

MANAŽMENT TLAKU VO VODOVODNÝCH DISTRIBUČNÝCH SIEŤACH

Ing. Martin Faško, Ing. Katarína Tóthová Ph.D., prof. ing. Kriš Jozef Ph.D.

Katedra zdravotného a environmentálneho inžinierstva – STU Stavebná fakulta Bratislava
Radlinského 11, 813 68 Bratislava, fasko@svf.stuba.sk, tothova@svf.stuba.sk, kris@svf.stuba.sk

SÚHRN

Článok v stručnosti opisuje tlakové pomery v zásobovacích a rozvodných radoch vodárenských distribučných systémoch. Približuje výskumnú prácu riešenú na KZEI, ktorá sa zaoberá zmenou prietoku v samostatne merateľných okrskoch pri znížení resp. zvýšení tlaku vo vodárenskom distribučnom systéme a taktiež pedagogickú činnosť KZEI. Tieto zmeny majú vplyv na spotrebu vody a taktiež úniky vody pri regulácii tlakov v nočných hodinách. Objasnenie správania sa prietoku a sním súvisiacej spotreby vody v okrskoch pri regulácii tlakov by malo byť prínosom pre prevádzkovateľov a vlastníkov vodárenských systémov pri znižovaní strát vody vo vodárenskom distribučnom systéme.

1. TLAK VO VODOVODNÝCH SIEŤACH V SR

V zásobovacích a rozvodných radoch vodárenského distribučného systému sa pre zásobovanie vodou využíva tlakový systém dopravy vody, ktorý zabezpečuje dopravu vody zo zdroja do miest spotreby s dostatočným tlakom na vodovodných prípojkách, v zmysle platných noriem a predpisov: *STN 75 5401 - Navrhovanie vodovodných potrubí*, *STN 92 0400 - Požiarne bezpečnosť stavieb*, vyhláška Ministerstva vnútra SR 699/2004 Z. z., *o zabezpečení stavieb vodou na hasenie* a vyhláška MŽP SR 684/2006 Z. z., *ktorou sa ustanovujú podrobnosti o technických požiadavkách na návrh, projektovú dokumentáciu a výstavbu verejných vodovodov a verejných kanalizácií*.

V mieste pripojenia na verejný vodovod musí tlak v potrubí na prípojke spĺňať nasledovné podmienky:

- minimálny tlak 0,25 MPa (0,15 MPa)
- maximálny tlak 0,60 MPa (0,70 MPa)

Podmienka minimálneho tlaku 0,25 MPa t.j. 25 m je daná požiarnymi požiadavkami v prípade, ak vodovod zabezpečuje aj požiarnu potrebu. Ak vodovod nezabezpečuje požiarnu potrebu, môže byť tlak na prípojke znížený na 0,15 MPa v prípade max dvojpodlažnej zástavby, alebo až na 0,1 MPa ak prípojka je situovaná pod zásobným vodojemom, alebo je v odľahlých miestach s max. dvojpodlažnou zástavbou. Minimálny tlak v rozvodnej sieti vzniká v čase maximálnych odberov. V obytných zónach je to vo večerných hodinách, kedy vznikajú najväčšie tlakové straty trením pri prúde vody.

Podmienka maximálneho tlaku 0,6 MPa t.j. 60 m v rozvodnej sieti je daná maximálnou hodnotou tlaku pre armatúry na prípojke a v domových rozvodoch. Platí pre potrubie, na ktorom sú prípojky. Pre prírodné, alebo zásobné potrubia, na ktorých nie sú pripojení spotrebitelia môže tlak dosiahnuť hodnotu, ktorú predpisuje výrobca použitého potrubia. Potrubia a spoje na potrubí sa vyrábajú v rôznych tlakových radách a môžu zniesť tlak aj cez 2 MPa. Maximálny tlak v rozvodnom potrubí vodovodnej siete vzniká v čase najmenších odberov (v nočných hodinách), kedy sa tlaková hydrodynamická čiara blíži čiare hydrostatického tlaku.

V súčasných podmienkach zásobovania vodou v SR sa často stretávame s problémom nedodržania spomenutých predpisov (požadovaných tlakov) v distribučnom systéme. Dôvodom sú hlavne zmenené podmienky spotrebiska a nevhodné rozdelenie tlakových pásiem. Tieto nedostatky je možné riešiť vhodnou optimalizáciou sietí, medzi ktorú patrí aj tlakový manažment, predstavujúci nielen kontrolu maximálneho a minimálneho tlaku ale predovšetkým jeho stabilizáciu, čiže elimináciu amplitúdy kmitov a vzniku tlakových rázov.

2. RIADENIE TLAKU

Riadenie tlaku sa v stručnosti dá definovať ako proces udržiavania hydraulického tlaku v optimálnom rozpätí na požadovanej hodnote (viď. kap.č.1), ktorý je dôležitý pre spoľahlivé a efektívne zásobovanie vodou, a to:

- *zabezpečenie dostatočného tlaku na vodovodných prípojkách pre potreby spotrebiteľa*
- *dopravu vody zo zdrojov do miest spotreby*
- *zabezpečenie dostatočného tlaku na požiarne účely, ak vodovod preberá aj funkciu požiarneho vodovodu*
- *eliminovanie vplyvov nestacionárneho prúdenia v potrubí*

Tlak v distribučnom systéme je určovaný prvkami vodovodu akými sú:

- vodojemy
- čerpacie stanice, ATS
- regulačné armatúry

K riadeniu tlaku sa pristupuje rôznymi formami. Najčastejšie hovoríme o riadení tlaku v tlakových pásmach či samostatne merateľných okrskoch, kde sú vytvorené podmienky pre kontrolu vstupných tlakov a tiež prietokov. Práve vzťah prietoku a tlaku je určujúci pri kontrole systému a preto je ideálnym riešením ich on-line monitorovanie. Prvkami riadenia tlaku sú hlavne body čerpania a regulácie na sieti t.j. automatické čerpacie stanice, regulačné ventily s funkciou regulácie vstupného tlaku a stabilizácie výstupného tlaku do systému. Hlavne v tlakových systémoch a pri dlhých privádzacích potrubíach je dôležité zamedzenie vplyvu nestacionárneho prúdenia. Eliminovať účinky nestacionárneho prúdenia je možné vhodným výberom materiálu potrubí (pružný materiál tlmi rázové vlny), vhodnou ochranou pred náhlým vypnutím a zopnutím čerpadiel, elektrozáverov a pod.

3. TLAK A ÚNIKY VODY

Úniky vody sa definujú ako skutočné straty vody, ktoré unikli z potrubí, armatúr, objektov na sieti a nevyužili sa na svoje určenie. Do skutočných strát vody sa zaraďujú úniky vody:

- v trhlinách na potrubí (porucha potrubia)
- v trhlinách na armatúrach (tečúce poruchy na armatúrach)
- úniky na spojoch v potrubí a armatúrach
- na prelive v akumulačných nádržiach a vo vodojemoch, ...

Do únikov vody sa nezahrňujú straty vody u zákazníka za bodom merania jeho spotreby! Úniky vody sú podmienené hlavne technickým stavom vodovodného systému, delíme ich na:

- **zjavné** (prechádzajú na povrch, poruchy väčšinou sprevádzajú veľké úniky vody z potrubia a dajú sa lokalizovať. Poruchy bývajú obyčajne hlásené obyvateľmi alebo prevádzkou pri kontrole.)
- **skryté** (neprechádzajú na povrch, pôsobia väčšinou dlhodobo. Objavené sú buď náhodou, alebo po dlhšom čase, keď prerastú do poruchy zjavnej.)

Zjavné poruchy väčšinou sprevádzajú veľké jednorázové úniky vody z potrubia a dajú sa lokalizovať. Skryté poruchy pôsobia väčšinou dlhodobo. Objavené sú buď náhodou, alebo po dlhšom čase, keď prerastú do poruchy zjavnej. Celková doba výskytu veľkých zjavných (hlásených) porúch býva oveľa menšia ako doba únikov z menších porúch. I keď prietok pri veľkých poruchách je veľký, malé skryté úniky s trvaním aj niekoľko rokov predstavujú oveľa väčšie straty vody. Najväčší podiel na skrytých únikoch majú vodovodné prípojky (cez 70 % zo skutočných strát), potom sa na stratách podieľajú netesnosti potrubia (12 %), armatúry (cca 7 %) a pod.

Zásadný vplyv na poruchy má pôda, v ktorej je potrubie uložené, spôsob uloženia potrubia, materiál a vek potrubia, kvalita spojov, úniky vody z vodovodných radov, armatúr a prípojok, stav izolácie, korózia, chemické zloženie vody, zmena tlakových pomerov a práce tretích osôb.

Najjednoduchší spôsob ako znížiť objem únikov vody je tlakový manažment. Je preukázané, že ak sa zníži tlak na sieti, zníži sa rýchlosť prietoku vody z existujúcich únikov, znížia sa niektoré zložky spotreby, zníži sa frekvencia nových únikov a prirodzený nárast únikov, predĺži sa životnosť infraštruktúry.

V zahraničnej literatúre sa uvádzajú výsledky z výskumu IWA, kde sa potvrdil vzťah medzi tlakom a rýchlosťou únikov a preukázalo sa, že platí: *množstvo únikov sa mení s tlakom*

$$\frac{L_1}{L_0} = \left(\frac{P_1}{P_0} \right)^{N_1} \quad (1)$$

Vzťah vyjadruje zníženie tlaku z hodnoty P_0 na P_1 , pri zmene úniku vody z hodnoty L_0 na L_1 . N_1 – je exponent, ktorý udáva vplyv úniku od tlaku.

V rovnici je rozhodujúci tlak pomerov (P_1/P_0) a nie ich rozdiel. Hodnota exponentu sa určila na základe nočných skúšok pri znížení tlaku a merania vstupného prítoku a primeraného tlaku v zóne a môže mať hodnotu od 0,5 až 2,5.

Pre úniky na pružných potrubiach je to $N_1=0,5$

Pre úniky na pevných potrubiach je to $N_1=1,5$

Pre väčšie množstvo testov (zaťažených váženým priemerom) sa pomer priemerného tlaku k rýchlosti únikov zvyčajne blížil k lineárnej závislosti (čiže $N_1=1$).

Straty vody vo vodovodných sieťach nie je možné úplne eliminovať. Existuje tzv. technická hranica skutočných strát vody, pod ktorú nie je reálne redukovať úniky vody. Túto hranicu nám udáva ukazovateľ URAL (Unavoidable Annual Real Losses)-nevyhnutné (neodstrániteľné) ročné skutočné straty. UARL predstavujú všetky druhy únikov pre zásobovací systém v dobrých infraštruktúrnych podmienkach, na rýchlo a efektívne opravený systém od všetkých únikov a trhlín spolu s intenzívnou aktívnou kontrolou strát.

4. DOPADY ZMIEN TLAKU VO VODOVODNOM SYSTÉME

Pokles alebo stúpanie tlaku vo vodovodných systémoch je pomerne často sa opakujúci jav na vodárenských systémoch. Oba prípady zmien tlaku môžu mať negatívny vplyv na konečného spotrebiteľa alebo výrobné procesy. Nízke tlakové pomery môžu spôsobiť nedodanie požadovaného množstva vody (a tým vyradenie spotrebičov z prevádzky alebo zastavenie výrobných procesov v prevádzke pri nedostatočnom tlaku, ktoré sa dajú odstrániť zosilňovacími stanicami ATS). Veľké zmeny tlaku, spôsobené najčastejšie rázmi, môžu spôsobiť škodu na spotrebičoch alebo výrobných zariadeniach (ak nie sú osadené zabezpečovacie armatúry). Taktiež náhle zmeny tlaku vody v sieti skracujú priemernú životnosť potrubia a zvyšujú výskyt nových prasklín na potrubí až na 10 násobnú väčšiu hodnotu, ako pri dodávke vody pri rovnakom priemernom tlaku. Manažment tlaku v sieti má za úlohu kontrolovať a podľa potreby regulovať tlakové pomery na vodovodnej sieti. Vytvoreným systémom riadenia v kontrolných bodoch tlakových pásiem, alebo v samostatne merateľných okrskoch distribučného systému môže prevádzka rýchlo reagovať na alarmové hlásenia minimálnych tlakov, ktoré sú obyčajne spojené s únikmi vody.

Dobre navrhnuté a udržiavané tlakové pomery skrývajú viacero dlhodobých výhod:

- *Zníženie výskytu prasklín (3 až 4 násobné zníženie)*
- *Zabezpečenie plynulej dodávky pre odberateľov*
- *Zvýšená schopnosť zabezpečenia protipožiarnej ochrany*
- *Predĺženie životnosti potrubí a zariadení*

5. KONTROLA ÚNIKOV VODY V MERATEĽNÝCH OKRSKOCH

V rámci výskumných a pedagogických prác na Katedre zdravotného a environmentálneho inžinierstva prebiehajú merania tlaku a prietokov vody zamerané na objasnenie vplyvu zmien tlaku na prietok vody a s tým súvisiace úniky vody v samostatne merateľných okrskoch ako aj na celom distribučnom systéme. Pre účely merania boli vybrané vodárenské distribučné systémy mesta Lučenec a Komárno.

Kontrola únikov v spotrebisku Lučenec

Pre vodárenský distribučný systém mesta Lučenec so 100 %-zásobovanosťou obyvateľstva pitnou vodou (28 500 obyvateľov), 90,2 km potrubnej siete (s 2080 prípojkami) a s dvoma tlakovými pásmami, bol vytvorený (kalibrovaný a verifikovaný) matematický model, pomocou ktorého bola rozdelená sieť do 13 samostatne merateľných okrskov (v súčasnosti využívané).

Pre potreby výskumu boli z technického a prevádzkového hľadiska vybrané 3 samostatne merateľné okrsky, ktoré boli prispôbené požiadavkám merania (osadenie dataloggerov, výmena vodomero, tlakových čidiel, nastavenie redukčného ventilu, ...). Hodnoty tlakov a prietokov z okrskov sú zaznamenávané na dispečing a do prenosných dataloggerov.

Postup merania spočíva v regulácii tlaku v danom tlakovom pásme tak, že na redukčnom ventile sa postupne znižuje tlak na požadovanú hodnotu od 0,55 MPa až na 0,35MPa. V merateľných okrskoch sa zaznamenávajú hodnoty tlakov a prietokov. Z nameraných hodnôt sa použijú len nočné prietoky s max. tlakom v distribučnom systéme pri požadovanom nastavení redukčného ventilu.

V súčasnosti boli dokončené merania a prechádza sa na záverečnú časť práce, ktorá sa týka spracovania a vyhodnotenia získaných hodnôt, objasnenie správania sa tlaku a prietoku v samostatne merateľných okrskoch, ako aj vplyvu tlaku na únik vody a s tým súvisiacich poznatkov. Výstupy z meraní budú prezentované na konferencii.

Systém kontroly spotreby a únikov v spotrebisku Komárno-Ďulov Dvor

Na vodovodnej sieti Komárno – Ďulov Dvor bol v rámci testovacích prác vytvorený vzorový merateľný okrsok s diaľkovým odpočtom spotrebiteľských vodomero. Diaľkové odčítanie vodomero znamená jednoduchú technológiu, pri ktorej sa do šachty na vodomer napojí merač snímačov impulzov (REED contact) spolu s miniatúrnym vysielacom. Cez PDA (pocket PC) priamo z automobilu za jazdy po uliciach je možné odčítať spotrebu k nastavenému dátumu. Vodárne KOMVAK prevádzkujúce vodovodnú sieť mesta Komárno postupne osadzujú diaľkové odpočty pre každého významného odberateľa. Systém rádiového diaľkového odčítania vodomero je nový spôsob zefektívnenia práce vodárenských spoločností. Jeho hlavným prínosom je zníženie nákladov na odčítanie vodomero, presné a rýchle odčítanie množstva spotrebovanej vody, možnosť odčítania v presne stanovený dátum (napr. pri zmene ceny vody), vylúčenie ľudského faktora a zrýchlenie fakturácie.

Opísaná technika predstavuje tiež účinný nástroj kontroly nefakturovanej vody a tým aj strát vody. Pri vyhodnotení únikov zo siete v okrsku s diaľkovými odpočtami je možné určiť tiež priamu závislosť tlaku úniky.

Na vstupe do vzorového okrsku Ďulov Dvor je v armatúrnej šachte osadený redukčný ventil a v šachte je zabezpečené meranie tlakov a prietoku do okrsku. Rozpätie tlaku pred jeho redukciou počas dňa je až 0,15 MPa a kolíše v hodnote 0,40 - 0,55 MPa. Redukcia tlaku bola v troch stupňoch nastavená až na hodnotu 0,38 MPa. Pre nastavený tlak bol zaznamenávaný prietok do spotrebiska vždy počas 2 týždňov a pre toto obdobie boli realizované diaľkové odpočty vodomero u spotrebiteľov. Výsledky budú použité k vyhodnoteniu exponenciálneho vzťahu (1) a určeniu koeficientu N_1 . Meracie a vyhodnocovacie práce nie sú ešte uzavreté a budú pokračovať. Počiatočnými meraniami a odpočtami mimo fakturačných termínov boli odhalené manipulácie s vodomermi, alebo úplne odpojenie čítania vodomero, objavené boli „bypassy“ a tiež opačné čítanie (vodomer sa točil naopak). Preto k odvodeniu záverov bude potrebné merania viac krát opakovať.

Merania na vstupe do okrsku i merania spotreby vody u spotrebiteľov poukazujú na pokles únikov netesnosťami z potrubia tak ako aj pokles spotreby vody. Priebežné výsledky poukazujú na exponenciálny vplyv tlaku na úniky v PVC potrubí dlhom 3,6 km, pričom exponent N_1 sa blíži k hodnote 0,5. Ukážky poklesu nočných únikov i spotreby pri poklesu tlaku budú prezentované na konferencii.

6. ZÁVER

Manažment tlaku v distribučných systémoch patrí k základným kontrolným prvkom riadenia distribučného systému. I keď vplyv poklesu tlaku na pokles únikov nie je z hľadiska znižovania strát významný, jeho podiel vyjadruje technický stav potrubí a armatúr. Podľa korešpondencie tlaku a únikov je možné identifikovať charakter únikov, ich zastúpenie a vývoj pri zvyšovaní či znižovaní tlaku. Meracie práce na katedre sú zamerané preto na určenie možností charakterizovať daný systém a jeho

technický stav pre posúdenie únikov vody. Práve takéto možnosti sú dané dôsledným meraním nielen prietokov, ale aj spotreby u spotrebiteľa ako aj tlakov na sieti.

„Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu vedy a techniky na základe Zmluvy č. APVT-20-031804 a grantovej výskumnej úlohy VEGA 1/3313/06, ktoré sú riešené na Katedre zdravotného a environmentálneho inžinierstva SvF STU v Bratislave.“

LITERATÚRA

- [1.] Kriš J., Analýza tlakových pomerov vo verejných vodovodoch, Štúdia, Bratislava 2005
- [2.] Tóthová K., Dubová V., Hydraulické posúdenie vodovodnej siete mesta Lučenec, Štúdia, Bratislava 2000
- [3.] Faško M., Hodnotenie vodárenských dopravných systémov, Práca dizertačného minima, Bratislava 2006
- [4.] Trow S, Farlay M., Developing a Strategy for Leakage Management in Water Distribution System, Water Science and Technology, Water Supply. Vol. 4, No 2, 2004
- [5.] Gullick R., Lechevalier M., Case J., Wood D., Funk J., Friedman M., Application of Pressure Monitoring Modeling to Detect and Minimize Low Pressure Event in Distribution System, JWS: Research and Technology – AQUA, IWA Publishing 2005
- [6.] Kriš a kolektív. Vodárenstvo I. Zásobovanie vodou. Vydavateľstvo STU Bratislava 2006, ISBN 80-227-2426-2
- [7.] Vyhláška Ministerstva vnútra SR 94/2004 Z. z., ktorou sa ustanovujú technické požiadavky na protipožiarnu bezpečnosť pri výstavbe a pri užívaní stavieb
- [8.] Vyhláška Ministerstva vnútra SR 699/2004 Z. z., o zabezpečení stavieb vodou na hasenie.
- [9.] STN 75 5401 Navrhovanie vodovodných potrubí
- [10.] EN 805, STN 75 5403 Vodárenstvo - Požiadavky na systémy a súčasti vodovodov mimo budov.
- [11.] STN 92 0400 z februára 2005 Požiarne bezpečnosť stavieb . Zásobovanie vodou na hasenie požiarov
- [12.] Vyhláška MŽP SR 684/2006 Z. z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o technických požiadavkách na návrh, projektovú dokumentáciu a výstavbu verejných vodovodov a verejných kanalizácií.
- [13.] Dubová, V.: Korózia ako významný faktor životnosti potrubia. In: Zborník z 5. jubilejného ročníka konferencie Vodovody, kanalizácie, odpady. Tatranská Štrba, 29.11.-1.12.2006. s. 37-44. ISBN : 80-232-0270-7