



# اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1<sup>st</sup> National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



## بررسی شاخص نشت تاسیسات زیربنایی (ILI) در شرکت آب و فاضلاب استان فارس - شهرهای برون سپاری شده جهت پروژه‌های کاهش هدررفت واقعی

الهه رستگاری

کارشناس آب بدون درآمد - شرکت آب و فاضلاب استان فارس

Elaheh.rastegari@gmail.com

### خلاصه

در سال های اخیر کمبود شدید منابع و افزایش سریع هزینه های تولید آب باعث شده که موضوع آب بدون درآمد مورد توجه قرار گیرد. از هدر رفت آب در مراحل مختلف انتقال، تصفیه، ذخیره و توزیع به عنوان یک فعالیت درازمدت و با برنامه ریزی بدون می‌بایست جلوگیری نمود. با وسیع تر شدن شبکه های توزیع آب شهری بهره برداران از شبکه همواره به دنبال روش های تحلیلی مناسب از شبکه بوده‌اند تا با استفاده از تحلیل و شناخت وضع موجود به تصمیم گیری در رابطه با چگونگی کنترل شبکه اقدام نمایند. در این مقاله به منظور مقایسه فنی مولفه های مدیریت نشت، از شاخص نشت تاسیسات زیربنایی استفاده شده است. این شاخص، یک روش بهینه برای بررسی جنبه‌های مختلف مدیریت شبکه توزیع، تعمیرات و رفع اتفاقات خطوط لوله، کنترل نشت فعال و مدیریت فشار است.

کلمات کلیدی: آب بدون درآمد، شاخص، شرکت آب و فاضلاب

### ۱- مقدمه

آب از دیرباز نقش تعیین کننده ای در توسعه اقتصادی جوامع داشته است. در گذشته آب به قیمت ارزان و به آسانی در دسترس بوده، لذا دستگاه های مسئول توزیع آب شهری تا قبل از تشکیل شرکت های آب و فاضلاب نسبت به کاهش آب بدون درآمد به عنوان راه حلی برای صرفه جویی در منابع آب، کاهش هزینه های بهره برداری و افزایش بازده یا درآمد، توجه کافی نداشته اند.

یکی از مهم ترین موضوعاتی که شرکت های آب و فاضلاب در سراسر جهان با آن مواجه هستند، مدیریت آب بدون درآمد (NRW) است. نکته کلیدی در مدیریت آب بدون درآمد، درک بهتر از دلایل ایجاد آب بدون درآمد و فاکتورهای تاثیر گذار بر مولفه های آن می‌باشد.



# اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1<sup>st</sup> National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



امور و ادارات تحت پوشش شرکت آب و فاضلاب استان فارس با مشکلاتی نظیر کمبود منابع تامین آب شرب و منابع مالی مواجه هستند. به دلیل پایین آمدن میزان نزولات جوی در سال‌های اخیر و برداشت بی رویه از منابع زیرزمینی، کاهش شدید منابع آبی گریبانگیر شهرهای این استان شده است. به دلیل ایجاد این شرایط بحرانی، می‌بایست راهکارهایی جهت کاهش میزان آب بدون درآمد که روی عملکرد امور و ادارات تحت پوشش این شرکت اثر گذاشته، اندیشیده شود.

شاخص‌های عملکرد، به منظور ارزیابی عملکرد شبکه‌های توزیع آب به کار برده می‌شود. این شاخص‌ها جهت مقایسه عملکرد شبکه‌ها با یکدیگر، ارزیابی بهتر شبکه‌های توزیع و یا تعیین یک هدف اقتصادی برای سرمایه‌گذاری در زمینه کاهش نشت به کار می‌روند. این شاخص‌ها، طبق تقسیم‌بندی IWA به سه سطح تقسیم‌بندی شده است [۶].

**شاخص عملکرد ستی:** این شاخص، یک دید کلی از کارآمدی و سودمندی کنترل نشت ایجاد می‌کند.

**شاخص عملکرد فنی:** این شاخص، دید بیشتری نسبت به شاخص‌های سطح یک فراهم می‌کنند و برای بهره‌بردارانی که احتیاج به شناخت عمیق‌تری دارند، مناسب است. این شاخص مدت زمانی که منطقه تحت فشار می‌باشد را در نظر گرفته و بدین ترتیب هم می‌تواند برای سامانه‌های با تامین آب مداوم و هم برای سامانه‌های با تامین آب متناوب، به کار رود. در این شاخص، تعدادی از عوامل محلی مهم از جمله موقعیت کنتور مشترکین فاصله کنتور تا مرز اشتراک و فشار متوسط شبکه گنجانده نشده است. این مطلب به عنوان نقطه ضعف شاخص یاد شده شناخته می‌شود.

**شاخص عملکرد زیرساخت:** یک ارزیابی جامع از وضعیت شبکه را نشان می‌دهد. همه شاخص‌های این رده مربوط به سطوح عالی مدیریتی می‌شوند. این شاخص‌ها عوامل محلی بیشتری را در خود می‌گنجانند و از این لحاظ دقیق‌تر هستند.

در این مقاله، شاخص عملکرد ستی و شاخص نشت تاسیسات زیربنایی (ILI) در چهار شهر استان فارس (آباد، صفاشهر، کازرون، لار) که آبرسانی به مشترکان در شرایط کم آبی را تجربه نموده‌اند، و علاوه بر این عمده عملیات کاهش هدررفت واقعی (رفع اتفاقات و حوادث و اصلاح شبکه) در این شهرها به بخش خصوصی واگذار شده، محاسبه و تحلیل گردیده است.

## ۲- شاخص‌های عملکرد

### ۲-۱- شاخص عملکرد ستی

این شاخص، اولین رده از شاخص‌های عملکرد است و یک چشم‌انداز کلی از وضعیت آب بدون درآمد در شبکه ارائه می‌کند. در نمودارهای زیر میزان حجم تلفات بر طول خط اصلی بر واحد زمان و حجم تلفات بر تعداد مشترکین (انشعابات) بر واحد زمان در چهار شهر مورد مطالعه در دو سال ۱۳۹۲ و ۱۳۹۵، محاسبه و جهت مقایسه کلی نمودار رسم گردیده است.

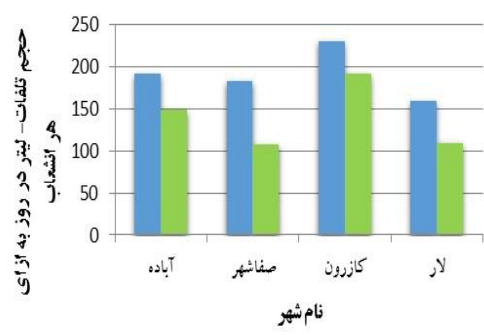
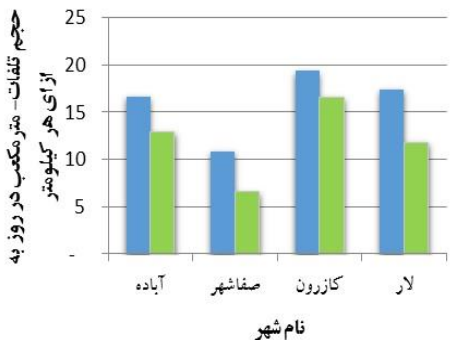


# اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب



1<sup>st</sup> National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



نمودار ۲: حجم تلفات بر طول خط اصلی بر واحد زمان

نمودار ۱: مقایسه حجم تلفات بر تعداد مشترکین (انشعابات)

بر واحد زمان

در یک سامانه آبرسانی با شرایط زیر بنایی خوب و مدیریت کارآمد آب بدون درآمد، مقداری تلفات سالانه غیر قابل اجتناب وجود خواهد داشت. بنابراین حذف نشت از شبکه‌های توزیع، عملاً غیر ممکن می‌باشد.

روش محاسبه آب بدون درآمد برحسب درصد حجم آب ورودی به سیستم که در حال حاضر در شرکت های آب و فاضلاب مورد استفاده قرار می‌گیرد، میزان حجم آبی که در یک بازه زمانی مشخص هدر می‌رود را محاسبه می‌نماید. این روش، تنها می‌تواند در تعریف جنبه‌های مالی و اقتصادی نشت مناسب باشد. بنابراین، روش محاسباتی دقیقی از مولفه‌های اثرگذار بر آب بدون درآمد در طول زمان نیست [۲].

شاخص نشت تاسیسات زیربنایی (ILI) یکی از شاخص‌های اجرایی هدررفت واقعی است. این شاخص، نرخ هدررفت واقعی سالانه سیستم به نرخ هدررفت واقعی اجتناب ناپذیر می‌باشد و یک شاخص مناسب برای انجام مقایسات کلی و دقیق تر هست [۱].

هیچ ارتباطی بین میزان ILI و NRW که درصدی از میزان حجم ورودی به سیستم می‌باشد وجود ندارد. مقادیر پایین NRW لزوماً بیانگر مدیریت مناسب هدررفت واقعی سیستم نمی‌باشد [۴].

در محاسبه نشت سالانه اجتناب‌ناپذیر، رابطه نشت و فشار، خطی فرض شده است. جهت انجام این محاسبات، فرضیاتی وجود دارند [۵]:

- الف) حداقل تعداد انشعابات نباید کمتر از ۵۰۰۰ عدد باشد،
- ب) حداقل فشار متوسط عملکرد سامانه آبرسانی نباید کمتر از ۲۵ متر باشد،
- ج) حداقل تراکم انشعابات سرویس نباید کمتر از ۲۰ عدد در هر کیلومتر خط اصلی باشد.



# اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدر رفت آب

1<sup>st</sup> National Conference on Water Loss & Consumption Management



۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶

جدول ۱: فرضیات محاسبه شاخص نشت تاسیسات زیربنایی در چهار شهر مورد مطالعه

نام شهر مورد مطالعه	تعداد انشعابات (عدد)	فشار متوسط (متر)	تراکم انشعابات (عدد در کیلومتر)
آباده	۲۶۹۲۵	۳۵	۸۷,۲
صفاشهر	۱۱۳۲۷	۵۰	۶۱,۲
کازرون	۴۴۲۷۱	۳۳	۸۶,۵
لار	۲۷۶۴۲	۳۰	۱۰۶,۳

بر اساس جمع‌بندی مطالعات انجام داده شده در بیش از بیست کشور و در نظر گرفتن شرایط زیر بنایی خوب و مدیریت نشت عالی، به طور خلاصه نشت سالانه اجتناب‌ناپذیر را می‌توان با معادله زیر نمایش داد.

$$[1] \quad UARL = (18 \times L_m + 0.8 \times N_c + 25 \times L_p) \times P$$

که  $L_m$  طول خط اصلی برحسب کیلومتر،  $N_c$  تعداد مشترکین،  $L_p$  طول لوله موجود از مرز انشعاب تا کنتور مشترک برحسب کیلومتر و  $P$  فشار متوسط شبکه برحسب متر می‌باشند. هم چنین رابطه بین فشار و نشت به صورت خطی در نظر گرفته شده است.

### ۳- محاسبه شاخص نشت تاسیسات زیربنایی (ILI)

جهت محاسبه شاخص نشت تاسیسات زیربنایی میزان نشت غیر قابل اجتناب در چهار شهر مورد مطالعه با توجه به فرضیات ذکر شده، محاسبه و سپس این مقدار را تقسیم بر میزان حجم تلفات فیزیکی نموده و شاخص فوق محاسبه می‌گردد.

جدول ۲: شاخص نشت تاسیسات زیربنایی در سال ۹۲

نام شهر	UARL متر مکعب در سال	حجم تلفات فیزیکی متر مکعب در سال	ILI
آباده	۲۸۶۴۰۸	۱۳۱۹۱۰۰	۴,۶۱
صفاشهر	۲۱۸۸۶۴	۳۹۲۷۰۰	۱,۷۹
کازرون	۵۴۳۱۲۵	۲۳۱۴۲۰۰	۴,۲۶
لار	۲۹۵۲۴۵	۱۱۶۵۸۰۰	۳,۹۵



# اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1<sup>st</sup> National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



جدول ۳: شاخص نشت تاسیسات زیربنایی در سال ۹۵

نام شهر	UARL متر مکعب در سال	حجم تلفات فیزیکی متر مکعب در سال	ILI
آباده	۳۴۶۱۵۵	۹۴۶۸۴۶	۲,۷۴
صفاشهر	۲۲۶۱۴۹	۲۷۵۲۳۳	۱,۲۲
کازرون	۵۳۷۶۰۵	۱۸۳۰۳۰۴	۳,۴
لار	۲۹۲۳۹۲	۵۱۷۷۷۵	۱,۷۶

### ۲-۳ - پروژه‌های انجام شده تاثیرگذار روی کاهش میزان ILI

در فاصله سال‌های ۹۵-۹۲، اصلاح و بازسازی شبکه به طول تقریبی ۷۰ کیلومتر در شهرهای یاد شده صورت پذیرفت که این میزان اصلاح حدود ۵,۷ درصد از مشترکین را از مزایای آن برخوردار نمود علاوه بر این استانداردسازی انشعابات نقش قابل توجهی در کاهش میزان نشت از انشعابات مشترکین گذاشته است.

علاوه بر این، حدود ۱۵۰۰۰ عدد اتفاقات در خطوط انتقال، شبکه و انشعابات ۴ شهر مورد مطالعه در مدت زمان اجرای پروژه رفع گردید.

نعداد ۴۶ عدد دستگاه فشارسنج SMS-GPRS برای کنترل ۲۴ ساعته فشار در شبکه شهرها نصب گردید. و در مدارس ابتدایی حدود ۳۰۰ عدد شیر پدالی کاهنده مصرف نصب گردید

شایان ذکر است که در شهرهای فوق عملیات واگذاری رفع اتفاقات و اصلاح شبکه به بخش خصوصی کمک شایانی در کاهش پارامترهای هدررفت واقعی گذارده است.

### ۳-۳ - شاخص نشت تاسیسات زیربنایی در سال ۹۴

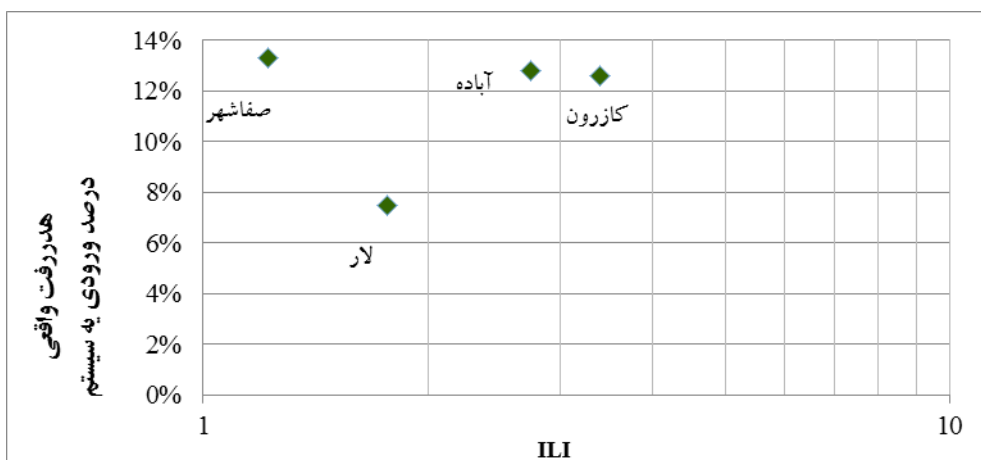
بخش سوم پروژه، آنالیز مولفه‌های شبکه در سال انتهای طرح ۱۳۹۵ مشابه سال شروع طرح ۱۳۹۲ می‌باشد و مولفه‌های هدررفت فیزیکی با یکدیگر مقایسه گردیده و نتایج نشان می‌دهد که اکثر این مولفه‌ها از کاهش قابل ملاحظه‌ای برخوردار بوده‌اند.

جدول ۴: مقایسه مولفه‌های هدررفت واقعی در شهرهای مورد مطالعه

لار		کازرون		صفاشهر		آباده		نام شهر
۱۳۹۵	۱۳۹۲	۱۳۹۵	۱۳۹۲	۱۳۹۵	۱۳۹۲	۱۳۹۵	۱۳۹۲	سال
۷,۵	۱۷,۷۲	۱۲,۶	۱۸,۸۷	۱۳,۳	۱۵,۹۱	۱۲,۸	۲۰,۵۱	هدررفت واقعی درصد ورودی به سیستم
۱۲	۱۷	۱۷	۱۹	۷	۱۱	۱۳	۱۷	میزان تلفات آب (m3/day/km)
۱۱۰	۱۵۹	۱۹۳	۲۳۱	۱۰۸	۱۸۴	۱۵۰	۱۹۲	میزان تلفات آب (Lit/day/connection)
۱,۷۶	۳,۹۵	۳,۴	۴,۲۶	۱,۲۲	۱,۷۹	۲,۷۴	۴,۶۱	ILI
A	B	B	B	A	A	A	B	دسته
۱۶,۳	۲۵,۳۶	۲۱,۴	۲۹,۱	۲۱,۶	۲۹,۵۴	۱۹,۹	۲۸,۴۸	NRW%

جدول ۵: مقایسه ILI و درصد هدررفت واقعی در شهرهای مورد مطالعه

ILI	هدر رفت واقعی درصد ورودی به سیستم	نام شهر
۲,۷۴	٪۱۲,۸	آباده
۱,۲۲	٪۱۳,۳	صفاشهر
۳,۴	٪۱۲,۶	کازرون
۱,۷۶	٪۷,۵	لار



نمودار ۳: مقایسه ILI و درصد هدررفت واقعی در شهرهای مورد مطالعه در مقیاس لگاریتمی



# اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1<sup>st</sup> National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



به صورتی که در نمودار ۳ نشان داده شده است هیچ ارتباطی بین ILI و NRW به صورت درصد از حجم ورودی به سیستم در هر چهار شهر پایلوت وجود ندارد [۳]. مقادیر کم NRW لزوماً به معنای شاخصی جهت مدیریت خوب هدررفت واقعی نمی باشد.

## ۴- نتایج و بحث

به منظور مقایسه فنی مولفه های مدیریت نشت، از شاخص نشت تاسیسات زیربنایی (ILI) که یک روش بهینه برای بررسی جنبه های مختلف مدیریت شبکه توزیع، تعمیرات و رفع اتفاقات خطوط لوله، کنترل نشت فعال، مدیریت فشار استفاده می شود. به منظور استفاده بهینه از این شاخص و کاهش آن عوامل مختلفی تاثیر گذار است که در این بخش تعدادی از این عوامل ذکر گردیده است. هدف پروژه پیدا نمودن بهترین راه جهت انجام فعالیت های مورد نیاز در هر چهار شهر پایلوت جهت رسیدن به سطح اقتصادی نشت هست محاسبات رده بندی ILI را در هر ۴ شهر مورد مطالعه نشان داده اند. توضیح کلی رده بندی مدیریت هدررفت آب بر حسب رده بندی در زیر نشان داده شده است.

### ۴-۱- ماتریس ارزیابی هدررفت فیزیکی در کشورهای در حال توسعه

در این ماتریس براساس میزان تلفات در شاخص عملکرد سستی بر حسب لیتر به ازای انشعاب در هر روز و با توجه به میزان متوسط فشار، شاخص ILI رده بندی گردیده است [۴].

جدول ۵: ماتریس ارزیابی هدررفت فیزیکی در کشورهای در حال توسعه

50m	40m	30m	20m	10m	ILI	رده بندی
<250	<200	<150	<100	<50	1-4	A
250-500	200-400	150-300	100-200	50-100	4-8	B
500-1000	400-800	300-600	200-400	100-200	8-16	C
>1000	>800	>600	>400	>200	>16	D

در شهرهای با رده بندی A، کاهش بیشتر میزان هدررفت غیر اقتصادی است. مگر در مواقع بحران، آنالیز دقیق برای تحلیل هزینه-فایده عملیات کاهش آب بدون درآمد در این شهرها مورد نیاز است.  
رده بندی B، عملیات مورد نیاز کاهش آب بدون درآمد شامل مدیریت فشار، کنترل نشت فعال، و نگهداری و اصلاح شبکه می باشد.  
رده بندی C، آنالیز سطح نشت و شناسایی علت ایجاد، علاوه بر این انجام هرچه بیشتر فعالیت های کاهش نشت مورد نیاز است.  
در رده بندی D، جهت رفع مدیریت ناکارآمد شبکه، برنامه های کاهش نشت ضروری و در اولویت است.



# اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1<sup>st</sup> National Conference on  
Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



## ۵- منابع

- 1- Saroj Sharma. (2008). Performance Indicators of Water Losses in Distribution System. UNESCO- IHE, Institute for Water Education. A.O. Lambert\* and Dr R.D. McKenzie. Practical Experience in using the Infrastructure Leakage Index.
- 2- World Bank Group. (2016). USING PERFORMANCE-BASED CONTRACTS TO REDUCE NON-REVENUE WATER.
- 3- Bill Kingdom, Roland Liemberger, Philippe Marin (2006). The Challenge of Reducing Non-Revenue Water (NRW) in Developing Countries. How the Private Sector Can Help: A Look at Performance- Based Service contracting.
- 4- R Liemberger, R McKenzzie. Accuracy Limitation Of the ILI- Is it an Appropriate Indicator for Developing Countries?

۵- معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری (۱۳۹۱) - راهنمای شناخت و بررسی عوامل موثر در آب به حساب نیامده و راهکارهای کاهش آن.