

ANALIZA VODOSNABDEVANJA NASELJA BAČKA PALANKA WATER SUPPLY ANALYSIS OF SETTLEMENTS OF THE BAČKA PALANKA

Marko Mihajlović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – U okviru rada predstavljene su neka od mogućih rešenja vodosnabdevanja naselja Bačke Palanke. Cilj rada je bio unapređenje mreže, predlaganjem jednog idealnog rešenja vodosnabdevanja na osnovu zadatih potreba, sprovedene hidrauličke analize, te i 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 Bačka Palanka. 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

Vodosnabdevanje naselja opštine Bačka Palanka je organizovano na nivou mesnih zajednica pripadajućih naselja. Svako od ukupno 14 naseljenih mesta ponaosob ima razvijenu javnu vodovodnu distributivnu mrežu u okviru granice građevinskog rejona naselja. Tradicionalno za naselja Vojvodine snabdevanje vodom se obavlja putem bušenih bunara. U svakom od naselja - na bačkoj strani teritorije opštine - postoji po nekoliko bušenih bunara koji su međusobno povezani u jedinstvenu vodovodnu mrežu, a u dva naselja na sremskoj strani vodozahvati su kaptaze, odnosno drenaže. U skoro svim seoskim naseljima se kaptirana i zahvaćena podzemna voda bez tretmana se isporučuje građanima i ostalim korisnicima [5].

Kvalitet vode jedino zadovoljava u gradu Bačka Palanka zbog toga što postoji fabrika vode, a u naseljenim mestima kvalitet ne zadovoljava. Industrija ima sopstvene bunare. Međutim, sanitarnom vodom se snabdevaju iz gradskog vodovoda. Vodovodi su prepušteni održavanju seoskim mesnim zajednicama, a izvorišta vode sa bunarima su na granici iskorišćenosti bunarskih konstrukcija.

NAPOMENA:

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

Pojedina izvorišta nisu u mogućnosti da obezbede zone sanitarne zaštite, tako da postoji opasnost od zagađenja izvorišta

Javna vodovodna distributivna mreža je stara preko 45 godina, i izgrađena uglavnom od azbest cementnih vodovodnih cevi, čija je upotreba u evropskim zemljama zabranjena, kao potencijalnog nosioca kancera. Pored toga, poštujući Pravilnik o tehničkim normativima za hidrantsku mrežu za gašenje požara, veliki deo javne vodovodne mreže mora imati minimalni prečnik 100 mm. Povećani prečnik cevi za potrebe retkih požara prouzrokovao je brzine u cevima manje od 0,1 m/s tokom celog dana. Usled toga dolazi do značajnog taloženja u cevima, pojave biofilma i narušavanja kvaliteta sirove vode koja se direktno iz bunara potiskuje u mrežu [1].

2. POTREBE ZA VODOM I MERODAVNI PROTOCI

Objekti postrojenja za preradu vode se dimenzionišu za projektni period od 25 do 30 godina. Objekti distributivne mreže se projektuju na period od 50 godina. Hidraulički proračun vodovodne mreže se za nove vodovodne sisteme radi za period od 30 godina. Za kraj projektnog perioda utvrđuju se merodavni proticaji za dimenzionisanje osnovnih objekata vodovodnog sistema (izvorište vode, postrojenje za preradu vode PPV, rezervoari, glavni dovodnici vode i razvodna distributivna mreže).

Stanovništvo, privredne i infrastrukturne delatnosti su bitni društveno-ekonomski činioci planiranja vodoprivrednog razvoja. Na osnovu broja i prostornog rasporeda populacije, fizičkog obima proizvodnje industrije, poljoprivrede i dr. Utvrđuju se potrebe za vodom i zaštitom voda na određenim prostorima do kraja projektnog perioda, što bi predstavljalo 2051. godinu.

Na osnovu rezultata dosadašnjih popisa i određenih uopštavanja, vezanih za lokaciju i tip svakog od 11 „severnih“ naselja (severno tj. levo od Dunava) na području opštine Bačka Palanka, izvršena je demografska analiza, usmerena ka proceni budućeg broja stanovnika.

Koristeći izraz (1) procenjuje se budući broj stanovnika u posmatranoj opštini [3]:

$$N_2 = N_1 x (1 + p/100)^n, \quad (1)$$

Gde su:

N_1 - broj stanovnika prema poslednjem popisu;

N_2 - broj stanovnika na kraju projektnog perioda;

p - stopa godišnjeg priraštaja stanovništva u %;

n -projektni period. Dosadašnjom obradom podataka se od poslednjeg popisa stanovništva predviđa kontinuirani pad, koji opisuje negativna stopa godišnjeg priraštaja. Za stopu su uzete relativno male vrednosti u poređenju sa prethodnim periodom do 2011. godine [5]. Razlog za to su predviđanja, o pomeranju stanovništva na područja sa obradivim zemljištem, te i mogućnost otvaranja novih manjih industrijskih zona nedaleko od naselja.



Slika 1. Primer promene broja stanovnika za prosečno naselje opštine Bačka Palanka (1948.-2011.)

Vrednost buduće potrošnje, u visokom stepenu, predstavlja stohastičku veličinu, što znači da se ne može predvideti sa visokom sigurnošću. Načelno, problem proračuna budućih potreba za vodom predstavlja široko polje za definisanje uslova pod kojima je on izvršen. U toj analizi, potrebno je definisati opšta mesta, koja su vezana za prirodu potrošnje postupak analize, opredeljen količinom i kvalitetom ulaznih podataka za proračun predviđene društvene okolnosti, kao okvira za potrošnju vode kao i određene specifičnosti područja, čije potrebe za vodom su predmet analize.

Za domaće standarde, koji su primenjeni u radu, koriste se „Normativi potrošnje“ kao glavna referenca pri definisanu merodavnih veličina. To su planske veličine koje određuju potreban kapacitet sistema za snabdevanje vodom. Utvrđuju se na osnovu realnih podataka o potrošnji vode na posmatranom području, teorijski utvrđenih fizioloških i sanitarno higijenskih potreba čoveka, kao i specifičnih karakteristika i zahteva. Veliki uticaj na normative imaju i veličina raspoloživih resursa i cena [1]. Normative čine:

- norma potrošnje (prosečna dnevna potrošnja svedena na jednog korisnika)
- koeficijenti neravnomernosti potrošnje¹

Za dimenzionisanje elemenata i objekata u vodovodnoj mreži bilo je potrebno odrediti maksimalnu dnevnu i maksimalnu časovnu potrošnju definisanu maksimalnim dnevnim i časovnim proticajima koji se predviđaju. Maksimalni proticaji se dobijaju iz srednje dnevne potrošnje, čiji se opšti proračun prikazuje u nastavku.

$$Q_{sr,dn} = Q_{uk,sr,dn} + Q_{gub} \quad (2)$$

$$Q_{uk,r,dn} = Q_{sr,st,dn} + Q_{sr,GWGV,dn} + Q_{JP,dn} + Q_{pož} \quad (3)$$

$$Q_{gub} = 0,15 \times Q_{uk,sr,dn} \quad (4)$$

Gde su:

$Q_{sr,dn}$ – proračunski sredni dnevni proticaj

$Q_{sr,dn,uk}$ – sredni dnevni proticaj sumarnih potreba u naseljima

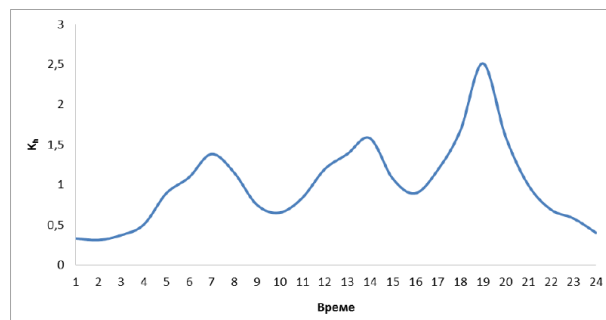
$Q_{sr,st,dn}$ – srednji dnevni proticaj za potrebe stanovništva

$Q_{sr,GWGV,dn}$ – srednji dnevni proticaj za potrebe stočarstva

$Q_{JP,dn}$ – srednji dnevni proticaj javne potrošnje

$Q_{pož}$ – protivpožarna potreba

Multiplikacijom članova prethodnih jednačina koeficijentima neravnomernosti dobijene su maksimalni dnevni i časovni proticaji [3].



Slika 2. Primer jediničnog dijagrama potrošnje za mala (seoska) naselja Južne Bačke

3. DIMENZIONISANJE I IZBOR ELEMENATA VODOVODNE MREŽE

Pri analizi opredeljenja za cevni materijal novoprojektovanog cevovoda biraju se HDPE², zbog iznimnih mehaničkih svojstava pri minimalnoj škodljivosti prilikom eksploatacije.

Kapacitet izvorišta i dovodnika do rezervoara (ispred svakog naselja) dimenzioniše se na maksimalnu dnevnu potrošnju. Razvodna vodovodna distributivna mreža dimenzioniše se na maksimalnu časovnu potrošnju.

Rezervoari se u vodosnabdevanju ispred naselja koriste za izravnavanje dnevne neravnomernosti vode kod korisnika, za očuvanje pritiska u mreži, i za skladištenje vode za protivpožarne potrebe. Predviđeni armirano-betonski rezervoari sadrži cevi za dotok, za odvod vode, cevi za odvod viška vode (preliv) kao i cevi za pražnjenje rezervoara. Opremljen je fazonskim komadima, armaturama i ventilacijom, a dimenzionisanje se sprovodi korišćenjem podataka o časovnim neravnomernostima (koje dosežu šestostruke vrednosti dnevnih potreba) u naseljima, odnosno sumiranjem zapremine za izravnavanje razlike između doticanja u rezervoar i potrošnje u vodovodnoj mreži, zapremine vode za protivpožarne potrošnje kao i zapremine vode za nepredviđene slučajeve (slučajevi kvarova) [3].

Pumpne stanice, koje potiskuju vodu od rezervoara do naselja se dimenzionišu na maksimalne časovne proticaje $Q_{max,h}$ [3].

¹ Koeficijent neravnomernosti potrošnje - DVGW W410

² HDPE- High-density polyethylene

4. MODELOVANJE TEČENJA U VODOVODNOM SISTEMU

Za izradu hidrauličkog modela korišćen je softverski paket EPANET. Osnovne jednačine iz mehanike fluida koje se primenjuju u softveru su: o održanju mase (5), o održanju količine kretanja (7) i održanja energije (8) [2].

Prvi zakon o održanju mase kaže da je masa nepromenljiva, ona se ne može uništiti ni stvoriti. Jednačina održanja mase u konačnoj zapremini V , ograničena površinom A , je:

$$\int_v = \frac{D}{Dt} \rho dV \quad (5)$$

D se odnosi na materijalni izvod mase fluidnog delića, elementarne mase ρdV . Do promene mase unutar zapremine V , dolazi samo ako se menja gustina fluida ρ . Za nestišljiv fluid važi:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = 0 \quad (6)$$

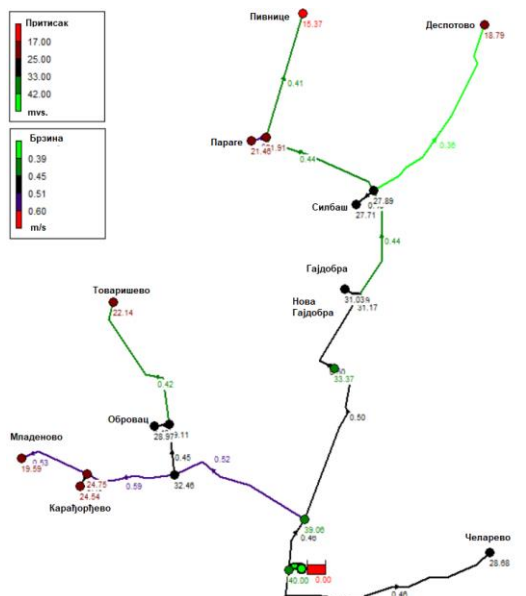
Zakon održanja količine kretanja (7) govori da je promena količine kretanja (produkt mase i brzine) srazmeran delujućoj sili. U nastavku se prikazuje primenjivana jednačina uravnoteženih sila na delić fluida u sistemu.

$$I_1 + I_2 + G + K + P_1 + P_2 = 0 \quad (7)$$

Zakon o održanju energije (8) dozvoljava samo prelazak iz jedne vrste energije u drugu. Matematički se interpretira Bernulijevom jednačinom :

$$\frac{v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\rho g} + z_1 = \frac{v_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\rho g} + z_2 + \Delta E_{1-2} \quad (8)$$

Hidraulički proračun je sproveden za četiri varijante magistralnog sistema granatog tipa mreže. S obzirom da je ispred svakog naselja predviđen rezervoar (osim za naselje Karađorđevo – zbog male potrošnje). U analizi je korišćena potrošnja vode koje je jednaka maksimalnoj dnevnoj potrošnji. Za naselje Karađorđevo korišćena je maksimalna časovna potrošnja, zbog nepostojanja rezervoara.



Slika 3. Šematski prikaz prve varijante sistema sa „mapiranim“ pritiscima i brzinama (EPA NET)

Ispred rezervoara, predviđa se regulator pritiska-protoka

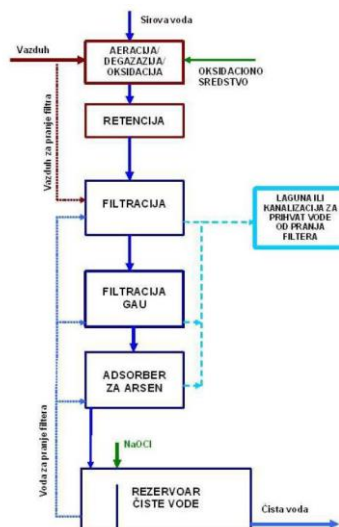
koji održava konstantni izlazni pritisak (0.5-0.7 bar-a). Nakon regulatora pritiska se planiraju rezervoari čija zapremina obuhvata zapreminu za dnevno izravnanje časovne potrošnje, protivpožarne potrebe i rezerva u radu (za dva časa rada). Iterativno modelovanje je izvršeno tako da se brzine u dovodnim cevovima kreću u granicama 0.36-0.6 m/s, a pritisci od 1.5-4.5 bar-a.

Iz priloženog se vidi da je za postizanje minimalnog pritiska na najnepovoljnijem mestu (~15 mvs. ispred naselja Pivnice) potrebno u crpnoj stanici kod PPV Bačka Palanka obezbediti pritisak od 40 m.v.s. Brzina vode u cevovima se kreće od minimalnih 0.36 m/s do maksimalnih preporučenih tj. 0.6 m/s.

5. KVALITET I TRETMAN KONZUMNE PODZMNE VODE

Bunarima su kaptirani, sa predviđenom sanitarnom zaštitom, peskoviti slojevi do 56 m, i u različitim intervalima od 137 m do 200 m i od 200 m do 231 m. Početni eksploatacioni kapacitet pojedinačnih bunara je od 9-10 l/s, a sa starenjem bunara kapacitet se smanjuje na 3-6 l/s. Godišnji eksploatacioni kapacitet izvorišta je oko $Q_{sr} = 96$ l/s, a maksimalni instalirani kapacitet fabrike vode je $Q = 125$ l/s u prvoj fazi i $Q = 250$ l/s u drugoj fazi posle formiranja izvorišta „Ristića put zapad“ i „Ristića put – istok“.

Na osnovu postojećih analiza kvaliteta vode na celokupnoj teritoriji opštine Bačka Palanka ustanovljen je hemijski sastav, sa očekivanim vrednostima određenih parametara. Analizirani parametri koji negativno utiču na kvalitet vode, te samim tim i na konzumnost vode različitog hemijskog sastava – uočeni su kao niz (ne)organskih elemenata i jedinjenja među kojima se za teritoriju posmatrane opštine izdvaja prisustvo CH_4 , CO_2 , NH_3 , Fe, Mn, organske materije < 20 mg $KMnO_4/l$, As < 50 $\mu g/l$. Prisustvo navedenih parametara je potrebno umanjiti do dozvoljenih granica, stoga je u domaćim standardima predviđen proces prečišćavanja „D“ sa redosledom operacija prečišćavanja prikazanim u nastavku [1].



Slika 4. Šema tretmana vode za piće „D“

Dezinfekcija vode za piće se kod nas gotovo isključivo izvodi hlorisanjem. Treba naglasiti, da je hlor, u najvećem broju slučajeva, dovoljno dobar dezinficijens za uklanjanje patogena iz podzemne vode (u Vojvodini se isključivo podzemna voda koristi za vodosnabdevanje), pogotovo ako je broj mikroorganizama prethodno značajno smanjen filtracijom.

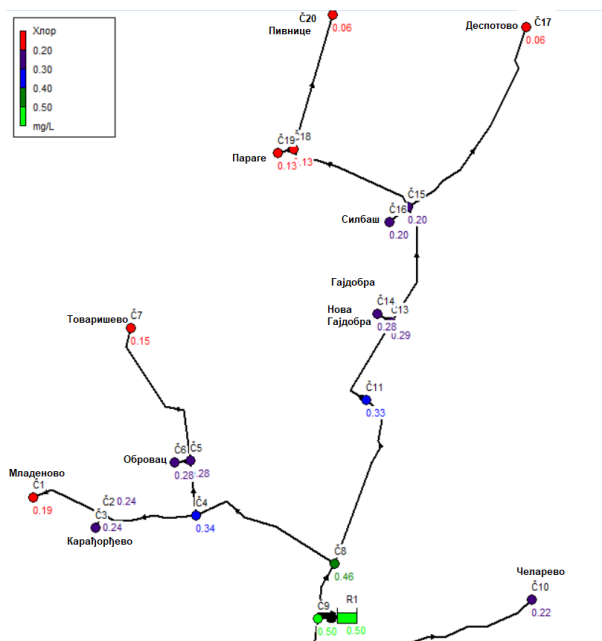
Dezinfekciona sredstva, koja se upotrebljavaju za ovu namenu, sastoje se od jedinjenja hlora koja mogu da razmenjuju atome sa drugim jedinjenjima, kao što su enzimi u bakterijama i drugim ćelijama. Kada enzimi dođu u kontakt sa hlorom, jedan ili više atoma vodonika u molekulu bivaju zamenjeni sa hlorom. Ovo uzrokuje da ceo molekul menja oblik ili se raspadne [1].

Kada se hlor doda u vodu, stvara se hipohlorasta kiselina:



Da bi se postiglo efikasno hlorisanje vode, količina rezidualnog aktivnog hlora (zaostalog) u vodi koja dolazi do potrošača, treba da iznosi 0,2-0,5 mg/l, i to 30 minuta nakon kontakta hlornog preparata sa vodom (što se i zahteva važećim Pravilnikom o kvalitetu vode za piće).

Koristeći program "Epanet" izvršena je simulacija pada koncentracije hlora kroz cevovod i vreme, uzimajući u obzir pojave kao što su reakcija hlora sa hemijskim vrstama u zapremini tečnosti (kb – global bulking coefficient) i sa zidovima cevi (kw – globak wall coefficient). Koeficijent kb se menja sa kvalitetom vode, a koeficijent kw u zavisnosti od stanja cevovoda i materijala od kojeg je napravljen. Usvojene vrednosti za ove koeficijente, u ovom radu, su sledeće: kb = -0,101 mg/dan i kw = -0,2 mg/dan. Kao što je rečeno ranije, najmanja sigurna koncentracija hlora u vodovodnoj mreži se kreće od 0,2-0,5 mg/l, pa je, kao količina hlora koja kontinualno ulazi u mrežu na mestu PPV-a, usvojena vrednost od 0,5 mg/l. U nastavku će biti prikazani rezultati analize iz „Epanet-a“, za četiri varijantna rešenja sa mapiranim vrednostima promene koncetracije hlora u sistemu.



Slika 5. Šematski prikaz prve varijante sistema sa „mapiranim“ (EPA NET)

6. ZAKLJUČAK

Postojeća vodovodna mreža na teritoriji opštine Bačka Palanka je dotrajala, dok je kapacitet bunara nedovoljan da ispuni potrebe adekvatnog snabdevanja vodom. Kvalitet vode ne odgovara „Pravilniku o higijenskoj ispravnosti vode za piće“, izuzevši samu Bačku Palanku, gde se kvalitet vode ocenjuje kao zadovoljavajući. Stoga je kao zadatak ovog rada bilo neophodno predložiti ideje o novom sistemu vodosnabdevanja sa eliminacijom zasterelih azbestcementnih cevi, te i sprovesti odgovarajuće proračune i analize kvaliteta radi realizacije predviđenog.

Varijanta rešenja (četiri) su hidraulički modelovana kao granate mreže, sa svom pratećom hidromašinskom opremom i objektima (rezervoari i pumpe). Predložena varijantna rešenja su predviđena praćenjem putne infrastrukture, a opredeljenja za najpovoljnije rešenje vrši se po obavljanju analize troškova radova.

7. LITERATURA

- [1] Dalmacija Božo, „ Strategija vodosnabdevanja i zaštite voda u AP Vojvodini“, Novi Sad, 2009.
- [2] Hajdin Georgije, „Mehanika fluida knjiga prva Uvođenje u hidrauliku“, Građevinski fakultet, Beograd, 2002.
- [3] Pisana predavanja, Matija Stipić, „Komunalna hidrotehnika“, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, 2016.
- [4] EPANET 2.2 - uputstvo za upotrebu, 2020.
- [5] Zvanični sajt opštine Bačka Palanka, <https://backapalanka.rs/> (pristupljeno januara 2021.)

Kratka biografija:



Marko Mihajlović rođen je u Foči 1994 godine. Diplomski radi iz oblasti hidrotehnike odbranio je 2019. godine na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu. Master rad iz oblasti komulante hidrotehnike brani na istom fakultetu 2021. godine. U periodu između odbrana završnih radova kao priravnik se bavi projektima građevinske infrastrukture.