View metadata, citation and similar papers at core.ac.uk
brought to you by CORE
provided by Directory of Open Access Journals

Technical Note

Effect of Household Water Tanks on Leakage Reduction for Distribution Networks under Operation

M. R. Jalili Ghazizadeh[1], SH. Shahrouzi[2]

1. Assist. Prof., Faculty of Civil, Water and Environmental Engineering, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
(Corresponding Author) (+98 21) 73932466 m_jalili@sbu.ac.ir
2. MSc of Civil Engineering and Hydraulic Structure, Terhan Province Water and Wastewater Co., Tehran, Iran

(Received Apr. 24, 2017 Accepted July 26, 2017)

To cite this article :
Jalili Ghazizadeh, M. R, Shahrouzi, SH., 2018, "Effect of household water tanks on leakage reduction for distribution networks under operation" Journal of Water and Wastewater, 29 (5), 112-119
Doi: 10.22093/wwj. 2017.79376.2235 (In Persian)

Abstract

Control and reduction of leakage in water distribution networks are very important due to limitation of drinking water resources. Water distribution networks are currently designed based on hourly peak consumption. Variation of the hourly water consumption causes the pressure variation and increase in water leakage. If household storage tanks are used in buildings, the water networks can be designed based on daily peak consumption, resulting in considerable reduction in the hourly flow variation. In the present study, the effect of domestic water storage tanks on the leakage level of water networks has been studied using water hydraulic simulation. The results showed that the use of household tanks can significantly reduce the leakage level for water networks under operation. For the studied networks, the average leakage reduction level were 31% and 67% for tanks on the roof and in the parking lot, respectively. The results also showed that the branched or looped plans of water network have no significant effect on the amount of leakage reduction. Results of this study can be used in developing new design methods for water distribution networks aiming pressure management and control of the leakage level.

Keywords: Water Distribution Network Design, Leakage, Pressure Management, Storage Tank.

 dx.doi.org/10.22093/wwj.2017.79376.2235

یادداشت فنی

تأثیر استفاده از مخازن آب داخل ساختمان بر کاهش نشت شبکه‌های توزیع در حال بهره‌برداری

محمدرضا جلیلی قاضی‌زاده[۱]، شادی شهروزی[۲]

۱- استادیار دانشکده مهندسی عمران، آب و محیط زیست، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
(نویسنده مسئول) ۷۳۹۳۲۴۶۶ (۰۲۱) m_jalili@sbu.ac.ir
۲- کارشناسی ارشد مهندسی عمران – سازه‌های هیدرولیکی، کارشناس نظارت بر ابنیه و مخازن شرکت تأمین و تصفیه آب و فاضلاب شهر تهران، تهران، ایران

(دریافت ۹۶/۲/٤ پذیرش ۹۶/۵/٤)

برای ارجاع به این مقاله به صورت زیر اقدام بفرمایید:
جلیلی قاضی‌زاده، م. ر.، شهروزی، ش.، ۱۳۹۷، " تأثیر استفاده از مخازن آب داخل ساختمان بر کاهش نشت شبکه‌های توزیع در حال بهره‌برداری "
مجله آب و فاضلاب، ۲۹ (۵)، ۱۱۹-۱۱۲. **Doi: 10.22093/wwj.2017.79376.2235**

چکیده

با توجه به محدودیت منابع آب شرب، کاهش نشت در شبکه‌های آبرسانی اهمیت بسیار دارد. در حال حاضر شبکه‌های توزیع آب بر اساس حداکثر مصرف ساعتی طراحی می‌شوند، لذا تغییرات زمانی مصرف آب در ساعات مختلف سبب نوسان فشار و افزایش نشت در این شبکه‌ها می‌شود. در صورت استفاده از مخازن داخلی آب در ساختمان‌ها، می‌توان شبکه‌های آبرسانی را بر مبنای حداکثر مصرف روزانه طراحی کرد تا نوسان‌های ساعتی جریان در شبکه به حداقل برسد. در پژوهش حاضر، تأثیر استفاده از مخازن داخلی بر میزان نشت شبکه با استفاده از شبیه‌سازی هیدرولیکی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد به‌کارگیری مخازن داخلی برای شبکه‌های درحال بهره‌برداری باعث کاهش قابل توجه نشت می‌شود. در شبکه‌های بررسی شده، برای حالت‌های پیشنهادی قرارگیری مخزن بر روی بام و در محل پارکینگ حداقل میزان متوسط کاهش نشت شبکه به‌ترتیب ۳۱ و ۶۷ درصد به‌دست آمد. همچنین نشان داده شد که شکل شبکه از نظر شاخه‌ای و یا حلقوی بودن، تأثیر قابل توجهی بر میزان کاهش نشت ندارد. نتایج پژوهش حاضر توسعه روش‌های جدید طراحی شبکه‌های توزیع آب با هدف مدیریت فشار و کاهش نشت را ممکن می‌سازد.

واژه‌های کلیدی: طراحی شبکه توزیع آب، نشت، مدیریت فشار، مخزن ذخیره

۱- مقدمه

یکی از چالش‌های کشورها، کمبود منابع آبی و رشد روزافزون برای تقاضای آب است و بنابراین جلوگیری از تلفات آن ضروری است. نشت یکی از تلفات اصلی در شبکه توزیع است. با کاهش نشت، هزینه‌های ناشی از مصرف برق، ذخیره‌سازی، تصفیه و پمپاژ کاهش می‌یابد و می‌توان بدون صرف هزینه‌های مضاعف تأسیسات جدید آبرسانی را توسعه و به تقاضاهای مشترکان جدید پاسخ داد.

مقدار نشت، ارتباط مستقیمی با فشار آب شبکه دارد. پژوهش‌ها نشان داده است که بزرگی و وقوع نشت، با کاهش و ثبات فشار در سامانه توزیع کاهش پیدا می‌کند (Thornton and Lambert, 2006). لذا تنظیم و کاهش فشار اضافی شبکه، یکی از روش‌های کاربردی کاهش نشت است که به آن مدیریت فشار گفته می‌شود. یکی از علل وجود فشارهای اضافی در شبکه، نوسان در مقادیر

dx.doi.org/10.22093/wwj.2017.79376.2235

مصرف در ساعات مختلف شبانه روز و نیاز به تأمین مصرف حداکثر[1] است. در حال حاضر شبکه‌های توزیع آب، برای تأمین حداقل فشار مورد نیاز در زمان حداکثر مصرف، طرح می‌شوند. از این رو در شرایط مصرف کمتر از حداکثر، فشارهای بالاتر از حد مورد نیاز در شبکه آب وجود داشته و سبب تشدید نشت می‌شود. لذا چنانچه بتوان به هر روشی مقدار حداکثر مصرف در شبکه‌های توزیع آب را کاهش داد، می‌توان از مقدار حداکثر فشار کاست و نوسان‌های فشار را تعدیل کرد. از جمله پژوهش‌های موردی صورت گرفته در زمینه روش‌های عملی کاهش مصرف پیک روزانه، در آمریکا (Maddaus, 1999) و مالزی (Jamalluddin bin Shaaban, 2004) است که منجر به کاهش ۱۰ تا ۳۰ درصدی پیک جریان شده است. در پژوهش دیگری روش‌های کاهش مقدار مصرف حداکثر شبکه‌های آبرسانی شهری و ترکیبی از گزینه‌های مختلف فنی، مالی، مدیریتی و اجتماعی بسته به شرایط منطقه و پروژه، به‌منظور اجرای مدیریت تقاضای مصرف پیک و مدیریت فشار توصیه شده است (Ghazizadeh et al., 2008).

در خصوص بررسی قابلیت شبکه‌های غیرمتعارف در توزیع یکنواخت آب نیز پژوهش‌هایی در مناطق روستایی اصفهان و ایلام انجام شده است و میزان صرفه‌جویی در هزینه‌های اولیه احداث شبکه بررسی شده است (Dehnavi and Montazer, 2009). قاجارنیا و همکاران، روشی برای طراحی پویای شبکه‌های توزیع آب ارائه داده‌اند که در مقایسه با روش‌های قبلی، قادر به افزایش معنی‌دار سطح اطمینان‌پذیری شبکه از منظر محدودسازی بیشینه فشار مجاز (و در نتیجه کاهش نشت) بوده است (Ghajarnia et al., 2012-a & b).

همچنین روش جدیدی برای طراحی شبه بهینه شبکه‌های توزیع آب معرفی شده است که می‌تواند در کاهش قطر لوله‌ها و کاهش نشت مؤثر واقع شود (Shirzad et al., 2015, Shirzad, 2013). با وجود پژوهش‌های مختلف در زمینه کاهش مصرف حداکثر، فشار و میزان نشت، در این پژوهش‌ها، تأثیر کاهش تغییرات مصرف در طی یک شبانه روز بر کاهش میزان نشت مورد بررسی قرار نگرفته است.

در پژوهش حاضر، به‌کارگیری مخازن غیرمتمرکز در ساختمان‌های مشترکان شبکه‌های در حال بهره‌برداری به‌منظور حذف یا کاهش تغییرات دبی جریان در شبکه توزیع و بررسی تأثیر آن بر میزان نشت شبکه مورد بررسی قرار گرفت.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- معرفی طراحی شبکه توزیع آب به روش حداکثر مصرف روزانه

در شبکه‌های توزیع آب طراحی شده به روش حداکثر مصرف روزانه به جای ذخیره متمرکز آب در یک یا چند مخزن در شهر یا روستا، آب مورد نیاز هر مشترک در یک مخزن غیرمتمرکز داخلی ذخیره و سپس مصرف می‌شود. به این ترتیب اثر نوسانات مداوم مصرف مشترکان در طی شبانه روز بر شبکه توزیع حذف شده یا به کمترین میزان خود می‌رسد. به‌عبارت دیگر در این طرح پیشنهادی، کافی است شبکه توزیع آب شهری برای تأمین حداکثر مصرف روزانه مصرف کنندگان طراحی شود. به این صورت مخازن داخلی با ذخیره آب، پاسخگوی نوسانات ناشی از حداکثر مصرف ساعتی مشترکان خواهند بود. در این حالت ورود آب به مخازن ساختمان‌ها در طول شبانه روز تقریباً یکنواخت است و شبکه فقط لازم است قابلیت تأمین آب یکنواخت مخازن را، با رعایت سایر ضوابط از جمله فشار و سرعت، داشته باشد.

۲-۱-۱- محاسبه دبی طرح

در حالت معمول ظرفیت شبکه‌های توزیع آب بر اساس حداکثر مصرف ساعتی از رابطه زیر محاسبه می‌شود

$$Q_H = KC_dC_hPQ^d_{avg} \quad (۱)$$

که در آن

Q_H دبی حداکثر ساعتی، K ضریب تبدیل واحد، C_d ضریب حداکثر روزانه، C_h ضریب حداکثر ساعتی، P جمعیت در انتهای دوره طرح و Q^d_{avg} متوسط سرانه مصرف (در طول سال) است. ضریب حداکثر روزانه و ساعتی به‌ترتیب تابعی از شرایط اقلیمی و جمعیت پروژه است.

در طراحی شبکه به روش حداکثر مصرف روزانه، به‌علت اینکه در شبکه توزیع (قبل از مخازن داخلی) دبی حداکثر ساعتی جریان

[1] Peak

ندارد، ضریب حداکثر ساعتی از محاسبات حذف و دبی حداکثر روزانه به شکل زیر محاسبه می‌شود

$$Q_D = KC_d PQ_{avg}^{d} \quad (۲)$$

که در آن

Q_D دبی حداکثر روزانه است.

به‌منظور اختصار از این پس در این مقاله، شبکه طراحی شده بر اساس حداکثر مصرف ساعتی با HPDB[1] و شبکه طراحی شده بر اساس حداکثر مصرف روزانه با DPDB[2] نشان داده می‌شود.

۲-۱-۲- مزایا و محدودیت‌های شبکه DPDB

از جمله مزایای روش پیشنهادی طراحی شبکه‌های توزیع آب بر مبنای حداکثر مصرف روزانه می‌توان به یکنواخت‌سازی فشار و سرعت آب در شبکه و به دنبال آن کاهش نشت و شکستگی، اقتصادی شدن قطر لوله‌های شبکه، افزایش عمر مفید تأسیسات داخل ساختمان، افزایش میزان اطمینان‌پذیری شبکه و کاهش مصرف آب مشترکان اشاره کرد.

شبکه‌های طراحی شده بر مبنای حداکثر مصرف روزانه، با محدودیت‌ها و ملاحظاتی نیز همراه خواهند بود که از جمله آن عبارت است از: هزینه مخازن داخلی، بار مخازن داخلی بر سازه ساختمان، احتمال سرریز آب از مخزن و کاهش کیفیت آب. با توجه به اهمیت حفظ شرایط کیفی مناسب آب انباشته شده در مخزن داخلی ساختمان، پژوهشی در مقیاس پایلوت میدانی با نمونه‌گیری از ۱۱ ساختمان دارای مخزن در سطح شهر تهران انجام پذیرفت. نتایج آزمایش‌ها نشان‌دهنده کیفیت قابل قبول آب مخازن برای نمونه‌های مورد مطالعه بود (Shahrouzi et al., 2015). نتایج پژوهش‌هایی در مقیاس پایلوت آزمایشگاهی در خصوص بررسی اثر ماند آب و تغییرات کیفی آن در مخازن پلی‌اتیلن خانگی نشان داد که برای ماند ۳ روزه آب در مخزن پلی اتیلنی، خطر نشت مواد آلی از جداره داخلی مخزن و رشد میکربی وجود نداشته است (Bajan et al., 2016). با این وجود برای اطمینان بیشتر از عدم کاهش کیفیت آب شرب در این نوع از شبکه‌ها، می‌توان توسط یک لوله در محل ورودی آب شهر به ساختمان، آب را برای مصارف آشامیدنی، مستقیماً به آشپزخانه انتقال داد.

۲-۲- کاهش میزان نشت شبکه‌های در حال بهره‌برداری در اثر استفاده از مخازن داخلی ساختمان

مخازن داخلی ساختمان، در مراحل مختلف از جمله در مرحله طراحی شبکه آبرسانی یا برای شبکه‌های در حال بهره‌برداری قابل پیش‌بینی است. سناریوی مورد بررسی در پژوهش حاضر مربوط به شبکه‌هایی است که قبلاً به‌صورت HPDB طراحی شده و هم اکنون در حال بهره‌برداری است و به اتمام دوره طرح نرسیده‌اند. بنابراین اقطار شبکه، ثابت و غیرقابل تغییر فرض می‌شوند. در چنین شرایطی اگر پمپاژ به شکل مستقیم به داخل شبکه انجام پذیرد، وجود مخازن داخلی ساختمان سبب کاهش ارتفاع پمپاژ و در نتیجه صرفه‌جویی در مصرف انرژی مورد نیاز خواهد شد. در صورتی که در شبکه، مخزن اصلی موجود باشد، می‌توان نسبت به کاهش ارتفاع مخزن و یا کاهش عمق آبگیری آن (با حفظ محدودیت‌های مربوطه) اقدام نمود. همه موارد ذکر شده منجر به کاهش میزان فشار حاکم بر شبکه و در نتیجه کاهش میزان نشت خواهند شد. به‌منظور بررسی این موضوع، در ادامه مدل‌سازی برای چهار شبکه نمونه به شرح زیر انجام شد:

- شبکه شاخه‌ای ۱ دارای ۱۴ گره، و ۱۴ لوله یکسان به طول ۱۰۰۰ متر و ۵۰۰ متر (شکل ۱)
- شبکه حلقوی ۲ دارای ۱۴ گره و ۱۹ لوله یکسان به طول ۱۰۰۰ متر و ۵۰۰ متر (شکل ۲)

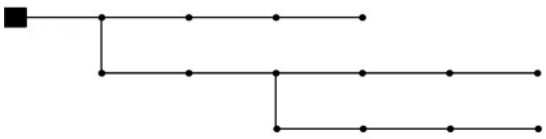

Fig. 1. Branched network

شکل ۱- شبکه شاخه‌ای

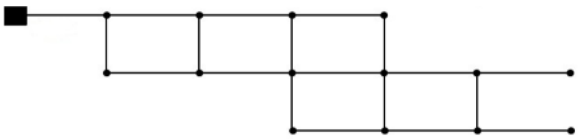

Fig. 2. Looped network

شکل ۲- شبکه حلقوی شده

[1] Hourly Peak Design Based
[2] Daily Peak Design Based

dx.doi.org/10.22093/wwj.2017.79376.2235

مفروضات شبیه‌سازی و طراحی هیدرولیکی شبکه‌های نمونه به شرح زیر است:

۱- لوله‌ها از جنس پلی‌اتیلن و حداقل قطر ۱۰۰ میلی‌متر؛

۲- استفاده از رابطه هیزن- ویلیامز برای محاسبات افت اصطکاکی؛

۳- تراز فرضی کلیه گره‌های مصرف یکسان؛

۴- هر گره مصرف معرف یک ساختمان چهار طبقه، هر طبقه شامل ۷۰ واحد و هر واحد دارای متوسط ۵ نفر و لذا جمعیت تحت پوشش هر شبکه ۱۹۶۰۰ نفر(انتخاب هر طبقه ۷۰ واحد به معنای تجمع ساختمان‌های متعدد موجود در یک شهر و برای اجتناب از افزایش تعداد گره‌های مصرف می‌باشد)؛

۵- مصرف سرانه کل آب در شبانه‌روز برابر با ۳۷۵ لیتر، ضریب حداکثر روزانه ۱/۷ و ضریب حداکثر ساعتی ۲ (فقط در حالت شبکه‌های HPDB). مقدار دبی مصرفی در هر گره از شبکه براساس معادله ۱، ۲۰/۶۶ لیتر در ثانیه و دبی ورودی تانک ذخیره ساختمان در هر گره شبکه DPDB مطابق معادله ۲، ۱۰/۳۳ لیتر در ثانیه می‌باشد.

۶- الگوی مصرف فرضی به‌کار گرفته شده برای برآورد میزان نشت در شبکه معمول (با توجه متغیر بودن میزان مصرف در طی ساعات مختلف شبانه‌روز)، در شکل ۳ نشان داده شده که برای سهولت محاسبات، نوسان‌های مصرف در گام‌های ۶ ساعته فرض شده است.

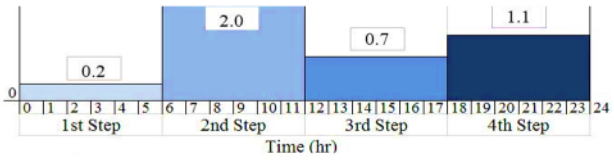

Fig. 3. Consumption pattern of the HPDB simulated water networks

شکل ۳- الگوی مصرف شبکه‌های توزیع آب شبیه‌سازی شده به روش HPDB

در شبکه‌های DPDB، به‌علت جریان یکنواخت طی شبانه‌روز قبل از مخازن داخلی، نیاز به الگوی مصرف ساعتی نیست.

۷- با هدف جامع و قابل تعمیم بودن نتایج، تلاش شد در طراحی شبکه‌های HPDB، حتی‌الامکان سرعت ۰/۹ تا ۱/۱ متر بر ثانیه (محدوده تقریبی سرعت اقتصادی) در همه لوله‌ها برقرار شود. بر اساس این فرض، قطر لوله‌ها در شبکه مورد مطالعه به‌دست آمد؛

۸- بر اساس مراجع موجود، محدودیت حداکثر مجاز فشار معادل ۵۰ متر (Vice Presidency for Strategic Planning and Supervision, 2013) و محدودیت حداقل فشار در دورترین گره‌های مصرف در دو حالت زیر در نظر گرفته شده است:

الف- قرارگیری مخزن داخلی ساختمان‌ها بر روی بام و توزیع آب در ساختمان به‌صورت ثقلی: در این صورت محدودیت حداقل فشار در دورترین گره‌های مصرف برابر با ۲۶ متر (با توجه به فرض ساختمان‌های ۴ طبقه و تأمین فشار لازم جهت انتقال آب به مخزن واقع بر روی بام) رعایت شد (Vice Presidency for Strategic Planning and Supervision, 2013).

ب- قرارگیری مخزن داخلی ساختمان‌ها در حداقل تراز ساختمان (پارکینگ) و توزیع آب در ساختمان با کمک بوستر پمپ: در این حالت با توجه به اینکه مخزن داخلی در تراز ورودی آب شبکه توزیع شهری به داخل ساختمان قرار دارد، تأمین حداقل فشار برابر با ۱۵ متر (تأمین حداقل نیاز آتش‌نشانی) رعایت شد.

مدل‌سازی و طراحی شبکه‌ها توسط برنامه Water Gems انجام و مقدار فشار در هر گره مصرف، از خروجی‌های نرم‌افزار استخراج شد. بدیهی است که مقادیر فشار در شبکه DPDB در طول شبانه‌روز برای روز پرمصرف سال ثابت اما در شبکه HPDB متغیر است. لازم به ذکر است در مقایسه روزهای مختلف سال، جریان در شبکه DPDB نیز متناسب با ضریب روزانه تغییر می‌کند. همچنین در این تحقیق، فرض جریان ۲۴ ساعته به داخل مخازن ساختمان در نظر گرفته شد.

از آنجایی که هدف نهایی از شبیه‌سازی‌های حاضر، بررسی کاهش میزان نشت است از معادله فاواد[1] به شکل زیر به‌منظور بررسی تغییرات نشت استفاده شد(May, 1994)

$$\frac{L1}{L0} = \left(\frac{P1}{P0}\right)^{N1} \qquad (۳)$$

که در آن

L_1 و L_0 مقدار نشت از شبکه به‌ترتیب در فشارهای متوسط متناظر با P_1 و P_0 است. P_1 و P_0 به‌ترتیب مقدار فشار برای طراحی DPDB و HPDB است. N_1 توان ثابت رابطه که حداقل آن ۰/۵ و حداکثر آن تا ۲/۵ گزارش شده است (Lambert, 1997).

[1] FAVAD

جدول ۱- مشخصات تحلیل و میزان درصد کاهش نشت در حالت‌های مختلف شبکه‌های نمونه

Table 1. Specifications of the analysis and the reduction in leakage for the sample networks

Row	Sample network	L	HPDB net.		DPDB net.			Average leakage ratio (L1/L0)				S
			$P_{min\ h}$	$P_{max\ h}$		$P_{min\ d}$	$P_{max\ d}$	Time				
		Net. length (km)	Minimum necessary pressure	Maximum necessary pressure	Tank location	Minimum necessary pressure	Maximum necessary pressure	0-6	6-12	12-18	18-24	Leakage reduction (based on average of (L1/L0) in the 4 Steps) (%)
1-1	Branched 1-a	14.0	26	50	Roof	26	33	0.46	0.71	0.48	0.52	45.8
1-2		14.0			Parking lot	15	22	0.23	0.35	0.24	0.26	73.0
2-1	Looped 2-a	19.0	26	50	Roof	26	33	0.47	0.70	0.49	0.52	45.5
2-2		19.0			Parking lot	15	22	0.23	0.35	0.24	0.26	73.0
3-1	Branched 1-b	7.0	26	39	Roof	26	30	0.62	0.80	0.64	0.67	31.8
3-2		7.0			Parking lot	15	19	0.30	0.38	0.31	0.32	67.3
4-1	Looped 2-b	9.5	26	39	Roof	26	30	0.63	0.79	0.64	0.67	31.8
4-2		9.5			Parking lot	15	19	0.30	0.38	0.31	0.32	67.3

۳- نتایج و بحث

برای محاسبه و مقایسه مقدار نشت در روش‌های مختلف لازم است مقدار N1 در معادله ۳ تعیین شود. با فرض لوله‌های پلی‌اتیلنی مقدار N1=۱/۵ منظور شد (Lambert and Fantozzi, 2010). با استفاده از معادله ۳ در تمامی گره‌های مصرف، درصد تغییرات نسبی نشت شبکه‌های HPDB و DPDB و سپس متوسط تغییرات نسبی نشت محاسبه شد.

برای شبکه‌های شاخه‌ای ۱-الف و ۱- ب و حلقوی ۲-الف و ۲- ب طراحی و تحلیل انجام شد که خلاصه نتایج آن در جدول ۱ آمده است.

به‌منظور توضیح بیشتر نتایج به دست آمده در جدول ۱، به‌عنوان نمونه اطلاعات سطر ۱ و ۲ به شرح زیر ارائه می‌شود. سطر ۱، نتایج مربوط به شبکه شاخه‌ای ۱- الف به طول کل ۱۴ کیلومتر و دارای ساختمان‌های ۴ طبقه می‌باشد. اگر این شبکه در حالت معمولی HPDB طراحی شود، حداقل فشار مورد نیاز در شبکه برابر ۲۶ متر و ارتفاع پمپاژ لازم برای تأمین حداقل نیاز مشترکان در طبقه بالای ساختمان، ۵۰ متر خواهد بود. اما اگر مخزن داخل ساختمان، بر روی پشت بام یا در محل پارکینگ باشد، به‌ترتیب حداقل فشارهای مورد نیاز برای ۲ حالتی که شبکه مذکور به روش DPDB مورد بهره‌برداری قرار گیرد، ۲۶ و ۱۵ متر خواهد بود. حال با توجه به تغییرات فشار، چنانچه در معادله زیر

$$\frac{L1}{L0} = \left(\frac{P1}{P0}\right)^{1.5} \quad (۴)$$

اندیس‌های ۱ و ۰ به‌ترتیب برای شبکه DPDB و HPDB در نظر گرفته شود، می‌توان مقدار متناظر نشت در شبکه DPDB به HPDB را به دست آورد ($\frac{L1}{L0}$). نتایج میانگین محاسبات معادله ۴ برای ۱۴ گره شبکه در ۴ گام زمانی ۶-۰، ۱۲-۶، ۱۸-۱۲ و ۲۴-۱۸، در آخرین ستون‌های جدول ۱ مشاهده می‌شود. مقدار درصد کاهش نشت از معادله زیر قابل محاسبه است

$$S = 1 - \frac{1}{4}\sum_{\substack{0-6\\6-12\\12-18\\18-24}} \left(\frac{L1}{L0}\right) \quad (۵)$$

$$S = 1 - \frac{1}{4}\left[\left(\frac{L1}{L0}\right)_{0-6} + \left(\frac{L1}{L0}\right)_{6-12} + \left(\frac{L1}{L0}\right)_{12-18} + \left(\frac{L1}{L0}\right)_{18-24}\right] \quad (۶)$$

dx.doi.org/10.22093/wwj.2017.79376.2235

محاسبات به‌صورت مشابه برای سطرهای ۲ تا ۴ نیز انجام شده است.

نتایج جدول ۱ نشان می‌دهد که برای شبکه‌های مورد مطالعه، میزان متوسط کاهش نشت شبکه‌های DPDB نسبت به شبکه‌های HPDB برای حالتی که مخزن در محل پشت بام و پارکینگ است به‌ترتیب ۳۱ و ۶۷ درصد است. از طرفی، با مقایسه اطلاعات ردیف‌های ۱-۱ و ۲-۱ و ردیف‌های مشابه به نظر می‌رسد که در شبکه‌هایی که مقدار فشار حداقل و حداکثر آنها تقریباً یکسان است، نوع شبکه به لحاظ شاخه‌ای و حلقوی بودن، تأثیر قابل توجهی بر میزان کاهش نشت ندارد. همچنین مقایسه ردیف ۱-۱ با ۳-۱ و ردیف‌های مشابه نشان می‌دهد که با کاهش مقدار اختلاف فشار ابتدا و انتهای شبکه، تفاوت مقدار نشت در شبکه‌های DPDB نسبت به HPDB نیز کاهش می‌یابد. ضمن اینکه محل مخزن داخلی نیز در مقدار نشت مؤثر است. به‌منظور بررسی تأثیر احتمالی تغییر تعداد گام‌های انتخابی الگوی مصرف بر میزان محاسبات نشت، علاوه بر الگوی مصرف شکل ۳ (با گام‌های زمانی ۶ ساعته)، الگوی مصرفی ۲۴ ساعته نیز مورد تحلیل قرار گرفت که تغییر قابل ملاحظه‌ای در نتایج حاصل نشد (Shahrouzi, 2014).

با توجه به افزایش استفاده از مخازن ذخیره آب داخلی توسط مشترکان در کشور و نظر به شرایط متنوع قرارگیری مخزن و تجهیزات توزیع آب برای شبکه‌های اجرا شده و در دست طراحی، پیشنهاد می‌شود مطالعات بیشتری در زمینه طراحی شبکه‌ها به روش DPDB انجام شود.

۴- نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر روش طراحی شبکه‌های توزیع آب به روش DPDB ارائه و تأثیر به کارگیری مخازن داخلی ساختمان در کاهش میزان نشت برای شبکه‌های شاخه‌ای و حلقوی در حال بهره‌برداری بررسی و نتایج زیر به‌دست آمد

- به کارگیری مخازن داخل ساختمان برای شبکه‌های در حال بهره‌برداری می‌تواند باعث کاهش نشت شود. برای شبکه‌های مطالعه شده میزان متوسط کاهش نشت شبکه به ترتیب ۳۱ و ۶۷ درصد برای حالت‌های قرارگیری مخزن بر روی بام و در محل پارکینگ به‌دست آمد. بدیهی است که میزان اثربخشی روش پیشنهاد شده برای شهرهای کوچک و روستاها با نوسان‌های ساعتی بالا، بیشتر و برای شهرهای بزرگ، کمتر خواهد بود.
- شکل شبکه از نظر شاخه‌ای و یا حلقوی بودن تاثیر قابل توجهی بر میزان کاهش نشت نداشت.

References

Bajan, M., Jalili Ghazizadeh, M. R. & Rashidi Mehrabadi, A. 2016. "Laboratory study of water quality changes in domestic polyethylene tanks. *Proceedings of The 8th National Conference and Exhibition on Environmental Engineering*, Tehran University, Tehran. (In Persian)

Dehnavi, A. & Montazer, M. H. 2009. Unconventional design of water networks: A new way in optimum utilization of water and national capital. *Proceedings of The 3rd National Conference of Water and Wastewater (Approach to Correction of Consumption Pattern)*, Power Institute, Tehran. (In Persian)

Ghajarnia, N., Bozorg Haddad, O. & Kouchakzadeh, S. 2012. Multi objective dynamic design of urban water distribution networks. *Journal of Iran-Water Resources Research*, 7(4), 21-40. (In Persian)

Ghajarnia, N., Bozorg Haddad, O. & Kouchakzadeh, S. 2012. Multi objective design of water distribution system using fuzzy reliability index. *Journal of Water and Wastewater*, 23(1), 34-46. (In Persian)

Ghazizadeh, M. R., Moloudzadeh, N. & Salehi, S. 2008. Methods of peak consumption reduction in water distribution networks. *Proceedings of The 4th National Congress of Civil Engineering*, Tehran University, Tehran. (In Persian)

Jamalluddin bin Shaaban, A. 2004. Utilizing rainwater for non-potable domestic uses and reducing peak urban runoff in Malaysia. *Proceedings of XI IRCSA Conference*, National Hydraulics Research Institute of Malaysia (NAHRIM).

Lambert, A.O. 1997. Pressure management/leakage relationships: Theory, concepts and practical applications. *Proceedings of Conference on Minimizing Leakage in Water Supply/Distribution Systems*, IQPC Seminar, London.

Lambert, A.O. & Fantozzi, M. 2010. Recent developments in pressure management. *Proceedings of IWA Specialised Conference (Water Loss 2010)*, Sao Paolo, http://www.leakssuite.com/outreach/free-papers-2008-10/

Maddaus, W.O. 1999. Realizing the benefits from water conservation. *Journal of Contemporary Water Research and Education*, 114(1)**,** 8-17.

May, J. 1994. Pressure dependent leakage. *World Water and Environmental Engineering Management.*

Shahrouzi, Sh. 2014. Leakage level estimation for unconventional designed water distribution networks. MSc Thesis, Payame Noor University, Iran. (In Persian)

Shahrouzi, Sh., Jalili Ghazizadeh, M. R. & Shakeri Fard, P. 2015. Effect of water stagnation in households pipes and tanks on drinking water quality (case study: Some areas in tehran). *Journal of Water and Wastewater*, 26(6)**,** 115-120. (In Persian)

Shirzad, A., Tabesh, M. & Heidarzadeh, M. 2015. A new method for quasi-optimal design of water distribution networks. *Water Resources Management*, 29(14)**,** 5295-5308.

Shirzad, A. 2013. Multi-objective optimization of water distribution networks and presenting a comprehensive model for dynamic design of these networks. PhD Thesis, Tehran University, Iran. (In Persian)

Thornton, J. & Lambert, A. 2006. Managing pressure to reduce new breaks. *Journal of Water 21-Magazine of the International Water Association (IWA Publishing)*, 8(6)**,** 24-26.

Vice Presidency for Strategic Planning and Supervision. 2013. *Design criteria of urban and rural water supply and distribution Systems: No. 117-3*, Tehran, Iran. (In Persian)