20.1
302	66.3	20.1
303	67.1	23.2
304	62.1	23.6
305	62	26.9
306	65.4	26.7
308	61.9	30.6
309	63.2	30.5
310	60.2	30.7
311	58.9	30.7
312	60.2	31.5
313	58.9	31.6
314	73.8	39.5
315	74	39.4
316	74.5	39.3
317	74.5	38.7
318	74.5	38.4
319	74.5	36
320	73.3	36
321	75.3	39.1
322	75.6	39
323	71.8	15.8
324	69.9	15.8
325	72	17.3
326	68.8	17.3
327	72.5	19.8
328	67.7	19.8
329	75.9	39
330	76.3	38.9
331	76.3	38.5
332	76.2	38.3
333	75.1	33.3
334	72.9	21.9
335	55.5	31.7
400	80	40
[END]		



پیوست ٤

جدول محاسباتی و نتایج ایزولهٔ نمونه

پیوست ۴ : جدول محاسباتی (Spreadsheet) ایزولهٔ نمونه

۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳
شماره ناحیه ایزوله (K)	شماره گره مرجع	عمر لوله‌های ناحیه	جنس لوله‌های ناحیه	تعداد مشترکین ناحیه	آب تحویل شده ۲۴ ساعته به مشترکین (DFD)	تلفات غیرفیزیکی (UF)	مجموع DFD و UF	درصد تلفات در آغاز بهره‌برداری (PS)	درصد تلفات در پایان عمر مفید (PE)	عمرمفید لوله‌های ناحیه (Y_B)	درصد اولیه تلفات روزانه (P_{DBL})	تلفات زمینه روزانه اولیه (IDBL)
				property	m^3/day	m^3/day	m^3/day			Year		m^3/day
۱	۲	۳۹	چدن	۳۹	۴۰/۷	۰	۴۰/۷	۵	۳۰	۴۵	۲۷	۱۰/۹۹
۲	۲۸۶	۳۹	چدن	۱۲	۷/۵	۰	۷/۵	۵	۳۰	۴۵	۲۷	۲/۰۲
۳	۳۲۰	۳۴	گالوانیزه	۱۲	۷/۲	۰	۷/۲	۵	۳۰	۳۰	۳۰	۲/۱۶
۴	۲۱۰و۲۰۲	۳۴	گالوانیزه	۲۷	۱۳/۵	۰	۲۷	۵	۳۰	۳۰	۳۰	۴/۰۵
۵	۲۱۷	۳۴	چدن	۵	۳/۲	۰	۳/۲	۵	۳۰	۴۵	۲۴	۰/۷۷
۶	۲۱۳	۳۴	گالوانیزه	۶	۵/۵	۰	۵/۵	۵	۳۰	۳۰	۳۰	۱/۶۵
۷	۳۱۳	۳۴	گالوانیزه	۱۶	۸	۰	۸	۵	۳۰	۳۰	۳۰	۲/۴
۸	۳۰۸	۳۹	چدن	۲۶	۱۹/۷	۰	۱۹/۷	۵	۳۰	۴۵	۲۷	۵/۳
۹	۲۹۵	۳۷	گالوانیزه	۱	۱	۰	۱	۵	۳۰	۳۰	۳۰	۰/۳
۱۰	۳۰۶	۳۹	گالوانیزه	۸	۴/۷	۰	۴/۷	۵	۳۰	۳۰	۳۰	۱/۴۱

ادامه پیوست ۴

۱	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳	۲۴	۲۵
شماره ناحیه ایزوله (K)	فاکتور ساعت – روز اولیه F_{hd}	تلفات زمینه شبانه اولیه (INBL)	آب تحویل شده شبانه به مشترکین (NFD)	تلفات ناشی از شکستگیهای گزارش شده V_{RB}	تقاضا در هر ناحیه (D)	تلفات ناشی از شکستگیهای گزارش نشده V_{URB}	فاکتور تصحیح تلفات زمینه شبانه (CF)	حجم اضافی (EV)	خطا در تخمین اولیهٔ تلفات زمینه (EV)'	تلفات زمینه شبانه تصحیح شده (NBL)	فاکتور ساعت – روز تصحیح شده F_{hd}	تلفات زمینه روزانه اصلاح شده (DBL)
		lit/sec	lit/sec	lit/sec	lit/sec	lit/sec		lit/sec	lit/sec	lit/sec		m^3/day
۱	۰/۸	۰/۱۵۶	۰/۰۲۷	۰	۰/۱۸۳	۰	۰/۰۷۹	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۲۴۴	۰/۸	۱۵/۴۸
۲	۰/۸	۰/۰۲۷	۰/۰۰۸	۰	۰/۰۳۵	۰	۰/۰۱۴	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۴۲	۰/۸	۲/۹
۳	۰/۸	۰/۰۲۷	۰/۰۰۸	۰	۰/۰۳۵	۰	۰/۰۱۴	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۴۲	۰/۸	۲/۹
۴	۰/۸	۰/۰۵۵	۰/۰۱۹	۰	۰/۰۷۴	۰	۰/۰۲۷	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۸۶	۰/۸	۵/۹۴
۵	۰/۸	۰/۰۱	۰/۰۰۳	۰	۰/۰۱۳	۰	۰/۰۰۵	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۱۶	۰/۸	۱/۱
۶	۰/۸	۰/۰۲۴	۰/۰۰۴	۰	۰/۰۲۸	۰	۰/۰۱۲	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۳۸	۰/۸	۲/۶۳
۷	۰/۸	۰/۰۳۸	۰/۰۱۱	۰	۰/۰۴۹	۰	۰/۰۱۹	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۵۹	۰/۸	۴/۰۸
۸	۰/۸	۰/۰۷۴	۰/۰۱۸	۰	۰/۰۹۲	۰	۰/۰۳۷	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۱۱۶	۰/۸	۸/۰۲
۹	۰/۸	۰/۰۰۴	۰/۰۰۰۷	۰	۰/۰۰۴۷	۰	۰/۰۰۲	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۰۶	۰/۸	۰/۴۱۵
۱۰	۰/۸	۰/۰۱۹	۰/۰۰۶	۰	۰/۰۲۵	۰	۰/۰۰۹	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۲۹	۰/۸	۲

ادامه پیوست ۴

۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳
شماره ناحیه ایزوله (K)	شماره کره مرجع	عمر لوله‌های ناحیه	جنس لوله‌های ناحیه	تعداد مشترکین ناحیه	آب تحویل شده ۲۴ ساعته به مشترکین (DFD)	تلفات غیرفیزیکی (UF)	مجموع DFD و UF	درصد تلفات در آغاز بهره‌برداری (PS)	درصد تلفات در پایان عمر مفید (PE)	عمرمفید لوله‌های ناحیه (Y_n)	درصد اولیه تلفات روزانه (P_{DBL})	تلفات زمینه روزانه اولیه (1DBL)
				property	m^3/day	m^3/day	m^3/day			Year		m^3/day
۱۱	۳۰۳	۳۴	گالوانیزه	۸	۴/۷	۰	۴/۷	۵	۳۰	۳۰	۳۰	۱/۴۱
۱۲	۳۰۲	۳۴	گالوانیزه	۸	۷	۰	۷	۵	۳۰	۳۰	۳۰	۲/۱
۱۳	۲۹۴	۳۹	چدن	۵	۱/۸	۰	۱/۸	۵	۳۰	۴۵	۲۷	۰/۴۹
۱۴	۲۸۸	۳۹	چدن	۲۵	۱۴/۳	۰	۱۴/۳	۵	۳۰	۴۵	۲۷	۳/۸۶
۱۵	۲۸۰و۲۷۹	۳۵	گالوانیزه	۲۳	۹/۹	۰	۹/۹	۵	۳۰	۳۰	۳۰	۲/۹۷
۱۶	۳۲۸	۳۵	گالوانیزه	۲	۱/۶	۰	۱/۶	۵	۳۰	۳۰	۳۰	۰/۴۸
۱۷	۳۲۶	۱۱	گالوانیزه	۶	۵/۷	۰	۵/۷	۵	۳۰	۳۰	۱۸	۱/۰۳
۱۸	۲۷۰	۳۹	چدن	۲۱	۱۱/۷	۰	۱۱/۷	۵	۳۰	۴۵	۲۷	۳/۱۶
۱۹	۲۴۰	۳۹	چدن	۲۱	۱۲/۳	۰	۱۲/۳	۵	۳۰	۴۵	۲۷	۳/۳۲
۲۰	۱۶۸	۲۷	گالوانیزه	۶	۸/۶	۰	۸/۶	۵	۴۰	۳۰	۳۰	۲/۵۸

ادامه پیوست ۴

۱	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳	۲۴	۲۵
شماره ناحیه ایزوله (K)	فاکتور ساعت – روز اولیه F_{hd}	تلفات زمینه شبانه اولیه (INBL)	آب تحویل شده شبانه به مشترکین (NFD)	تلفات ناشی از شکستگیهای گزارش شده V_{RB}	تقاضا در هر ناحیه (D)	تلفات ناشی از شکستگیهای گزارش نشده V_{URB}	فاکتور تصحیح تلفات زمینه شبانه (CF)	حجم اضافی (EV)	خطا در تخمین اولیهٔ تلفات زمینه (EV)'	تلفات زمینه شبانه تصحیح شده (NBL)	فاکتور ساعت – روز تصحیح شده F_{hd}	تلفات زمینه روزانه اصلاح شده (DBL)
		lit/sec	lit/sec	lit/sec	lit/sec	lit/sec		lit/sec	lit/sec	lit/sec		m^3/day
۱۱	۰/۸	۰/۰۱۹	۰/۰۰۶	۰	۰/۰۲۵	۰	۰/۰۰۹	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۲۹	۰/۸	۲
۱۲	۰/۸	۰/۰۲۷	۰/۰۰۶	۰	۰/۰۳۳	۰	۰/۰۱۴	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۴۲	۰/۸	۲/۹
۱۳	۰/۸	۰/۰۰۶	۰/۰۰۳	۰	۰/۰۰۹	۰	۰/۰۰۳	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۰۹	۰/۸	۰/۶۲
۱۴	۰/۸	۰/۰۵۵	۰/۰۱۷	۰	۰/۰۷۲	۰	۰/۰۲۸	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۸۶	۰/۸	۵/۹۴
۱۵	۰/۸	۰/۰۴۶	۰/۰۱۶	۰	۰/۰۶۲	۰	۰/۰۲۳	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۷۲	۰/۸	۴/۹۸
۱۶	۰/۸	۰/۰۰۷	۰/۰۰۱	۰	۰/۰۰۸	۰	۰/۰۰۳	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۱۱	۰/۸	۰/۷۶
۱۷	۰/۸	۰/۰۱۵	۰/۰۰۴	۰	۰/۰۱۹	۰	۰/۰۰۸	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۲۳	۰/۸	۱/۶
۱۸	۰/۸	۰/۰۲۶	۰/۰۱۴	۰	۰/۰۶	۰	۰/۰۲۳	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۷۲	۰/۸	۴/۹۸
۱۹	۰/۸	۰/۰۴۶	۰/۰۱۴	۰	۰/۰۶	۰	۰/۰۲۳	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۷۲	۰/۸	۴/۹۸
۲۰	۰/۸	۰/۰۳۷	۰/۰۰۴	۰	۰/۰۴۱	۰	۰/۰۱۹	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۵۸	۰/۸	۴

ادامه پیوست ۴

۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳
شماره ناحیه ایزوله (K)	شماره گره مرجع	عمر لوله‌های ناحیه	جنس لوله‌های ناحیه	تعداد مشترکین ناحیه	آب تحویل شده ۲۴ ساعته به مشترکین (DFD)	تلفات غیرفیزیکی (UF)	مجموع DFD و UF	درصد تلفات در آغاز بهره‌برداری (PS)	درصد تلفات در پایان عمر مفید (PE)	عمرمفید لوله‌های ناحیه (Y_n)	درصد اولیه تلفات روزانه (P_{DBL})	تلفات زمینه روزانه اولیه (IDBL)
				property	m^3/day	m^3/day	m^3/day			Year		m^3/day
۲۱	۱۶۴	۳۶	گالوانیزه	۲	۱	۰	۱	۵	۳۰	۳۰	۳۰	۰/۳
۲۲	۲۱۹	۲۶	گالوانیزه	۲	۱/۹	۰	۱/۹	۵	۳۰	۳۰	۳۰	۰/۵۷
۲۳	۲۲۶	۲۹	چدن	۱۳	۱۰	۰	۱۰	۵	۳۰	۴۵	۲۲	۲/۲
۲۴	۲۳۶	۳۹	گالوانیزه	۷	۵/۸	۰	۵/۸	۵	۳۰	۳۰	۳۰	۱/۷۴
۲۵	۲۴۸	۲۹	گالوانیزه	۳	۲/۴	۰	۲/۴	۵	۳۰	۳۰	۳۰	۰/۷۲
۲۶	۲۵۴	۲۷	چدن	۱۰	۶	۰	۶	۵	۳۰	۴۵	۲۲	۱/۳۲
۲۷	۲۶۸	۳۷	چدن	۱۳	۱۰/۲	۰	۱۰/۲	۵	۳۰	۴۵	۲۴	۲/۴۵
۲۸	۲۶۴	۲۶	گالوانیزه	۵	۱/۷	۰	۱/۷	۵	۳۰	۳۰	۳۰	۰/۵۱
۲۹	۲۶۱	۲۸	گالوانیزه	۴	۵/۲	۰	۵/۲	۵	۳۰	۳۰	۳۰	۱/۵۶
۳۰	۲۷۵	۲۹	چدن	۱۲	۱۱/۵	۰	۱۱/۵	۵	۳۰	۴۵	۲۴	۲/۷۶

ادامه پیوست ۴

۱	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳	۲۴	۲۵
شماره ناحیه ایزوله (K)	فاکتور ساعت – روز اولیه F_{hd}	تلفات زمینه شبانه اولیه (INBL)	آب تحویل شده شبانه به مشترکین (NFD)	تلفات ناشی از شکستگیهای گزارش شده V_{RB}	تقاضا در هر ناحیه (D)	تلفات ناشی از شکستگیهای گزارش نشده V_{URB}	فاکتور تصحیح تلفات زمینه شبانه (CF)	حجم اضافی (EV)	خطا در تخمین اولیهٔ تلفات زمینه (EV)'	تلفات زمینه شبانه تصحیح شده (NBL)	فاکتور ساعت – روز تصحیح شده F_{hd}	تلفات زمینه روزانه اصلاح شده (DBL)
		lit/sec	lit/sec	lit/sec	lit/sec	lit/sec		lit/sec	lit/sec	lit/sec		m^3/day
۲۱	۰/۸	۰/۰۰۴	۰/۰۰۱	۰	۰/۰۰۵	۰	۰/۰۰۲	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۰۶	۰/۸	۰/۴۱۵
۲۲	۰/۸	۰/۰۰۸	۰/۰۰۱	۰	۰/۰۰۹	۰	۰/۰۰۴	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۱۳	۰/۸	۰/۸۹
۲۳	۰/۸	۰/۰۲۷	۰/۰۰۹	۰	۰/۰۳۶	۰	۰/۰۱۴	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۴۲	۰/۸	۲/۹
۲۴	۰/۸	۰/۰۲۷	۰/۰۰۵	۰	۰/۰۳۲	۰	۰/۰۱۴	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۴۲	۰/۸	۲/۹
۲۵	۰/۸	۰/۰۰۹	۰/۰۰۲	۰	۰/۰۱۱	۰	۰/۰۰۴	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۱۴	۰/۸	۰/۹۷
۲۶	۰/۸	۰/۰۱۹	۰/۰۰۷	۰	۰/۰۲۶	۰	۰/۰۰۹	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۲۹	۰/۸	۲
۲۷	۰/۸	۰/۰۳۷	۰/۰۰۹	۰	۰/۰۴۶	۰	۰/۰۱۹	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۶	۰/۸	۴/۱۵
۲۸	۰/۸	۰/۰۰۷	۰/۰۰۳	۰	۰/۰۱	۰	۰/۰۰۲	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۱۱	۰/۸	۰/۷۶
۲۹	۰/۸	۰/۰۱۹	۰/۰۰۳	۰	۰/۰۲۲	۰	۰/۰۰۹	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۲۹	۰/۸	۲
۳۰	۰/۸	۰/۰۳۷	۰/۰۰۸	۰	۰/۰۴۵	۰	۰/۰۱۹	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۵۸	۰/۸	۴

ادامه پیوست ۴

۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳
شماره ناحیه ایزوله (K)	شماره گره مرجع	عمر لوله‌های ناحیه	جنس لوله‌های ناحیه	تعداد مشترکین ناحیه	آب تحویل شده ۲۴ ساعته به مشترکین (DFD)	تلفات غیرفیزیکی (UF)	مجموع DFD و UF	درصد تلفات در آغاز بهره‌برداری (PS)	درصد تلفات در پایان عمر مفید (PE)	عمرمفید لوله‌های ناحیه (Y_B)	درصد اولیه تلفات روزانه (P_{DBL})	تلفات زمینه روزانه اولیه (IDBL)
				property	m^3/day	m^3/day	m^3/day			Year		m^3/day
۳۱	۲۴۶	۲۹	گالوانیزه	۱	۰/۲۷	۰	۰/۲۷	۵	۳۰	۳۰	۳۰	۰/۰۸۱
۳۲	۲۳۸	۳۹	گالوانیزه	۷	۳/۴	۰	۳/۴	۵	۳۰	۳۰	۳۰	۱/۰۲
۳۳	۲۳۲	۲۹	گالوانیزه	۳	۲/۷	۰	۲/۷	۵	۳۰	۳۰	۳۰	۰/۸۱
۳۴	۲۳۱	۳۹	گالوانیزه	۱	۱/۷	۰	۱/۷	۵	۳۰	۳۰	۳۰	۰/۵۱
۳۵	۱۵۶	۳۹	گالوانیزه	۱۶	۱۴/۸	۰	۱۴/۸	۵	۳۰	۳۰	۳۰	۴/۴۴
۳۶	۱۵۹	۳۹	گالوانیزه	۲	۰/۵	۰	۰/۵	۵	۳۰	۳۰	۳۰	۰/۱۵
۲۷	۸۸	۳۹	چدن	۲۱	۱۴/۷	۰	۱۴/۷	۵	۳۰	۴۵	۲۷	۳/۹۶
۳۸	۱۰۳	۱۵	گالوانیزه	۴	۳/۶	۰	۳/۶	۵	۳۰	۳۰	۲۲	۰/۷۹
۳۹	۹۵	۳۶	گالوانیزه	۶	۲/۱	۰	۲/۱	۵	۳۰	۳۰	۳۰	۰/۶۳
۴۰	۸۷	۳۰	گالوانیزه	۱	۱/۴	۰	۱/۴	۵	۳۰	۳۰	۳۰	۰/۴۲

ادامه پیوست ۴

۱	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳	۲۴	۲۵
شماره ناحیه ایزوله (K)	فاکتور ساعت – روز اولیه F_{hd}	تلفات زمینه شبانه اولیه (INBL)	آب تحویل شده شبانه به مشترکین (NFD)	تلفات ناشی از شکستگیهای گزارش شده V_{RB}	تقاضا در هر ناحیه (D)	تلفات ناشی از شکستگیهای گزارش نشده V_{URB}	فاکتور تصحیح تلفات زمینه شبانه (CF)	حجم اضافی (EV)	خطا در تخمین اولیهٔ تلفات زمینه (EV)'	تلفات زمینه شبانه تصحیح شده (NBL)	فاکتور ساعت – روز تصحیح شده F_{hd}	تلفات زمینه روزانه اصلاح شده (DBL)
		lit/sec	lit/sec	lit/sec	lit/sec	lit/sec		lit/sec	lit/sec	lit/sec		m^3/day
۳۱	۰/۸	۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۰۷	۰	۰/۰۰۱۶	۰	۰/۰۰۰۴	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۰۱۴	۰/۸	۰/۰۹۷
۳۲	۰/۸	۰/۰۱۴	۰/۰۰۵	۰	۰/۰۱۹	۰	۰/۰۰۷	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۲۲	۰/۸	۱/۵۲
۳۳	۰/۸	۰/۰۱۲	۰/۰۰۲	۰	۰/۰۱۴	۰	۰/۰۰۶	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۱۹	۰/۸	۱/۳۱
۳۴	۰/۸	۰/۰۰۷	۰/۰۰۰۷	۰	۰/۰۰۷۷	۰	۰/۰۰۴	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۱۱	۰/۸	۰/۷۶
۳۵	۰/۸	۰/۰۶۴	۰/۰۱۱	۰	۰/۰۷۶	۰	۰/۰۳۲	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۱	۰/۸	۶/۹
۳۶	۰/۸	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰	۰/۰۰۳	۰	۰/۰۰۱	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۰۳	۰/۸	۰/۲۱
۳۷	۰/۸	۰/۰۵۵	۰/۰۱۵	۰	۰/۰۷	۰	۰/۰۲۸	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۸۶	۰/۸	۵/۹۴
۳۸	۰/۸	۰/۰۰۹	۰/۰۰۳	۰	۰/۰۱۲	۰	۰/۰۰۴۶	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۱۴	۰/۸	۰/۹۷
۳۹	۰/۸	۰/۰۰۸	۰/۰۰۴	۰	۰/۰۱۲	۰	۰/۰۰۴	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۱۳	۰/۸	۰/۸۹
۴۰	۰/۸	۰/۰۰۵	۰/۰۰۰۷	۰	۰/۰۰۵۷	۰	۰/۰۰۳	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۰۸	۰/۸	۰/۵۵

ادامه پیوست ۴

۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳
شماره ناحیه ایزوله (K)	شماره گره مرجع	عمر لوله‌های ناحیه	جنس لوله‌های ناحیه	تعداد مشترکین ناحیه	آب تحویل شده ۲۴ ساعته به مشترکین (DFD)	تلفات غیرفیزیکی (UF)	مجموع DFD و UF	درصد تلفات در آغاز بهره‌برداری (PS)	درصد تلفات در پایان عمر مفید (PE)	عمرمفید لوله‌های ناحیه (Y_B)	درصد اولیه تلفات روزانه (P_{DBL})	تلفات زمینه روزانه اولیه (IDBL)
				property	m^3/day	m^3/day	m^3/day			Year		m^3/day
۴۱	۸۴	۲۹	گالوانیزه	۱۱	۱۰/۴	۰	۱۰/۴	۵	۳۰	۳۰	۳۰	۳/۱۲
۴۲	۶۵	۳۹	چدن	۲۵	۲۰/۴	۰	۲۰/۴	۵	۳۰	۴۵	۲۷	۵/۵۱
۴۳	۱۸۳	۳۹	چدن	۵	۸	۰	۸	۵	۳۰	۴۵	۲۷	۲/۱۶
۴۴	۱۸۶	۲۸	گالوانیزه	۷	۵/۴	۰	۵/۴	۵	۳۰	۳۰	۳۰	۱/۶۲
۴۵	۸۳	۲۹	چدن	۶	۵/۵	۰	۵/۵	۵	۳۰	۴۵	۲۴	۱/۳۲
۴۶	۷۶	۲۹	گالوانیزه	۵	۲/۷	۰	۲/۷	۵	۳۰	۳۰	۳۰	۰/۸۱
۴۷	۷۳	۲۹	گالوانیزه	۵	۲/۳	۰	۲/۳	۵	۳۰	۳۰	۳۰	۰/۶۹
۴۸	۷۰	۲۹	گالوانیزه	۲	۲/۱	۰	۲/۱	۵	۳۰	۳۰	۳۰	۰/۶۳
۴۹	۱۴۱	۲۶	گالوانیزه	۲	۱	۰	۱	۵	۳۰	۳۰	۳۰	۰/۳
۵۰	۱۳۰	۳۶	گالوانیزه	۱۸	۹/۳	۰	۹/۳	۵	۳۰	۳۰	۳۰	۲/۷۹

ادامه پیوست ۴

۱	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳	۲۴	۲۵
شماره ناحیه ایزوله (K)	فاکتور ساعت – روز اولیه F_{hd}	تلفات زمینه شبانه اولیه (INBL)	آب تحویل شده شبانه به مشترکین (NFD)	تلفات ناشی از شکستگیهای گزارش شده V_{RB}	تقاضا در هر ناحیه (D)	تلفات ناشی از شکستگیهای گزارش نشده V_{URB}	فاکتور تصحیح تلفات زمینه شبانه (CF)	حجم اضافی (EV)	خطا در تخمین اولیهٔ تلفات زمینه (EV)'	تلفات زمینه شبانه تصحیح شده (NBL)	فاکتور ساعت – روز تصحیح شده F_{hd}	تلفات زمینه روزانه اصلاح شده (DBL)
		lit/sec	lit/sec	lit/sec	lit/sec	lit/sec		lit/sec	lit/sec	lit/sec		m^3/day
۴۱	۰/۸	۰/۰۴۶	۰/۰۰۸	۰	۰/۰۵۴	۰	۰/۰۲۳	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۷۲	۰/۸	۴/۹۸
۴۲	۰/۸	۰/۰۷۴	۰/۰۱۷	۰	۰/۰۹۱	۰	۰/۰۳۷	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۱۱۶	۰/۸	۸
۴۳	۰/۸	۰/۰۲۷	۰/۰۰۳	۰	۰/۰۳	۰	۰/۰۱۴	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۴۲	۰/۸	۲/۹
۴۴	۰/۸	۰/۰۲۳	۰/۰۰۵	۰	۰/۰۲۸	۰	۰/۰۱۱	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۳۶	۰/۸	۲/۴۹
۴۵	۰/۸	۰/۰۱۹	۰/۰۰۴	۰	۰/۰۲۳	۰	۰/۰۰۹	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۲۹	۰/۸	۲
۴۶	۰/۸	۰/۰۰۹	۰/۰۰۳	۰	۰/۰۱۲	۰	۰/۰۰۵	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۱۴	۰/۸	۰/۹۷
۴۷	۰/۸	۰/۰۰۹	۰/۰۰۳	۰	۰/۰۱۲	۰	۰/۰۰۵	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۱۴	۰/۸	۰/۹۷
۴۸	۰/۸	۰/۰۰۹	۰/۰۰۱	۰	۰/۰۱	۰	۰/۰۰۵	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۱۴	۰/۸	۰/۹۷
۴۹	۰/۸	۰/۰۰۴	۰/۰۰۱	۰	۰/۰۰۵	۰	۰/۰۰۲	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۰۶	۰/۸	۰/۴۱۵
۵۰	۰/۸	۰/۰۳۷	۰/۰۱۲	۰	۰/۰۴۱	۰	۰/۰۱۹	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۵۸	۰/۸	۴

ادامه پیوست ۴

۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳
شماره ناحیه ایزوله (K)	شماره گره مرجع	عمر لوله‌های ناحیه	جنس لوله‌های ناحیه	تعداد مشترکین ناحیه	آب تحویل شده ۲۴ ساعته به مشترکین (DFD)	تلفات غیرفیزیکی (UF)	مجموع DFD و UF	درصد تلفات در آغاز بهره‌برداری (PS)	درصد تلفات در پایان عمر مفید (PE)	عمرمفید لوله‌های ناحیه (Y_B)	درصد اولیه تلفات روزانه (P_{DBL})	تلفات زمینه روزانه اولیه (IDBL)
				property	m^3/day	m^3/day	m^3/day			Year		m^3/day
۵۱	۱۳۳	۲۶	گالوانیزه	۲	۱	۰	۱	۵	۳۰	۳۰	۳۰	۰/۳
۵۲	۱۲۶	۲۷	گالوانیزه	۳	۱/۵	۰	۱/۵	۵	۳۰	۳۰	۳۰	۰/۴۵
۵۳	۱۲۸و۱۲۷	۲۶	گالوانیزه	۹	۵/۷	۰	۵/۷	۵	۳۰	۳۰	۳۰	۱/۷۱
۵۴	۱۲۲	۳۶	گالوانیزه	۱۳	۸/۴	۰	۸/۴	۵	۳۰	۳۰	۳۰	۲/۵۴
۵۵	۱۱۷	۲۸	گالوانیزه	۲	۲	۰	۲	۵	۳۰	۳۰	۳۰	۰/۶
۵۶	۱۲۱	۲۶	گالوانیزه	۳	۱/۶	۰	۱/۶	۵	۳۰	۳۰	۳۰	۰/۴۸
۵۷	۱۱۳	۲۹	چدن	۷	۲/۵	۰	۲/۵	۵	۳۰	۴۵	۲۲	۰/۵۵
۵۸	۱۰۴	۱۸	گالوانیزه	۱۶	۸/۹	۰	۸/۹	۵	۳۰	۳۰	۲۲	۱/۹۶
۵۹	۴۳	۲۹	گالوانیزه	۱۵	۱۱/۴	۰	۱۱/۴	۵	۳۰	۳۰	۳۰	۳/۴۲
۶۰	۴۲	۲۹	گالوانیزه	۴	۲/۳	۰	۲/۳	۵	۳۰	۳۰	۳۰	۰/۶۹

ادامه پیوست ۴

۱	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳	۲۴	۲۵
شماره ناحیه ایزوله (K)	فاکتور ساعت – روز اولیه F_{hd}	تلفات زمینه شبانه اولیه (INBL)	آب تحویل شده شبانه به مشترکین (NFD)	تلفات ناشی از شکستگیهای گزارش شده V_{RB}	تقاضا در هر ناحیه (D)	تلفات ناشی از شکستگیهای گزارش نشده V_{URB}	فاکتور تصحیح تلفات زمینه شبانه (CF)	حجم اضافی (EV)	خطا در تخمین اولیهٔ تلفات زمینه (EV)'	تلفات زمینه شبانه تصحیح شده (NBL)	فاکتور ساعت – روز تصحیح شده F_{hd}	تلفات زمینه روزانه اصلاح شده (DBL)
		lit/sec	lit/sec	lit/sec	lit/sec	lit/sec		lit/sec	lit/sec	lit/sec		m^3/day
۵۱	۰/۸	۰/۰۰۴	۰/۰۰۱	۰	۰/۰۳۳	۰	۰/۰۰۲	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۰۶	۰/۸	۰/۴۱۵
۵۲	۰/۸	۰/۰۰۶	۰/۰۰۲	۰	۰/۰۴۶	۰	۰/۰۰۳	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۰۹	۰/۸	۰/۶۲۲
۵۳	۰/۸	۰/۰۲۷	۰/۰۰۶	۰	۰/۰۳۳	۰	۰/۰۱۴	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۴۲	۰/۸	۲/۹
۵۴	۰/۸	۰/۰۳۷	۰/۰۰۹	۰	۰/۰۴۶	۰	۰/۰۱۹	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۵۸	۰/۸	۴
۵۵	۰/۸	۰/۰۰۸	۰/۰۰۱	۰	۰/۰۰۹	۰	۰/۰۰۴	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۱۳	۰/۸	۰/۸۹
۵۶	۰/۸	۰/۰۰۶	۰/۰۰۲	۰	۰/۰۰۸	۰	۰/۰۰۳	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۰۹	۰/۸	۰/۶۲
۵۷	۰/۸	۰/۰۰۷	۰/۰۰۵	۰	۰/۰۱۲	۰	۰/۰۰۳	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۱۱	۰/۸	۰/۷۶
۵۸	۰/۸	۰/۰۲۷	۰/۰۱۱	۰	۰/۰۳۸	۰	۰/۰۱۴	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۴۲	۰/۸	۲/۹
۵۹	۰/۸	۰/۰۴۶	۰/۰۱	۰	۰/۰۵۶	۰	۰/۰۲۳	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۷۲	۰/۸	۴/۹۷
۶۰	۰/۸	۰/۰۰۹	۰/۰۰۳	۰	۰/۰۱۲	۰	۰/۰۰۴	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۱۴	۰/۸	۰/۹۷

ادامه پیوست ۴

۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳
شماره ناحیه ایزوله (K)	شماره گره مرجع	عمر لوله‌های ناحیه	جنس لوله‌های ناحیه	تعداد مشترکین ناحیه	آب تحویل شده ۲۴ ساعته به مشترکین (DFD)	تلفات غیرفیزیکی (UF)	مجموع DFD و UF	درصد تلفات در آغاز بهره‌برداری (PS)	درصد تلفات در پایان عمر مفید (PE)	عمرمفید لوله‌های ناحیه (Y_B)	درصد اولیه تلفات روزانه (P_{DBL})	تلفات زمینه روزانه اولیه (IDBL)
				property	m^3/day	m^3/day	m^3/day			Year		m^3/day
۶۱	۳۸	۲۹	گالوانیزه	۱۸	۱۲/۹	۰	۱۲/۹	۵	۳۰	۳۰	۳۰	۳/۸۷
۶۲	۵۲	۲۹	گالوانیزه	۱۴	۱۰	۰	۱۰	۵	۳۰	۳۰	۳۰	۳
۶۳	۴۴	۳۷	چدن	۱۵	۷/۹	۰	۷/۹	۵	۳۰	۴۵	۲۷	۲/۱۳
۶۴	۱۶	۳۷	چدن	۵	۵	۰	۵	۵	۳۰	۴۵	۲۷	۱/۳۵
۶۵	۳۰	۳۲	گالوانیزه	۵	۲/۹	۰	۲/۹	۵	۳۰	۳۰	۳۰	۰/۸۷
۶۶	۲۹	۲۹	گالوانیزه	۵	۲/۶	۰	۲/۶	۵	۳۰	۳۰	۳۰	۰/۷۸
۶۷	۱۹	۲۲	گالوانیزه	۵	۵/۵	۰	۵/۵	۵	۳۰	۳۰	۲۶	۱/۴۳
۶۸	۶۰	۳۶	چدن	۱۳	۶/۷	۰	۶/۷	۵	۳۰	۴۵	۲۷	۱/۸۱
۶۹	۵۷	۲۹	چدن	۷	۴/۴	۰	۴/۴	۵	۳۰	۴۵	۲۲	۰/۹۷
۷۰	۵۹	۲۹	گالوانیزه	۷	۲/۵	۰	۲/۵	۵	۳۰	۳۰	۳۰	۰/۷۵

ادامه پیوست ۴

۱	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳	۲۴	۲۵
شماره ناحیه ایزوله (K)	فاکتور ساعت – روز اولیه F_{hd}	تلفات زمینه شبانه اولیه (INBL)	آب تحویل شده شبانه به مشترکین (NFD)	تلفات ناشی از شکستگیهای گزارش شده V_{RB}	تقاضا در هر ناحیه (D)	تلفات ناشی از شکستگیهای گزارش نشده V_{URB}	فاکتور تصحیح تلفات زمینه شبانه (CF)	حجم اضافی (EV)	خطا در تخمین اولیهٔ تلفات زمینه (EV)'	تلفات زمینه شبانه تصحیح شده (NBL)	فاکتور ساعت – روز تصحیح شده F_{hd}	تلفات زمینه روزانه اصلاح شده (DBL)
		lit/sec	lit/sec	lit/sec	lit/sec	lit/sec		lit/sec	lit/sec	lit/sec		m^3/day
۶۱	۰/۸	۰/۰۵۵	۰/۰۱۲	۰	۰/۰۶۷	۰	۰/۰۲۸	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۸۶	۰/۸	۵/۹۴
۶۲	۰/۸	۰/۰۴۶	۰/۰۰۹	۰	۰/۰۵۵	۰	۰/۰۲۳	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۷۲	۰/۸	۴/۹۸
۶۳	۰/۸	۰/۰۲۷	۰/۰۱	۰	۰/۰۳۷	۰	۰/۰۱۳	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۴۲	۰/۸	۲/۹
۶۴	۰/۸	۰/۰۱۹	۰/۰۰۳	۰	۰/۰۲۲	۰	۰/۰۰۹	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۲۹	۰/۸	۲
۶۵	۰/۸	۰/۰۰۹	۰/۰۰۳	۰	۰/۰۱۲	۰	۰/۰۰۴	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۱۴	۰/۸	۰/۹۷
۶۶	۰/۸	۰/۰۰۹	۰/۰۰۳	۰	/۰۱۲	۰	۰/۰۰۴	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۱۴	۰/۸	۰/۹۷
۶۷	۰/۸	۰/۰۱۹	۰/۰۰۳	۰	۰/۰۲۲	۰	۰/۰۰۹	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۲۹	۰/۸	۲
۶۸	۰/۸	۰/۰۲۷	۰/۰۰۹	۰	۰/۰۳۶	۰	۰/۰۱۴	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۴۲	۰/۸	۲/۹
۶۹	۰/۸	۰/۰۰۹	۰/۰۰۵	۰	۰/۰۱۴	۰	۰/۰۰۵	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۱۴	۰/۸	۰/۹۷
۷۰	۰/۸	۰/۰۰۹	۰/۰۰۵	۰	۰/۰۱۴	۰	۰/۰۰۵	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۱۴	۰/۸	۰/۹۷

ادامه پیوست ۴

۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳
شماره ناحیه ایزوله (K)	شماره گره مرجع	عمر لوله‌های ناحیه	جنس لوله‌های ناحیه	تعداد مشترکین ناحیه	آب تحویل شده ۲۴ ساعته به مشترکین (DFD)	تلفات غیرفیزیکی (UF)	مجموع DFD و UF	درصد تلفات در آغاز بهره‌برداری (PS)	درصد تلفات در پایان عمر مفید (PE)	عمرمفید لوله‌های ناحیه (Y_B)	درصد اولیه تلفات روزانه (P_{DBL})	تلفات زمینه روزانه اولیه (IDBL)
				property	m^3/day	m^3/day	m^3/day			Year		m^3/day
۷۱	۹	۱۵	گالوانیزه	۵	۳/۲	۰	۳/۲	۵	۳۰	۳۰	۲۴	۰/۷۷
۷۲	۱۲	۱۹	گالوانیزه	۸	۵/۹	۰	۵/۹	۵	۳۰	۳۰	۲۴	۱/۴۲
۷۳	۱۰	۰	گالوانیزه	۱۰	۸/۷	۰	۸/۷	۵	۳۰	۳۰	۵	۰/۴۴
۷۴	۱۳	۳۵	چدن	۲۰	۲۱/۱	۰	۲۱/۱	۵	۳۰	۴۵	۲۷	۵/۶۹
۷۵	۱۴۹	۳۷	چدن	۴	۱	۰	۱	۵	۳۰	۴۵	۲۷	۰/۲۷
۷۶	۱۵۰	۳۷	گالوانیزه	۴	۳/۵	۰	۳/۵	۵	۳۰	۳۰	۳۰	۱/۰۵
۷۷	۱۵۵	۳۷	گالوانیزه	۱۳	۹/۱	۰	۹/۱	۵	۳۰	۳۰	۳۰	۲/۷۳
۷۸	۱۵۴	۹	گالوانیزه	۴	۳/۸	۰	۳/۸	۵	۳۰	۳۰	۱۳	۰/۴۹
۷۹	۱۰۸	۳۶	چدن	۸	۵/۸	۰	۵/۸	۵	۳۰	۴۵	۲۷	۱/۵۷
جمع کل												

ادامه پیوست ۴

۱	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳	۲۴	۲۵
شماره ناحیه ایزوله (K)	فاکتور ساعت - روز اولیه F_{hd}	تلفات زمینه شبانه اولیه (INBL)	آب تحویل شده شبانه به مشترکین (NFD)	تلفات ناشی از شکستگیهای گزارش شده V_{RB}	تقاضا در هر ناحیه (D)	تلفات ناشی از شکستگیهای گزارش نشده V_{URB}	فاکتور تصحیح تلفات زمینه شبانه (CF)	حجم اضافی (EV)	خطا در تخمین اولیهٔ تلفات زمینه (EV)'	تلفات زمینه شبانه تصحیح شده (NBL)	فاکتور ساعت - روز تصحیح شده F_{hd}	تلفات زمینه روزانه اصلاح شده (DBL)
		lit/sec	lit/sec	lit/sec	lit/sec	lit/sec		lit/sec	lit/sec	lit/sec		m^3/day
۷۱	۰/۸	۰/۰۰۹	۰/۰۰۳	۰	۰/۰۱۲	۰	۰/۰۰۴	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۱۴	۰/۸	۰/۹۷
۷۲	۰/۸	۰/۰۱۹	۰/۰۰۶	۰	۰/۰۲۵	۰	۰/۰۰۹	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۲۹	۰/۸	۲
۷۳	۰/۸	۰/۰۰۶	۰/۰۰۷	۰	۰/۰۱۳	۰	۰/۰۰۳	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۰۹	۰/۸	۰/۶۲۲
۷۴	۰/۸	۰/۰۸۳	۰/۰۱۳	۰	۰/۰۹۶	۰	۰/۰۴۲	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۱۳	۰/۸	۸/۹۸
۷۵	۰/۸	۰/۰۰۴	۰/۰۰۳	۰	۰/۰۰۷	۰	۰/۰۰۲	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۰۶	۰/۸	۰/۴۱
۷۶	۰/۸	۰/۰۱۹	۰/۰۰۳	۰	۰/۰۲۲	۰	۰/۰۰۹	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۲۹	۰/۸	۲
۷۷	۰/۸	۰/۰۳۷	۰/۰۰۹	۰	۰/۰۴۶	۰	۰/۰۱۹	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۵۸	۰/۸	۴
۷۸	۰/۸	۰/۰۰۷	۰/۰۰۳	۰	۰/۰۱	۰	۰/۰۰۴	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۱۱	۰/۸	۰/۷۶
۷۹	۰/۸	۰/۰۱۹	/۰۰۶	۰	۰/۰۲۵	۰	۰/۰۰۹	۱/۰۴۲	۱/۰۴۲	۰/۰۲۹	۰/۸	۲
						۰				۳/۰۸		۲۱۱/۴۳

Unaccounted for water analysis in water supply networks

Abstract

In this research a new method for unaccounted for water analysis is proposed. This method is able to analize components of unaccounted for water in water distribution networks.

In this method unaccounted for water is divided in two main physical and nonphysical sections.

In the first section based on minimum night flow meansurements background and bursts losses are evaluated. In this method a preliminary estimation is made for background losses. Then using analytical procedure, field activities, pressure measurement and hydrulic analysis , an improved and more accurate value is obtained for background losses. Conbination of the Bursts And Background losses Estimation (BABE) and Fixed and Variable Discharge Area (FAVAD) concept increases the accuracy and applications of the proposed approach. In the nonphysical losses section an apropriate procedure is suggested based on the curent situation of the water distribution networks in Iran considering unbilled usage, meter errors ,etc. Afterall the percentage of all parameters of the unaccounted for water are calculated. Finally the proposed method is applied in a selected district metered area (DMA) and values of each part of unaccounted for water are evaluated.

University of Tehran
Faculty of Engineering

Unaccounted for water analysis in water supply networks

By : Peiman Yaraghi

Under supervision of : Dr. M. Tabesh

A thesis submitted to the Graduate Studies Office in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in

Civil Engineering – Water Engineering

February 2001

۳۶۸۹۹