

## Original article

## A Study on the Rate of Events and Water Loss in Water Distribution Network of Azna, Lorstan, Iran during 2008-2014 and Its Associated Factors

Mohammad Adeli<sup>1</sup>Bahram Kamarehie<sup>2\*</sup>Reza Jalilzadeh Yengejeh<sup>3</sup>Zainab Rostami<sup>4</sup>

- 1- MSc, Department of Environmental Engineering, Islamic Azad University, Ahvaz Branch, Ahvaz, Iran
- 2- Assistant Professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health and Nutrition, Lorestan University of Medical Sciences, Khorramabad, Iran
- 3- Assistant Professor, Department of Environment Engineering, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran
- 4- MSc, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health and Nutrition, Lorestan University of Medical Sciences, Khorramabad, Iran

**\*Corresponding author:** Bahram Kamarehie, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health and Nutrition, Lorestan University of Medical Sciences, Khorramabad, Iran

**Email:** b.kamarehie@gmail.com

**Received:** 15 August 2016

**Accepted:** 19 December 2016

### ABSTRACT

**Introduction and purpose:** One of the problems of water distribution systems is loss of large volumes of water due to the occurrence of various events, which incurs a huge financial loss. Regarding this, the aim of the present study was to investigate the rate of events and water loss in the water distribution system and its related factors in Azna, Lorestan province, Iran, during 2008-2014.

**Methods:** This cross-sectional study was conducted using census method, surveys, and field data collection. The amount of water production and consumption, the volumes of water loss, the number of accidents, type of pipe, pressure zone, as well as the age and length of the pipes recorded during 2008-2014 were studied and analyzed.

**Results:** According to the results, the highest (34.48%) and lowest (20.57%) amount of water losses happened in 2008 and 2014, respectively. High pressures in water systems had significant relationship with the number of events as well as the amount of water loss and water consumption. In addition, higher length and age of the pipes had a direct correlation with increased number of events and water loss. Furthermore, the maximum number of events were found to occur in the pipe embranchment and galvanized pipes.

**Conclusion:** This study showed that of events was directly related to the length and age of the pipes, the water pressure, and number of branches. Also water loss quantity can be reduced by applying suitable management techniques in different sections. Furthermore, the water loss can be significantly controlled by taking such measures as reducing the pressure in the high-pressure zones, timely replacement of old and inappropriate pipes, appropriate fixing of the pipes, replacement of the galvanized pipe, and standard implementation of pipes and fittings.

**Keywords:** Azna, Water distribution system, Water loss, Water pressure

► **Citation:** Adeli M, Kamarehie B, Jalilzadeh Yengejeh R, Rostami Z. A Study on the Rate of Events and Water Loss in Water Distribution Network of Azna, Lorstan, Iran during 2008-2014 and Its Associated Factors. Journal of Health Research in Community. Autumn 2016;2(3): 69-77.

## مقاله پژوهشی

# بررسی میزان حوادث و تلفات آب در شبکه توزیع آب شرب شهر ازنا و عوامل مؤثر بر آن در سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۳

## چکیده

سید محمد عادل<sup>۱</sup>بهرام کمره‌ئی<sup>۲</sup>رضا جلیل‌زاده ینگجه<sup>۳</sup>زینب رستمی<sup>۴</sup>

**مقدمه و هدف:** یکی از مشکلات عمده در شبکه‌های توزیع آب شرب، هدررفت حجم زیادی از آب در اثر وقوع حوادث مختلف می‌باشد که هزینه زیادی را در بر دارد؛ از این رو، هدف از پژوهش حاضر، بررسی میزان حوادث و تلفات آب در شبکه توزیع آب شرب شهر ازنا و عوامل مؤثر بر آن در سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۳ بود.

**روش کار:** این پژوهش به صورت توصیفی-تحلیلی و با جمع‌آوری داده‌ها به وسیله سرشماری و اندازه‌گیری میدانی و پیمایشی انجام شد. در این بررسی، مقادیر تولید و مصرف آب، مقدار تلفات آب، تعداد حوادث، نوع لوله، منطقه فشاری، عمر و طول لوله‌های ثبت شده در محدوده سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۳ مورد مطالعه و تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد که بیشترین مقدار تلفات در سال ۱۳۸۷ رخ داده و کمترین مقدار تلفات در سال ۱۳۹۱ و به ترتیب ۳۴/۴۸ درصد و ۲۰/۵۷ درصد بوده است. علاوه بر این، بین افزایش فشار با تعداد حوادث، سرانه مصرف و تلفات آب و نیز بین افزایش طول شبکه و عمر لوله‌ها با افزایش تعداد حوادث و تلفات آب، رابطه مستقیمی مشاهده گردید. همچنین، مشخص شد که بیشترین تعداد حوادث در محل انشعابات و در لوله‌های گالوانیزه رخ داده است.

**نتیجه‌گیری:** این مطالعه نشان داد که تعداد حوادث، رابطه‌ای مستقیم با طول، سن لوله‌ها، فشار آب و تعداد انشعابات دارد. همچنین، براساس یافته‌ها با مدیریت مناسب در بخش‌های مختلف مانند: کاهش فشار در نقاط پرفشار، تعویض به موقع لوله‌های نامناسب و کهنه، تعمیر انشعابات با لوله‌های مناسب، تعویض لوله‌های گالوانیزه و نصب و اجرای استاندارد لوله‌ها و اتصالات می‌توان تلفات آب را تا حد قابل قبولی کاهش داد.

**کلمات کلیدی:** ازنا، تلفات آب، شبکه توزیع آب، فشار آب

۱. کارشناسی ارشد گروه مهندسی محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، اهواز، ایران
۲. استادیار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت و تغذیه، دانشگاه علوم پزشکی لرستان، خرم‌آباد، ایران
۳. استادیار گروه مهندسی محیط زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران
۴. کارشناسی ارشد گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت و تغذیه، دانشگاه علوم پزشکی لرستان، خرم‌آباد، ایران

\* نویسنده مسئول: بهرام کمره‌ئی، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت و تغذیه، دانشگاه علوم پزشکی لرستان، خرم‌آباد، ایران

Email: b.kamarehie@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۵/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۹/۲۹

◀ **استناد:** عادل، سید محمد؛ کمره‌ئی، بهرام؛ جلیل‌زاده ینگجه، رضا؛ رستمی، زینب. بررسی میزان حوادث و تلفات آب در شبکه توزیع آب شرب شهر ازنا و عوامل مؤثر بر آن در سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۳. مجله تحقیقات سلامت در جامعه، پاییز ۱۳۹۵؛ ۲(۳): ۶۹-۷۷.

## مقدمه

به‌دقت مدیریت شود [۱]. در حال حاضر، محدودیت منابع تأمین آب شهری، رشد روزافزون جمعیت و رشد نیاز آبی، باعث بحران

اهمیت استفاده بهینه از منابع آب، به‌ویژه در ایران ایجاب می‌کند که مصرف آب با روش‌های علمی و تجربی صحیح

آب، به‌ویژه در مناطق کم‌بارش شده است که صرفاً با مدیریت و برنامه‌ریزی صحیح، ارتقای بهره‌وری و استفاده بهینه از منابع آبی می‌توان این بحران را به حداقل رساند [۲،۳]. مدیریت مصرف آب شامل: مدیریت سرانه آب مصرفی، تلفات آب و عوامل تأثیرگذار بر آن‌ها در شبکه‌های توزیع آب شهری می‌باشد که باید مورد توجه قرار گیرد. در این ارتباط باید گفت که میانگین مصرف شبانه‌روزی هر نفر را «سرانه آب مصرفی» می‌گویند که شامل: آشامیدن، پخت و پز، دستشویی، لباسشویی، حمام و غیره می‌باشد. شایان ذکر است که عوامل مؤثر بر سرانه آب شامل: مختصات خانوار، فرهنگ و درآمد خانوارها، کیفیت و قیمت آب، فشار آب در شبکه و غیره می‌باشد [۴]. تلفات آب در شبکه به دو دسته ظاهری و واقعی تقسیم می‌شود؛ تلفات ظاهری شامل: هدررفت حاصل از حوادث و نشت آب‌ها به همراه خطاهای انسانی و مدیریتی مانند عدم قرائت صحیح کنتور، خرابی آن و غیره می‌باشد و تلفات واقعی نیز دربرگیرنده حجم آب هدررفته حاصل از حوادث و نشت آب‌های شبکه است [۱]. ذکر این نکته ضرورت دارد که در پژوهش حاضر، تلفات واقعی و عوامل مؤثر بر آن مورد توجه می‌باشد. عوامل مؤثر بر تلفات واقعی که بیشتر باعث حادثه می‌شوند، عبارت هستند از: فشار بالای آب، بارهای متحرک بیرونی، اجرای نامناسب لوله‌ها و اتصالات، خوردگی فیزیکی و شیمیایی لوله و اتصالات، ضربه قوچ آبی، کیفیت نامناسب لوله‌ها و متعلقات، طراحی نامناسب شبکه توزیع، عمر زیاد شبکه و رانش و لغزش زمین [۵]. با توجه به زیاد بودن عوامل تأثیرگذار بر تلفات آب، نتایج بررسی‌های انجام‌شده در کشورهای مختلف جهان نشان می‌دهد که درصد تلفات ظاهری از حدود ۷ درصد در کشورهای آلمان و ژاپن، تا حدود ۵۱ درصد در کشور مکزیک متغیر بوده است و در بیشتر کشورها، درصد تلفات ظاهری در حدود ۲۰ تا ۳۰ درصد می‌باشد [۶-۸].

علاوه‌براین، نتایج حاصل از بررسی‌های اولیه در نقاط مختلف کشور نشان می‌دهد که تلفات حاصل از آب محسوب‌نشده در

شبکه توزیع شهری، به‌طور متوسط حدود ۲۵ درصد است که ۱۱/۶ درصد از آن مربوط به تلفات ظاهری بوده و ۱۳/۴ درصد آن مربوط به تلفات واقعی می‌باشد. در بین استان‌ها نیز استان‌های خوزستان، کردستان و مازندران با تلفات ۳۶/۴ درصد، ۳۰/۳ درصد و ۲۹/۹ درصد، بیشترین اتلاف آب را داشته‌اند. اتلاف ظاهری آب در استان تهران نیز معادل ۲۵/۴ درصد و در استان لرستان برابر با ۲۳/۷ درصد می‌باشد. مطابق بررسی‌های انجام‌شده، ارزش ریالی آب از دست رفته در طول سال، بیش از ۵۳۱۳ میلیارد ریال تخمین زده شده است [۹].

کمبود منابع آب به‌همراه درصد تلفات بالا و هزینه‌های سنگین تأمین آب هدررفته ایجاب می‌کند که از روش‌های مناسب جهت کنترل و کاهش تلفات آب در شبکه‌های توزیع آب شهری استفاده گردد. در این راستا، برخی کشورها به‌وسیله برنامه‌ریزی و اجرای فعالیت‌های مناسب توانسته‌اند میزان هدررفت آب را تا حدود ۱۰ درصد کاهش دهند. شایان توجه است که بانک جهانی، تلفاتی معادل ۱۵ درصد را برای کشورهای در حال توسعه، قابل توجه می‌داند [۱۰].

علاوه‌براین، از مزایای کاهش هدررفت آب در شبکه توزیع می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: کاهش هزینه‌های اولیه سرمایه‌گذاری، افزایش عمر تأسیسات، تجهیزات و پمپ‌ها، کاهش هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری، کاهش آلودگی ناشی از شکستگی‌ها و افزایش بازدهی و سوددهی شرکت‌های آب و فاضلاب [۱۱]. مطالعات نشان داده‌اند که کاهش ۱ درصدی از سهم ۲۵ درصدی تلفات آب، باعث حفظ ۱ درصد منابع آب آشامیدنی موجود و کاهش ۱ درصدی هزینه‌های تولید آب خواهد شد که این میزان در سطح کلان، بسیار چشمگیر می‌باشد. پژوهش حاضر با هدف کاهش مقدار تلفات آب در شبکه توزیع شهر ازن، میزان تلفات آب ناشی از حوادث و اتفاقات شبکه توزیع و عوامل مؤثر بر آن‌ها را مورد بررسی قرار داده است.

با توجه به اهمیت موضوع و اینکه در شهر ازن پژوهشی در

ارتباط با عوامل تأثیرگذار بر تلفات آب انجام نشده بود، در این پژوهش با در نظر گرفتن اطلاعات و داده‌های جمع‌آوری‌شده، تأثیر طول، جنس و قطر لوله‌های شبکه توزیع آب، تعداد انشعابات، نحوه کارگذاری و فشار آب استاتیک و هیدرولیک شبکه بر هدررفت آب مورد بررسی قرار گرفت.

## روش کار

پژوهش حاضر از نوع مطالعات توصیفی-تحلیلی می‌باشد که داده‌های مورد نیاز آن با استفاده از روش ماری (Mary method) و اندازه‌گیری‌های میدانی و پیمایشی جمع‌آوری گردید. ذکر این نکته ضرورت دارد که کل شبکه توزیع آب شهر ازنا در محدوده مورد مطالعه قرار داشت. جهت انجام پژوهش، طول لوله‌های بکار رفته و جنس آن‌ها (پلی‌اتیلن، آزبست، گالوانیزه و پلی‌اتیلن چندلایه) مشخص گردید و کل محدوده شهر به سه ناحیه فشاری (۲۵-۱۵، ۳۵-۲۵ و ۴۵-۳۵ متر آب) تقسیم شد. در مرحله بعد، کل میزان آب تولیدی و مصرف‌شده شهر در هفت سال گذشته که از روی کنتورهای چاه‌ها، مخازن و

## یافته‌ها

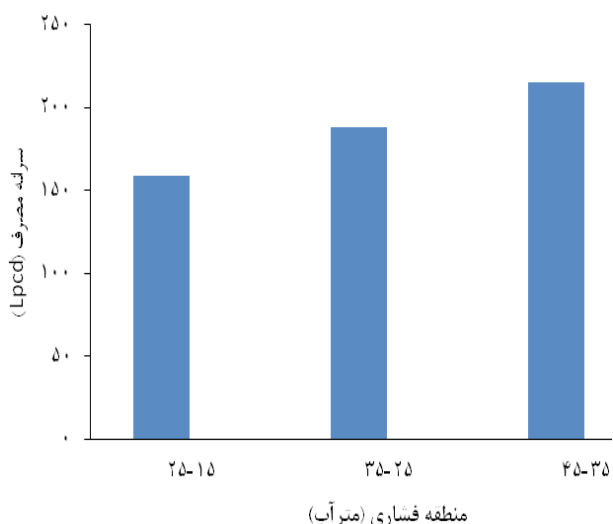
### سرانه تولید و مصرف آب

کنتورهای مصرف‌کنندگان استخراج و ثبت شده بود، جمع‌آوری گردید. همچنین، داده‌های مربوط به اتفاقات ثبت‌شده در هفت سال گذشته با توجه به قطر لوله، جنس لوله، موقعیت حادثه، فشار کاری و سن لوله جمع‌آوری گشت. در ادامه، با استفاده از داده‌های جمع‌آوری‌شده و نرم‌افزار Excel، میزان اتلاف آب و عوامل تأثیرگذار بر آن مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

جدول ۱، مقدار تولید و مصرف آب شهر ازنا را طی سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۳ برحسب مترمکعب نشان می‌دهد. براساس یافته‌ها، حداکثر آب تولیدی مربوط به سال ۱۳۸۷ بوده و حداقل آب تولیدی مربوط به سال ۱۳۹۱ می‌باشد. همچنین، طی این دوره زمانی، حداکثر آب تولیدی مربوط به ماه‌های تیر، مرداد و شهریور بوده است و حداقل آب تولیدی مربوط به دی و بهمن ماه می‌باشد. آنچه در این شکل‌ها مشهود است، نوسانات تولید سالانه آب می‌باشد که پس از کاهش چشمگیر در سال ۱۳۸۷، در سال‌های

جدول ۱: میزان تولید و مصرف آب، تعداد حوادث و درصد تلفات آب شهر ازنا در سال‌های ۱۳۸۷-۱۳۹۳

| سال تولید | مقدار آب تولیدی<br>(متر مکعب در سال) | مقدار آب مصرفی<br>(متر مکعب در سال) | سرانه مصرف آب<br>(لیتر برای هر نفر در روز) | تعداد حوادث | درصد تلفات |
|-----------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------|-------------|------------|
| ۱۳۸۷      | ۵۰۸۵۴۵۳                              | ۳۳۳۱۷۵۹                             | ۲۳۶                                        | ۱۱۹۹        | ۳۴/۴۸      |
| ۱۳۸۸      | ۴۵۲۶۳۲۵                              | ۳۴۰۰۱۰۷                             | ۲۳۸                                        | ۹۸۵         | ۲۴/۸۸      |
| ۱۳۸۹      | ۴۶۸۳۹۶۰                              | ۳۴۱۱۳۵۳                             | ۲۳۵                                        | ۱۰۶۸        | ۲۷/۱۷      |
| ۱۳۹۰      | ۴۵۴۱۰۰۸                              | ۳۲۹۴۲۵۸                             | ۲۲۴                                        | ۹۶۹         | ۲۷/۴۶      |
| ۱۳۹۱      | ۴۲۱۹۲۴۴                              | ۳۳۵۱۴۲۶                             | ۲۲۵                                        | ۸۴۴         | ۲۰/۵۷      |
| ۱۳۹۲      | ۴۳۸۰۴۸۹                              | ۳۲۷۹۴۶۸                             | ۲۱۸                                        | ۸۰۰         | ۲۵/۱۳      |
| ۱۳۹۳      | ۴۲۵۹۰۱۲                              | ۳۳۴۳۷۵۷                             | ۲۱۹                                        | ۷۹۹         | ۲۱/۴۹      |



نمودار ۱: سرانه مصرف آب در مناطق فشاری مختلف شهر ازنا

تعداد ۳۴۴ مورد (۲۶ درصد) از اتفاقات در اثر فرسودگی و اتمام عمر مفید لوله و اتصالات بکار رفته بوده است. براساس نتایج ارائه شده در جدول ۳ مشخص می شود که جنس شبکه آب شهر ازنا، بیشتر از لوله های پلی اتیلن (۶۳ درصد) و آریست (۳۲ درصد) تشکیل شده است که از این میان، بیشترین تعداد حوادث مربوط به لوله های پلی اتیلن (۵۴ درصد) می باشد و لوله گالوانیزه با ۳۰ درصد از کل حوادث در ردیف بعدی قرار دارد. قابل ذکر است که لوله گالوانیزه، ۱ درصد از طول کل شبکه

جدول ۳: جنس شبکه توزیع آب و درصد شکستگی های آن ها در شبکه توزیع آب ازنا

| جنس لوله       | جنس لوله ها (درصد) | مقدار شکستگی ها (درصد) |
|----------------|--------------------|------------------------|
| آریست          | ۳۲                 | ۵                      |
| پلی اتیلن      | ۶۳                 | ۵۶                     |
| گالوانیزه      | ۱                  | ۳۰                     |
| چندلایه و سایر | ۴                  | ۹                      |

جدول ۲: تعداد حوادث و درصد تلفات آب در شبکه توزیع آب شهر ازنا

| سال تولید | تعداد حوادث در هر سال | درصد تلفات در هر سال |
|-----------|-----------------------|----------------------|
| ۱۳۸۷      | ۱۱۹۹                  | ۳۴/۴۸                |
| ۱۳۸۸      | ۹۸۵                   | ۲۴/۸۸                |
| ۱۳۸۹      | ۱۰۶۸                  | ۲۷/۱۷                |
| ۱۳۹۰      | ۹۶۹                   | ۲۷/۴۶                |
| ۱۳۹۱      | ۸۴۴                   | ۲۰/۵۷                |
| ۱۳۹۲      | ۸۰۰                   | ۲۵/۱۳                |
| ۱۳۹۳      | ۷۹۹                   | ۲۱/۴۹                |

بعدی نوسانات کمتر و روندی کاهشی داشته است. همچنین، در جدول ۱، میزان سرانه مصرفی آب در سال های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۳ مشاهده می شود. براساس نتایج، حداکثر سرانه مصرف مربوط به سال ۱۳۸۸ و حداقل مصرف در سال ۱۳۹۲ بوده است.

### میزان تلفات آب در شبکه توزیع

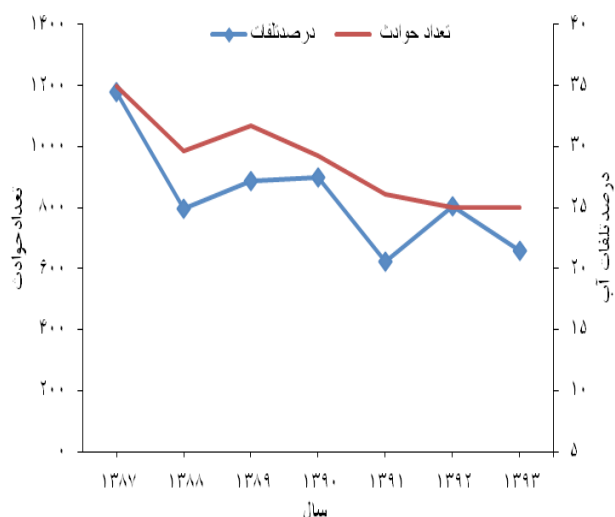
در جدول ۲، متوسط میزان تلفات آب در شبکه توزیع ازنا نشان داده شده است که براساس آن، متوسط تلفات آب طی این دوره معادل ۲۵/۶ درصد می باشد. همچنین، بیشترین مقدار تلفات معادل ۳۴/۴۸ درصد مربوط به سال ۱۳۸۷ بوده است و کمترین درصد تلفات معادل ۲۰/۵۷ درصد، مربوط به سال ۱۳۹۱ می باشد.

### اثر فشار بر سرانه مصرف آب در شهر ازنا

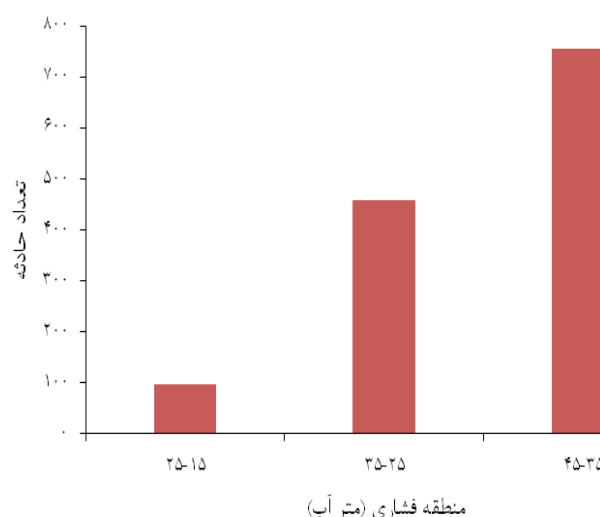
نمودار ۱ نشان دهنده اختلاف سرانه مصرف آب در سه ناحیه فشاری شهر ازنا است که براساس آن، حداکثر سرانه مربوط به ناحیه پرفشار (۳۵-۴۵ متر) و حداقل سرانه مربوط به ناحیه کم فشار (۱۵-۲۵ متر) می باشد.

### تأثیر پارامترهای مختلف بر تعداد حوادث

از بین ۱۳۱۱ مورد حادثه رخ داده در محدوده پژوهش،



نمودار ۳: درصد تلفات و تعداد حوادث شبکه توزیع آب شهر ازنای طی سال‌های ۱۳۸۷-۱۳۹۳



نمودار ۲: اثر میزان فشار بر تعداد حوادث شبکه آب ازنای در سال‌های ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۳

## بحث و نتیجه‌گیری

همان‌طور که در جداول ۱ و ۲ نشان داده شده است، میزان آب تولیدی شهر ازنای طی سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۳، سیر نزولی داشته و میزان آب مصرفی تقریباً ثابت بوده است که علت آن را می‌توان مدیریت صحیح و مؤثر کاهش تلفات آب شبکه دانست. نظر به جمعیت سرشماری‌شده و ضریب رشد مشاهده می‌شود که جمعیت ازنای در سال‌های ۱۳۸۷، ۱۳۹۰ و ۱۳۹۳ به ترتیب حدود ۳۸۶۱۶، ۴۰۱۴۵ و ۴۱۷۱۰ نفر بوده است [۱۱]. علاوه بر این، مطابق با جدول ۱، میانگین سرانه آب مصرفی در سال‌های ۱۳۸۷، ۱۳۹۰ و ۱۳۹۳ به ترتیب حدود ۲۳۶، ۲۲۵ و ۲۲۰ لیتر به ازای هر نفر در روز بوده است که نشان‌دهنده کاهش سرانه آب مصرفی طی این دوره زمانی می‌باشد. از عوامل تأثیرگذار بر مصرف سرانه آب در این مدت می‌توان به افزایش آپارتمان‌نشینی نسبت به منازل ویلایی، ارتقای کیفیت سیستم‌های لوله‌کشی از نظر جنس و کارگذاری، کاهش تلفات آب و افزایش سطح آگاهی مردم اشاره کرد. در حال حاضر، میانگین سرانه آب مصرفی شهر ازنای حدود ۱۰ درصد بیشتر از

را تشکیل داده است. همچنین، بررسی‌ها نشان می‌دهد که ۸۷ درصد از حوادث و شکستگی‌ها در انشعابات شبکه توزیع بوده و ۱۳ درصد از آن‌ها در لوله‌های اصلی و فرعی شبکه توزیع رخ داده است.

در نمودار ۲، میزان تلفات ناشی از شکستگی‌ها در اثر فشار آب ارائه شده است. براساس شکل، حداکثر تعداد شکستگی‌ها در محدوده فشاری ۳۵-۴۵ متر رخ داده است و حداقل آن در محدوده فشاری ۱۵ تا ۲۵ متر می‌باشد.

## ارتباط بین درصد تلفات و تعداد حوادث

نمودار ۳، ارتباط بین تلفات آب و حوادث شبکه را نشان می‌دهد که بر این اساس، ضریب همبستگی مقدار تلفات و تعداد حوادث معادل ۰/۴۹ می‌باشد. مطابق شکل، بیشترین تعداد حادثه با ۱۱۹۹ مورد مربوط به سال ۱۳۸۷، کمترین تعداد حادثه با ۷۹۹ مورد مربوط به سال ۱۳۹۳ و متوسط تعداد سالانه حوادث در شهر ازنای معادل ۹۵۲ مورد در سال بوده است. همچنین، بر مبنای نتایج مشاهده می‌شود که در برخی از سال‌ها، مقدار تلفات آب از تعداد حوادث تبعیت داشته است.

میانگین سرانه آب مصرفی کشور که ۲۰۴ لیتر به ازای هر نفر در روز است، می‌باشد و در مقایسه با میانگین سرانه سایر کشورها از جمله اسپانیا (۲۰۰ لیتر در روز)، پرتغال (۱۹۴ لیتر در روز)، یونان (۱۷۵ لیتر در روز)، سوئد (۱۶۴ لیتر در روز)، دانمارک (۱۵۹ لیتر در روز)، انگلستان (۱۵۳ لیتر در روز)، اتریش (۱۵۳ لیتر در روز)، ایرلند (۱۴۲ لیتر در روز)، فرانسه (۱۳۹ لیتر در روز)، آلمان (۱۲۹ لیتر در روز)، هلند (۱۲۹ لیتر در روز)، بلژیک (۱۱۲ لیتر در روز) و لهستان (۹۸ لیتر در روز) نیز بالاتر است [۹، ۱۲]؛ از این رو، مدیریت شرکت آب و فاضلاب می‌بایست برنامه‌ریزی لازم جهت کاهش سرانه مصرف آب را در اولویت کاری قرار دهد.

همان‌طور که در جدول ۲ نشان داده شده، متوسط تلفات آب در شبکه توزیع ازنا طی این دوره مطالعاتی، ۲۵ درصد بوده است که نسبت به متوسط کشوری (۲۳ تا ۲۴ درصد) بیشتر می‌باشد [۱۳]. از سوی دیگر، تلفات آب در سال ۱۳۹۳ معادل ۲۱ درصد گزارش شده است که نسبت به متوسط کشوری در جایگاه مناسبی قرار دارد. نظر به اینکه ۲۰ درصد از تلفات آب در شبکه‌های توزیع، از نظر حجمی و ریالی، هزینه بالایی را به شرکت‌های آب و فاضلاب تحمیل می‌کند و نیز با توجه به خشکسالی و کمبود آب در کشور، برنامه‌ریزی و مدیریت در این بخش برای اصلاح شبکه‌ها و کاهش تلفات، ضروری به نظر می‌رسد [۱۳].

یکی از عوامل مؤثر بر میزان سرانه مصرف، فشار آب موجود در شبکه است که حدود ۱۵ تا ۲۰ درصد بر مقدار مصرف سرانه آب تأثیر می‌گذارد [۱۱]. همان‌طور که در نمودار ۱ مشاهده می‌شود، با افزایش فشار در شبکه توزیع، سرانه مصرف نیز افزایش می‌یابد؛ به‌طوری که مقدار سرانه در منطقه پرفشار، ۳۵ درصد نسبت به منطقه کم‌فشار و ۱۴ درصد نسبت به منطقه دارای فشار متوسط، بیشتر است. فشار آب علاوه بر افزایش آب‌گذر خروجی از تجهیزات در هنگام کار، باعث افزایش تلفات آب از نشتی‌ها و تجهیزات معیوب نصب‌شده بعد از کنترل، به‌ویژه در زمانی که فشار هیدرولیکی، کم بوده و فشار استاتیک بالا می‌باشد (ساعت

۱۰ شب تا ۶ صبح)، می‌شود [۱۳، ۱۴]؛ بنابراین، کنترل فشار در مناطق پرفشار، تأثیر به‌سزایی در میزان مصرف آب خواهد داشت. همان‌طور که ذکر شد، بیش از ۸۷ درصد از حوادث در محل انشعابات رخ داده است. نحوه کارگذاری، جنس لوله و اتصالات، از دلایل اصلی افزایش تعداد حوادث در انشعابات می‌باشد؛ از این رو، لوله و متعلقات انشعابات می‌بایست با لوله و اتصالات استاندارد و با کیفیت تعویض گردند. شایان ذکر است که مدیریت امور آب و فاضلاب شهر ازنا، این مهم را از سال ۱۳۸۷ تاکنون مورد توجه و در دستور کار قرار داده و از لوله‌های پنج لایه و متعلقات استاندارد با نصب و کارگذاری مناسب در تعویض انشعابات حادثه‌دیده استفاده کرده است. قابل توجه است که کاهش مداوم تلفات آب طی چند سال گذشته، ناشی از این امر می‌باشد.

عمر لوله و اتصالات شبکه، رابطه مستقیمی با مقدار تلفات آب دارد. در شهر ازنا طی سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۳، ۲۶ درصد از حوادث، مربوط به اتمام عمر لوله‌ها (لوله‌های گالوانیزه) بوده است. به مرور زمان، افزایش عمر لوله و خوردگی‌های خارجی و داخلی آن، باعث ضعیف شدن جداره و ایجاد ترک و سوراخ‌هایی در ساختار لوله و اتصالات می‌شود و از این رو، بروز نشت و یا حادثه اجتناب‌ناپذیر خواهد بود. به‌طور کلی، نرخ تعداد حوادث با افزایش عمر تأسیسات، افزایش می‌یابد. این مسأله در مناطقی با فشار بالای آب در شبکه، اهمیت بیشتری دارد [۱۵]. مطابق با جدول ۳، یک درصد از طول لوله‌های شبکه از جنس گالوانیزه بوده و ۳۰ درصد از حوادث را به‌خود اختصاص داده است که علت اصلی آن، اتمام عمر مفید لوله‌های گالوانیزه و خوردگی و فرسودگی آن‌ها می‌باشد. طول عمر مفید لوله و مقاومت آن در برابر عوامل خوردگی، بستگی به جنس لوله دارد؛ هرچه جنس لوله از کیفیت بهتری برخوردار باشد، مقاومت در برابر خوردگی و طول عمر آن بیشتر خواهد بود و دیرتر ضخامت خود را در مقابل عوامل خورنده از دست خواهد داد [۱۵].



علاوه‌براین، مطابق با نمودار ۲، بالا رفتن فشار آب باعث افزایش تعداد حوادث می‌شود. شایان ذکر است که فشار مازاد به‌تنهایی، به‌ویژه در ساعات حداقل مصرف، منجر به افزایش تعداد حوادث در شبکه خواهد شد [۱۲]. بررسی‌ها نشان داده است که افزایش فشار از ۱/۸ تا ۳/۳ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع، تلفات ناشی از نشت را حدود ۳۰ درصد افزایش می‌دهد. در این ارتباط، در مطالعات انجمن بین‌المللی آب IWA که به‌صورت موردی صورت گرفته، گزارش شده است که کاهش فشار از ۸۰ متر به ۴۰ متر، تعداد شکستگی‌ها را از هفت عدد برای ۱۰۰ انشعاب، به یک عدد برای ۱۰۰ انشعاب در سال رسانده است [۱۶]؛ از این رو، مدیریت مناطق مختلف فشاری و کنترل فشار به‌ویژه در مواقع حداقل مصرف، تأثیر به‌سزایی بر حوادث و تلفات آب شبکه خواهد داشت [۱۵، ۱۶].

مطابق با نمودار ۳ مشخص می‌شود که مقدار تلفات آب در شبکه توزیع با ضریب همبستگی ۴۹ درصد، رابطه مستقیمی با تعداد حوادث دارد که دلیل همبستگی کم آن می‌تواند متعدد بودن عوامل تأثیرگذار بر آن‌ها باشد؛ به‌عنوان مثال، تعداد حادثه در هر لوله با هر قطر و در هر فشاری، یکسان گزارش می‌شود؛ اما میزان تلفات و هدررفت آب در هر حادثه، بستگی به میزان آسیب‌دیدگی لوله (زیاد یا کم)، قطر لوله، فشار آب، طول مدت شروع تا تعمیر شکستگی و غیره دارد. در مجموع، می‌توان گفت هرچه تعداد حوادث افزایش یابد، تلفات آب نیز افزایش خواهد یافت.

یافته‌های پژوهش حاضر حاکی از آن است که سرانه مصرف آب در شهر ازنّا بیش از میانگین کشوری می‌باشد؛ در نتیجه، می‌بایست برنامه‌ریزی و مدیریت لازم همراه با فرهنگ‌سازی جهت کاهش سرانه مصرف انجام شود. همچنین، مطابق با نتایج، درصد تلفات آب در شبکه توزیع، در محدوده

متوسط کشوری است؛ اما از شرایط استاندارد فاصله دارد؛ بنابراین، لازم است عوامل مؤثر بر تلفات شناسایی گردد و با مدیریت صحیح، اثر آن‌ها به حداقل رسانده شود. علاوه‌براین، فشار آب، اثر فزاینده‌ای را بر تعداد حوادث و مقدار تلفات آب نشان داد؛ از این رو، با تقسیم شهر به مناطق مختلف فشاری و نصب تجهیزات لازم می‌بایست از ایجاد حداکثر فشار در شبکه، به‌ویژه در زمان حداقل مصرف جلوگیری کرد. همچنین، براساس نتایج مشخص شد که حداکثر تعداد حوادث در نقاط نصب انشعابات رخ داده است؛ بنابراین، لازم است با جایگزینی لوله و اتصالات مرغوب و کارگذاری صحیح آن‌ها، تعداد حوادث مرتبط را کاهش داد. یافته‌ها نشان دادند که جنس، طول و عمر لوله‌ها، تأثیر زیادی بر تعداد حوادث داشته و حداکثر تعداد حوادث در لوله‌های گالوانیزه که عمر مفید آن‌ها به اتمام رسیده بود، اتفاق افتاده است؛ از این رو، می‌بایست در زمان مناسب نسبت به تعویض آن‌ها اقدام شود. به‌طور کلی، نتایج نشان داد که مدیریت امور آب و فاضلاب شهر ازنّا طی سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۳، عملکرد مثبت و قابل‌قبولی در کاهش تلفات آب و تعداد حوادث شبکه آب داشته است؛ به‌طوری که با توجه به رشد جمعیت در طول این دوره زمانی، مقدار آب مصرفی تقریباً ثابت بوده است؛ اما با این وجود، هنوز به حد مناسب و استاندارد نرسیده است و باید برنامه‌ریزی، هزینه و کار بیشتری در ارتباط با آن انجام گیرد.

### قدردانی

بدین وسیله، نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از مسئولان محترم امور آب و فاضلاب شهر ازنّا که کمال همکاری و مساعدت را با پژوهشگران داشتند، تشکر و قدردانی نمایند.



## References

1. Management and Planning Organization of Iran (MPO). Guiding of identify and evaluate of affecting factors on uncounted water consumption and methods to reduce it, 556, Tehran, MPO. Tehran: Islamic Republic News Agency; 2012 (Persian).
2. Alizaheh A. Principles applied hydrology. 28<sup>th</sup> ed. Mashhad: Astan Qods Razavi Press, Imam Reza University of Mashhad; 2013 (Persian).
3. Basic Studies Department of Iran Resources, Group Database. Iran Water and Power Resources Development Company. Available at: URL: <http://wrbs.wrm.ir/SC.component,sections&id=42&sid=405>; 2016.
4. Fallahi MA, Ansari H, Moghaddas S. Evaluating effective factors on household water consumption and forecasting its demand: panel data approach. *Water Waste J* 2012; 23(4):78-87.
5. Soltani J, Tabari Rezapour MM. Determination of effective parameters in pipe failure rate in water distribution system using the combination of artificial neural networks and genetic algorithm. *J Water Waste* 2012; 83:2-18.
6. The study states that its methodology allows for an accurate comparison, including water used to flush pipes and for firefighting, Metropolitan Consulting Group. Vergleich europaeischer Wasser and Abwasserpreise (VEWA). Available at: URL: [https://www.bdew.de/internet.nsf/id/DE\\_Suche.open=&l=DE&ftq1](https://www.bdew.de/internet.nsf/id/DE_Suche.open=&l=DE&ftq1); 2015.
7. Ueda S, Benouahi M. Accountable water and sanitation governance, Japans experience. *Water Arab World* 2011; 8:131-56.
8. Comisión Nacional del Agua. Estadísticas del agua en Mexico Edition 2014. Tlalpan, México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales; 2014. P. 123-5.
9. Articulation Study for Water Loss amount in water distribution networks in Iran. Infrastructure and Manufacturing Research Vice in Iran Islamic Republic Parliament. Tehran, Iran: Islamic Republic Parliament; 2013. P. 250, 13957 (Persian).
10. Monzavi MT. Urban Water Supply. 17<sup>th</sup> ed. Tehran. Tehran University Press; 2011 (Persian).
11. Population and housing general census in the 2011 year. Iran Statistical Center 2011. Iran Statistical Center. Available at: URL: [Http://www.amar.org.ir](http://www.amar.org.ir); 2011 (Persian).
12. Comparison of per capita water consumption in Iran with other countries. Water and Sanitation Sector. Tehran: Information Center of the Ministry of Energy; 2014 (Persian).
13. Information Center of the Ministry of Energy. Ministry of Power. Available at: URL: [Http://Moe.gov.ir](http://Moe.gov.ir); 2014 (Persian).
14. Yazdandad H, Mazluom BZ. Study affecting factors on water consumption and it optimization for household consumption. 3rd National Conference on Water and Wastewater Operation Approach, Mashhad, Iran; 2010 (Persian).
15. Sama R. Consulting, Record and analyze reports of events in the water supply network, monitoring office on consumption management and non-revenue water reducing, monitoring assistant. Water and Wastewater Engineering Company. Available at: URL: [www.nww.co.ir](http://www.nww.co.ir); 2009 (Persian).
16. Jamali G, Zamani S. Factors affecting water consumption pattern and optimization in household sector of rural areas. *J Water Sustainable Dev* 2015; 2(1):81-6 (Persian).