

IDEJNO REŠENJE VODOSNABDEVAJA NASELJA ŽABALJ I ĐURĐEVO

IDEAL SOLUTION FOR WATER SUPPLY OF THE SETTLEMENT OF ŽABALJ AND ĐURĐEVO

Nina Pavlović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj –U okviru rada predstavljeno je idejno rešenje vodosnabdevanja naselja Žabalj i Đurđevo. Cilj rada je bio unapređenje mreže, predlaganjem jednog idejnog rešenja vodosnabdevanja na osnovu zadatih potreba, sprovedene hidrauličke analize, te potrebe za vodom odgovarajućeg kvaliteta. Hidraulička analiza i analiza kvaliteta vode su sprovedeni u okviru programskog paketa EPANET.

Ključne reči: vodosnabdevanje, hidraulička analiza, kvalitet vode

Abstract –The paper presents some of the possible solutions for water supply of the settlement of Žabalj and Đurđevo. The aim of this paper was to improve the current networks, by proposing an ideal solution of water supply based on the given requirements, conducted hydraulic analysis and the need for water of appropriate quality. Hydraulic analysis and water quality analysis were conducted within the EPANET software package.

Keywords: water supply, hydraulic analysis, water quality

1. POSTOJEĆE STANJE VODOVODNE MREŽE

Vodosnabdevanje na teritoriji opštine Žabalj organizovano je preko četiri odvojene vodovodne mreže (Žabalj, Čurug, Đurđevo i Gospodinci). Sva četiri vodovoda izgrađena su krajem 70-tih godina, većinom od azbestnih cevi, te je neophodna kompletna zamena svih cevi. Naselje Žabalj se vodom snabdeva sa naseljskog izvorišta lociranog na severozapadu naselja, a voda se crpi preko tri bušena bunara.

Ukupni kapacitet izvorišta nije trenutno dovoljan da pokrije maksimalnu satnu potrošnju, te se u špicovima potrošnje javlja deficit koji se ne može pokriti sa pomenutim sabirnim rezervoarom.

Vodovodna mreža naselja sastoji se iz osnovne (primarne) i sekundarne mreže. Osnovnu vodovodnu mrežu čine azbestcementne cevi prečnika od Ø 80 do Ø 300 mm, a sekundarnu, pocinkovane cevi prečnika od Ø 25 do Ø 30 mm [4]. Stanovništvo naselja Đurđevo snabdeva se vodom iz naseljskog vodovoda čija izgradnja je počela još 1970. godine kada je izbušen prvi bunar i položena ulična mreža.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio doc. dr Matija Stipić.

Sistem naseljskog vodovoda se sastoji iz izvorišta na kojem su izbušena tri bunara, zatim rezervoara zapremine 50 m³, hidroforske stanice i razvodne distributivne mreže. Sva tri bunara, u pogledu hemijskog sastava, imaju vode lošeg kvaliteta, a to se može zaključiti iz hemijske analize vode za piće. Distributivna mreža u naselju se sastoji iz osnovne (primarne) i sekundarne mreže. Osnovnu mrežu čine prečnici Ø 200 mm, Ø 100 mm i Ø 80 mm, koji su raspoređeni po glavnim naseljskim ulicama. Sekundarna mreža se sastoji od pocinkovanih cevi prečnika Ø 25 i Ø 20 mm i raspoređena je u preostalim ulicama u naselju [5]. U proteklom periodu urađeno je nekoliko projekata i analiza o mogućnosti vodosnabdevanja naselja Žabaljske opštine. Na osnovu tih analiza, došlo se do zaključka da sadašnji vodozahvat neće moći da odgovori zahtevima i potrebama stanovništva i industrije u bliskoj budućnosti. Iz tog razloga se za naselja opštine Žabalj predlaže izgradnja jednog centralnog vodozahvata, iz kojeg bi se snabdevala sva naselja u opštini, dok bi postojeći lokalni vodozahvati u naseljima imali dopunski karakter ili bi se zatvorili. Trasa dovodnika vode se predviđa u pojasu puta Žabalj-Đurđevo. Što se distributivne mreže tiče, neophodno je izvršiti rekonstrukciju iste (tamo gde je to neophodno), tako da svi delovi naselja obuhvaćeni ovim planom budu ravnomerno snabdeveni dovoljnim količinama kvalitetne vode za piće [4].

2. ANALIZA PROSEČNE POTOŠNJE VODE

Polazni podatak za planiranje i projektovanje sistema vodosnabdevanja, delova sistema kao i pojedinačnih objekata sistema (izvorišta, postrojenja za preradu vode, pumpne stanice, rezervoari, magistralni i cevovodi većeg prečnika i sl.) jeste potreban kapacitet koji taj sistem ili postrojenje trba da ostvari. Potreban kapacitet određen je maksimalnom očekivanom potrošnjom konzumnog područja za koje se sistem vodosnabdevanja projektuje. Proračun sistema vodovodne mreže se vrši primenom postojećih tehničkih normi za određivanje očekivane potrošnje, odnosno preporuke sadržane u tehničkim normama DVGW W 410, jer ne postoje univerzalni normativi koji bi važili za sve države. Ukupna potrošnja vode u naselju predstavlja zbir potrošnje vode stanovništva, javnih ustanova, potrošnje za potrebe domaćih životinja, protivpožarnu potrošnju i gubitke iz mreže. Imajući u vidu da se stanovništvo pretežno bavi poljoprivredom, uzeće se i potrošnja vode za potrebe domaćih životinja. Pored ove potrošnje uzima se u obzir i obaveza da javna vodovodna mreža snabdeva cisterne vatrogasnih jedinica, što je određeno prema Pravilniku o tehničkim normativima za hidrantsku mrežu za gašenje

požara. Tehničke norme DVGW W 410 definišu normative potrošnje i koeficijente neravnomernosti karakterističnih kategorija potrošača vode za piće. Maksimalne dnevne i satne neravnomernosti potrošnje se procenjuju na osnovu koeficijenata dnevne i časovne neravnomernosti fd i fh [2].

Kada su koeficijenti neravnomernosti određeni, procenjene srednje dnevne, maksimalne dnevne i maksimalne časovne potrošnje stanovništva sračunavaju se na osnovu sledećih obrazaca:

Srednje dnevna potrošnja:

$$Q_{sr,dn} = N \cdot q \quad (1)$$

Maksimalna dnevna potrošnja:

$$Q_{max,dn} = fd \cdot Q_{sr,dn} = fd \cdot \left(\frac{Q_{god}}{365} \right) = Kd \cdot Q_{sr,dn} \quad (2)$$

Maksimalna časovna potrošnja:

$$Q_{max,h} = fh \cdot Q_{sr,dn} = fh \cdot \left(\frac{Q_{god}}{365 \cdot 24} \right) = Kh \cdot Q_{sr,dn} \quad (3)$$

Gde su:

fd - koeficijent dnevne neravnomernosti

fh - koeficijent časovne neravnomernosti

q - specifična norma potrošnje

$Kd=fd$ - koeficijent maksimalne dnevne neravnomernosti

$Kh=fh/fd$ - koeficijent maksimalne časovne neravnomernosti

2.1. Gubici vode iz vodovodne mreže

Gubici vode iz vodovodne mreže mogu da dostignu značajan procenat od ukupne količine vode koja se u mrežu potiskuje. Veličina gubitaka zavisi od stanja i starosti distribucione mreže, kvaliteta održavanja, postojanja neregistrovanih priključaka i slično [2]. Za potrebe analize potrošnje vode naselja Žabalj i Đurđevo, uzima se da gubici iz vodovodne mreže iznose 15% od ukupne srednje dnevne potrošnje.

2.2. Rezultati analize potrošnje

Na osnovu urađene analize potrošnje vode za naselja Žabalj i Đurđevo, u tabeli 1, prikazane su zbirne vrednosti potrošnje vode za oba naselja.

Tabela 1. Zbirna potrošnja vode za naselja Žabalj i Đurđevo

Ukupna zbirna potrošnja za naselja Žabalj i Đurđevo	
$Q_{sr,dn}$ (l/s)	38,53
$Q_{max,dn}$ (l/s)	73,42
$Q_{max,h}$ (l/s)	101,30

2.3. Protivpožarna potrošnja

Na osnovu pravilnika i predloženih vrednosti protivpožarnih protoka, najmanja količina vode po požaru koju je potrebno obezbediti za naselje Žabalj je 20 l/s, a broj istovremenih požara koji se mogu javiti je dva. Najmanja količina vode po požaru koju je potrebno obezbediti za naselje Đurđevo je 15 l/s, a broj istovremenih požara koji se mogu javiti je jedan. Prilikom dimenzionisanja vodovodne mreže, ovi protoci se dodaju

različitim čvorovima koji su na udaljenosti ne većoj od 200 m. Za naselje Žabalj i njegov protivpožarni protok požar se simulira u 4 čvora od po 5 l/s, dok se za naselje Đurđevo simulira u 3 čvora od po 5 l/s.

3. IZBOR CEVNOG MATERIJALA

U gradskim vodovodnim mrežama koriste se različite vrste cevi za vodu, u zavisnosti od njihovih svojstava i potreba mreže. Imajući u vidu sve osobine pojedinih materijala od kojih se izrađuju cevi, stanja na tržištu, karakteristika tla i oscilacije nivoa podzemnih voda, za potrebe naselja Žabalj i Đurđevo koristiće se cevi od nodularnog-duktilnog liva GGG. Ove cevi, zahvaljujući visokim vrednostima osobinama materijala, poseduju izvanrednu izdržljivost na unutrašnja i spoljašnja opterećenja. Mogu se upotrebljavati pri svim pritiscima koji se javljaju u vodosnabdevanju, i omogućuju primenu sa visokom rezervom sigurnosti.

4. HIDRAULIČKI PRORAČUN VODOVODNE MREŽE

Zbog potrebe dovodenja i distribucije vode korisnicima koji su koncentrisani na različitim mestima, potrebno je provodnike, odnosno cevi, međusobno povezati i formirati adekvatan sistem provodnika, koji mi nazivamo distributivna mreža. U hidrauličkom smislu, cevovodi se dele na proste i složene cevovode, čiji se delovi mogu povezati na različite načine i time formirati različit tip mreže, razgranat ili prstenast. Iako se ovi tipovi mreža tehnički razlikuju, na primer prstenasta vodovodna mreža omogućava napajanje deonice iz najmanje dva moguća pravca i time povećava pouzdanost vodosnabdevanja korisnika usled eventualne havarije na mreži, za razliku od granate mreže, postoje i odgovarajuće sličnosti koje omogućavaju jedinstven prilaz u njihovoj hidrauličkoj analizi. U ovom radu, tip distributivne mreže je prstenast.

4.1. Modeliranje vodovodnog sistema primenom programskog paketa EPANET 2.0

EPANET je programski paket za modeliranje vodovodne mreže. Zasniva se na osnovnim zakonima održanja u mehanici fluida: o održanju mase, o održanju količine kretanja i održanja energije. Osnovni elementi distributivne mreže su cevi i čvorovi.

Postoje dve osnovne veličine koje određuju stanje u mreži: pritisci u određenim tačkama i proticaji kroz cevi. Umesto pritiska koriste se pijezometarske kote, a prikazuju se, najčešće, u čvorovima mreže.

Do matematičkog modela strujanja vode u cevima mrežama dolazi se primenom osnovnih zakona Mehanike fluida na elemente mreže i formiranjem sistema jednačina za celu mrežu [3].

4.2. Koeficijent trenja λ

Linijski gubici se modeliraju pomoću Darsi-Vajsbahovog izraza, u kojem bitnu ulogu ima koeficijent trenja λ (4) [1]. Trenje se može iskazati sledećom funkcijom bezdimenzionalnih veličina:

$$\lambda = \lambda(k/D, Re) \quad (4)$$

Gde su:

$Re = vD/\nu$ – Reynoldsov broj za glatku cev

k/D – relativna hrapavost
 V – srednja brzina,
 D – unutrašnji prečnik cevi,
 ν – kinematski koeficijent viskoznosti.

Najčešće korišćena formula (5) [1] koja objedinjuje glatku i hrapavu cev i ne rešava se iterativno:

$$\lambda = 0,115 \left(\frac{k}{D} + \frac{60}{Re} \right)^{1/4} \quad (5)$$

Lokalni gubici ne računaju se iz razloga što su gubici energije na trenje višestruko veći.

Apsolutna hrapavost utiče na koeficijent trenja λ . Pošto se proračunom ne računaju lokalni gubici, račun će se spovesti sa integralnom operativnom hrapavošću. Ona sadrži u sebi i lokalne gubitke koji se ne računaju. Za distributivne cevovode i dovodnike vode operativna hrapavost se kreće u granicama od 0.1 do 0.3 mm [2]. Uzimajući u obzir da se radi o novom cevovodu proračun se vrši sa vrednošću operativne hrapavosti od 0.1 mm.

4.3. Hidraulički proračun prstenaste mreže

Kao poznate veličine imamo nivoe u rezervoarima, dok su nepoznate veličine pijezometarske kote u preostalim čvorovima i proticaji u svim cevima. Broj jednačina mora da odgovara upravo broju nepoznatih veličina. Grupisanjem jednačina, koje treba simultano rešiti, se njihov broj može smanjiti. U zavisnosti koja je nepoznata veličina odabrana kao osnovna, postoje različite metode za rešavanje pomenutih jednačina. Neke od njih su sledeće:

- Hardi-Krosova metoda prstenova – ΔQ metoda

Kao osnovna nepoznata veličina se usvaja proticaj u cevima (6). Ova metoda se zasniva na energetskim jednačinama po prstenovima.

$$\Delta Q_i^{(l)} = - \frac{\sum r_{ij(l)} Q_{ij(l)}^{(0)} |Q_{ij(l)}^{(0)}|}{2 \sum r_{ij(l)} |Q_{ij(l)}^{(0)}|} \quad (6)$$

- Hardi-Krosova metoda čvorova – $\Delta \Pi$ metoda

Za razliku od prethodne metode, sada se uvodi korekcija pijezometarske kote (7) da bi uslov kontinuiteta za svaki čvor bio zadovoljen.

$$\Pi_i^{(k+1)} = \Pi_i^{(k)} + \omega \left(\frac{\Delta Q_{ij}}{\sum_j \frac{1}{r_{ij} |Q_{ij}|}} \right) \quad (7)$$

4.4. Određivanje prečnika cevi

Za potrebe hidrauličkog proračuna koristi se unutrašnji prečnik cevi koji direktno zavisi od protoka i brzine strujanja vode u cevovodu. U praksi se za minimalni prečnik cevi usvaja $\varnothing 100$ mm. Kako nam je proticaj, kroz prethodnu analizu, poznat, prečnici cevi se mogu lako odrediti iz sledeće formule (8):

$$Q = v \cdot A = v \cdot \frac{d^2 \pi}{4} \quad (8)$$

Gde su:

Q – proticaj kroz poprečni presek
 v – srednja (prosečna) brzina strujanja vode kroz cev

A – površina poprečnog preseka cevi

d – unutrašnji prečnik cevi

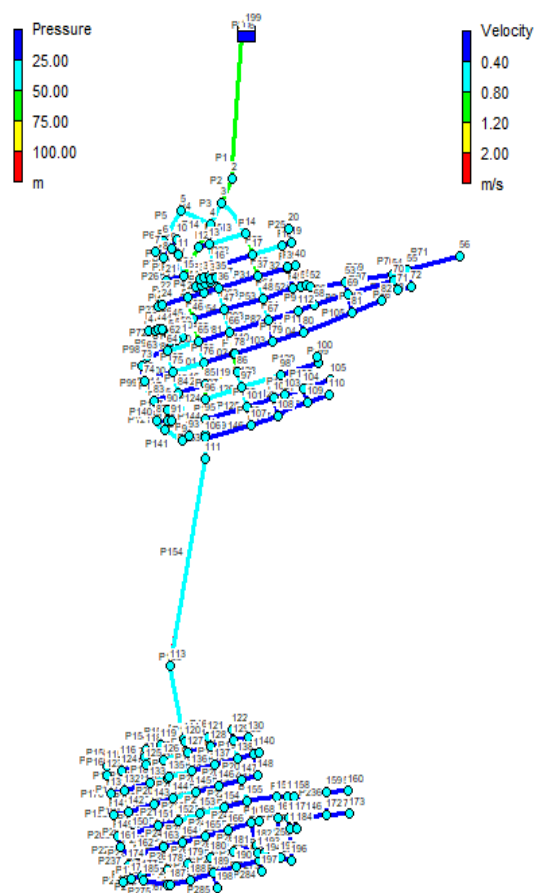
Sa povećanjem prečnika cevi brzine strujanja, pri zatom protoku, se smanjuju i obrnuto, sa smanjivanjem prečnika brzine strujanja se povećavaju.

Pri dimenzionisanju prečnika cevi obično je poznat protok kroz deonicu. Brzina vode u cevovodima vodovodne distributivne mreže bi trebala da se kreće u granicama od 0.4 m/s do 1.5 m/s. Minimalna brzina se ograničava na 0.4 m/s iz razloga što bi pri manjim brzinama došlo do istaložavanja eventualnih suspendovanih materija i pojave razvoja biofilma u cevima [3].

Maksimalna brzina se ograničava na oko 1.5 m/s iz razloga što velikim brzinama odgovaraju i veliki energetski gubici. Usvojen minimalni prečnik cevi je 100 mm, da bi se zadovoljio uslov vezan za protivpožarne potrebe.

5. REZULTATI PRORAČUNA

Merodavan slučaj prilikom dimenzionisanja vodovodne mreže je kada u danu sa najvećom potrošnjom dodamo i protivpožarni protok u onom času u kom je koeficijent časovne neravnomernosti jednak ili približno jednak 1,3. Za oba naselja dva uzastopna časa u kojima se koeficijent časovne neravnomernosti kreće u navedenoj granici su 12. i 13. čas. Sa slike 1, može se uočiti da pritisak nikad ne pada ispod minimalne dozvoljene vrednosti od 2,5 bar-a, dok brzine nikada ne prelaze maksimalnu dozvoljenu vrednost od 1,5 m/s.



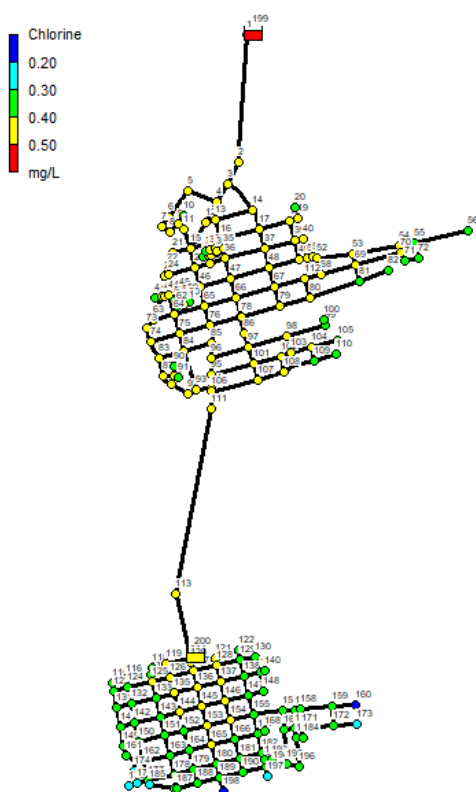
Slika 1. Prikaz okvirnih vrednosti pritiska i brzina u svim čvorovima i cevima distributivne vodovodne mreže [3]

5.1. Stanje hlora u distributivnoj vodovodnoj mreži

Kada ne postoji mogućnost prethodnog prečišćavanja vode, i kada se voda direktno distribuira sa izvorišta do rezervoara odnosno vodovodne mreže, pristupa se hlorisanju vode.

Za naselja Žabalj i Đurđevo predviđeno je da se u samom rezervoaru doda količina od 0,5 mg/l. Kontrolna mesta se uzimaju kod potrošača koji su najviše udaljeni od početnog mesta hlorisanja. Ukoliko se na ovim mestima pojavi rezidualni hlor u količini koja nije manja od 0,2 mg/l, znači da se hlor održava u celoj mreži.

Nakon puštenog proračuna, primećeno je da će određeni čvorovi u naselju Đurđevo imati problema sa dostizanjem minimalne preporučene vrednosti hlora, pa se iz tog razloga pribeglo drugom rešenju, gde se na samom ulasku u naselje Đurđevo ubacio dodatni rezervoar za dohlorisanje vode. Stanje hlora u svim čvorovima mreže nakon dodatog rezervoara prikazano je na slici 2.



Slika 2. Prikaz količine hlora u svim čvorovima distributivne vodovodne mreže nakon 36 sati [3]

6. ZAKLJUČAK

Postojeća vodovodna mreža na teritoriji opštine Žabalj je dotrajala, dok je kapacitet bunara nedovoljan da ispuni potrebe adekvatnog snabdevanja stanovništva vodom. Kvalitet vode za piće, prema odrađenim analizama, ne odgovara „Pravilniku o higijenskoj ispravnosti vode za piće“, pa se stoga pristupilo i proračunu potrebne količine hlora za postizanje njenog boljeg kvaliteta.

Hidrauličkim proračunom, primenom programskog paketa EPANET, se došlo do adekvatnog rešenja vodosnabdevanja, koji zadovoljava osnovne kriterijume i uslove kako po pitanju pritisaka i proticaja u mreži, tako i brzina vode u cevima odgovarajućih prečnika.

Svi objekti vodovodnog sistema projektovani su prema merodavnim proticajima. Broj i kapacitet bunara su određeni prema maksimalnoj dnevnoj potrošnji, dok su pumpna stanica i cevovod dimenzionisani prema maksimalnoj časovnoj potrošnji.

4. LITERATURA

[1] Hajdin Georgije, „Mehanika fluida knjiga prva Uvođenje u hidrauliku“, Građevinski fakultet, Beograd, 2002.

[2] Pisana predavanja, Matija Stipić, „Komunalna hidrotehnika“, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, 2016.

[3] EPANET 2.0- uputstvo za upotrebu, 2000.

[4] Generalni plan Žablja, Novi Sad, 2003.

[5] Plan generalne regulacije naselja Đurđevo, Novi Sad, 2003.

Kratka biografija:



Nina Pavlović rođena je u Novom Sadu 1997. godine. Diplomski rad iz oblasti Građevinarstva – Betonske konstrukcije odbranila je 2020. godine na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu. Master rad iz oblasti Građevinarstva – Komunalna hidrotehnika, brani na istom fakultetu 2021. godine.