

IDEJNO REŠENJE ZA IZGRADNJU KANALIZACIONE MREŽE U NASELJU VELIKA GREDA**CONCEPTUAL SOLUTION FOR THE CONSTRUCTION OF A SEWAGE NETWORK IN THE SETTLEMENT OF VELIKA GREDA**Vanja Milanov, Matija Stipić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAĐEVINARSTVO – HIDROTEHNIKA****2. KANALIZACIONI SISTEM**

Kratak sadržaj – Tema rada jeste izgradnja kanalizacije upotrebljenih voda i atmosferske kanalizacije. Pomoću softverskog paketa EPASWMM izvršena je hidraulička analiza mreže. Atmosferska kanalizacija dimenzionisana je za padavine dvogodišnjeg povratnog perioda. Nakon toga je mreža proverena za padavine desetogodišnjeg povratnog perioda i analizirana je njena opterećenost. Na kraju su upoređeni rezultati hidrauličke analize sistema pri padavinama različitog povratnog perioda.

Ključne reči: Kanalizaciona mreža, kanalizacija upotrebljene vode, atmosferska kanalizacija, hidraulički proračun

Abstract – The topic of this paper is development of the communal infrastructure for settlement of Velika Greda. The hydraulic analysis of the sewage network was performed using the EPASWMM software package. Atmospheric sewerage is dimensioned for precipitation of a two-year return period. After that, the network was checked for precipitation over a ten-year return period. At the end, the results of the hydraulic analysis of the system were compared for rainfall with different return periods.

Key words: Sewage network, sewerage of used water, atmospheric sewerage, hydraulic calculation

1. UVOD

Velika Greda se nalazi u središnjem delu opštine Plan-dište [8]. Predmet rada je Idejno rešenje izgradnje kanalizacione mreže u naselju Velika Greda, po separacionom sistemu. U separacionom sistemu najčešće se jednom mrežom kanala odvodi atmosferska voda, a drugom se odvode upotrebljene vode. U radu je sagledano naselje Velika Greda i definisani su osnovni elementi komunalne infrastrukture. Sagledavanjem terena, potom mesta izliva, odnosno recipijeta otpadnih voda [6], izvršeno je trasiranje kanalizacione mreže. Izvršena je hidraulička analiza kanalizacione mreže za odvođenje upotrebljenih voda, kao i atmosferskih voda, pomoću softverskog paketa EPASWMM [9]. S obzirom na to da je naselje Velika Greda, ravničarsko naselje, i pri minimalnim padovima cevi dolazi do velikog ukopavanja, te su na tim mestima predviđene crpne stanice.

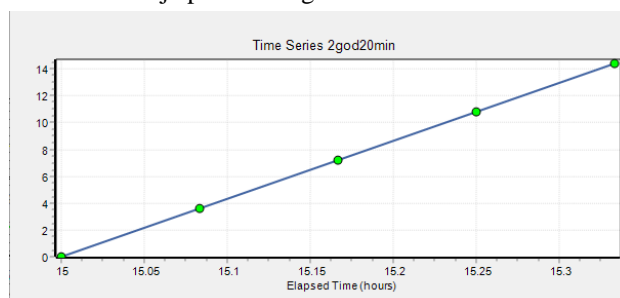
Kanalizacioni sistem predstavlja skup građevinskih objekata koji služe za odvođenje otpadnih voda od korisnika do postrojenja za prečišćavanje ili direktnog ispusta u odgovarajući vodoprijemnik. Njega čine: kanalizaciona mreža, objekti na mreži (crpne stanice, revizionna okna, kućni priključci,...), postrojenje za prečišćavanje otpadne vode i ispust vode u vodoprijemnik. Svaki od ovih elemenata je podjednako bitan za pravilno funkcionisanje kanalizacionog sistema. Kod projektovanja prvo se određuje mesto na kom će se voda ispuštati u vodoprijemnik. Prilikom trasiranja kolektora prati se konfiguracija terena i mesta na kojima se nalaze prepreke koje je potrebno izbeći [1].

3. ATMOSFERSKE PADAVINE

Proticaji u kanalima koji potiču od atmosferskih voda veoma su promenljivi u toku godine. Dok je za vreme suše proticaj atmosferske vode jednak nuli, za vreme kiše naglo raste i proticaj može da bude mnogo veći od ostalih otpadnih voda. Osnovne karakteristike kiše su trajanje, intenzitet, učestalost (povratni period), kao i raspored intenziteta u toku trajanja i površina koju zahvataju, pravac kretanja i doba godine kada se javljaju [5].

3.1. MERODAVNE PADAVINE

Prilikom dimenzionisanja atmosferske kanalizacije, najvažniji ulazni podatak u proračunu su padavine. U ruralnim područjima ne sme doći do preopterećenja mreže, izlivanja ni do tečenja pod pritiskom u cevima kada se mreža dimenzioniše na kišu povratnog perioda jednom u dve godine. Na slici 1 dat je prikaz sumarne linije kiše u trajanju od 20 minuta povratnog perioda jednom u dve godine koja je korišćena prilikom dimenzionisanja predmetnog sistema.



Slika 1. Sumarna linija kiše povratnog perioda 1 u 2 godine u trajanju od 20 minuta

NAPOMENA:

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

Za naselje Velika Greda za proveru sistema koristi se kiša povratnog perioda 1 u 10 godina, prilikom koje je dozvoljeno da dođe do tečenja pod pritiskom.

4. CRPNE STANICE

Crpne stanice se primenjuju u kanalizacionoj mreži za podizanje vode iz duboko ukopanih kanala u pliće ukopane kanale, na primer kada je nagib terena manji od najmanjeg dozvoljenog nagiba, zatim za podizanje vode na PPOV ili u odvodnik, kao i na PPOV za prepumpavanje vode i mulja. U crpnim stanicama su smeštene pumpe i sva prateća oprema za podizanje otpadne vode sa nižeg na viši nivo. Postavljaju se na mestima gde cevovod dostigne usvojenu graničnu dubinu ukopavanja, te se na taj način smanjuju prevelika ukopavanja cevovoda, samim tim i investiciona ulaganja. Izbor pumpi je složen proces i najbolji način da se dođe do najjeftinijeg rešenja je tehničko ekonomska analiza, ali u praksi se do rešenja dolazi tako što se protok pumpi bira tako da bude isti ili nešto veći od maksimalnog časovnog protoka koji dolazi na pumpnu stanicu [7]. Za koliko će biti veći zavisi od neravnomernosti dotoka i dozvoljenog vremena zadržavanja vode u crpištu pumpne stanice [2].

5. OBJEKTI NA KANALIZACIONOJ MREŽI

Zatvoreni kolektori koriste se za odvođenje vode sa puteva, gde se celi proticajni profil nalazi u zatvorenoj konstrukciji koja je potpuno ukopana u zemlju. Kružni poprečni presek kolektora se najčešće koristi, a mogu se koristiti i jajasti ili drugi oblici poprečnog preseka. Voda teče gravitaciono, sa slobodnom površinom. Smer tečenja u kolektorima unapred je određen konfiguracijom mreže i nagibima. Otvoreni kanali postavljaju se uz put i/ili unutar razdelnog pojasa kod puteva i ulica. Kanali za odvođenje su najčešće trapezno poprečnog preseka.

Reviziona okna se postavljaju zbog pristupa kolektorima radi održavanja i popravki. Postavljaju se na početku deonice, na spoju deonica, na mestima promene nagiba, pravaca ili prečnika cevi ili ukoliko imamo pravolinijsku deonicu velike dužine, potrebno je reviziona okna postaviti na rastojanjima do dužine 160 prečnika kolektora. Kaskade se koriste kod savlađivanja denivelacije. U zavisnosti od visinske razlike koju treba savladati i od prečnika cevi koriste se različite vrste kaskada. Oslobođena kinetička energija se pretvara u potencijalnu, zvučnu i toplotnu energiju [4].

6. SOFTVERSKI PAKET EPASWMM

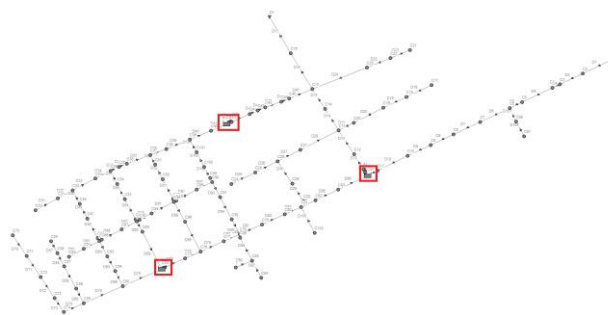
U okviru ovog softverskog modela vrši se proračun tečenja vode kroz mrežu kolektora, čvorova i objekata za raspodelu proticaja do postrojenja za prečišćavanje ili izlaznih čvorova u sistemu. Na ovaj način se simuliraju sledeći objekti: kolektori, šahtovi, prelivi, otvori, pumpe, objekti za zadržavanje vode i izlivni objekti. Kanalizacioni sistem je idealizovan kao serija veza ili cevi koje su povezani čvorovima ili spojevima. Čvorovi su elementi sistema za zadržavanje vode koji u stvarnom fizičkom sistemu odgovaraju šahtovima ili spojevima cevi. Promenljive vezane za čvor su zapremina, pijezometarska kota i površina. Doticaji (ulazni hidrogram) i izlazni proticaj (prelivi) se u idealizovanoj mreži nalaze u čvorovima. U ulazne parametre spadaju broj stanovnika, projektni period, količina upotrebljene vode

naselja, industrije, infiltracija strane vode, tip, prečnik i hrapavost usvojene cevi, dubina polaganja cevi, nagib cevi, koeficijent neravnomernosti stanovništva, površina slivnog područja, nepropusnost, depresije, procenat nepropusne površine bez depresije [3].

7. REZULTATI HIDRAULIČKOG PRORAČUNA

7.1. Rezultati hidrauličkog proračuna kanalizacije upotrebljenih voda

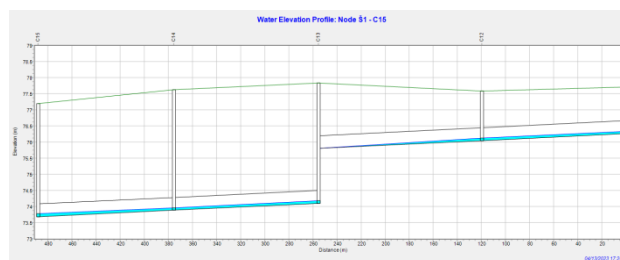
Model kanalizacije upotrebljenih voda za naselje Velika Greda u programskom paketu EPASWMM čini 104 deonica, 108 čvorova, 3 crpne stanice i jedan izliv. Ukupna dužina deonica iznosi 11120.00 m. Prilikom dimenzionisanja kanalizacione mreže, kretalo se pretežno sa minimalnom dubinom ukopavanja cevi od $h_{min} = 1.45$ m, i sa minimalnim padovima cevi. Međutim, zbog topografije terena, na određenim mestima ta dubina ukopavanja dolazi do preporučene maksimalne dubine $h_{max} = 4.2$ m, te su na tim mestima predviđene crpne stanice. Na slici 2 dat je prikaz usvojene kanalizacione mreže, gde su crvenom bojom zaokružena mesta crpnih stanica.



Slika 2. Prikaz kanalizacione mreže upotrebljenih voda

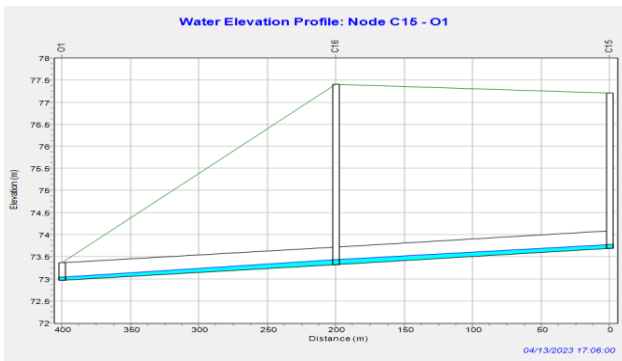
7.2. Prikaz rezultata proračuna kanalizacije upotrebljenih voda

Na podužnom profilu na slici 3 dat je prikaz deonice glavnog kolektora, prema izlivu, sa kaskadom, gde su usvojeni prečnici cevi $\varnothing 400$ mm, sa nagibom cevi od 1.8%. Takođe, ovde možemo videti i uticaj crpne stanice CS1, nakon čvora Š1, gde se javlja maksimalna brzina tečenja u deonici D12 od 0.41 m/s. Imamo kaskadu u čvoru S13 iz razloga što se iz bočnih ulica uliva kanalizacija, kod koje i sa minimalnim padom dolazi do veće dubine ukopavanja, i onda se od te dubine nastavlja dalje ka PPOV.



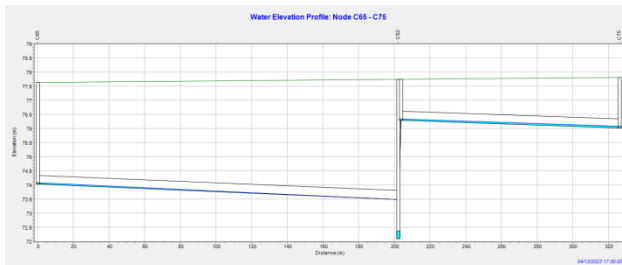
Slika 3. Podužni profil sa primerom kaskade u sistemu

Na slici 4 dat je podužni profil deonice kod izliva, od S15 do O1. U deonici neposredno pre izliva javlja se najveći protok od 12.21 l/s, ispunjenost cevi je 23%. Maksimalna brzina tečenja u deonici D17 je 0.57 m/s. Prečnik cevi date deonice je $\varnothing 400$ mm, sa nagibom od 1.8%.



Slika 4. Podužni profil kod izliva

Na podužnom profilu na slici 5 dat je primer sa uticajem crpne stanice CS2 gde su usvojeni prečnici cevi Ø315 mm, sa nagibom cevi od 2.68‰ na D76 i 2.2‰ na D77. U trenutku maksimalnog proticaja, brzina u deonici nakon crpne stanice iznosi 0.41 m/s.

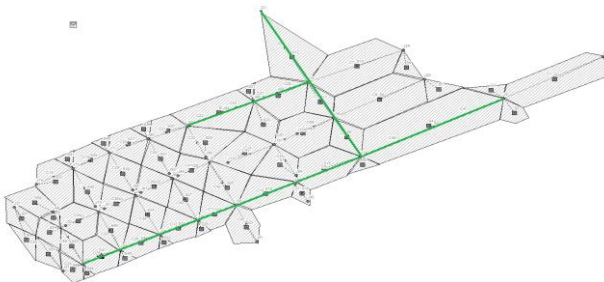


Slika 5. Podužni profil sa crpnom stanicom CS2

7.3. Rezultati hidrauličkog proračuna atmosferske kanalizacije

Mreža je dimenzionisana tako da ne dođe ni do preopterećenja ni do tečenja pod pritiskom pri padavinama povratnog perioda jednom u 2 godine, što je u skladu sa preporukama za dimenzionisanje atmosferske kanalizacije u ruralnim područjima.

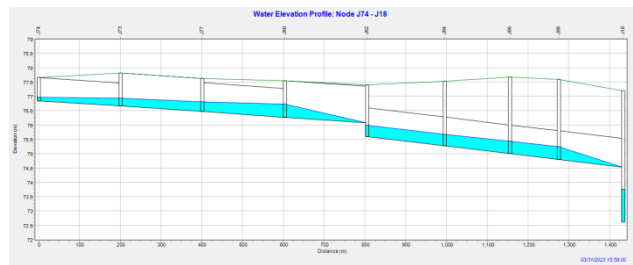
Padavine su podešene tako da počinju u 15 časova i da traju 20 minuta. Pri takvim padavinama maksimalan proticaj kroz izliv je 1190.22 l/s. Model atmosferske kanalizacije za naselje Velika Greda u programskom paketu EPASWMM čini 43 deonica, 44 čvora, 58 podslivova i jedan izliv. Mrežu čine otvoreni kanali, trapeznog oblika, dok na mestima gde dolazi do velikog ukopavanja kanala, prelazi se na zatvorene kolektore prečnika Ø800 mm i Ø1000 mm. Na slici 6 dat je prikaz mreže atmosferske kanalizacije sa slivnim površinama.



Slika 6. Prikaz mreže atmosferske kanalizacije

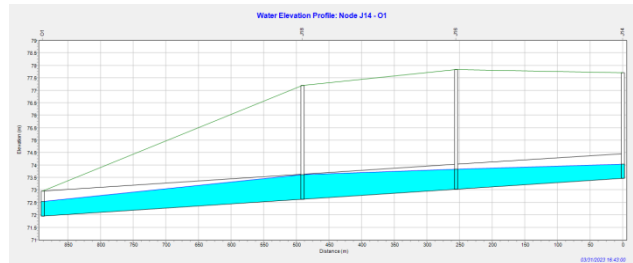
7.4. Prikaz rezultata proračuna atmosferske kanalizacije

Na slici 7 imamo prikaz prelaska sa otvorenih kanala na zatvorene kolektore, prečnika Ø1000 mm, dok je pad kolektora 1.7‰. U trenutku maksimalnog proticaja, ostvaruje se brzina od 1.29 m/s u deonici C28. Otvoreni kolektori prate konfiguraciju terena, sa padom od 0.95‰, kako bi se ostvarile minimalne brzine. U čvoru J82 dubina kanala je 1.27 m, te na tom mestu prelazimo na zatvoreni kolektor, koji dalje odvodi vodu do glavnog kolektora. Mesto susicanja je čvor J18, koji odvodi vodu do izliva.



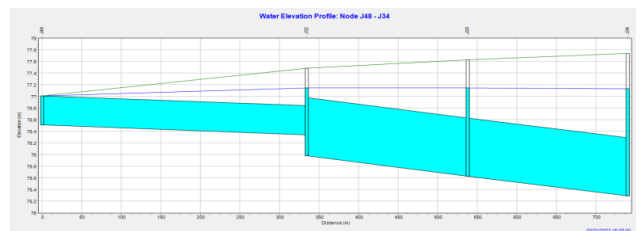
Slika 7. Podužni profil prelaska sa otvorenih kanala od J74 do J82 na zatvorene kolektore od J82 do J18 sa maksimalnom linijom nivoa za kišu povratnog perioda jednom u dve godine

Na slici 9 dat je podužni profil glavnog kolektora i možemo uočiti da u deonici C5 dolazi do maksimalnog stepena ispunjenosti, ali ne dolazi do preliivanja u šahtovima. Prilikom simulacije tečenja, možemo videti da nakon dostizanja pika u 16.13h, kriva opada, odnosno opada i nivo vode u kolektoru, što je i očekivano, jer padavine prestaju.



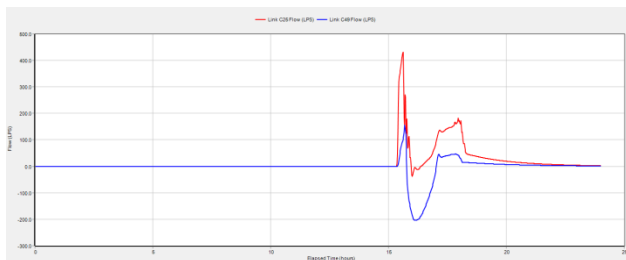
Slika 9. Podužni profil glavnog kolektora

Kada sistem opteretimo kišom desetogodišnjeg povratnog perioda, ni u jednom šahtu ne dolazi do izlivanja. Ono što se dešava u sistemu kod kiša desetogodišnjeg povratnog perioda, jeste „negativni“ protok, odnosno voda počinje da se kreće u suprotnom smeru. To se dešava u deonicama C25 i C49, čiji je podužni profil dat na slici 10. Dakle prilikom padavina desetogodišnjeg povratnog perioda, glavni kolektor je toliko opterećen da voda iz nizvodnih delova počinje da teče ka uzvodnom delu kolektora i ta pojava je na hidrogramu prikazana kao negativan protok.



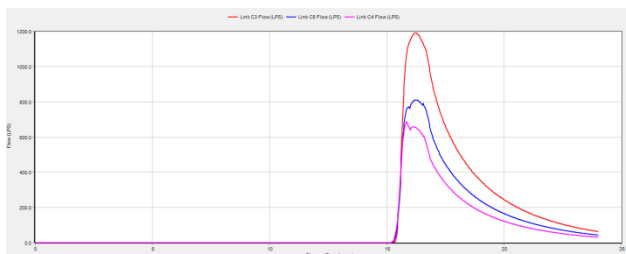
Slika 10. Podužni profil deonica u kojima se javlja „negativan“ protok

Na slici 11 dat je prikaz promene protoka kroz vreme za deonice u kojima se javlja „negativan“ protok.



Slika 11. Promena protoka kroz vreme za deonice u kojima se javlja „negativan“ protok

Što se kolektor nalazi bliže izlivu veći je protok u njemu. Veći protok u cevi koja je bliža izlivu, objašnjava se time što u nju dotiče veća količina vode nego u cevi koje su udaljenije od izliva. Na slici 12 prikazane su promene protoka u glavnom kolektoru, idući ka izlivu.



Slika 12. Promena protoka kroz vreme u kolektoru C3, C4 i C5

8. ZAKLJUČAK

Prilikom dimenzionisanja kanalizacione mreže upotrebljenih voda, kretalo se pretežno sa minimalnom dubinom ukopavanja cevi od $h_{\min} = 1.45$ m, i sa minimalnim padovima cevi. Međutim, zbog topografije terena, na određenim mestima ta dubina ukopavanja dolazi do preporučene maksimalne dubine $h_{\max} = 4.2$ m, te su na tim mestima predviđene crpne stanice. Predviđene su tri crpne stanice. Atmosferska kanalizacija dimenzionisana je za padavine povratnog perioda dve godine, koje traju 20 minuta, a nakon toga je izvršena provera ponašanja sistema za padavine desetogodišnjeg povratnog perioda. U prvoj iteraciji, krenulo se sa postavljanjem otvorenih kanala, manjih dimenzija poprečnih preseka i sa minimalnim nagibom dna. Dakle, mrežu čine otvoreni kanali, trapeznog oblika, dok na mestima gde dolazi do velikog ukopavanja kanala, prelazi se na zatvorene kolektore prečnika $\varnothing 800$ mm i $\varnothing 1000$ mm.

9. LITERATURA

- [1] Pisana predavanja iz predmeta Komunalna hidrotehnika za studente IV godine odseka za hidrotehniku. Stipić Matija. Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu. Novi Sad 2016;
- [2] Hidromašinska oprema. Dušan Uzelac. FTN Izdavaštvo Novi Sad, 2015
- [3] Storm Water Management Model, User`s Manual Vesrion 5.1. EPA. US Enviromental Protection Agency, Lewis A. Rossman. September 2015;
- [4] Pisana predavanja iz predmeta Hidraulika II. Budinski Ljubomir;
- [5] Pisana predavanja za predmet Uvod u hidrologiju. Jasna Petrović. Građevinski fakultet u Beogradu. Beograd 2001. godine;
- [6] Prostorni plan opštine Plandište. JP Zavod za urbanizam Vojvodine - Novi Sad, avgust 2007. godine.;
- [7] [https:// www.grundfos.com/](https://www.grundfos.com/);
- [8] <https://www.plandiste-opstina.rs/o-plandistu/naselja/velika-greda/>;
- [9] <https://www.epa.gov/water-research/storm-water-management-model-swmm>

Kratka biografija:

Vanja Milanov rođena je u Pirotu 1993. godine. Diplomski rad iz oblasti građevinarstva, na temu „Idejno rešenje vodosnabdevanja naselja Velika Greda“, odbranila je 2019. godine na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu. Trenutno student master studija istog fakulteta – smer Hidrotehnika.

Matija Stipić je rođen u Somboru 1964. godine. Doktorirao na Fakultetu tehničkih nauka univerziteta u Novom Sadu 2009. godine, a od 2011. god. ima zvanje docenta. Oblasti interesovanja su hidraulika i komunalna hidrotehnika.