

Technical Note

یادداشت فنی

Evaluate and Calculate the Average Zone Pressure and Night-Day Factor and Their Application in the Analysis of Water Distribution Networks

ارزیابی و محاسبه فشار متوسط ناحیه و فاکتور روز-شب و کاربرد آن‌ها در تحلیل شبکه‌های توزیع آب

Ali Mousakhani^{1*} and Arezo Akbari²

1- Head of Office of Consumption Management, Customer Service and Non-Revenue Reduction, Ghazvin Water and Wastewater Company, Ghazvin, Iran.

2- Expert, Office of Consumption Management, Customer Service and Non-Revenue Reduction, Ghazvin Water and Wastewater Company, Ghazvin, Iran.

* Corresponding author, Email: mousakhani.a61@gmail.com

Received: 28/05/2018

Revised: 05/02/2020

Accepted: 19/02/2020

Abstract

Managing operating pressures in a drinking water distribution system is essential to manage actual losses and some of the consumption components, to control the frequency of new leaks on main lines and to splits, and to increase the life of the infrastructure. The average pressure of the area is a key parameter for all calculations and modeling of the water distribution network, therefore a systematic method for measuring the average pressure region is necessary. Due to the FAVAD relationship (leakage of fixed and variable pores), the leakage flow rate changes with the average pressure of the region. The average pressure of the area during the 24 hours of the day changes in many systems and zones, as a result of which the leakage flow rate also changes. Therefore, Night-Day Factor (NDF) should be calculated to convert the leakage rate to the average daily leakage. In a DMA, the average pressures per hour as well as calculating the leakage of the FAVAD relationship is easily calculated by the NDF from the formula "Total 24-hour leakage divided by minimum leakage".

Keywords: Average zone pressure, Nigh-Day factor, FAVAD Relationship.

علی موسی‌خانی^{۱*} و آرزو اکبری^۲

۱- مدیر دفتر مدیریت مصرف، خدمات مشترکین و کاهش هدررفت آب، شرکت آب و فاضلاب استان قزوین، قزوین، ایران.

۲- کارشناس دفتر مدیریت مصرف، خدمات مشترکین و کاهش هدررفت آب، شرکت آب و فاضلاب استان قزوین، قزوین، ایران.

* نویسنده مسئول، ایمیل: mousakhani.a61@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۳/۰۷

تاریخ اصلاح: ۱۳۹۸/۱۱/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۳۰

چکیده

مدیریت فشارهای بهره برداری یک سیستم توزیع آب شرب برای مدیریت هدررفت‌های واقعی و برخی مؤلفه‌های مصرف، کنترل فراوانی وقوع نشت‌های جدید بر روی خطوط اصلی و انشعابات و افزایش عمر کاری زیرساخت‌ها ضروری است. فشار متوسط ناحیه یک پارامتر کلیدی برای تمام محاسبات و مدل‌سازی‌های شبکه توزیع آب است. بنابراین اتخاذ یک‌روش سیستماتیک برای محاسبه فشار متوسط ناحیه ضروری است. با توجه به رابطه FAVAD^۱ (نشت از منافذ ثابت و متغیر) نرخ جریان نشت با فشار متوسط ناحیه تغییر می‌کند. فشار متوسط ناحیه در طول ۲۴ ساعت شبانه‌روز در بسیاری از سیستم‌ها و زون‌ها تغییر می‌کند که در نتیجه آن نرخ جریان نشت نیز با آن تغییر می‌کند. بنابراین برای تبدیل نرخ نشت شبانه به نشت متوسط روزانه باید فاکتور روز-شب محاسبه شود. در یک ناحیه مستقل اندازه‌گیری، فاکتور روز-شب با محاسبه فشارهای متوسط در هر ساعت و همچنین محاسبه نشت از رابطه FAVAD به راحتی از فرمول "مجموع نشت ۲۴ ساعته تقسیم بر حداقل نشت شبانه" محاسبه می‌شود.

کلمات کلیدی: فشار متوسط ناحیه، رابطه FAVAD، فاکتور روز-شب.

۳- فشار متوسط سیستم

۳-۱- محاسبه فشار متوسط ناحیه

جدول ۱ چگونگی محاسبه فشار متوسط برای یک سیستم شامل تعدادی زون بزرگ و کوچک را نشان می‌دهد که مقادیر Pav برای هر کدام به‌طور جداگانه ارزیابی شده‌اند. یک روش سیستماتیک برای تخمین نقطه متوسط ناحیه (AZP) برای هر زون منحصر به فرد و ارزیابی فشار متوسط برای آن زون منحصر به فرد در بخش ۳-۳ توصیف شده است. فشار متوسط Pav برای کل سیستم، فشار متوسط وزنی کل زون‌ها در آن سیستم است. گروه کاری هدررفت آب انجمن بین‌المللی آب بیان می‌کند که در بیشتر سیستم‌ها، اگر چگالی انشعابات ۲۰ انشعاب بر کیلومتر یا بیشتر باشد، بیشترین هدررفت‌های واقعی بر روی انشعابات اتفاق خواهد افتاد، بنابراین فاکتور وزنی ترجیح داده شده، تعداد انشعابات است. اما اگر چگالی انشعابات کمتر از ۲۰ انشعاب بر کیلومتر باشد، قابل انتظار است که بیشتر هدررفت‌های واقعی بر روی خطوط اصلی اتفاق بیفتد، بنابراین فاکتور وزنی ترجیح داده شده طول خطوط اصلی خواهد بود (کیلومتر). جدول ۱ مثالی از چگونگی محاسبه فشار متوسط وزنی سیستم از فشارهای متوسط منحصر به فرد در زون‌هایی که در سیستم ایجاد شده‌اند، است. در این مثال ۷ زون با تفاوت‌های قابل توجه در طول خطوط اصلی، چگالی انشعابات و فشار متوسط ناحیه وجود دارد. با توجه به چگالی انشعابات، دو ارزیابی از فشار متوسط وزنی سیستم مورد مطالعه به دست می‌آید. ۵۰/۷ متر اگر تعداد انشعابات استفاده شود و ۵۱/۵ متر اگر طول خطوط اصلی استفاده شود. به دلیل این که روی هم رفته چگالی انشعابات برای کل سیستم ۳۲/۷ انشعاب بر کیلومتر از خطوط اصلی است، که بزرگتر از ۲۰ انشعاب بر کیلومتر از خطوط اصلی است، مقدار محاسبه شده ۵۰/۷ متر است، یعنی وزن دهی براساس تعداد انشعابات است که این بهترین تخمین از فشار متوسط سیستم ترجیح داده شده است (Lambert, 2013).

۳-۲- تعریف نقطه متوسط ناحیه AZP

این نقطه یک موقعیت فیزیکی است (معمولاً یک شیر آتش‌نشانی) جایی که فشار می‌تواند به‌طور تقریبی به‌عنوان نماینده فشار متوسط ناحیه مطرح شود، هم‌چنان که جریان ورودی به‌طور ساعتی، روزانه و فصلی تغییر می‌کند. از مهم‌ترین مشکلات بنیادی (متأسفانه تکرار شونده) که در برخی نوشته‌ها یافت می‌شود، این فرض است که فشار متوسط ناحیه، متوسط فشارهای نقطه بحرانی و ورودی است. درحالی که ممکن است این موضوع یک فرض صحیح برای برخی زون‌های کوچک بدون اختلاف در تراز ارتفاعی

در این مقاله به چرایی استفاده از نقطه متوسط ناحیه AZP^۲ در آب بدون درآمد اشاره شده و هم‌چنین روش‌ها و محاسبات مربوط به تعیین این نقطه مشخص شده است. NDF^۳ یا فاکتور روز-شب نیز یک فاکتور مهم در محاسبه مقدار روزانه هدررفت واقعی از جریان‌های شبانه است. مقاله حاضر می‌تواند به بسیاری از کارشناسان کمک کند تا از سردرگمی و یا شاید اشتباهات محاسباتی اجتناب نمایند و تحلیل قابل‌اعتمادتری از محاسبات خود داشته باشند. نرم افزار رایگان AZP&NDFCalcs محاسبات فشار متوسط ناحیه و فاکتور روز-شب را به راحتی انجام می‌دهد (Lambert, 2013). این نرم افزار توسط آلن لامبرت (مدیر و بنیان‌گذار دپارتمان LEAKS) که یکی از متخصصین شهیر آب بدون درآمد با بیش از ۵۰ سال سابقه کاری در زمینه هدررفت آب است تدوین و نگارش یافته است. در واقع این مقاله تلاشی برای معرفی روش صحیح محاسبه فشار متوسط ناحیه و فاکتور روز-شب با محوریت نرم افزار فوق‌الذکر و دستورالعمل آن است تا کاربران به راحتی توانایی محاسبات را داشته باشند.

۲- چرا اندازه‌گیری قابل اعتماد از فشارهای سیستم توزیع اهمیت دارد؟

مدیریت فشارهای بهره‌برداری یک سیستم توزیع آب برای مدیریت هدررفت‌های واقعی و برخی مؤلفه‌های مصرف، کنترل فراوانی وقوع نشت‌های جدید بر روی خطوط اصلی و انشعابات و افزایش عمر کاری زیرساخت‌ها ضروری است. اندازه‌گیری‌های فشار در زون‌ها برای تحلیل اندازه‌گیری‌های جریان شبانه و هم‌چنین تفسیر آزمون‌ها برای ارزیابی پارامترهای زیرساختی هر زون با استفاده از مفاهیم بنیادی بین‌المللی از قبیل موارد زیر مورد نیاز است:

- تحلیل مؤلفه هدررفت واقعی (تخمین نشت‌های زمینه و ترکیدگی‌ها BABE^۴)
- مفهوم FAVAD (روابط بین فشار و نشت، فشار و مصرف).

فشار متوسط سیستم (Pav)^۵ برای محاسبه هدررفت واقعی اجتناب‌ناپذیر سالانه (UARL)^۶ مورد نیاز است. UARL در به‌دست آوردن شاخص نشت زیرساخت (ILI)^۷ استفاده می‌شود که یکی از شاخص‌های عملکرد کلیدی برای هدررفت واقعی است. هم‌چنین فشار متوسط ناحیه در شب (AZNP)^۸ یک پارامتر کلیدی برای انواع دیگری از محاسبات مدل‌سازی براساس جریان‌های شبانه است. فشار متوسط یک پارامتر کلیدی برای برخی اهداف در مدیریت توزیع است، بنابراین اتخاذ یک روش

متوسط ناحیه برابر متوسط فشارهای نقطه ورودی و بحرانی باشد به‌طور واضح نادرست خواهد بود و به‌طور قابل‌توجهی از فشار متوسط واقعی زون پایین‌تر تخمین خواهد شد (Lambert, 2013).

زمین باشد، در بیشتر موارد منجر به خطاهای قابل‌توجه در تخمین فشار متوسط ناحیه و فشار متوسط شبانه ناحیه خواهد شد. این موضوع به‌طور واضح به‌وسیله مثالی در شکل ۱ نشان داده شده است. در هر دو بخش این‌شکل فرض این‌که فشار

جدول ۱- مثال از محاسبه فشار متوسط وزنی یک سیستم با ۷ زون (Lambert, 2013)

نام زون	طول خطوط اصلی (Lm) (کیلومتر)	تعداد املاک دارای صورت‌حساب (Np)	نرخ Ns/Np	تعداد انشعابات (Ns)	چگالی انشعابات (بر کیلومتر از خطوط اصلی)	فشار متوسط جاری در زون (Pav) (متر)	$Ns \times Pav$ (انشعاب $\times$ متر)	$Lm \times Pav$ (کیلومتر $\times$ متر)
A	۹/۲۵۳	۸۲۰۶	۰/۹۹۰	۸۱۲۴	۳۲	۵/۵۲	۴۲۶۵۰۷	۱۳۳۳۰
B	۱۵۳	۵۸۷۸	۰/۹۸۰/۰	۵۷۶۰	۶/۳۷	۱/۳۸	۲۱۹۴۷۳	۵۸۲۹
C	۱۷۵۱	۵۵۹۶	۰/۹۳۰	۵۲۰۴	۷/۲۹	۶۱	۳۱۷۴۶۱	۱۰۶۸۱
D	۳/۱۳۵	۴۷۱۹	۰/۹۵۰	۴۴۸۳	۱/۳۳	۴/۴۳	۱۹۴۵۶۴	۵۸۷۲
E	۷/۱۱۰	۲۸۳۵	۰/۹۶۰	۲۷۲۲	۶/۲۴	۶۲	۱۶۸۷۳۹	۶۸۶۳
F	۸/۵۴	۲۳۸۰	۰/۹۸۰	۲۳۳۲	۶/۴۲	۱/۵۵	۱۲۸۵۱۵	۳۰۱۹
G	۶۰	۲۳۰۰	۰/۹۴۰	۲۱۶۲	۳۶	۷/۴۸	۱۰۵۲۸۹	۲۹۲۲
مجموع ستون‌ها یا متوسط وزنی	۹۴۳	۳۱۹۱۴	۰/۹۶۵	۳۰۷۸۸	۷/۳۲	مجموع ستون ها =	۱۵۶۰۵۴۹	۴۸۵۱۷
تعداد زون‌ها	۷	۷		۷		تقسیم بر	$Ns = ۳۰۷۸۸$	$Lm = ۹۴۳$
متوسط زون	۷/۱۳۴	۴۵۵۹	۰/۹۶۵	۴۳۹۸	۷/۳۲	تخمین فشار متوسط سیستم $Pav =$	۷/۵۰	۵/۵۱
چگالی سیستم بیشتر از ۲۰ انشعاب بر کیلومتر است بنابراین بهترین تخمین برابر است با Pav سیستم =								
							۷/۵۰	متر

برای هر زون، یا چگونگی و چرایی انتخاب AZP، یا چرایی محاسبات فشار متوسط ناحیه را نپذیرند. می‌توان از این وقایع، که متأسفانه بیش از حد تکرار می‌شود، پرهیز کرد (Lambert, 2013). شکل ۱ فشار متوسط ناحیه در زمانی که تراز ارتفاعی در نقطه CP و نقطه ورودی برابر / نابرابر باشند را نشان می‌دهد.

۴- فاکتور روز-شب NDF

۴-۱- شناخت و بیان مسئله

شکل ۲ نمودار جریان ورودی و فشار متوسط ناحیه برای یک منطقه ایزوله (DMA) که به‌صورت ثقلی تأمین آب می‌شود را نشان می‌دهد. در ساعات اولیه بامداد (به‌طور معمول بین ساعت ۱ تا ۴ صبح) مصرف شبانه مشترکین در حداقل و نشت در حداکثر مقدار خود به‌دلیل حداکثر فشار متوسط در شب است. با تخمین مصرف شبانه مشترکین در زمان جریان شبانه حداقل، جریانی که باقی می‌ماند نشت است. این نشت فقط برای سیستم‌های توزیع از منابع تأمین تا نقطه مصرف مشترک نیست، بلکه شامل شبکه‌های داخلی مشترکین نیز هست. در شکل ۲ مشاهده

۳-۳- گام‌های اساسی FAVAD، استفاده از یک روش سیستماتیک و قابل‌ممیزی برای محاسبه فشار متوسط

یک روش سیستماتیک برای هر زون، گام‌های اساسی دنبال شده زیر است:

گام ۱: محاسبه یک میانگین وزنی تراز ارتفاعی زمین (WAGL)^۹ برای یک پارامتر زیرساختی مناسب (معمولاً انشعابات مشترکین، طول خطوط اصلی یا شیرهای آتش‌نشانی)؛

گام ۲: انتخاب یک شیر آتش‌نشانی مناسب نزدیک مرکز زون به‌عنوان نقطه متوسط ناحیه، به‌طور تقریبی برابر با میانگین وزنی تراز ارتفاعی زمین؛

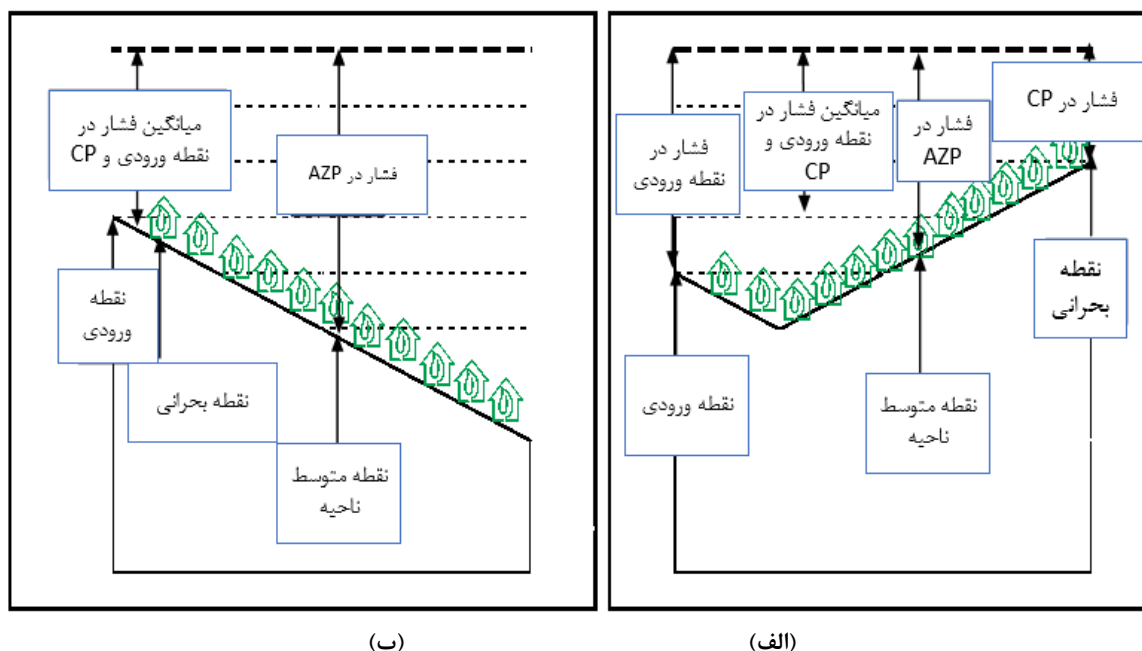
گام ۳: به‌دست آوردن فشارهای متوسط در نقطه AZP به‌وسیله اندازه‌گیری یا ارزیابی غیرمستقیم؛

گام ۴: ثبت روش استفاده شده برای محاسبه WAGL، AZP و فشار متوسط، همراه با یک ممیزی دقیق.

در خصوص هریک از گام‌های فوق به‌طور مفصل در دستورالعمل نرم‌افزار AZP&NDFCalcs بحث شده است. ذکر این نکته ضروری است که کوتاهی در ثبت صحیح این اطلاعات کلیدی منجر به این می‌شود که پرسنل جدید، AZP تعریف شده

به صورت ثقلی است، همان طور که در شکل مشاهده می شود، متوسط نشت در طول ۲۴ ساعت کمتر از حد متوسط ۲۴ برابر نشت در شب است (به مترمکعب بر ساعت).

می شود که مصرف مشترکین و جریان ورودی در طول ۲۴ ساعت تغییر می کند، متوسط فشار در سیستم تغییر می کند و (به دلیل این که نرخ جریان نشت با فشار تغییر می کند) نرخ های جریان نشت نیز تغییر می کند. بنابراین در این DMA که تأمین آب



شکل ۱- فشار متوسط ناحیه در زمانی که تراز ارتفاعی در الف) نقطه CP و نقطه ورودی برابر نبوده و ب) نقطه CP و نقطه ورودی برابر باشند (Lambert, 2013)

است با:

$$L_{4-5} = L_{3-4} \times (AZP_{4-5} / AZP_{3-4})^{N_1} \quad (1)$$

که AZP_{4-5} متوسط فشار مابین ساعت ۴ تا ۵ است. L_{5-6} (متوسط نرخ نشت از ساعت ۵ تا ۶ صبح) از رابطه (۲) محاسبه می شود.

$$L_{5-6} = L_{4-5} \times (AZP_{5-6} / AZP_{4-5})^{N_1} \quad (2)$$

که AZP_{5-6} متوسط فشار مابین ساعت ۵ تا ۶ است. برای محاسبه فاکتور روز-شب از رابطه (۳) استفاده می شود.

$$NDF = \{ \text{مجموع نشت ۲۴ ساعته} \} / L_{3-4} \quad (3)$$

با توجه به این که در رابطه (۳) در صورت کسر نیز L_{3-4} وجود دارد، رابطه (۴) با ساده سازی معادله رابطه (۳) به دست می آید.

$$NDF = \{ (AZP_{0-1} / AZP_{3-4})^{N_1} + (AZP_{1-2} / AZP_{3-4})^{N_1} \dots (AZP_{23-24} / AZP_{3-4})^{N_1} \} \quad (4)$$

براساس رابطه (۴) مشاهده می شود برای محاسبه NDF تنها به

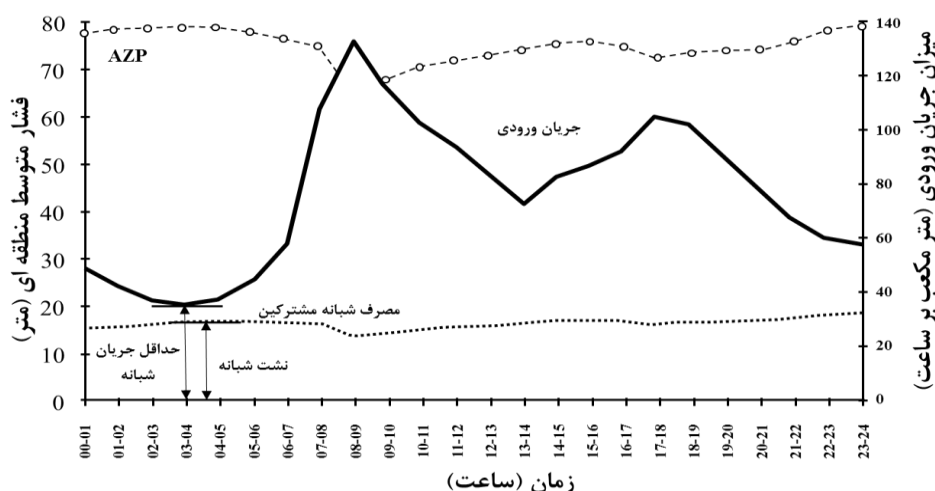
شکل ۳ نمودار جریان ورودی و فشار متوسط ناحیه برای یک DMA که به صورت پمپاژ (که با شیرهای کنترل فشار با کنترلگرهای تعدیل شده براساس جریان، مدیریت فشار می شود) تأمین آب می شود را نشان می دهد. جایی که متوسط فشار در شب کمتر از آن در طول روز است. در این حالت که تأمین آب به صورت پمپاژ است، متوسط نشت روزانه بیشتر از حد متوسط ۲۴ برابر نشت در شب است (به مترمکعب بر ساعت) (Lambert, 2010).

۲-۴- محاسبه فاکتور روز - شب

برای محاسبه NDF ابتدا یک نقطه متوسط ناحیه (AZP) در یک زون تعریف شود. سپس فشار نقطه متوسط با استفاده از یک دیتالاگر یا ثابت فشار به مدت یک هفته ترجیحاً با بازه زمانی ده دقیقه اندازه گیری شود. با وارد کردن فشارهای متوسط در هر ساعت و هم چنین N_1 با روش FAVAD در نرم افزار $AZP \& NDF$ به راحتی فاکتور روز-شب محاسبه می شود (Lambert, 2013; Lambert, 2002). روش اندازه گیری N_1 با استفاده از آزمون شبانه است، اما معمولاً در بازه ۱-۱/۵ بسته به جنس لوله ارزیابی شده است (Lambert, 2017). برای توجیه نحوه محاسبه این فاکتور فرض کنید L_{3-4} نرخ نشت در حداقل جریان شبانه و AZP_{3-4} نیز فشار متوسط ناحیه در زمان وقوع حداقل نرخ نشت شبانه باشد. L_{3-4} و AZP_{3-4} از ساعت ۳ تا ۴ صبح اتفاق افتاده است، بنابراین L_{4-5} (متوسط نرخ نشت از ساعت ۴ تا ۵ صبح) برابر

محاسبه فشار متوسط ناحیه و توان N_1 نیاز است (Lambert, 2013) ; معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری، ۱۳۹۱). در سیستم‌های ثقلی مطابق شکل ۲، NDF حداکثر تا ۲۴ ساعت در روز محاسبه شده است. ولی در سیستم‌های پمپاژ مطابق شکل ۳، NDF بیشتر از ۲۴ ساعت در روز محاسبه خواهد شد.

محاسبه فشار متوسط ناحیه و توان N_1 نیاز است (Lambert, 2013) ; معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری، ۱۳۹۱). در سیستم‌های ثقلی مطابق شکل ۲، NDF حداکثر تا ۲۴

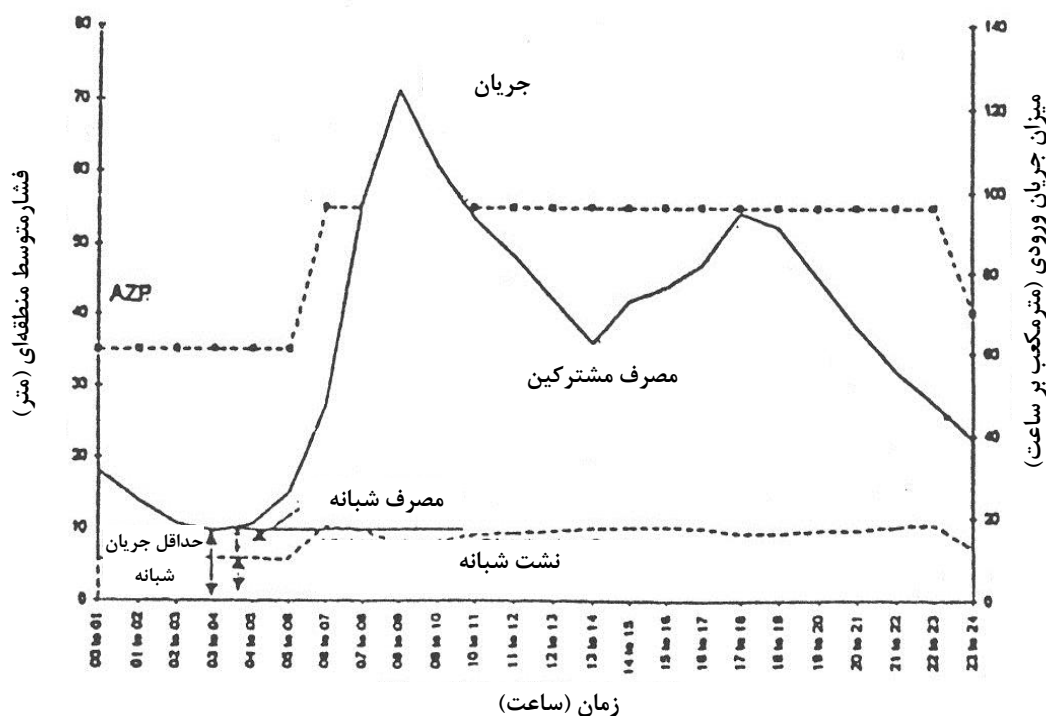


شکل ۲- نمودار ۲۴ ساعته نشت برای یک DMA با تأمین آب به صورت ثقلی (Lambert, 2013)

۳-۴- چگونه از فاکتور روز-شب استفاده ن زمان در طول شبانه روز (ساعت) ت شبانه برابر ۵ مترمکعب بر ساعت و فاکتور روز-شب برای استفاده از فاکتور روز-شب مراحل زیر باید انجام شود:

- محاسبه نرخ نشت خالص شبانه به مترمکعب بر ساعت از جریان حداقل شبانه یا MNF (نرخ نشت خالص شبانه بعد از کسر مصارف مجاز شبانه به دست می آید)؛
- ضرب نرخ نشت شبانه در فاکتور روز-شب.

به عنوان مثال اگر فرض شود در یک سیستم منحصر به فرد



شکل ۳- نمودار ۲۴ ساعته نشت برای یک DMA با تأمین آب به صورت پمپاژ (Lambert, 2013)

Lambert, A., (2013), *Guidelines relating to the assessment and calculation of average pressure in water distribution systems and zones*, ILMSS Ltd/Wide Bay Water Corporation, <https://www.leakssuitelibrary.com/>.

Lambert, A., and Taylor, R., (2010), *Water loss guidelines*, Water New Zealand, New Zealand

Lambert, A., and Mckenzie, R., (2002), *Benchmarking of water losses in New Zealand (Incorporating the user manual for the BenchlossNZ Software: Version 1A*, User New Zeland Water & Wastes Association, <http://www.nzwwa.org.nz/>.

Lambert, A., Fantozzi, M., and Shepherd, M., (2017), "FAVAD pressure and leakage: How does pressure influence N_1 ?", *IWA Water Efficient Conference*, Bath, UK.

Lambert, A., (2013), *AZP&NDFCalcs free software, International Version, Version 1c*, ILMSS Ltd.

اندازه گیری و ارزیابی های قابل اعتماد از فشارهای سیستم های توزیع بنابر یک سری دلایل مدیریتی و تفاسیر تحلیلی و اطلاعاتی ضروری است. فشار متوسط ناحیه Pav برای محاسبه شاخص عملکرد کلیدی، شاخص نشت زیرساخت ILI، ضروری است. همچنین فشار متوسط ناحیه در شب (AZNP) یک پارامتر کلیدی برای انواع دیگری از محاسبات مدل سازی شده برپایه جریان های شبانه است. بنابراین اتخاذ یک روش سیستماتیک برای محاسبه آن ارزشمند است. نرخ جریان نشت با متوسط فشار ناحیه تغییر می کند. با توجه به این که با تغییر فشار متوسط یک سیستم در طول ۲۴ ساعت نرخ جریان نشت نیز تغییر می کند، بنابراین نمی توان به سادگی با ضرب نرخ نشت شبانه در ۲۴ ساعت نشت روزانه را به دست آورد. برای تبدیل نرخ نشت شبانه برحسب مترمکعب بر ساعت به نرخ نشت متوسط روزانه برحسب مترمکعب بر روز ضرورت دارد تا نرخ نشت شبانه به فاکتور روز-شب NDF با واحد ساعت بر روز ضرب شود. نرم افزار AZP&NDFCalcs کلیه این محاسبات را به سادگی انجام می دهد.

۶- قدردانی

در پایان مناسب است از جناب آقای آلن لمبرت با بیش از ۵۰ سال تجربه به دلیل تلاش فراوان در حوزه آب بدون درآمد و انتشار رایگان بسیاری از مقالات و نرم افزارهای کاربردی و در دسترس قرار دادن نرم افزار AZP&NDFCalcs تشکر و قدردانی نمایم. همچنین از آقایان دکتر تابش و دکتر جلیلی قاضی زاده نیز به دلیل تلاش های فراوان در حوزه هدررفت آب و راهنمایی و هدایت اینجانب صمیمانه سپاسگزارم.

۷- پی نوشت ها

- 1- Fixed and Variable Area Discharges
- 2- Average Zone Point
- 3- Night-Day Factor
- 4- Background and Bursts Estimates
- 5- Average Pressure
- 6- Unavoidable Annual Real Losses
- 7- Infrastructure Leakage Index
- 8- Average Zone Pressure at Night
- 9- Weighted Average of Ground Level
- 10- District Metering Area

۸- مراجع

معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری، (۱۳۹۱)،
راهنمای شناخت و بررسی عوامل مؤثر در آب به حساب نیامده