



## IDEJNO REŠENJE VODOSNABDEVANJA I ODVOĐENJA ATMOSFERSKIH VODA U NASELJU SEFKERIN

### CONCEPTUAL DESIGN OF WATER SUPPLY AND ATMOSPHERIC WATER SEWERAGE IN SEFKERIN SETTLEMENT

Boris Zastranović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

#### Oblast – GRAĐEVINARSTVO - HIDROTEHNIKA

**Kratka sadržaj** – U radu su izrađeni modeli vodovodne i atmosferske kanalizacione mreže u naselju Sefkerin. Na osnovu potreba korisnika, hidrauličke analize formirana je vodovodna mreža. Proračun i hidraulička analiza su sprovedeni u okviru programskog paketa EPANET. Kanalizaciona mreža je trasirana u zavisnosti od topografskih uslova, dok je dimenzionisanje izvršeno na osnovu padavina dvogodišnjeg povratnog perioda. Hidraulički proračun je proveren pomoću programskog paketa EPA SWMM. Na kraju je sistem proveren za povratni period dvadesetogodišnje padavina pomoću koga su dobijene nepovoljne tačke sistema, odnosno mogućnost pojave izlivanja.

**Ključne reči:** Vodovodna mreža, kanalizaciona mreža, hidraulički proračun, idejno rešenje

**Abstract** – In the paper, models of the water supply and atmospheric sewage network in the Sefkerin settlement were created. Based on the needs of users, hydraulic analysis, a water supply network was formed. Calculation and hydraulic analysis were carried out within the EPANET software package. The sewerage network was laid out depending on the topographical conditions, while the dimensioning was done based on the rainfall of the two-year return period. The hydraulic calculation was verified using the EPA SWMM software package. At the end, the system was checked for the return period of twenty years of precipitation, which was used to obtain the unfavorable points of the system, i.e. the possibility of spills.

**Keywords:** water supply, atmospheric sewerage, hydraulic calculation, conceptual design

#### 1. UVOD

U Južnobatanskom okrugu, na levoj obali reke Tamiš nalazi se naselje Sefkerin. Naselje je ravničarskog tipa, sa individualnim domaćinstvima seoskog tipa relativno gusto naseljeno na preko 3500 ha površine. Stanovništvo se pretežno bavi poljoprivredom i na severu naselja je predviđena industrija tercijalne delatnosti na 50 ha. Nadmorska visina je u malom opsegu od 70 do 76 m.n.m. Klima je umereno-kontinentalna sa prosečnom količinom godišnjih padavina oko 600m.

#### NAPOMENA:

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

#### 2. PROJEKTOVANJE VODOVODA

Za potrebe snabdevanja naselja Sefkerin primenjena je prstenasta mreža. Njena prednost u odnosu na granatu mrežu je mogućnost napajnja sa dve ili više strana. Proračun se vrši postepenim približavanjem i rešavanjem sistema jednačine kontinuiteta i Bernulijeve jednačine za prstenove. Mreža je podeljena na više grana, deonice koje su podeljene čvorovima. Moraju biti zadovoljena dva zakona. algebarski zbir protoka u jednom čvoru mora biti jednak nuli, odnosno protok koji ulazi treba biti jednak protoku koji izlazi iz čvora. Drugi je da se pri konstantnom strujanju, razlika pritisaka između bilo koja dva preseka u mreži troši se za savladavanje otpora i visinske razlike između ta dva preseka.

U proračunu se takođe obrađuju gubici na mreži, spoljni i unutrašnji. Bitan faktor prilikom projektovanja vodovodne mreže je predviđanje dovoljne količine vode za protivpožarne potrebe. U zavisnosti od broja stanovnika razlikujemo broj istovremenih požara i protok u 2 časa za šta se smatra dovoljno vremena za gašenje požara. Potreban pritisak u mreži mora biti minimalan 2,5 bara i pretpostaviti položaj hidranata na najnepovoljnijim tačkama. Hidrantima se snabdevaju cisterne vatrogasnih vozila i razmak između 2 hidranta ne sme da prelazi 150m.

Na ukupnu potrošnju vode u jednom naselju utiču podaci o svim korisnicima, odnosno potrebama stanovništva, domaćih životinja, javnih ustanova, industrije, sportskih centara, kao i snabdevanje dovoljne količine vode za hidrante, odnosno gašenje požara. Potreban kapacitet određen je maksimalnom očekivanom potrošnjom konzumnog područja za koje se sistem vodosnabdevanja projektuje. Normativne potrošnje se definišu u skladu s preporukama tehničkih normi DVGW W 410 [1].

Svaka grupa ovih korisnika ima svoju specifičnu potrošnju koji zavisi od određenog područja, navika, klime i predstavlja prosečnu dnevnu potrošnju vode određenog područja svedenu na jednog stanovnika.

Vodovodna mreža je projektovana kao gravitaciona. Voda se od izvorišta, pumpama dovodi do rezervoara za izravnjanje dnevne potrošnje, smeštenog na vodotoranju odakle se gravitaciono prstenastom mrežom distribuira do korisnika. Ukupna dužina je 17.235 m i usvojen je minimalni prečnik DN125mm. Na deonicama neposredno uz vodotoranj predviđeni su prečnici DN200mm, odnosno 2 deonice od DN160mm. Dubina ukopavanja je 1.2m.

Izvorište vode je podzemna vode u zoni reke Tamiš gde su planirani bunari kapaciteta 10 L/s. Predviđaju se 6

vertikalnih cevastih bunara prečnika 1m. Izrađuju se sa zaštitnim rešetkastim omotačem u zrnasto poroznoj sredini gde treba da obezbede kapacitet od 55 L/s. Brzina u cevi je manja od 1.5 m/s.

Sanitarna zaštita izvorišta se definiše kroz 3 zone zaštite na prostoru oko vodozahvatnog objekta na kom se prati izgradnja i delatnost izgrađenih objekata i vršnj drugih aktivnosti koje mogu da izazovu promenu prirodnog sastava vode unošenjem patogenih mikroorganizama ili promenu fizičko-hemijskih svojstava vode.

Za održavanje potrebnog pritiska, rezervu protivpožarne potrošnje i za potrebe poravnjanja dnevne potrošnje predviđa se rezervoar u formi vodotornja. Primarna funkcija vodotornja je izravnjanje potrošnje i zbog dobijanja dovoljnog hidrostatičkog pritiska podizanjem II kote na određenu visinu i zavisi od rada pumpne stanice. Zapremin za izravnjanje  $\Delta V$  određuje se iz sumarnih krivih linija doticanja i potrošnje.

Predviđa se rezervoar sfernog oblika izgrađen od čelika, zaštićen od korozije i postavljenom toplotnom izolacijom. Usvojen je prečnik 11m, sa debljinom zidova od 50cm. Treba osigurati brzinu dovoda veću od 0.1 m/s kao preduslov za optimalni kvalitet vode i kako bi osiguralo potrebno mešanje.

Sadrži zatvaračnicu u kome je smštena oprema kojom se kontroliše dovod, odvod i sadrži neophodnu armaturu i fazonske komade (regulacioni i nepovratni ventil). Potrebno je pre puštanja u rad ispitati punjenje rezervoara i voditi zapisnik.

Cevi vodovodne mreže su predviđene od polietilna visoke gustine HPDE-100 prečnika 125-200 mm. Ovaj materijal je apsolutno netoksičan i potpuno inertan u kontaktu sa vodom. Cevi su lake za transport i rukovanje i pogodne su za nastavljanje i spojnice. Dugog su životnog veka i nemaju uticaj na miris i ukus vode. Ne hvata se kamenac i shodno tome ne dolazi do smanjivanja protoka tokom dugoročne upotrebe. Fleksibilne i izuzetno otporne na vibracije. Pogodne su za praćenje konfiguracije terena i nema potrebe mnogo za fazonskim komadima. Radijus savijanja je 20d [2].

Preporučuje se elektrofuziono zavarivanje i spajanje sa tuljcima i prirubicama sa drugim tipovima materijala.

### 3. REZULTATI SIMULACIJE VODOVODNE MREŽE

Na osnovu simulacije urađene u programskom paketu EPANET, dobijeni rezultati su u skladu s preporukama projektovanja vodovodne mreže. Karakteristična stanja mreže prikazani su kroz časove minimalne, maksimalne potrošnje i potrošnje u času sa koeficijentom 1.3 časovne neravnomernosti zajedno sa protivpožarnom potrošnjom. Dodatni protok od 15 L/s merodovan za naselje od 5000 do 10000 stanovnika za požar uvršćen je u najnepovoljnijim tačkama mreže (čvorovi 8, 18 i 19) po 5 L/s.

Pritisak u mreži, u najnepovoljnijoj tački sistema (čvor 19), ide od minimalnog 2,65 bara do 4 bara (slika 1), dok je II kota u rasponu od 110,48 do 113,94m. Brzine u cevi koja vodi od rezervoara do prvog narednog čvora (čvor 41) je u rasponu od minimalne 0,51 m/s do maksimalne 2,13 m/s.



Slika 1. Promena pritiska u čvoru 19 za 24 sata

Protok u sistemu prikazan je dijagramom kroz cev koja spaja rezervoar (vodotoranj) sa tačkom 41. Kreće se u rasponu od 10,17 L/s do 42,15 L/s u času maksimalne potrošnje 1.3  $Q_{max,h}$  i 15 L/s za požar, dato na slici 2.



Slika 2. Promena protoka u deonici od rezervoara do susednog čvora

## 4. PROJEKTOVANJE ATMOSOFERSKE KANALIZACIJE

### 4.1. Padavine

Za potrebe projektovanja atmosferske kanalizacije potrebno je obraditi prvi ulazni podatak, a to su padavine. Pod padavinama se podrazumeva taloženje vode iz atmosfere na površinu zemlje. One obuhvataju kišu, sneg i druge oblike u kojima voda dospeva do površine zemlje, kao što su grad ili ledena kiša. Pojave kao što su rosa, magla ili inje takođe predstavljaju padavine, ali do njih dolazi kondenzacijom zasićenog vazduha u dodiru sa hladnijim površinama na zemlji [3].

Proticaji koji se stvaraju od padavina u kanalima su vrlo promenljivi. Kada nema oni su jednaki nula, dok za vreme kiša količina vode se povećava naglo u vrlo kratkom periodu.

Količina godišnje kišnice predstavljaju 20 do 40 % ukupne količine upotrebne vode u jednom naselju. Kiše se karakterišu trajanje, intezitetom, učestalošću, a pored toga još i rasporedom inteziteta u toku trajanja i po površini koju zahvataju, pravcem kretanja i dobom godine u kom se javljaju. Budući da gotovo da ne postoji dve identične, potrebno je pratiti intezitet i trajanje svake kiše jer ne postoji direktna funkcionalna zavisnost između njih. Dve kiše istog trajanja nemaju isti intezitet. Međutim za određena područja moguće statistički doći do povezanosti, za kiše manjeg inteziteta.

Za vreme padavina formiraju se atmosferske vode. Stepem zagađenja ovih otpadnih voda je veći u urbanim sredinama spiranjim nečistoća sa nepropusnih površina. U naseljenim mestima mogu da predstavljaju velike probleme izazivanjem poplava na saobraćajnicama i eventualnim ulaskom u podrum. Čistija je od voda iz domaćinstva, ali u kontaktu s površinom, odnosno, s suspendovanim i organskim materijama, pa je potrebno na nekim mestima je prečistiti pre uvođenja u kanalizaciju (industrija, parkinzi...).

## 4.2. Kanalizacioni sistem

Otpadne vode se mogu odvoditi mrežom kanala po opštem, separacionom ili poluseparacionom sistemu. Opšti sistem podrazumeva odvodnje svih voda jednom jedinstvenom kanalskom mrežom iz svih delova naselja. Ako se svaka vrsta otpadne vode odvoji posebno onda je to separacioni sistem.

Poluseparacioni sistemi se predviđaju kada je potrebno izbegavanje izlivanja vode od pranja ulica i od slabih kiša, kao i vode od jakih kiša. Tada se predviđaju prelivne građevine kojima se voda iz kišne kanalizacije pri malim proticajima izliva u mržu za upotrebnu vodu [2].

Delovi jednog sistema su objekti za sakupljanje otpadnih voda, za prečišćavanje, za ispuštanje vode u recipijente.

Kanalizaciona mreža se uglavnom projektuje kao gravitaciona, što podrazumeva da voda teče sa slobodnim vodenim ogledalom. U posebnim topografskim uslovima može biti pod pritiskom, odnosno vakuumom.

Odvođenje atmosferske vode se ne mora odvijati u svim delovima naselja putem kanalske mreže. Ako se kišnica ne zadržava tako da pravi štetu ili ako teren ima dovoljno veliki pad ka nekom prirodnom recipijentu može se odvoditi ulicama. U ravničarskim naseljima moguće je vodu skupljati u neobloženim kanalima i rigolama iz kojih će isparavati i ponirati [1].

## 4.3. Kanalizaciona mreža - Sefkerin

Za projektovanje atmosferske kanalizacije urađen je proračun za povratni period padavina 1 u 2 godine trajanja kiše 20 minuta, kao primena standarda EN 752-2 za proveru učestalosti preopterećenja kod planiranja novog sistema, kao i za povratni period 1 u 20 godina trajanja kiše 20 minuta za zaštitu od plavljenja, odnosno do izlivanja sme doći kada maksimalna visina vode pređe određeni referentni nivo.

Kao prvi ulazni podatak uvodi se ITP kriva za posmatrano područje koja je data u tabeli 1.

Tabela 1. Računska kiša za povratni period 1 u 20 godina trajanja 20 minuta

Vreme (h:min)	Visina padavina (mm)
15:00	0
15:05	7
15:10	10
15:15	14
15:20	14.2

Projektovana kanalizaciona mreža je projektovana kao gravitaciona, separaciona, kombinacijom otvorenih kanala i zatvorenih kolektora. Sva voda se odvodi ka jugu naselja, čvoru „izliv“ odnosno recipijent - reka Tamiš. Podeljena je na podslivove ukupne površine 3339 ha, 75 čvorova i 76 deonica ukupne dužine 15995m sa prosečnim nagibom terena od 0,1%.

Slivne površine su formirane na bazi Tisenovih poligona prema liniji razdvajanja površinskog toka. Procenat nepropusnih površina varira od 5% po obodu naselja do 8% u centralnim delovima naselja, gde je gustina naseljenosti gušća.

Kako je već pomenuto, u severnom delu naselja je predviđena industrija za koju je potrebno izgraditi separatore ulja kako se atmosferska voda ne bi dodatno zagadila.

Zbog topografije terena, tipičnog ravničarskog naselja, uglavnom se poseže za otvorenim kanalima dok god je to moguće. Oni se postavljaju dok dubina ukopavanja ne prelazi 1.3 m, duž puta i/ili unutar razdelnog pojasa kod puteva i ulica. Karakterističan poprečni presek kanala koji se projektuje je trapznog oblika, čija je geometrija definisana širinom u dnu B i nagibom kosina. Širina kanala se kreće u rasponu od 0,5 do 0,7m, dok se za nagib svuda usvaja 1:1:5. Dubina kanala je uslovljena tako da je moguće ulivanje vode slobodno koja se prikuplja drenažnim sistemom kolovozne konstrukcije. Propusna sposobnost kanala se računa primenom Chezy-Manning-ove jednačine za uniformno tečenje (1):

$$Q = \frac{1}{n} h^{\frac{8}{3}} F(h) \sqrt{S} \quad (1)$$

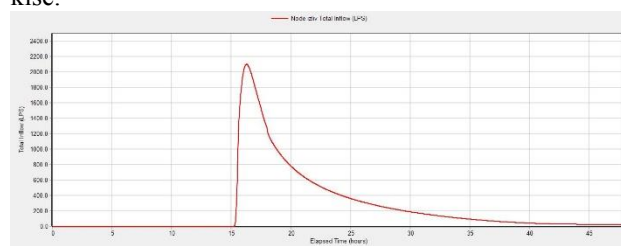
Ovakav vid odvođenja atmosferskih voda je pogodan u izgradnji zbog malih troškova, ali je dosta nepovoljan u eksploataciji. Takođe, na mestima ukrštanja sa prilaznim putevima i stazama i ulicama potrebno je izgraditi propuste.

Na mestima gde dubina ukopavanja prelazi 1,3m, kao i gde nije moguće graditi otvorene kanale, planiraju se zatvoreni kanali. Dimenzionišu se na osnovu merodavnih protoka deonica, tako da voda teče sa slobodnim vodenim ogledalom. Najveća dubina ukopavanja ne bi trebalo da prelazi 4m, izuzetno do 5m. Usvojeni minimalni prečnik mreže je 400mm, a najveći 1200mm (glavni kolektor koji vodi ka recipijentu).

Predviđene su PVC kanalizacione cevi kao najsavremeniji vid materijala pogodnih za izvođenje kanalizacione mreže. Karakterišu ih lako postavljanje i spajanje, lak prenos i rukovanje. Otrpone su na koroziju i dobar su električni izolator. Dugog su veka trajanja, duži od 50 godina.

## 5. REZULTATI SIMULACIJE KANALIZACIONE MREŽE

Projektovani sistem atmosferske kanalizacije zadovoljava osnovne uslove da nema preopterećenja mreže, odnosno izlivanja, kao i da nema tečenja pod pritiskom. Na izlivu je dobijen hidrogram proticaja koji odgovara gorenavedenim uslovima, gde se maksimalni protok od 2098,16 L/s dešava u 16:17 h, sat i 17 minuta posle početka zadate kiše.



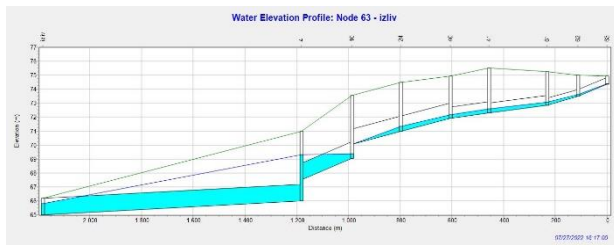
Slika 3. Hijetogram čvora „izliv“ – promena protoka kroz vreme

Najduža deonica od čvora 71 do izliva je prikazana na slici 20. Deonica počinje otvorenim kanalom do čvora 13 odakle se zatvorenim kanalima prečnika 1000 i 1100mm



odvodi ka izlivu. Primećuje se da je poslednja deonica poprilično opterećena gde je maksimalni stepen ispunjenosti 85%. Tečenje je sa slobodnim vodenim ogledalom i nema izlivanja.

Najopterećeniji kolektori u mreži su na deonici od čvora 63 do izliva zbog najvećeg broja uliva. Zbog izbegavanja izlivanja predviđen je kolektor na deonici 10-4 prečnika 1200mm.



Slika 4. Podužni profil sa maksimalnim nivoom vode na deonici od čvora 63 do izliva, 1 u 2 povratni period

### 5.1. Proračun za projektovani dvadesetogodišnji period

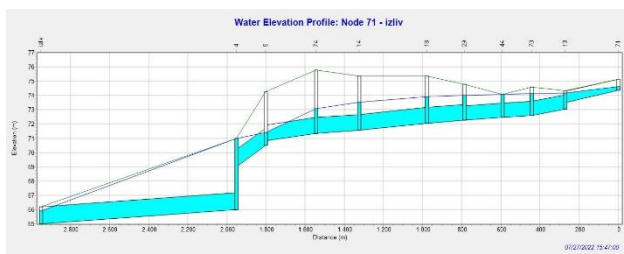
Pri proračunu dvadesetogodišnjeg povratnog perioda dozvoljeno je plavljenje. U odrađenoj simulaciji dolazi se do podatka da se u projektovanoj mreži pojavljuju dva mesta na kojima dolazi do izlivanja. Računska kiša sa ITP krive počinje u 15:00 h i traje 20 minuta i nakon 32 minuta dolazi do ispunjenja u čvoru 4 neposredno pred uliv vode u glavni odvodni kolektor ka izlivu. Trajanje izliva je 2 sata i 5 minuta. Protok kroz izliv je 2592.22 L/s.

Drugo značajno mesto je čvor 44. Trenutak kada počinje plavljenje je 15:47 h i traje 40 minuta. Primećuje se da je sistem preopterećen u južnom i istočnom delu naselja za dvadesetogodišnji povratni period.

olektori D30 (24-10), D31 (10-4) i D41 (61-41) su preopterećeni gde dolazi do potpunog ispunjenja profila što za posledicu ima izlivanje u čvoru 4

Na podužnom profilu od čvora 71 do izliva primećuje se opterećenje na većem broju kolektora, dok se izliv dešava u čvoru 44.

Primećuje se da u deonicama D63 i D64 dolazi do naglih skokova protoka u vremenu. Dolazi do naglog porasta i pada da bi se opet ponovo naglo podigao protok. Do izlivanja dolazi za svega 44 minuta od početka padanja kiše povratnog perioda 20 godina.



Slika 5. Podužni profil sa maksimalnim nivoom vode na deonici od čvora 71 do izliva, 1 u 20 povratni period

## 6. ZAKLJUČAK

Ovim radom su obuhvaćene dve oblasti komunalne hidrotehnike, vodosnabdevanje i odvođenje atmosferskih voda u naselju Sefkerin. Urađeno je idejno rešenje vodovodne i

kanalizacione mreže sa detaljnom analizom proračuna i opisom objekata koji su deo ovog projekta.

Vodovodna mreža je predviđena sa zadatkom da svi korisnici naselja dobiju čistu vodu i da bude obezbeđen dovoljan pritisak u mreži zajedno sa protivpožarnom zaštitom. Na osnovu topografije terena, podataka o naselju, stanovnicima i ostalim korisnicima posegnuto je za simulacijom u programskom paketu EPANET kojim je izvršen hidraulički proračun i dimenzionisana mreža.

Minimalni prečnik u sistemu je 125mm PEHD cevi koji zadovoljava minimalni pritisak od 2.5 bara. Mreža je koncipirana tako da se od izvora, odakle se voda crpi iz bunara, pumpama voda dovodi do rezervoara za poravnane dnevne potrošnje.

Sva otpadna voda nastala od padavina se uvodi u novo-projektovanu kanalizacionu mrežu otvorenih i zatvorenih kanala. Na osnovu ravničarskog terena i računске kiše, odnosno dobijenih protoka dimenzionisana je mreža. Hidraulički proračun je odrađen u programu EPA SWMM. Kao recipijent je odabrana reka Tamiš.

Proračun je izvršen na osnovu dvogodišnje kiše za trajanje od 20 minuta gde je pokazano da projektovani sistem zadovoljava uslove ustaljenog tečenja sa slobodnim vodenim ogledalom i da se ni u jednom trenutku za vreme trajanje simulacije ne događa izlivanje.

Na kraju je izvršen proračun za kišu sa povratnim periodom 1 u 20 godina za 20 minuta padavina. U tim uslovima je dozvoljeno izlivanje i ono se javlja na 2 mesta u sistemu. Najveće i najduže izlivanje se dešava u zbirnom čvoru mreže, neposredno u ulasku glavni odvodni kolektor ka izlivu.

## 7. LITERATURA

- [1] Dr Miloje Milojević, Snabdevanje vodom I kanalisanje naselja. Građevinski fakultet, 1976;
- [2] Stipić Matija, Skripta iz predmeta Komunalna hidrotehnika za studente IV godine odseka za hidrotehniku. Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, Novi sad, 2017;
- [3] Jasna Petrović. Skripta iz predmeta Uvod u hidrologiju - Građevinski fakultet u Beogradu, 2001;
- [4] Hajdin Georgije, Mehanika fluida, knjiga druga, uvođenje u hidrauliku. Građevinski fakultet u Beogradu, 2001;
- [5] Hajdin Georgije, Mehanika fluida, knjiga treća, uvođenje u hidrauliku. Građevinski fakultet u Beogradu, 2001;
- [6] Marko V. Ivetić, Računska hidraulika, tečenje u cevima Beograd, 1996.

### Kratka biografija:



**Boris Zastranović** rođen je u Zaječaru 1994. godine. Diplomirao je na Fakultetu za graditeljski menadžment gde je odbranio diplomski rad sa temom „Projektovanje AB konstrukcije objekta Po+Pr+3+Pot”. Master studije završava na Fakultetu tehničkih nauka gde izrađuje Master rad iz oblasti Komunalna hidrotehnika.