



اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1st National Conference on
Water Loss & Consumption Management



۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶

بررسی میزان تاثیر فعاليت‌های انجام شده در جهت کاهش هدررفت

آب در پهنه I1 شهر مشهد

مهدی کمیلی

شرکت فرازیست آب خاوران

mkomeily@gmail.com

ملیحه اسکندری

شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور

eskandary@nww.ir

جواد زال پور

شرکت فرازیست آب خاوران

jzalpour@gmail.com

خلاصه

در سال‌های اخیر کم‌آبی از معضلات اساسی کشور است. کاهش هدررفت یکی از بهترین راه‌حل‌های پیش رو است. در این خصوص سال ۱۳۹۴ یک پهنه از شهر مشهد به منظور انجام اقدامات لازم به منظور کاهش هدررفت در اختیار بخش خصوصی قرار گرفت. در این مطالعه که بر روی فعالیت یک ساله این شرکت انجام شده است به بررسی دلایل کاهش ۲,۷۴٪ هدررفت آب نسبت به سال قبل و تخمین تاثیر هر یک از فعالیت‌های انجام شده به کمک نسبت حجم آب ذخیره شده حاصل از هر فعالیت به کل آب ذخیره شده در سال اقدام شد. همچنین هزینه تقریبی هر یک از فعالیت‌ها نیز تعیین گردیده و مشخص شد کشف و قطع انشعابات غیرمجاز با ۶۴,۱۴٪ دارای بیشترین تاثیر در عین هزینه کمتر نسبت به سایر فعالیت‌ها بوده است. لازم به ذکر است در سال‌های نخست پروژه قطع انشعابات غیرمجاز عامل کم‌هزینه و بسیار موثر در کاهش هدررفت خواهد بود که برای سال‌های آتی باید با انجام اقداماتی نظیر اصلاح شبکه و احداث فشارشکن و استقرار سامانه تله‌متری هدررفت را کاهش داد. همچنین مشخص گردید تعویض کنتورهای خراب باید به صورت هدفمند و بررسی کارشناسانه انجام شود تا منجر به کاهش هدررفت گردد.

کلمات کلیدی: کاهش هدررفت، هدررفت ظاهری، هدررفت واقعی، نشت یابی، انشعاب غیرمجاز



اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1st National Conference on Water Loss & Consumption Management



۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶

۱- مقدمه

در سال‌های اخیر کاهش تلفات آب به‌عنوان یکی از راهبردی‌ترین و اقتصادی‌ترین راه‌های مقابله با کم‌آبی در کشور مطرح شده است. از دلایل مهم این امر می‌تواند هزینه‌های سنگین ساخت و نگهداری سازه‌های کنترل و نگهداری آب‌های سطحی (مانند سد‌ها و بندها) و یا تأسیسات لازم برای استحصال آب از منابع زیرزمینی (مانند پمپ‌ها و خطوط انتقال آب) و یا هزینه‌های تصفیه و سالم‌سازی آب و خیلی از موارد دیگر که موجب می‌شود، حفاظت و نگهداری از آب موجود در شبکه به‌عنوان یکی از راهکارهای ارزان‌قیمت در پروژه‌های آبی مورد توجه شرکت‌های آب و فاضلاب قرار گیرد. با توجه به افزایش روبه‌رشد جمعیت و کاهش نسبی مقدار نزولات جوی و مناقشات مرزی بر سر مالکیت آب‌های سطحی و از همه مهم‌تر کمبود منابع آبی قابل استحصال موجود در کشور، چاره‌ای جز استفاده بهینه و کامل از منابع موجود وجود نداشته که در این راستا جلوگیری از تلفات آب، خود می‌تواند یک راهکار مناسب برای نگهداشت آب در کشور باشد. [1].

یکی از این روش‌ها، امکان برون‌سپاری فعالیت‌ها و خرید تضمینی محصول یا خدمت سرمایه‌گذار می‌باشد. قرارداد خرید تضمینی آب در طرح کاهش هدررفت آب در پهنه II شهر مشهد به روش BOT شامل تأمین مالی و انجام کلیه اقدامات لازم به منظور کاهش هدررفت آب به‌همراه بهره‌برداری و راهبری شبکه‌های آب و فاضلاب می‌باشد. این قرارداد اولین بار با توجه به بخشنامه‌های معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری، گزارشات توجیهی، طرح‌های مشاوران و کارشناسان در سال ۹۲ به سرمایه‌گذار ابلاغ گردید و عملیات اجرایی آن از سال ۱۳۹۴ آغاز گردید. [2].

یکی از موضوعاتی که در طول دو دهه گذشته در بحث خدمات آب، در سراسر جهان رایج شده است، کاهش هدررفت و آب بدون درآمد از شبکه‌های توزیع و انتقال آب می‌باشد. از آنجایی که هدررفت همواره در سیستم‌های توزیع آب شهری وجود دارد، از این‌رو شناسایی عوامل ایجادکننده و تشدیدکننده آن ضروری است تا به کمک آن بتوان به بررسی راهکارهای کاهش هدررفت پرداخت.

۲- مواد و روش‌ها

به منظور بررسی میزان هدررفت آب در محدوده مورد پژوهش دو عدد فلومتر در محل‌های ورود و خروج آب به محدوده نصب شده و با بررسی و تعیین دقیق مشترکین محدوده طی یک دوره یکساله تمامی مصارف ثبت شده مشترکین و همچنین میزان آب ورودی و خروجی جمع‌آوری گردید و به کمک رابطه ۱ درصد هدررفت آب محاسبه گردید.

$$\text{Water Loss\%} = \frac{V_{in} - V_{used}}{V_{in}} * 100 \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن Water Loss% درصد هدررفت آب در طول دوره زمانی مشخص (ماه، دوره، سال) و V_{in} حجم آب ورودی به محدوده بر حسب m^3 در طول دوره زمانی مشخص و V_{used} میزان آب مصرف شده ثبت شده به وسیله کنتورهای مشترکین بر حسب m^3 در طول دوره زمانی مشخص است.

معمولاً محاسبه درصد هدررفت به منظور کم کردن اثر عوامل ایجادکننده خطا نظیر زمان ثبت مصرف مشترکین در دوره‌های یکساله بررسی می‌شوند.

بر اساس رابطه ۱ و با احجام اندازه گیری شده فلو مترها و مصارف ثبت شده در طی دوره یکساله پژوهش مشخص گردید که هدررفت آب در سال ۱۳۹۴-۱۳۹۵ به میزان ۲,۷۴٪ نسبت به سال ۱۳۹۳-۱۳۹۴ (سال مبنا) کاهش یافته است. بر همین اساس حجم آب ذخیره شده حاصل از فعالیت شرکت مجری پروژه، با فرض ثابت بودن درصد هدررفت مبنا، از رابطه ۲ محاسبه می گردد.

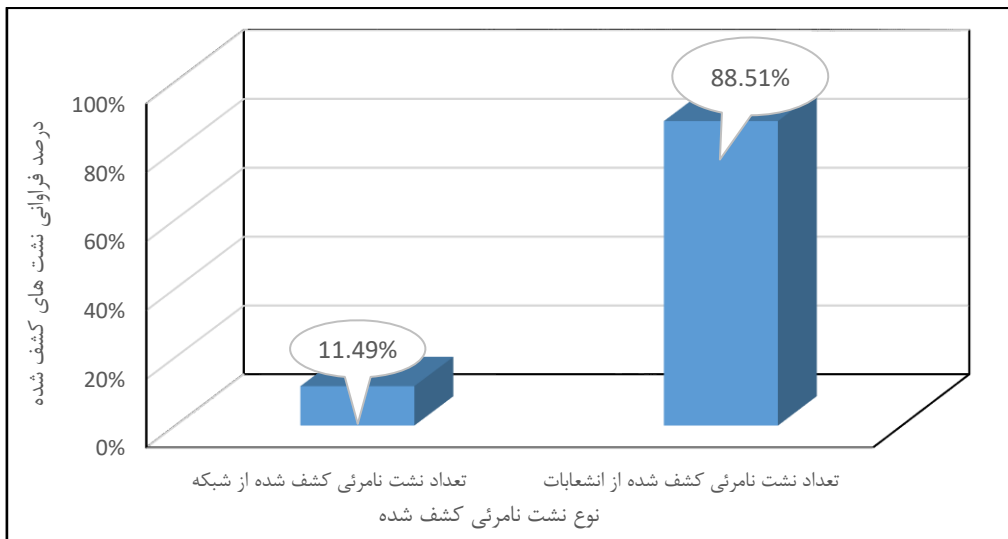
$$V^n(\text{save total}) = (\text{Water Loss}\%^{n-1} - \text{Water Loss}\%^n) * V_{in}^n \quad \text{رابطه (۲)}$$

که در آن $V^n(\text{save total})$ و V_{in}^n به ترتیب حجم آب ذخیره شده و حجم آب ورودی به محدوده مورد نظر در سال n بر حسب m^3 می باشد.

$\text{Water Loss}\%^{n-1}$ و $\text{Water Loss}\%^n$ به ترتیب درصد هدررفت در سال n و سال قبل آن می باشد. در نهایت می توان با بررسی دقیق هر یک از اقدامات انجام شده، میزان تاثیر آن فعالیت را در کاهش هدر رفت به طور مجزا محاسبه کرد.

۱-۲- عملیات نشت یابی

یکی از عوامل ایجادکننده هدررفت آب در شبکه توزیع آب، نشت از شبکه می باشد. این نشت ها به دو صورت مرئی و نامرئی بوده و عمر آن ممکن است از چند دقیقه تا چندین سال متغیر باشد. در این خصوص نیاز نسبت به انجام عملیات PM جهت رفع نشت های مرئی و همچنین عملیات نشت یابی جهت رفع نشت های نامرئی اقدام کرد. در این راستا طی دوره مطالعه به کمک دستگاه های نشت یاب صوتی نسبت به شناسایی نشت ها اقدام شد که در نهایت منجر به کشف و رفع ۱۴۸ مورد نشت نامرئی از شبکه و انشعابات گردید. تراکم میزان نشت از شبکه و نشت از انشعاب در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱. درصد فراوانی نشت های کشف و رفع شده از شبکه و انشعابات آب در پهنه II



اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1st National Conference on Water Loss & Consumption Management



۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶

با استفاده از رابطه ۳ می توان دبی نشت از ترک هر یک نشت های نامرئی رفع شده را محاسبه کرد [3].

$$Q = 84.043 * 0.6 * A * \sqrt{P} \quad \text{رابطه (۳)}$$

Q دبی نشت بر حسب لیتر بر دقیقه

A سطح مقطع ترک بر حسب سانتیمتر مربع

P فشار متوسط شبکه بر حسب اتمسفر

همچنین با توجه به فاصله زمانی رفع نشت تا پایان دوره مورد پژوهش، حجم آب ذخیره حاصل از رفع نشت مطابق رابطه ۴ به دست خواهد آمد.

$$V_{save} = 1440 * Q * N \quad \text{رابطه (۴)}$$

V حجم آب ذخیره شده بر حسب m³

N تعداد روزهای ذخیره آب (فاصله زمانی روز رفع نشت تا پایان دوره مورد مطالعه)

و در نهایت حجم کل آب ذخیره شده حاصل از عملیات نشت یابی با استفاده از رابطه ۵ به دست خواهد آمد.

$$V_{save}^{leak\ detection}(total) = \sum_{i=1}^n V_{save}^i \quad \text{رابطه (۵)}$$

در این رابطه $V_{save}^{leak\ detection}$ حجم کل آب ذخیره شده ناشی از عملیات نشت یابی بر حسب m³ و V_{save}^i حجم آب ذخیره شده ناشی از رفع هر نشت بر حسب m³ می باشد.

به منظور انجام عملیات شناسایی نشت ۵۱۵,۶۸۰,۰۰۰ ریال هزینه شده و به منظور عملیات رفع نشت های نامرئی شناسایی شده ۷۰۱,۰۹۸,۶۶۰ ریال هزینه گردیده است که مجموعاً برای عملیات نشت یابی ۱,۲۱۶,۷۷۸,۶۶۰ ریال هزینه صرف شده است.

۲-۲- عملیات کشف و قطع انشعابات غیر مجاز

یکی از عوامل ایجاد کننده هدررفت ظاهری وجود انشعابات غیر مجاز بوده که به علت عدم اطلاع از وجود انشعاب و همچنین عدم وجود کنتور میزان مصرف آنها قابل محاسبه و اخذ مبلغ نیست و همین عدم پرداخت وجه باعث مصرف بی رویه و خارج از عرف مصرف کننده خواهد شد. در همین راستا طی دوره یکساله مورد مطالعه ۱۰۳ انشعاب آب غیر مجاز قطع و در نهایت منجر به نصب ۵۹۱ کنتور گردید. میزان ذخیره آب بر اساس حجم آب مصرفی این دسته از مصرف کنندگان با استفاده از رابطه ۶ محاسبه گردید.

$$V_{save} = \sum_{k=1}^6 V_{used}^K \quad \text{رابطه (۶)}$$

V_{save} حجم آب ذخیره شده بر حسب m³ و V_{used}^K حجم آب مصرفی قرائت شده مشترک پس از مجاز شدن انشعاب بر حسب m³ می باشد.

همچنین از مصرف کننده غیر مجاز مبلغی بابت مصرف آب بدون کنتور در گذشته اخذ خواهد شد، این حجم آب بر مبنای مصرف پس از نصب کنتور با اعمال ضرایب تبدیل دوره ها که حاصل از بررسی میانگین مصارف مشترکین در دوره های مختلف محدوده مورد مطالعه است، محاسبه می شود. این حجم آب که به دلیل عدم وجود کنتور اندازه گیری نشده بود، اکنون دارای



اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1st National Conference on Water Loss & Consumption Management



۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶

صورتحساب خواهد بود و مصداق آب اندازه گیری نشده فاقد صورت حساب بوده و از انواع هدررفت های ظاهری می باشد [4]. ولی اکنون می توان این حجم آب اندازه گیری نشده را دارای صورت حساب کرد. حجم آب ذخیره شده حاصل از این طریق بر اساس رابطه ۷ محاسبه خواهد شد.

$$V'_{save} = \sum_{j=n-1}^1 V'_{used} * m_j \quad \text{رابطه (۷)}$$

که در آن V'_{save} آب ذخیره شده ناشی از مصارف پیشین مصرف کننده غیرمجاز بر حسب m^3 و n دوره مجاز شدن انشعاب و V'_{used} میزان مصرف اولین دوره پس از مجاز شدن انشعاب بر حسب m^3 و m_j ضریب تبدیل مصارف دوره بوده و از رابطه ۸ به دست می آید.

$$m_j = \frac{V_{avg}^j}{V_{avg}} \quad \text{رابطه (۸)}$$

V_{avg} مصرف میانگین کل محدوده مورد مطالعه در دوره مجاز شدن انشعاب مشترک بر حسب m^3 و V_{avg}^j میزان مصرف میانگین کل محدوده مورد مطالعه در دوره مورد نظر بر حسب m^3 می باشد.

در نهایت حجم کل آب ذخیره شده حاصل از عملیات قطع انشعابات غیرمجاز با استفاده از رابطه ۹ به دست خواهد آمد.

$$V_{save}^{illegal\ usage} (total) = \sum_{i=1}^n (V_{save}^i + V'_{save}^i) \quad \text{رابطه (۹)}$$

در این رابطه $V_{save}^{illegal\ usage} (total)$ حجم کل آب ذخیره شده ناشی از قطع انشعاب غیرمجاز بر حسب m^3 و V_{save}^i حجم آب ذخیره شده ناشی از قطع هر انشعاب غیرمجاز بر حسب m^3 و V'_{save}^i حجم آب ذخیره شده ناشی از تعیین و اخذ مبلغ صورت حساب مصارف دوران وجود انشعاب غیرمجاز بر حسب m^3 می باشد.

شرکت مجری پروژه در مجموع برای عملیات کشف و قطع انشعابات غیرمجاز ۱۹۲,۵۰۰,۰۰۰ ریال هزینه کرده است.

۳-۲- عملیات تعویض کنتورهای خراب

یکی از عوامل ایجاد کننده هدررفت ظاهری وجود کنتورهای خراب با مصرف صفر و یا کنتور خراب با مصارف کمتر از میزان واقعی است. با توجه به اینکه در خصوص کنتورهای خراب با مصرف صفر شناسایی این قسم از کنتورها بسیار ساده است و لازم است در مرحله این اول نسبت به تعویض این نوع کنتورها اقدام کرد و در مرحله بعد با شناسایی کنتورهای خراب با مصارف کمتر از میزان واقعی اقدام کرد.

به منظور بررسی میزان تاثیر عملیات تعویض کنتور میزان مصرف قبل از تعویض و اولین دوره پس از تعویض کنتور با اعمال ضرایب تبدیل مصرف دوره ها مورد مقایسه قرار گرفت و میزان آب ذخیره شده در کل دوره با استفاده از رابطه ۱۰ محاسبه گردید.

$$V_{save}^{change\ water\ meter} = \frac{\sum_{n=j+1}^6 V_{avg}^n}{V_{avg}^{j+1}} * (V_{used} - V'_{used}) \quad \text{رابطه (۱۰)}$$

که در آن $V_{save}^{change\ water\ meter}$ مصرف میانگین کل محدوده مورد مطالعه بر حسب m^3 و V_{used} مصرف ثبت شده بر حسب m^3 و V'_{used} مصرف مورد انتظار بر اساس مصرف های پیشین در اولین دوره پس از تعویض کنتور مشترک بر حسب m^3 می باشد که از رابطه ۱۱ به دست خواهد آمد.

$$V'_{used} = \frac{V_{avg}^{j+1}}{V_{avg}^j} * V_{used}^j \quad \text{رابطه (۱۱)}$$

V_{avg} مصرف میانگین کل محدوده مورد مطالعه بر حسب m^3 در دوره مورد نظر می باشد.

در نهایت حجم کل آب ذخیره شده حاصل از عملیات تعویض کنتورهای خراب با استفاده از رابطه ۱۲ به دست خواهد آمد.

$$V_{save}^{change\ water\ meter} (total) = \sum_{i=1}^n V_{save}^i \quad \text{رابطه (۱۲)}$$

در رابطه ۱۲ $V_{save}^{change\ water\ meter} (total)$ حجم کل آب ذخیره شده ناشی از تعویض کنتور خراب بر حسب m^3 و V_{save}^i

حجم آب ذخیره شده ناشی از تعویض کنتور خراب هر اشتراک بر حسب m^3 بود که از رابطه ۱۰ حاصل شده است.

لازم به ذکر است به منظور انجام عملیات تعویض کنتورهای خراب ۵۱۵,۶۰۰,۰۰۰ ریال هزینه صرف شد.

۴-۲- سایر مولفه ها

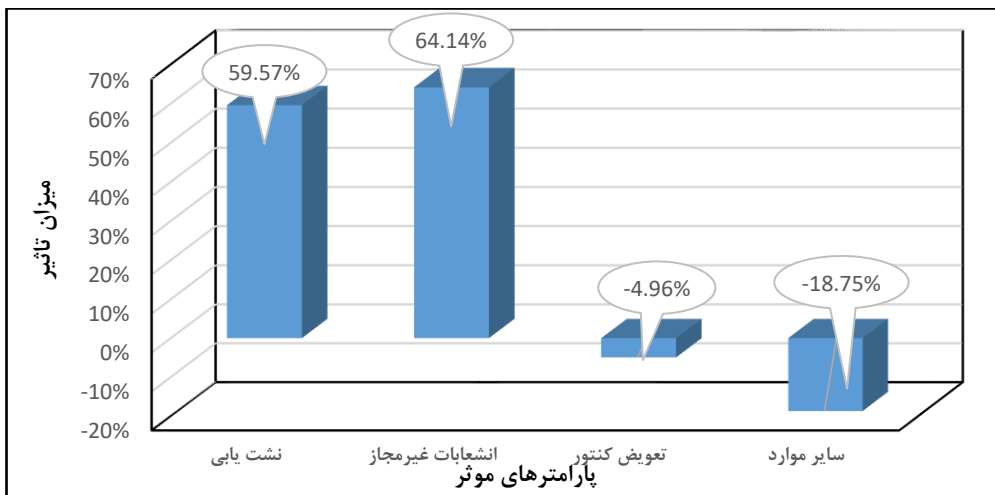
تمامی فعالیت های فوق به صورت نسبی می توانند هدررفت آب را کاهش دهند اما در برآیند یک عامل مخرب ممکن است

تاثیر مثبت هر کدام از بخش ها را کاهش بدهد و یا حتی خنثی کند. به عنوان مثال در طی یکسال قطعاً نشت های جدیدی به وجود خواهد آمد که در سال گذشته وجود نداشته اند یا انشعابات غیر مجازی جدیدی ایجاد می شود که در سال گذشته (مبنای مقایسه هدررفت) وجود نداشته است. لذا با در نظر گرفتن بالاسینگ آب در دوره یکساله مورد مطالعه می توان اثر تمامی عوامل مخرب و همچنین سایر فعالیت ها مثبت دیگر نظیر تنظیم دقیق و مداوم فشار خروجی فشارشکن ها، استاندارد سازی انشعابات غیر استاندارد و همچنین اصلاح شبکه های فرسوده را تحت عنوان سایر مولفه ها با استفاده از رابطه ۱۳ تخمین زد.

$$V(save\ total) = V_{save}^{change\ water\ meter} (total) + V_{save}^{illegal\ usage} (total) + V_{save}^{leak\ detection} (total) + V_{save}^{other} (total) \quad \text{رابطه (۱۳)}$$

که در آن $V_{save}^{other} (total)$ حجم کل آب ذخیره شده ناشی از تاثیر سایر مولفه ها بر حسب m^3 و $V(save\ total)$ حجم آب ذخیره شده ناشی از کاهش هدررفت بر حسب m^3 می باشد.

در شکل ۲ درصد تاثیر هر یک از پارامترهای محاسبه شده با استفاده از روابط فوق محاسبه و رسم شده است.



شکل ۲. تاثیر هر یک از فعالیت های انجام شده در کاهش هدررفت آب در پهنه II

۳- نتیجه گیری

- نشت یابی و کشف و قطع انشعابات غیرمجاز بیشترین تاثیر را در کاهش هدررفت آب در دوره یکساله طرح را با ۵۹،۵۷٪ و ۶۴،۱۴٪ ایفا کرده اند. در این بین کشف انشعابات غیرمجاز با کمترین هزینه (۱۹۲،۵۰۰،۰۰۰ ریال) در مقابل نشت یابی (۱،۲۱۶،۷۷۸،۶۶۰ ریال) و تعویض کنتورهای خراب (۵۱۵،۶۰۰،۰۰۰ ریال) بیشترین تاثیر در کاهش هدررفت را داشته است.
 - تعداد انشعابات غیرمجاز منتهی بوده و پس از یک دوره پایش دقیق تقریباً می توان بخش زیادی از این انشعابات را شناسایی و قطع نمود. همچنین عملیات نشت یابی نیز امکان کشف تعدادی از نشت ها را دارد. به منظور کاهش بیشتر هدررفت آب در سال های آتی نیاز است عملیات مدیریت هوشمند فشار را به طور جدی تر و با استقرار کامل سامانه تله متری اجرا و بهره برداری کرد. این احتمال وجود دارد که برای مدیریت مناسب تر فشار در شبکه و کاهش فشار متوسط شبکه توزیع نیاز به احداث حوضچه های شیر فشارشکن بیشتر در محدوده مورد مطالعه و توسعه شبکه باشد. اظهار نظر در این خصوص مستلزم کار مطالعاتی بیشتری می باشد.
 - همانطور که گفته شد کنتورهای خراب بر دو قسم است.
 - ✓ کنتورهای با مصرف ثبت شده کمتر از مقدار واقعی (کم انداز)
 - ✓ کنتورهای با مصرف صفر
- در حالت اول بررسی سابقه مصارف و میزان مصرف متعارف منتج به خرابی کنتور شده که در نهایت نسبت به تعویض کنتور اقدام می گردد. این حالت نیازمند بررسی آماری و گاه ممکن است چندین دوره از زمان خراب شدن کنتور بگذرد و امکان شناسایی آن میسر نباشد. به همین جهت تشخیص این نوع کنتور که در اصلاح به آن کنتورهای کم انداز نیز گفته می شود بسیار سخت تر از کنتورهای با مصرف صفر است.
- در حالت دوم به علت رویت کنتورها در هر دوره توسط مامور قرائت، خرابی کنتور در زمان کم مشهود خواهد شد.
- در این حالت که بعضاً منجر به کاهش مبلغ پرداختی مشترک نسبت به حالت پیش از تعویض کنتور خواهد بود ولی تعویض کنتور در راستای خدمات رسانی به مشترکین ضروری می باشد.
- اثر منفی تعویض کنتورهای خراب بر کاهش هدررفت در حقیقت به دلیل عدم دقت کنتورهای خراب بوده است. انجام این عملیات به دلیل افزایش دقت محاسبه هدررفت و همچنین رعایت حقوق مشترکین امری لازم است و نباید به علت تاثیر منفی از انجام آن صرف نظر کرد. همچنین طی تحقیقات به عمل آمده، مشخص گردید تعویض کنتورهای انجام شده صرفاً شامل کنتورهای با مصرف صفر بوده و به دلیل تعداد زیاد آنها، امکان تعویض کنتورهای کم انداز در دوره پژوهش میسر نگردیده است.
- با توجه به اینکه نمی توان عوامل ایجادکننده هدررفت را به طور کامل از بین برد تنها روش کاهش هدررفت آب، پایش مداوم پارامترهای ایجادکننده هدررفت است.

۴- مراجع

- ۱- مسرور، ع. محمدزاده، ا. (۱۳۹۴)، شناسایی عوامل هدررفت آب و ارائه راه کارهای کاهش آن (مطالعه موردی: شبکه آبرسانی شهر صوفیان)، اولین کنفرانس بین المللی یافته های نوین علوم و تکنولوژی، قم، مرکز مطالعات و تحقیقات اسلامی سروش حکمت مرتضوی



اولین همایش ملی
مدیریت مصرف و هدر رفت آب
1st National Conference on
Water Loss & Consumption Management



۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶

۲- http://www.nww.ir/PrintPage.aspx?Page_=dorsaetoolsnewssp&PageID=17742&PageIDF=12&lang=1&tempname=news&sub=1

۳- معاونت فنی امور آب و آبفا وزارت نیرو، (۱۳۸۹). "راهنمای شناخت و بررسی عوامل موثر در آب به حساب نیامده و راهکارهای

کاهش آن (نشریه ۳۰۸- الف)"، انتشارات نظام فنی اجرایی. تهران، ایران

۴- عباسپور. ف، (۱۳۹۲)، ارزیابی آب بدون درآمد، نشریه آب و توسعه پایدار، سال اول، شماره ۱