

BAZE PODATAKA I HIDRAULIČKI MODEL KAO OSNOVA ZA SMANJENJE GUBITAKA U VODOVODNOM SISTEMU

DATABASES AND HYDRAULIC MODEL AS A BASIS FOR REDUCTION WATER LOSSES IN WATER SUPPLY SYSTEMS

MIODRAG BABIĆ¹
NIKOLINA MAJDANAC²
NOVAK PREDOJEVIĆ³

Pregledni naučni rad
DOI: 10.5937/GV25051

Rezime: Gubici vode koji se javljaju u vodovodnim sistemima trenutno predstavljaju jedan od globalnih problema. Ako se posmatraju raspoloživi benčmarking podaci može se zaključiti da samo mali broj zemalja u svijetu ima gubitke u vodovodnoj mreži koji su na zadovoljavajućem nivou, dok većina država i njihova vodovodna preduzeća imaju gubitke koji su iznad 40%. Vodovodni sistemi i preduzeća koja upravljaju navednim sistemima suočavaju se sa značajnim izazovima u pogledu upravljanja resursima, posebno u segmentu smanjenja gubitaka vode. Gubici u vodovodnim mrežama predstavljaju ne samo tehnički i ekonomski problem, već i problem sa aspekta održivosti i odgovornog upravljanja vodnim resursima. Ključnu ulogu u efikasnom upravljanju vodovodnim sistemima imaju baze podataka i hidraulički modeli. Baze podataka omogućavaju detaljno mapiranje i spoznaju čim se sve upravlja, dok hidraulički model omogućava simulaciju i analizu mreže, uz identifikaciju kritičnih tačaka i potencijalnih gubitaka. Formiranjem podrobne i centralizovane baze podataka vodovodnog sistema, te implementacijom hidrauličkog modela, otvara se mogućnost za detaljnu analizu i zoniranje mreže, uključujući kreiranje tzv. DMA (District Metered Areas) zona i virtuelnih DMA zona te zona u kojim se upravlja pritiscima što je ključno u smanjenju gubitaka. Sve navedeno omogućavaju kontinuirani monitoring sistema i analizu potrošnje te pravovremeno reagovanje u toku redovnog održavanja sistema i sistematično smanjenje gubitaka.

Ključne riječi: vodovodni sistemi, gubici, baze podataka, hidrauličko modeliranje

¹ Miodrag Babić, „Hydro Consulting“ s.p, Vidovdanska 2, Gradiška, Bosna i Hercegovina
miodragbabicv@gmail.com

² Nikolina Majdanac, „AquaSave“ s.p, Branka Majstorovića 3, Banja Luka, Bosna i Hercegovina, majdanacnikolina@gmail.com

³ Novak Predojević, KP „Vodovod“ a.d, Kozarskih brigada 36a, Gradiška, Bosna i Hercegovina, nolep67@gmail.com

Abstract: Water losses in water supply systems currently represent one of the major global challenges. Benchmarking data indicates that only a small number of countries maintain water losses within acceptable levels, while the majority of nations and their utility companies report losses exceeding 40%. Water utilities and the systems they manage face significant challenges in resource management, particularly when it comes to reducing non-revenue water.

Losses in water distribution networks pose not only technical and economic issues, but also sustainability and responsible water resource management concerns. Databases and hydraulic models play a key role in the efficient management of water supply systems. Databases enable detailed mapping and a comprehensive understanding of the assets being managed, while hydraulic models allow for network simulation and analysis, helping to identify critical points and potential loss areas.

By establishing a detailed and centralized database of the water supply system and implementing a hydraulic model, utilities can conduct in-depth network analysis and segmentation. This includes the creation of DMA (District Metered Areas), virtual DMAs, and pressure management zones — all of which are essential tools in the effort to reduce water losses. These approaches facilitate continuous system monitoring, consumption analysis, and timely interventions during routine maintenance, thereby supporting a systematic reduction of losses.

Key Words: Water Supply Systems, Water Losses, Databases, Hydraulic Modeling.

1. Uvod

Vodovodna preduzeća, kako u regionu tako i u cijelom svijetu, upravljajući vodovodnom mrežom imaju zadatak da kroz aktivnosti redovnog održavanja konstantno rade na smanjenju gubitaka u mreži. Pojava gubitaka, u smislu razlike između proizvedene i fakturisane vode potrošačima, je u vodovodnom sistemu neizbježna. Ono što treba posebno naglasiti je da je problem gubitaka ili nefakturisane vode posljednjih godina postao značajniji, prvenstveno zbog sve više izraženih klimatskih promjena, pojave suša, povećanja broja stanovnika na planeti, a potom i zbog konstantnog povećanja cijene električne energije neophodne za rad sistema vodosnabdijevanja. Ako se posmatraju izvještaji koji su posljednjih godina rađeni i odnose se na sektor vodosnabdijevanja kako u svijetu, tako i u regionu, može se zaključiti da je ovaj problem globalni i sve više izražen u većini država. Ako se posmatra region gubici vode su u prosjeku 50%, uz napomenu da se oni kreću u rasponu od 35% pa preko 70% u zavisnosti od vodovodnog preduzeća, a mali je broj preduzeća u regionu koji ima gubitke ispod 30%.

Najveća odgovornost za smanjenje gubitaka je na vodovodnim preduzećima, koja i upravljaju vodovodnim sistemima. Smanjenje neprihodovane vode direktno utiče na poboljšanje performansi preduzeća kroz bolje finansijsko i operativno poslovanje preduzeća. Takođe, pozitivno utiče na zaštitu ekosistema, jer se racionalnije koriste vodni resursi i smanjuje se emisija stakleničkih plinova zbog

manje potrošnje energije. Bitno je napomenuti da se povećava i otpornost na pojavu suše kao jednu od posljedica klimatskih promjena na ovim prostorima.

Kada je riječ o smanjenju gubitaka neophodno je napomenuti da se u regionu preduzimaju određene aktivnosti, ali trenutno većina vodovodnih preduzeća ne može reći da ima velikog uspjeha u rješavanju ovog problema. Praktično, postižu se određeni rezultati, ali oni se često ne odnose na cijeli sistem, nego na njegove pojedine dijelove. Postoji više razloga za to. Prvenstveno problem neprihodovane vode je teško kvantifikovati, jer se u tom slučaju trebaju raditi mjerenja svih vidova neprihodovane vode, što vodovodna preduzeća u regionu nisu u mogućnost. Drugi problem je nedostatak baza podataka, prvo tehničke baze podataka cjevovoda i objekata, a potom i nepotpunost komercijalne baze podataka i pretežno stari vodomjeri u sistemu.

U većini slučajeva može se zaključiti da je u regionu slabo zastupljeno mjerenje hidrauličkih parametara, a tamo gdje postoje mjerači upitna je njihova tačnost. Bitan problem, koji je neophodno riješiti, je i nedostatak sredstava, jer se u cijelom regionu ne može reći da vodovodna preduzeća imaju odobrenu ekonomsku cijenu vode, koja će omogućiti ulaganje u sve vidove održavanja i unapređenja sistema, nego se cijenom vode pretežno uspijeva servisirati samo redovno održavanje. Ne treba zanemariti i nedostatak kvalifikovanog kadra koji je ključan za rad na terenu i postizanje značajnijih rezultata.

Može se postaviti pitanje na koji način da vodovodna preduzeća pristupe rješavanju problema neprihodovane vode, te na koji način da postignu određeni vidljiv rezultat uz ulaganja sredstava koja su im na raspolaganju.

Postoji nekoliko alata koji se mogu primjeniti za smanjenje neprihodovane vode:

- Unapređenje postojećih baza podataka;
- Centralizacija baza podataka u GIS-u;
- Mjerenja hidrauličkih parametara (protok i pritisak);
- Hidrauličko modeliranje i optimizacija mreže;
- Formiranje virtualnih DMA zona i detekcija kvarova;
- Izgradnja ljudskih kapaciteta;
- Formiranje DMA zona;
- Upravljanje pritiscima;
- Smanjenje komercijalnih gubitaka i prividnih gubitaka.

Prvih pet alata mogu se smatrati osnovnim, jer ne zahtijevaju značajna ulaganja. Posebno kada je riječ o unapređenju baza podataka, u mnogim slučajevima vodovodna preduzeća ih mogu implementirati koristeći sopstvene resurse. Izgradnja

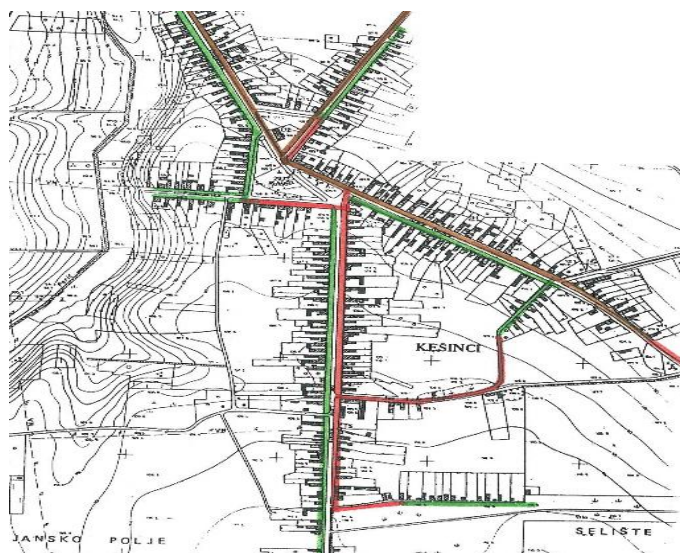
kapaciteta je administrativni alat i on se mora uzeti u obzir odmah na početku preduzimanja aktivnosti, jer je temelj za postizanje pozitivnog rezultata.

Ostali pobrojani alati su efikasni, ali iziskuju znatno više ulaganja, a pri tom se ne može očekivati pozitivan rezultat u smanjenju neprihodovane vode primjenom ovih alata ako se prvo nisu unapredile baze podataka, a potom putem hidauličkog modeliranja izvršila optimizacija mreže. Tek kada je urađena optimizacija mreže može se pristupiti formiranju prvo virtualnih, a potom i stalnih DMA zona i efikasnom upravljanju pritiscima i sistematičnom praćenju parametara na vodovodnoj mreži.

2. Baze podataka

Posljednjih godina sve se više daje značaj bazama podataka, koje predstavljaju osnovu modernog upravljanja određenim sistemom. Kada posmatramo vodovodne sisteme i upravljanje njima, neophodno je imati centralizovanu bazu podataka koja je osnova za redovno održavanje, ali i unapređenje sistema, jer se može upravljati samo onim što smo identifikovali i znamo da postoji.

Često se u vodovodnim preduzećima koristio neki CAD program kao alat za formiranje baze podataka, u tehničkom smislu (slika 1).



Slika 1. Prikaz baze podataka u CAD okruženju

Baza podataka formirana na gore prikazani način je dobra osnova ili dobar početak, ali ne može se na ovaj način kreirati centralizovana baza podataka. Vodovodna preduzeća, za potrebe svakodnevnog rada, moraju kreirati daleko deta-

ljnije baze podataka koje moraju omogućiti sistematsko prikupljanje, skladištenje, obradu i analizu podataka o elementima mreže, tj. cjevovodima, armaturama, objektima, priključcima, korisnicima, potrošnji korisnika, mjerenjima, kvarovima, radnim nalogima, utrošenom materijalu, DMA zonama, aktivnostima na smanjenju gubitaka.

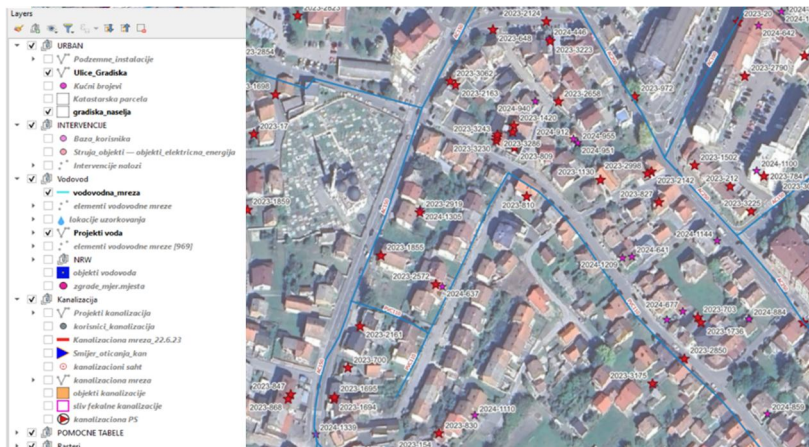
Na ovaj način formira se centralizovana baza podataka (objedinjenje tehničke, komercijalne baze podataka, baze mjerenja i SCADA sistema, skladišta) koja omogućava sveobuhvatno upravljanje vodovodnim sistemom čije su glavne prednosti:

- Pregledna i precizna evidencija svih elemenata vodovodne mreže;
- Mogućnost praćenja stanja sistema putem evidencije kvarova, potrošnje, pritisaka, inspeksijskih obilazaka, zamjene elemenata mreže i vodomjera, kontrole potrošača, kontrole stanja u skladištu;
- Mogućnost preciznih analiza, izrade detaljnih izvještaja;
- Planska zamjena, rekonstrukcija i proširenje mreže;
- Stvorena je dobra osnova za izradu preciznog hidrauličkog modela i njegovo povezivanje s podacima mjerenja hidrauličkih parametara, čime se omogućava efikasno korišćenje baze podataka i modela za analizu stanja sistema i identifikaciju potencijalnih žarišta gubitaka u vodovodnoj mreži.

Takođe, bitno je naglasiti da će kreiranje baze podataka na opisani način uticati na smanjenje gubitaka, jer je u toku formiranja baze i prikupljanja podataka potrebno provesti dosta vremena radeći na terenu i mreži. Terenski radovi zahtjevaju obilazak i snimanje mreže, snimanje stanja u svim revizionim oknima, evidenciju potrošača, geodetsko snimanje svih vodomjernih okana, obilazak i evidenciju svih objekata.

U toku navedenih aktivnosti biće otkriveno dosta postojećih kvarova na fazonskim komadima i armaturama, u vodomjernim oknima, biće otkriveni pojedini nelegalni priključci, neispravni vodomjeri, što će pozitivno uticati na smanjenje gubitaka. Prema određenim procjenama iz prakse unapređenje baze podataka može uticati na smanjenje neprihodovane vode za 4% u nekom vodovodnom preduzeću, što nije zanemarljivo, posebno sa stanovišta što ove aktivnosti ne iziskuju velika finansijska ulaganja i vodovodi ih u dosta slučajeva mogu realizovati dijelimično sopstvenim snagama.

Savremene baze podataka koje su opisane se najčešće formiraju korištenjem geografskog informacionog sistema (GIS), koji omogućava prostornu prezentaciju, arhiviranje te analizu infrastrukture. Praktično GIS predstavlja kombinaciju mape, baze podataka i analitičkog alata na jednom mjestu, što se može vidjeti na slici 2.



Slika 2. Prikaz baze podataka u GIS okruženju

U ovom slučaju GIS predstavlja alat koji može značajno da unapredi rad, efikasnost i kvalitet usluga u svim sektorima vodovodnog preduzeća:

- Tehnički sektor koristi bazu podataka za mapiranje infrastrukture, kvarova, intervencija, radnih naloga, te raznih drugih aktivnosti. Takođe, uneseni podaci se mogu koristiti za planiranje održavanja i proširenja mreže.
- Sektor kvaliteta vode može bazu koristiti za praćenje i analizu podatka o kvalitetu vode kroz istoriju, a i za identifikaciju izvora zagađenja ili određenih problema.
- Komercijalni sektor i korisnička služba koristi bazu za unapređenje komunikacije sa korisnicima, pružanje tačnih informacija o radovima ili planiranim prekidima vodosnabdijevanja, preciznije odgovore na pritužbe korisnika kroz identifikaciju tačnih lokacija problema.
- Menadžment koristi bazu podataka i informacije koje se nalaze u istoj za donošenje odluka, analizu raspoloživih resursa, planiranje investicija u infrastrukturu, prioritetima održavanja, razvoja, izradu izvještaja. Na ovaj način formiraju se bolji izvještaji i planovi koji su zasnovani na tačnim informacijama, a ne na pretpostavkama.

3. Hidraulički model

Hidraulički model vodovodnog sistema je praktično matematička prezentacija vodovodne mreže koja simulira pritiske, protoke, potrošnju te gubitke u realnom ili nekom pretpostavljenom vremenskom periodu. Može se reći da hidraulički model jednog vodovodnog sistema mora biti digitalni blizanac tog vodovodnog sistema. Ako je korektno formiran i sadrži kvalitetne ulazne podatke, hidraulički model treba

omogućiti operativno planiranje kako rekonstrukcije, tako i sistematskog proširenja vodovodne mreže. Takođe, treba omogućiti analizu raspoloživih kapaciteta mreže i objekata, razradu strategije za optimizaciju mreže, definisanje DMA zona i zona za moguće smanjenje pritisa, identifikaciju područja sa izraženim gubicima, te na taj način doprinosti smanjenju neprihodovane vode.

3.1. Ulazni podaci

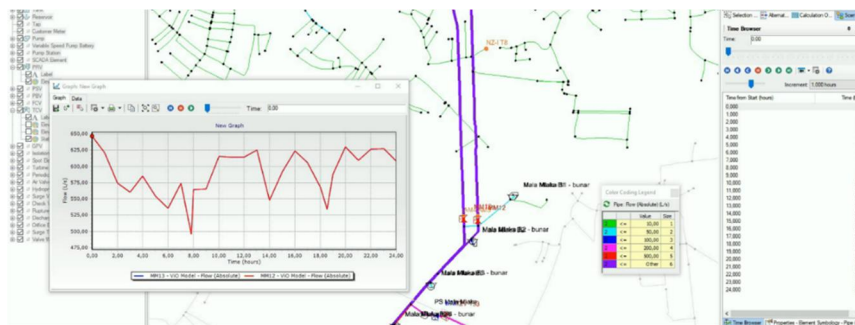
Hidraulički model funkcioniše na osnovu rješavanja hidrauličkih jednačina kontinuiteta i energije te pri tom uzima u obzir sledeće ulazne podatke:

- Dužinu mreže,
- Profil cjevovoda,
- Materijale cjevovoda i hrapavost istih,
- Visinski položaj mreže i objekata,
- Veze u čvorovima,
- Potrošnju sistema koja se svodi na čvornu potrošnju (može se uzeti u obzir stvarna potrošnja ili pretpostavljena u slučaju planiranja proširenja mreže),
- Režime rada pumpi (krive, troškovi energije),
- Rezervoare – zapremine, dubina vode,
- Izvorišta – ukupna proizvodnja,
- Ostali objekti poput reducira.

Tačnost hidrauličkog modela zavisi od tačnosti i kvaliteta ulaznih podataka i u tom se ogleda važnost baza podataka i arhiviranja podataka u iste. Objedinjena i detaljna baza podataka, kako je opisano u tački 2 BAZE PODATAKA, prvo će omogućiti bržu pripremu informacija a potom i tačnije ulazne parametre koji će uticati na tačnost simulacije koja se radi.

3.2. Izlazni podaci

Primjer hidrauličkog modela dat je na slici 3.



Slika 3. Primjer hidrauličkog modela

Izlazne informacije koje su rezultat hidrauličkog modela vezane su za elemente:

- Cjevovodi – brzina, protok, mogući gubici vode (pozicije i lokacije), istraživanje gubitaka i potvrda na terenu,
- Čvorovi – ukupna potrošnja i pritisci,
- Pumpne stanice – protoci i pritisci,
- Rezervoari – ulazni protoci, nivo vode i izlazni protoci,
- Izvorišta – protoci, pritisci.

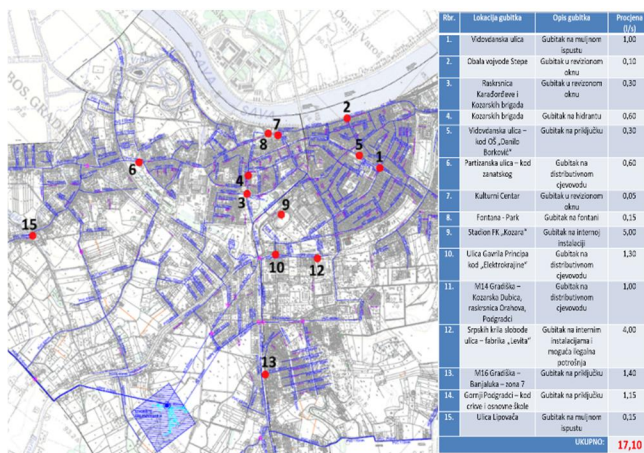
Ne mogu se očekivati kvalitetni rezultati iz hidrauličkog modela, ako ulazni podaci nisu tačni i sistematično pripremljeni. Takođe, za izlazne podatke su od presudne važnosti i kvalitetna mjerenja hidrauličkih parametara na više lokacija.

3.3. Priprema baza podataka i hidrauličkog modela

Izrada kvalitetnog hidrauličkog modela isključivo zavisi od pripreme baza podataka te je potrebno pažljivo isplanirati i usaglasiti različite izvore podataka i sve realizovati u više faza:

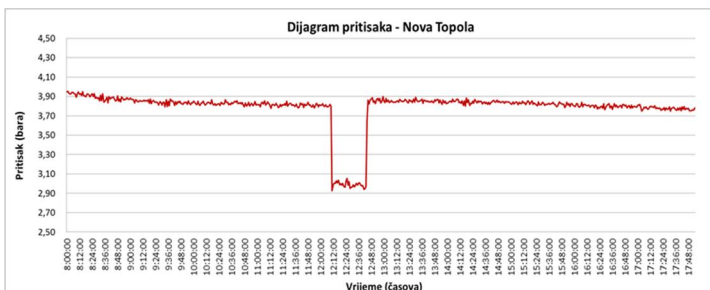
- Prikupljanje raspoloživih podataka kao što su katastarske podloge, digitalni model terena, geodetska mjerenja, posebno određivanje nadmorske visine, projekti izvedenog stanja, tehnički listovi opreme, različiti nacrti i detalji, evidencije kvarova i radni nalozi, mjerenja iz SCADA sistema, mjerenja sa mreže, očitavanja potrošnja kod korisnika. Bitno je naglasiti ako je jednom vodovodu formirana GIS baza podataka koja je centralizovana i ažurirana, onda je posao na prikupljanju podataka daleko lakši i jednostavniji, a efikasno upravljanje vodovodnom mrežom iziskuje tačne i ažurirane podatke. Može se zaključiti da kartografski podaci, podaci o opremi, objektima i cjevovodima te mjerenjima predstavljaju osnovu prvo GIS baze podataka, a potom su osnova za kalibraciju hidrauličkog modela i na kraju za analizu gubitaka. Praktično bez kvalitetnih ulaznih podataka rezultati hidrauličke analize mogu biti nepouzdana i dovesti do pogrešnih odluka.
- Mjerenja hidrauličkih parametara na terenu predstavlja takođe bitnu i neophodnu fazu kako za inicijalni model, tako i za kalibraciju i validaciju hidrauličkog modela. Hidraulički parametri, koji se obavezno moraju mjeriti na više karakterističnih lokacija na sistemu su:
 - pritisci na vodoizvorištima, potrošačka središta, najviše tačke sistema, pumpne stanice na ulazu i izlazu, lokacije velikih potrošača, ulazi u DMA zone,
 - protoci na vodoizvorištima, mjerna mjesta na tranzitnim cjevovodima, pumpne stanice, rezervoari, ulazi i izlazi DMA zone,
 - mjerenje potrošnje kod potrošača je neophodno za validaciju i kalibraciju sistema te grupisanje potrošnje po vremenskim periodima za potrebe simu-

- lacije. Idealno je da se na sistemu odredi više potrošača (domaćinstva, industrija, ustanove) kod kojih će se minutno mjeriti protoci barem 24 časa,
- o terenska istraživanja lokacija kvarova je neophodno planirati u period mjerjenja hidrauličkih parametara na mreži, jer se na taj način koriste i rezultati mjerjenja za otkrivanje kvarova kao i za pripreme radove za izradu hidrauličkog modela,

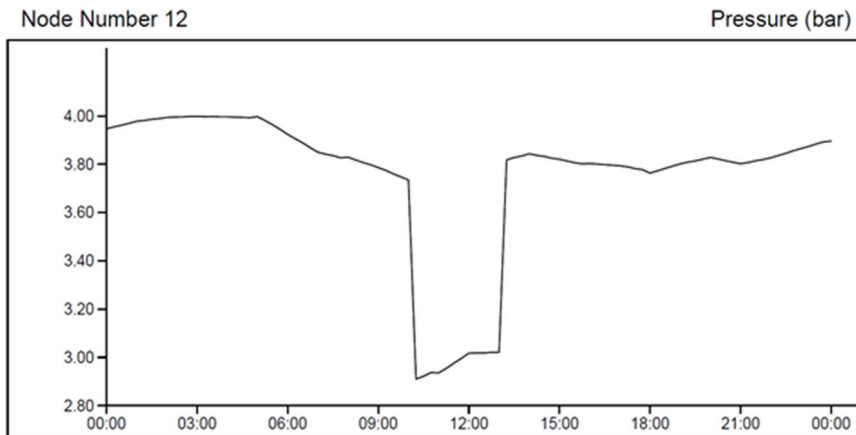


Slika 4. Primjer terenskih istraživanja

- kreiranje hidrauličkog modela je faza koja slijedi nakon pripremnih radnji i terenskih mjerjenja te se sastoji od kreiranja inicijalnog modela u koji se unose prikupljene informacije, potom kalibracije istog koja se radi na osnovu podataka mjerjenja hidrauličkih parametara tako što se simulirane vrijednosti pritiska i protoka porede sa stvarnim vrijednostima koje su izmjerene. Kalibracija predstavlja jedan od najvažnijih koraka. U procesu kalibracije potrebno je izvršiti i podešavanje hrapavosti cijevi, potrošnje, režima rada pumpi i uraditi validaciju modela kroz nekoliko vremenskih perioda. Model zahtjeva kontinuirano ažuriranje i kalibraciju u skladu sa realnim mjerjenjima.



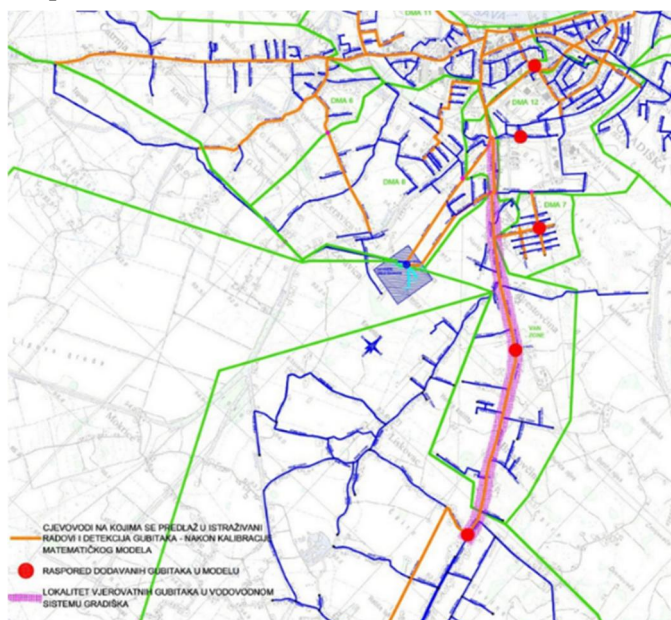
Slika 5. Stvarno izmjerena vrijednost pritiska



Slika 6. Vrijednost pritiska kalibrisani hidraulički model

3.4. Primjena hidrauličkog modela u smanjenju gubitaka

Već je naglašeno da prvi rezultati vezani sa smanjenje gubitaka se postižu u toku pripremnih aktivnosti u smislu formiranja baze, provjere podataka na terenu i naročito u toku rada na mjerenjima hidrauličkih parametara i terenskih istraživanja što je konkretno prikazano na slici 7.



Slika 7. Potencijalna lokacija pojave kvarova definisana poređenjem

Osim navedenog hidraulički model se može koristiti u procesu smanjenja gubitaka na sledeći način:

- Poređenjem vrijednosti minimalnih noćnih protoka mogu su odrediti lokacije sa određenim anomalijama – primjer slika 7,
- Otkrivanje zona sa visokim razlikama pritiska u odnosu na simulirane pritiske u kalibrisanom modelu,
- Optimizacija pumpanja i smanjenje uticaja hidrauličkog udara,
- Planiranje DMA zona uz pomoć hidrauličkog modela.

Do sada su u radu opisani osnovni alati koji su temelji za smanjenje neprihodate vode i omogućavaju dalju nadogradnju prvenstveno u vidu formiranja DMA zona.

3.5. DMA zone

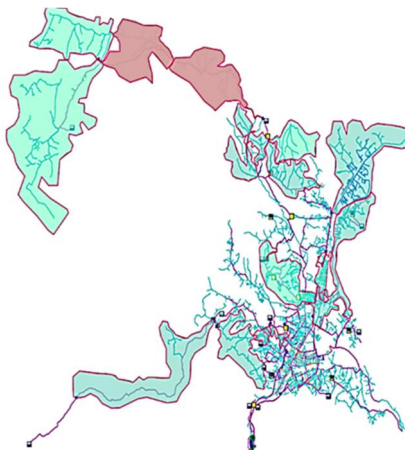
DMA (District Metered Area) zone ili osnovne zone bilansiranja, predstavljaju izolovane dijelove vodovodne mreže, koje se formiraju radi precizne kontrole protoka i pritisaka u njima, a samim tim i permanentnog nadzora gubitaka i mogu se definisati kao dio vodovodnog sistema koji ima jedan ili više ulaza i izlaza na kojima se mjere protoci, a od ostalog dijela sistema se izoluje ili blindiranjem cijevi ili postavljanjem izolacionih zatvarača. DMA zone trebaju biti definisane na jednostavan način da bi se zadovoljili zahtevi kontrole bilansa i detekcije kvarova na mreži, a da pri tom ne narušavaju uredno vodosnabdijevanje i kvalitet vode.

Da bi se formirale DMA zona potrebno je izvršiti izmjene na mreži, kao što je blindiranje pojedinih krakova vodovodne mreže i zatvaranje zatvarača, što može uticati na pritiske u sistemu, na kvalitet snabdijevanja potrošača ili čak negativno na kvalitet vode. Bitno je naglasiti da za formiranje DMA zone postoje samo preporuke, koje je dala Međunarodna asocijacija za vode (IWA), kao što su:

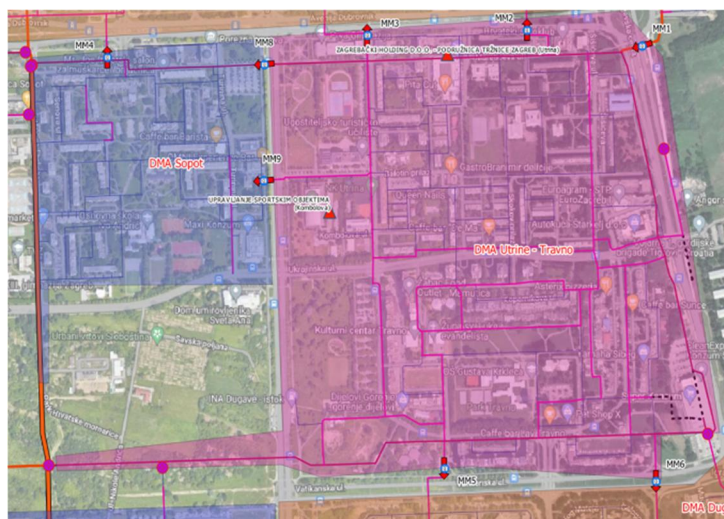
- Veličina zone od 1.000 do 3.000 priključaka.
- Broj stanovnika u jednoj zoni 2.500 – 12.500.
- Ukupna dužina mreže od 5 km do 30 km.
- U zoni se ne bi trebala nalaziti pumpna stanica ili rezervoar.

Imajući u vidu vodovodne mreže kojim upravljaju vodovodna preduzeća u regionu može se zaključiti da se često ne mogu ispoštovati gore navedene preporuke, a da se negativno ne utiče na neki vid vodosnabdijevanja ili da se potpuno iz DMA zona izostave pumpne stanice i rezervoari. Takođe, stalne DMA zone iziskuju intervencije na mreži, blindiranje cjevovoda, ugradnju novih zatvarača, izgradnju stalnih mjernih mjesta te nabavku i instaliranje mjerene opreme u mjerna mjesta za što je potrebno obezbjediti nekada i značajna finansijska sredstva.

U tom slučaju rješenje za pitanje smanjenja neprihodovane vode mogu biti virtualne DMA zone za čije formiranje se koristi prvo kalibrirani matematički model, a potom aktivnosti na vodovodnoj mreži.



Slika 8. Primjer formiranih DMA zona



Slika 9. Primjer formiranih virtualnih DMA zona

Negativnost je nemogućnost upravljanja pritiscima u tako formiranim zonama. Prednosti korišćenja virtualnih DMA zona na sistemima kojim se upravlja u regionu su: znatno manja finansijska ulaganja, za mjerna mjesta se koriste postojeći šahtovi, lakša montaža mjerne opreme, koristi se prenosiva mjerna oprema, protoci se mogu

mjeriti dvosmjerno, nema „slijepih“ krakova vodovodne mreže, što je bitno sa stanovišta kvaliteta vode, nema ograničenja sa stanovišta dužine mreže u zoni i broja priključaka, veća fleksibilnost, minimalan broj zatvorenih zatvarača. Sve navedeno daje mogućnost da se gubici prate i kontrolišu uz manje uloženi sredstava.

4. Zaključak

Upravljanje vodovodnim sistemima postaje sve složeniji proces u regionu, prvenstveno zbog starosti mreža, u dosta slučajeva ograničenih finansijskih sredstava i klimatskih promjena koje se ogledaju u čestim pojavama suša. Korišćenje tehnologija za formiranje i centralizaciju baza podataka predstavlja temelj za upravljanje sistemom, a hidraulički model predstavlja osnovu za unapređenje sistema. Upotrebom ova dva alata moguće je značajno smanjiti gubitke vode u vodovodnim sistemima te stvoriti dobre predušlove za sistematičan nastavak aktivnosti u borbi sa neprihodovanom vodom.

Kroz izradu baza podataka u GIS-u, prikupljanje i unapređenje podataka u bazama omogućava se spoznaja šta se posjeduje i čim se upravlja, a formiranjem hidrauličkog modela postiže se efikasno praćenje pritiska, protoka, potrošnje, identifikacija kritičnih tačaka i promjena te na taj način lociranje zona u kojim se javljaju gubici u vodovodnoj mreži. Takođe, stvara se osnova za definisanje kako virtuelnih tako i stvarnih DMA zona koje omogućavaju konstantno praćenje i pravovremenu reakciju u slučaju pojave gubitaka u tim dijelovima vodovodne mreže, a onda i cijelog sistema.

Treba imati na umu da je vodovodna infrastruktura ključna za razvoj svakog društva i zbog sve većeg uticaja suša u regonu potrebno je posebnu pažnju obratiti na problem gubitaka vode. Iz navedenog razloga svi vodovodni sistemi, bez obzira na veličinu, moraju unaprijediti svoje baze podataka, a potom razmišljati i o optimizaciji sistema. Navedeno će pomoći u smanjenju gubitaka, ali će povećati otpornost cijelog društva na klimatske promjene.

U budućnosti će se morati mnogo više ulagati u unapređenje tehnologija, ali i ljudskih resursa koji će raditi sa navedenim tehnologijama. Pristup koji uključuje sve aspekte, od planiranja do operativne primjene, će dovesti do efikasnog i održivog upravljanja vodovodnim sistemima.

5. Literatura

- [1] D. Ziegler, F. Sorg, P. Falis, L. Happich, J. Badder, R. Trujillo, D. Mutz, *Uputstvo za smanjenje gubitaka*, GIZ, 2014.
- [2] Rimeika, M., & Jurkienė, A. *Use of hydraulic model for water loss reduction*. Mokslas – Lietuvos Ateitis/Science – Future of Lithuania, 8(4), 461–467, 2016.

- [3] Alegre H, Baptista J.M, Cabrera E, Cubillo F, Duarte P, Hirner W, Merkel W. & R. Parena, *Performance Indicators for Water Supply Services*. - Second Edition, Manual of Best Practice, IWA Publishing, London, UK. ISBN 1843390515, 2006.
- [4] Koelbl, J, Virtual Zone Monitoring.- Conference Proceedings *IWA Water Loss Conference*, Vienna, Austria, 2014.
- [5] Interna dokumentacija „Vodovod“ a.d. Banjaluka.
- [6] Interna dokumentacija KP „Vodovod“ a.d. Gradiška.
- [7] Interna dokumentacija i benčmarking izvještaji Miodrag Babić.