



اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدر رفت آب

1st National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



انجمن آب و فاضلاب ایران



انجمن آب و فاضلاب ایران

بررسی نتایج کنترل فشار در منطقه رضا شهر مشهد از دو بعد فنی و هزینه ای

جواد جنید

مدیریت آب و فاضلاب منطقه ۳ شرکت آب و فاضلاب مشهد

joneid@abfamashhad.net

محمد رضا عسکری ازغندی

مدیر امور بهره برداری شبکه آب منطقه ۳ شرکت آب و فاضلاب مشهد

Askari-m@abfamashhad.net

خلاصه

مقاله کنترل فشار شبکه توزیع آب که در منابع مختلف به آن پرداخته شده از اهمیت خاصی برخوردار بوده و در رابطه با نتایج مثبت آن مطالب زیادی مطرح شده است. لیکن در اکثر منابع، به مباحث تئوری پرداخته می شود و کمتر دیده شده است نتایج یک تجربه عملی بیان شده باشد. در این مقاله ابتدا بطور خلاصه مبانی نظری کنترل فشار ارائه شده و سپس نتایج عملی حاصل از انجام یک تجربه واقعی در سطح منطقه سه شرکت آب و فاضلاب مشهد ارائه شده است. علاوه بر نتایج فنی، نتایج صرفه جویی های ریالی انجام شده نیز منعکس شده است. این تجربه نشان می دهد کنترل فشار انجام شده و نصب شیرهای فشار شکن که منجر به کاهش فشار از ۵ اتمسفر به ۲/۵ اتمسفر (۵۰۰ به ۲۵۰ کیلو پاسکال) شده است، در طول یکسال، بیش از یک میلیارد و سیصد میلیون ریال کاهش هزینه به دنبال داشته است.

کلمات کلیدی: شبکه توزیع آب، کنترل فشار، شیر فشار شکن، کاهش هزینه

۱. مقدمه

به منظور کاهش بروز حوادث و هدر رفت آب و نیز افزایش قابلیت اطمینان خطوط انتقال، از تجهیزات و تاسیسات تنظیم فشار نظیر شیرهای فشار شکن، مخازن و حوضچه های فشار شکن و سایر تجهیزات کاهنده فشار استفاده می شود. [۱] مقدار جریان آب در لوله متناسب با فشار آن است. فشارهای بالا جریان را افزایش داده تلفات آب ناشی از نشت زیاد می شود. افزایش فشار از ۱/۸ تا ۳/۴ کیلوگرم بر سانتی متر مربع (۱۷۶/۵۱ تا ۳۲۳/۶۱ کیلو پاسکال) مقدار جریان و تلفات ناشی از نشت را ۳۰٪ زیاده تر می کند. [۲] ضمن اینکه موضوع نشت در کشورهای در حال توسعه که کمبود منابع آب در وضعیت جدی تری است، اهمیت بیشتری دارد. [۳]

۲. شیر فشار شکن

شیر فشار شکن یکی از انواع شیرهای کنترل هیدرولیکی جریان آب در خطوط انتقال و شبکه های توزیع آب محسوب می شود که بوسیله آن می توان فشار آب را تا مقدار مورد نیاز کاهش داد یا تنظیم کرد. در خطوط لوله ای که آب بصورت ثقلی انتقال می یابد، برای جلوگیری از فشارهای بالا و در نتیجه کاهش حوادث و تلفات آب و نیز کاهش فشار کار لوله و ضخامت لوله ها و در نتیجه هزینه ها، استفاده از شیر فشار شکن توصیه می شود. [۱] این شیر به طور خودکار فشار متغیر و زیاد ورودی را به فشار کم و ثابت خروجی تبدیل می کند. [۴] اندازه شیرهای فشار شکن با در نظر گرفتن دبی مورد نیاز و سرعت بهینه پیشنهادی شرکت سازنده انتخاب می شود. [۵]



اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدر رفت آب

1st National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



۳. حداکثر فشار مجاز

با توجه به کیفیت اجرای شبکه های توزیع آب و لوله کشی های داخل ساختمان در ایران ، حداکثر فشار مجاز شبکه برابر ۵ بار (۵۰۰ کیلو پاسکال) توصیه می شود (معادل اختلاف ارتفاع حداکثر تراز آب مخزن و پایین ترین تراز ارتفاعی مصرف کنندگان). [۱] حداکثر فشار با در نظر گرفتن فشارهای کاری لوله ها و تاسیسات پیشنهاد می شود. [۶]

۴. حداقل فشار مجاز

با در نظر گرفتن شرایط ایران حداکثر طبقاتی که فشار آب آنها باید مستقیما از شبکه تامین شود ، معمولا چهار طبقه است. در ساختمان های مرتفع برای تامین فشار مورد نیاز باید از تاسیسات داخلی استفاده شود. بنابراین بسته به تعداد طبقات ، حداقل فشار مورد نیاز در محدوده ۱/۴ تا ۲/۶ بار (۱۴۰ تا ۲۶۰ کیلو پاسکال) می باشد. [۱] حداقل فشار با توجه به رضایتمندی مصرف کنندگان و همچنین به منظور جلوگیری از وارد شدن آلودگی به شبکه تعیین می شود. [۶]

۵. مناطق مجزا شده^۱

به منظور انجام کنترل دائمی بازده حجمی شبکه توزیع و کنترل تلفات آب در آن ، مجزا سازی یا ایزوله بندی شبکه توزیع ضروری است. برای ایجاد منطقه ایزوله ، شبکه توزیع آب تحت پوشش هر یک از مخازن به مناطق مجزا شده ، با شبکه های کوچک تر تفکیک می شود که ورود و خروج آب به آن از یک یا چند مسیر محدود و مشخص صورت گرفته و از کلیه مناطق مجاور خود به وسیله بستن شیرهای قطع و وصل منطقه ای مجزا می شود. [۱] هر منطقه مجزا دارای ویژگی های منحصر به فردی برای تعداد جمعیت ، تعداد مشترکین ، طول لوله اصلی و فرعی شبکه ، نسبت طول لوله به انشعابات ، تعداد و نوع مصرف کنندگان عمده شبانه ، فشار متوسط شبانه ، شرایط زیربنایی ، قدمت شبکه ، تعداد حوادث بر روی خطوط اصلی و انشعابات و ... می باشد. تعداد انشعابات در یک منطقه مجزای استاندارد ، بین ۵۰۰ تا ۵۰۰۰ فقره می باشد. [۷]

۶. میزان نشت ناشی از بروز اتفاق

برای محاسبه تقریبی میزان نشت در نتیجه بروز حادثه در شبکه آبرسانی می توان از آمار مربوط به اتفاقات در شبکه استفاده نمود. روابط زیر نشان دهنده میزان نشت از شبکه توزیع و انشعاب می باشند. [۸]

$$V_1 = \frac{Q_d + N_d + T_d}{[(Q_t + N_t + T_t) + (Q_d + N_d + T_d) + (Q_c + N_c + T_c)]} + [V_{RL} - (V_{11} + V_{12})] \quad (1)$$

$$V_2 = \frac{Q_c + N_c + T_c}{[(Q_t + N_t + T_t) + (Q_d + N_d + T_d) + (Q_c + N_c + T_c)]} + [V_{RL} - (V_{11} + V_{12})] \quad (2)$$

توضیحات پارامترهای مورد استفاده در روابط فوق به شرح زیر می باشد:

V_1 : میزان نشت از لوله های انشعاب	V_2 : میزان نشت از شبکه توزیع
Q_t : دبی متوسط شکستگی های گزارش شده لوله های انتقال	Q_d : دبی متوسط شکستگی های گزارش شده لوله های انشعاب
N_t : تعداد شکستگی های گزارش شده لوله های انتقال	N_d : تعداد شکستگی های گزارش شده لوله های انشعاب
T_t : مدت زمان دبی شکستگی های گزارش شده در لوله های انتقال	T_d : مدت زمان دبی شکستگی های گزارش شده در لوله های انشعاب
Q_c : دبی متوسط شکستگی های گزارش شده لوله های شبکه توزیع	V_{11} : نشت از مخازن
N_c : تعداد شکستگی های گزارش شده لوله های شبکه توزیع	V_{12} : سرریز از مخازن
T_c : مدت زمان دبی شکستگی های گزارش شده در لوله های شبکه توزیع	V_{RL} : هدررفت واقعی بدست آمده از جدول بالانس

¹ DMA

چنانچه اتفاق در محلهای زیر رخ دهد شامل اتفاق انشعاب می گردد:

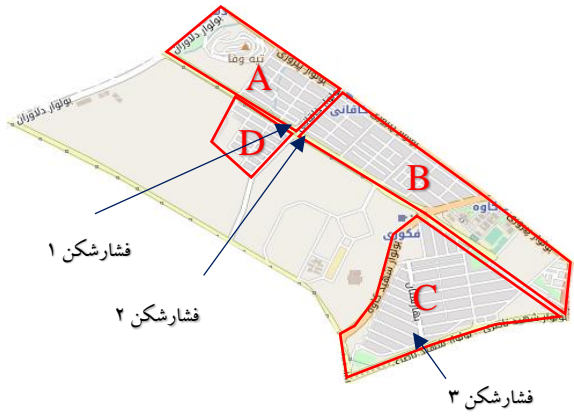
کمر بند انشعاب ، شیر شبکه روی کمر بند انشعاب ، لوله انشعاب از کمر بند تا شیر انشعاب ، شیر انشعاب مشترک ، لوله انشعاب از شیر انشعاب تا کنتور مشترک ، حوضچه کنتور مشترک

چنانچه اتفاق در محلهای زیر رخ دهد شامل اتفاق اساسی می گردد:

خطوط لوله اصلی با قطر بیشتر از ۸۰ میلی متر در شهرهای کوچک و روستاها و قطر بیشتر از ۱۰۰ میلی متر در شهرهای بزرگ ، خطوط لوله فرعی ، شیر آلات شبکه

۷. مشخصات پروژه

در شکل ۱ نقشه محدوده رضا شهر واقع در جنوب شهر مشهد مقدس و کدهای ارتفاعی نقاط بحرانی محدوده آورده شده است. در اولین گام این پروژه نسبت به ایجاد مناطق مجزا شده ، اقدام گردید. در شکل ۲ مناطق ایزوله شده و اطلاعات مربوط به هر منطقه آورده شده است.



شکل ۲ - زون بندی محدوده و نقاط نصب شیرهای فشارشکن



شکل ۱ - خطوط لوله و کدهای ارتفاعی محدوده

قبل از انجام پروژه ، فشار شبکه در زونهای مختلف به شرح جدول ۱ بوده است.

جدول ۱ - فشار ماکزیمم و مینیمم زون های مختلف ، قبل از انجام پروژه تنظیم فشار

DMA	فشار مینیمم: اتمسفر (کیلو پاسکال)	فشار ماکزیمم: اتمسفر (کیلو پاسکال)
A	5 (500)	6.5 (650)
B	5 (500)	7.5 (750)
C	4 (400)	6 (600)
D	3 (300)	4.5 (450)

مشاهده می شود به جز زون D در سایر بخشها فشار ماکزیمم ، خارج از فشار حداکثر مجاز بوده است. لذا جهت تعدیل فشار نسبت به انجام مطالعات لازم و بررسی مورد نیاز اقدام گردید. پس از بررسی وضعیت شبکه موجود ، نقاط ورودی و خروجی ، توپوگرافی منطقه و ... مشخص شد بهترین روش تنظیم فشار ، استفاده از شیر های فشار شکن و بهترین نقاط نصب این شیرها ، نقاط مشخص شده در شکل ۲ می باشد. ضمن اینکه در بخش D بعلت عدم وجود فشار غیر مجاز ، نیاز به نصب شیر فشار شکن وجود نداشت.

برای محاسبه شیرهای فشارشکن مراحل زیر طی گردید. [۱]

۱. پیش بینی جمعیت
۲. تعیین مصرف سرانه (خانگی ، فضای سبز ، تجاری ، صنعتی ، آب بدون درآمد)
۳. بررسی وضعیت توپوگرافی منطقه



اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدر رفت آب

1st National Conference on Water Loss & Consumption Management



۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶

۴. تعیین اقلیم منطقه

۵. اعمال ضرایب حداکثر مصرف روزانه و حداکثر مصرف ساعتی

خلاصه محاسبات انجام شده در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲ - محاسبات سائز شیرهای فشار شکن

DMA	تعداد اشتراک	تعداد افراد	میزان مصرف روزانه هر فرد (لیتر در روز)	میزان مصرف روزانه کل (لیتر در روز)	میزان مصرف روزانه کل (لیتر در ثانیه)	میزان مصرف پس از اعمال ضریب حداکثر مصرف روزانه (۱/۵)	میزان مصرف پس از اعمال ضریب حداکثر مصرف ساعتی (۱/۴)	محاسبه سائز شیر با مراجعه به نمودار مربوطه (میلی متر)
A	1650	6600	150	990000	11.46	17.19	24.06	100
B	3000	12000	150	1800000	20.83	31.25	43.75	150
C	2500	10000	150	1500000	17.36	26.04	36.46	125

بر اساس محاسبات فوق شیرهای فشار شکن تهیه نصب گردید. پس از نصب شیرهای فشار شکن فشارهای ماکزیمم و مینییمم زونها به شرح جدول ۳ تغییر نمود و در محدوده مجاز قرار گرفت.

جدول ۳ - فشار ماکزیمم و مینییمم DMA های مختلف بعد از انجام پروژه تنظیم فشار

DMA	فشار ماکزیمم: اتمسفر (کیلو پاسکال)	فشار مینییمم: اتمسفر (کیلو پاسکال)
A	4.0 (400)	2.5 (250)
B	4.5 (450)	2.0 (200)
C	4.0 (400)	2.0 (200)
D	4.5 (450)	3.0 (300)

اقدامات فوق در اسفندماه سال ۱۳۹۴ انجام پذیرفت و در طول سال ۱۳۹۵ نتایج حاصل از آن بررسی شد. خوشبختانه این تنظیم فشار، نتایج درخشانی در زمینه کاهش هزینه ها به دنبال داشت. کاهش هزینه های ایجاد شده به شرح جدول ۴ بوده است. در ادامه توضیح آیتم های استفاده شده در جدول مذکور ارائه می گردد.

جدول ۴ - کاهش هزینه های ایجاد شده در اثر انجام اقدامات منجر به تعدیل فشار شبکه

آیتم	در صد کاهش	مبلغ کاهش هزینه (ریال)
اتفاق انشعاب	-0.20	-132,608,135
اتفاق اساسی	-0.40	-200,670,905
آب هدر رفت ناشی از اتفاق	-0.49	-2,892,712
خسارت به ملک	-0.34	-591,385,000
مرمت	آسفالت	-284,928,000
	موزاییک	-81,648,000
	بتن	-18,144,000
	پر کردن گود	-222,432,000
جمع		-1,534,708,752

خسارت به ملک: چنانچه در اثر بروز اتفاق، به ملک مشترک خسارتی وارد شود، شرکت آب و فاضلاب موظف به جبران خسارت وارد شده می باشد. پر کردن گود و مرمت: پس از رفع اتفاق لازم است محل حفاری شده با خاک مناسب پر شود و مرمت گردد که با توجه به محل حفاری، مرمت محل اتفاق شامل آیتم های آسفالت، موزاییک و بتن می باشد.



اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدر رفت آب

1st National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



این در حالی است که کل هزینه های مربوط به نصب شیرهای فشار شکن یاد شده حدود ۲۱۰ میلیون ریال بوده است. این بدان معنی است که انجام اقدامات مذکور تنها در یک سال بیش از یک میلیارد و سیصد میلیون ریال کاهش هزینه داشته است و یا به عبارت دیگر تنها در سال اول پس از انجام عملیات کاهش هزینه بدست آمده بیش از ۷ برابر هزینه اجرای عملیات بوده است. بدیهی این کاهش هزینه ها در سالهای بعد به مراتب افزایش خواهد یافت.

۸. نتیجه گیری

در این مقاله به بررسی نتایج حاصل از تعدیل فشار در یک تجربه اجرا شده پرداخته شد. در محدوده ای از شهر مقدس مشهد عملیات مذکور انجام پذیرفت. طی یکسال پس از آن نتایج حاصل از این عملیات به دقت مورد بررسی قرار گرفت و موضوع از دو بعد تحلیل شد. در بعد اول مشخص شد تعدیل فشار، نتایج درخشانی در کاهش تعداد اتفاق ها، کاهش خسارتهای ناشی از اتفاق و ... دارد. در بعد دوم بصورت دقیق و مستند، کاهش هزینه های ناشی از این عملیات محاسبه گردید. طبق محاسبات دقیق مشخص شد صرفه جویی ریالی ناشی از تعدیل فشار، چندین برابر هزینه های انجام شده خواهد بود.

۹. قدردانی

لازم است از مدیریت محترم عامل و کلیه پرسنل زحمتکش شرکت آب و فاضلاب مشهد بخصوص همکاران محترم امور بهره برداری شبکه آب منطقه ۳ بابت زحمات شبانه روزی و تلاش بیدریغ این عزیزان قدردانی نمایم.

۱۰. مراجع

۱. سازمان برنامه و بودجه و وزارت نیرو، (۱۳۹۲). " ضوابط طراحی سامانه های انتقال و توزیع آب شهری و روستایی (نشریه شماره ۳-۱۱۷) بازنگری اول"، انتشارات سازمان برنامه و بودجه. تهران، ایران.
۲. سازمان برنامه و بودجه و وزارت نیرو، (۱۳۸۰). " راهنمای نشت یابی و جلوگیری از تلفات آب در تاسیسات آبرسانی شهری (نشریه شماره ۲۴۱) "، انتشارات سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور. تهران، ایران.
3. Water demand management strategy and implementation for INDOR". (2006). Water for Asian Cities Program, United Nations Human Settlements Program (UNHABITAT)
۴. سازمان برنامه و بودجه و وزارت نیرو، (۱۳۸۵). " مشخصات فنی و عمومی کارهای خطوط لوله آب و فاضلاب شهری (نشریه شماره ۳۰۳) "، انتشارات سازمان برنامه سازمان برنامه و بودجه. تهران، ایران.
۵. وزارت نیرو، معاونت امور آب و آبفا، (۱۳۸۹). " راهنمای انتخاب نوع و موقعیت شیرآلات صنعت آب و بهره برداری از آنها (نشریه شماره ۵۲۹) "، انتشارات سازمان برنامه و بودجه. تهران، ایران.
۶. شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، معاونت نظارت بر بهره برداری، دفتر نظارت بر مدیریت مصرف و کاهش آب بدون درآمد، (۱۳۸۸). " راهنمای فشارسنجی " www.nww.co.ir
۷. وزارت نیرو، معاونت امور آب و آبفا، (۱۳۸۹). " راهنمای شناخت و بررسی عوامل موثر در آب به حساب نیامده و راهکارهای کاهش آن (نشریه شماره ۳۰۸- الف) "، انتشارات سازمان برنامه و بودجه. تهران، ایران.
۸. شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، معاونت نظارت بر بهره برداری، دفتر نظارت بر مدیریت مصرف و کاهش آب بدون درآمد، (۱۳۸۸). " ثبت و تحلیل گزارش حوادث در شبکه آبرسانی " www.nww.co.ir