

ANALIZA RAZVOJA KANALIZACIONOG SISTEMA PETROVARADINA**ANALYSIS OF THE DEVELOPMENT OF THE PETROVARADIN SEWERAGE SYSTEM**Strahinja Milosavljević, Matija Stipić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast- GRAĐEVINARSTVO – HIDROTEHNIKA**

Kratak sadržaj – U radu je proučavan generalni projekat kanalizacionog sistema Petrovaradina. Usvojen je hibridni kanalizacioni sistem koji sačinjavaju opšti kanalizacioni sistem nižih delova Petrovaradina i sistem za prikupljanje otpadnih voda Mišeluka, Bukovca i dela Petrovaradina. Sistem je isprojektovan tako da kada nema padavina bude zadovoljen uslov stepena ispunjenosti. Pri pojavi padavina koje se javljaju jednom u dve godine u sistemu ne dolazi do tečenja pod pritiskom, a padavine sa učestalošću jednom u dvadeset godina mogu prouzrokovati plavljenja. Simulacija rada dela kanalizacionog sistema Petrovaradina (područje Petrovaradina i Mišeluka) izvršena je uz pomoć programskog paketa EPA SWMM 5.1. Na osnovu rezultata analize formiran je situacioni plan kanalizacione mreže posmatranih delova sistema.

Ključne reči: opšti kanalizacioni sistem, sistem za prikupljanje otpadnih voda, uslov stepena ispunjenosti, plavljenje, situacioni plan

Abstract – The paper studies the general design of the Petrovaradin sewerage system. A hybrid sewerage system was adopted, consisting of a general sewerage system of the lower parts of Petrovaradin and a system for collecting wastewater from Mišeluk, Bukovac and parts of Petrovaradin. The system is designed so that when there is no precipitation, the condition of the degree of fulfillment is fulfilled. When precipitation occurs every two years, there is no pressure flow in the system, and precipitation with a frequency of once in twenty years can cause floods. The simulation of the operation of the part of the sewerage system of Petrovaradin (area of Petrovaradin and Mišeluk) was performed with the help of the software package EPA SWMM5.1. Based on the results of the analysis, a situational plan of the sewerage network of the observed parts of the system was formed.

Keywords: general sewerage system, wastewater collection system, condition of degree of filling, flooding, situational plan

1. UVOD

U ovom radu analizirano je rešenje odvođenja otpadnih voda na području Petrovaradina i Mišeluka prema planskoj dokumentaciji zavoda za urbanizam, koja je izdata 31.03.2012. godine u Novom Sadu [1].

Odvođenje otpadnih voda Petrovaradina, Mišeluka i Bukovca, uzimajući u obzir razvoj ovih područja, rešava se

NAPOMENA:

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

izgradnjom kanalizacionog sistema Petrovaradina.

Niži delovi područja Petrovaradina potrebno je da prihvate i atmosferske padavine to jest potrebno ih je projektovati sa mešovitim sistemom kanalizacije. Povod za ovakvo projektno rešenje jeste to da Dunav u ovim delovima utiče na nivo u Rokovom potoku pa nije moguće orjentisati atmosfersku kanalizaciju prema njemu za razliku od ostalih područja ovoga projekta.

Za projektovanje kanalizacionog sistema korišćen je programski paket Storm Wather Managment Model (SWMM). Prilikom dimenzionisanja kanalizacione mreže prvo su uneti ulazni podaci, trasa, otpadne vode i atmosferske vode, koji utiču na tok proračuna.

Uz pomoć unetih parametara, model počinje analizu i kao izlaz, odnosno, rezultat dobija se protok u mreži, brzine po deonicama, ispunjenost deonica vodom itd.

2. POLOŽAJ TRASE

Prvi korak pri dimenzionisanju kanalizacione mreže je da se pretpostavi položaj trase. Usvajaju se šahtovi, položaji šahtova, njihova dubina, njihova veličina. Usvajaju se cevi, njihov položaj, njihove dužine, njihovi prečnici i njihovi nagibi.

Ovi podaci su usvojeni na osnovu postojećeg stanja, urbanističkih planova i topografskih karata tako da zadovolje granične uslove [1]. Formirana je trasa dužine 72.382 m (sedamdeset dve hiljade trista osamdeset dva metra) sa 17.772 (sedamnaest hiljada sedamsto sedamdeset dva) šahtova i dve crpne stanice u dwg formatu.

2.1. Postojeće stanje

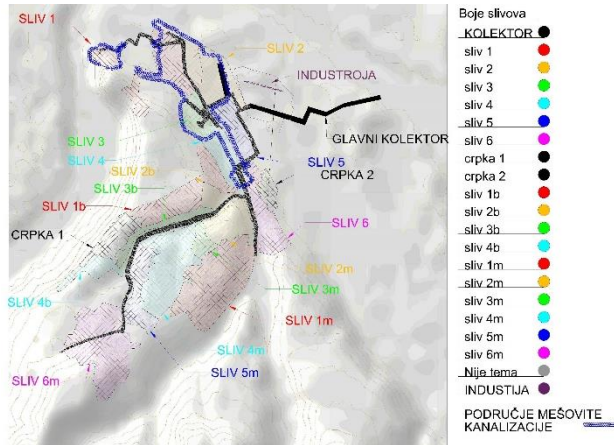
Podaci o postojećem sistemu prikupljen je sa sajta urbanizma i podloga iz katastra. Podaci obuhvataju položaje postojećih šahtova, položaje cevi i njihove prečnike. Takođe navode se i godine izgradnje pojedinjenih deonica i trenutno njihovo stanje. Novoprojektna trasa povlačena je po trasi postojeće tako da se zadržavaju položaji šahtova i pravci tečenja uz korekciju niveleta problematičnih deonica.

2.2. Plan detaljne regulacije

Za potrebe rada planovi regulacije posmatranog područja su preneti u dwg crtež koji će se koristiti kao osnova za crtanje trase, a kasnije i za izradu situacionog plana kanalizacije. Plan detaljne regulacije sadrži izgrađene ili planirane površine koje pripadaju javnim službama, slobodne površine, infrastrukturne objekte, površine namenjene za stanovanje, saobraćajnice i tako dalje.

2.3. Položaj kolektora i slivova

Preko programskog paketa S.A.S prikupljene su topografske karte i satelitski snimci koji su osnova za usvajanje položaja glavnih kolektora i usvajanje slivnih površina. Trasa glavnog kolektora je postavljena tako da prati najniže delove terena to jest povlačena je po talveg liniji. Na osnovu nagiba terena povučene su vododelnice i formirani slivovi, slika 1.



Slika 1. Kolektor i slivne površine

2.4. Granični uslovi

Kanalizacioni sistem Petrovaradina za potrebe odvođenja otpadnih i atmosferskih voda koristi rešenje evakuacije sa slobodnim tečenjem. Pri projektovanju trase ovakvog sistema potrebno je zadovoljiti uslove [2]:

- minimalnih nagiba i maksimalnih nagiba cevi
- minimalne i maksimalne dubine ukopavanja
- minimalnih prečnika
- rastojanje između šaftova

3. PROTICAJ OTPADNE I STRANE VODE

Proticaj po suvom vremenu u kanizacionom sistemu naselja čine sledeći elementi:

- upotrebljena voda stanovništva,
- industrijska otpadna voda i
- procedne voda

3.1. Upotrebljena voda stanovništva

Upotrebljene vode stanovništva podrazumevaju upotrebljene vode gazdinstava, različitih javnih i uslužnih ustanova. Trenutno na teritoriji Petrovaradina prema podacima JKP Informatika Novi Sad živi 17.754 stanovnika, a na teritoriji Bukovca 4.086 stanovnika. Urbanističkim planom Novoga Sada predviđa se razvoj ovih područja tako da područje Mišeluka naseljava 18.000 stanovnika, područje Petrovaradina 14.000 stanovnika, a područje Bukovca 5.000 stanovnika. Ukupan broj stanovnika posmatranog područja iznosi 37.000. Specifični dnevni doticaj [2] iznosi sto četrdeset litara po stanovniku na dan ($q_{spec}=140$ l/st./dan). Srednji dnevni proticaj [2] otpadnih voda iz domaćinstava određen je množenjem broja stanovnika na kraju projektnog perioda sa specifičnim dnevnim proticajem i iznosi dvesta petnaest metara kub-

nih kroz čas ($Q_{sr,dn.}=215$ m³/h). Maksimalni dnevni oticaj [2] otpadnih voda, $Q_{max,dn.}$ (m³/dan), iz domaćinstava određen je kao 50% veći oticaj od $Q_{sr,dn.}$ i iznosi oko devedeset litara po sekundi ($Q_{max,dn.}=90$ l/s). Maksimalni časovni oticaj [2] iznosi sto četrdeset pet litara kroz sekund ($Q_{max,h.}=145$ l/s) i dobijen je množenjem maksimalnog dnevnog doticaja sa koficijentom časovne neravnomernosti ($k_{max,dan}=1,4$).

Za javne i uslužne objekte primenjene u tehničkim normama DWGV W 410 koje daju detaljne preporuke za procenu potrošnje.

3.2. Industrijska otpadna voda

Količina otpadne vode iz industrije [2] Q_{ind} iznose 6,88 l/s i izračunata je na sledeći način:

$$Q_{ind} = q_{ind} * A_{c,s} \text{ [L/s]} \quad (1)$$

$A_{c,s}=34.4$ ha - je površina privrednog i industrijskog područja sa kojeg se voda odvodi u kanalizaciju, $q_{ind}=0.2$ l/s/ha - specifična količina industrijske otpadne vode.

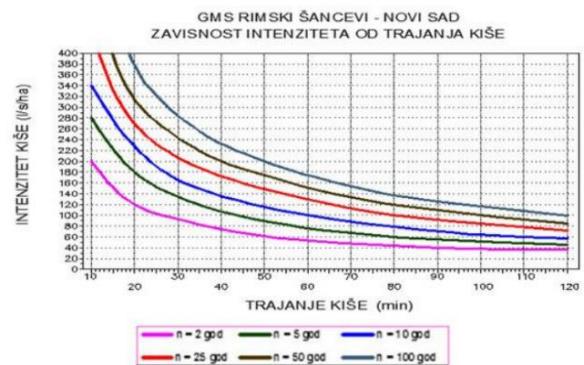
3.3. Procedne vode

Podzemna voda prodire kroz neispravne spojeve i kućne veze, pukotine i tako dalje, te ju je kao takvu nužno obračunati. Ukupan protok dobijen putem infiltracije Q_{inf} je 11,99 l/s [2] i računat je kao :

$$Q_{inf} = 0,2 * Q_{sr,dam} \text{ [L/s]} \quad (2)$$

4. ATMOSFERSKE VODE – 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. Padavine se karakterišu trajanjem, intenzitetom i učestalošću. Obradom velikog broja podataka o padavinama dolazi se do statističke zavisnosti između trajanja, jačine i učestanosti kiše, koje se mogu prikazati preko dijagrama redova podjednako ekonomičnih računskih kiša, slika 2.



Slika 23. Zavisnost visine (intenziteta) kiše-trajanja kiše-povratni period

Slika 2, Zavisnost visine kiše-trajanja kiše-povratnog perioda

Kada dođe do izlivanja atmosferske vode usled padavina iz kanizacionog sistema ili nemogućnosti njenog ulivanja zbog čega se zadržava na površini kažemo da je

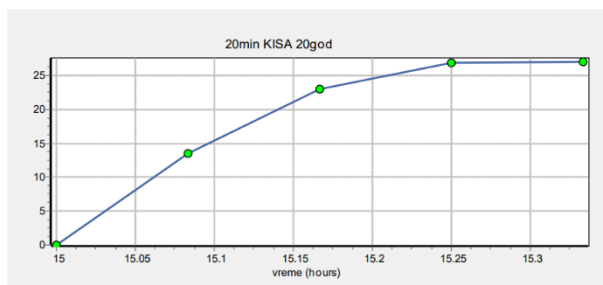
došlo do plavljenja [2]. Iz praktičnih razloga kanalizacioni sistem ne može da se projektuje tako da se prilikom padavina obezbedi potpuna zaštita od plavljenja ili prezasićenosti tla vodom. Prema tome, za različite učestalosti padavina potrebno je definisati ponašanje sistema kanalizacije.

Saglasno sa Evropskim standardom EN 752-2 usvojeno je da se pri pojavi padavina sa učestalnošću jednom u dve godine ne dozvoljava tečenje pod pritiskom, a za padavine koje se javljaju jednom u dvadeset godina može se očekivati plavljenje. Sledeće treba usvojiti trajanje kiše. Po trajanju, kiše mogu biti vrlo različite, od nekoliko minuta do nekoliko časova. Trajanje kiše usvaja se u zavisnosti od karakteristika sliva. U našoj praksi pokazalo se da je dvadesetominutna kiša kriterijum za projektovanje.

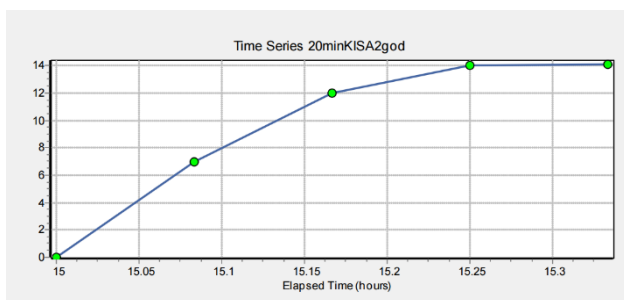
Konačno rad sistema kanalizacije je prikazan u slučaju pojave dvadesetominutne kiše koja se javlja jednom u dve godine i dvadesetominutne kiše koja se javlja jednom u dvadeset godina, slika 3 i slika 4.

Sva količina vode koja padne na površinu naselja ne otiče u kanalizaciju pošto se deo padavina zadrži na biljnom pokrivaču, prvo se zasiti površinski sloj zemljišta vodom, pa onda nastaje poniranje koje traje sve dok pada kiša i dok voda teče površinom. Gubitke vode koji nastaju usled infiltracije računaju se primenom Hortonove jednačine:

$$f_p = f_c + (f_o - f_c) * e^{-kt} \quad (3)$$



Slika 3, dvadesetominutna kiša koja se javlja jednom u dve godine



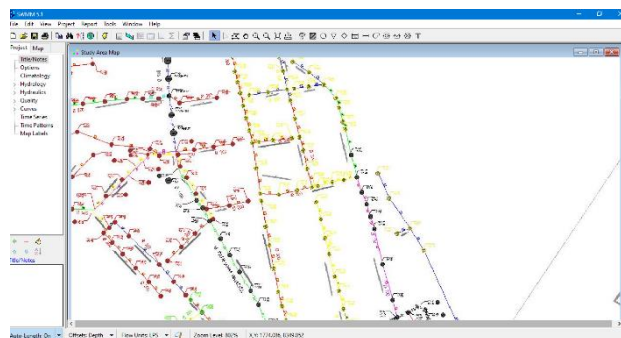
Slika 4, dvadesetominutna kiša koja se javlja jednom u dvadeset godine

5. MODELIRANJE KANALIZACIONOG SISTEMA

Modeliranje sistema započinje unošenjem podloge. Za podlogu koristi se trasa definisana u poglavlju dva. Iz dwg formata trasa prebačena je u jpg. format i uneta u softver EPA SWMM 5.1, slika 5.

Nakon podešavanja razmere mogu se uneti šahtovi i cevi po podlozi na obeležanim mestima sa zadovoljavajućom tačnošću. Za svaki šaht potrebno je uneti kotu dna kinete,

dubinu, površinu i opterećenje. Kote dna kinete i dubina šahta su zadati na podlozi. Od opterećenja unose se otpadne vode u svim čvorovima i atmosfere u nižim delovima Petrovaradina, slika 6.



Slika 5, Podloga uneta u EPA SWMM 5.1



Slika 6, Deonice koje prihvataju atmosfersku vodu

6. REZULTATI

Za modeliranje oticaja otpadnih voda korišćene su jednačina održanja mase i jednačina održanja količine kretanja u obliku tzv. Sen-Venanovih jednačina. Za rešavanje Sen-Venanovih jednačina koriste se model dinamičkog talasa. Simulacija je podešena da koristi Darcy-Weisbachovu jednačinu za računanje gubitaka energije duž toka. Formirani model prikazuje rad kanalizacionog sistema u trajanju od dva dana:

- u suvom vremenu
- u slučaju pojave dvadesetominutne kiše koja se javlja jednom u dve godine
- u slučaju pojave dvadesetominutne kiše koja se javlja jednom u dvadeset godina

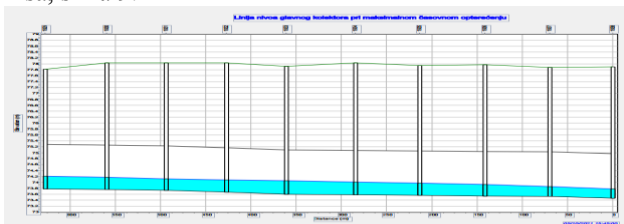
Suvo vreme je model tečenja bez padavina. U ovom slučaju model je formiran tako da je u svim cevima zadovoljen uslov stepena ispunjenosti [2]. Maksimalni časovni protok u mreži pri suvom vremenu iznosi 201,56 l/s.

Model sa dvadesetominutnom kišom koja se javlja jednom u dve godine je projektovan da ne dođe do preopterećenja sistema, odnosno nema tečenja pod pritiskom. Maksimalni časovni protok u mreži pri dvadesetominutnoj kiši koja se javlja jednom u dve godine iznosi 645,62 l/s.

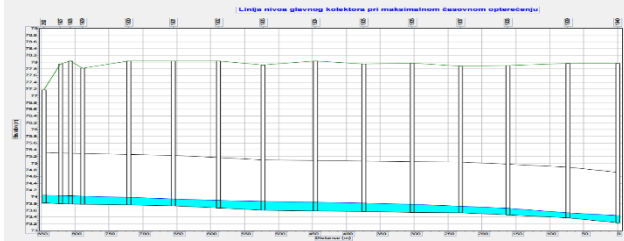
Model sa dvadesetominutnom kišom koja se javlja jednom u dvadeset godina dozvoljava tečenje pod pritiskom i izlivanje na površinu. Maksimalni časovni protok u mreži pri sa dvadesetominutnoj kiši koja se javlja jednom u dvadeset godina iznosi 1633,64 l/s.

Prva simulacija sa minimalnim dozvoljenim prečnicima nije uspjela da obezbedi rad sistema, što je bilo i očekivano, tako da su postepeno povećavani prečnici počevši od najnižvodnije cevi dokle god nije uspostavljen uspešan model koji omogućava rad sistema.

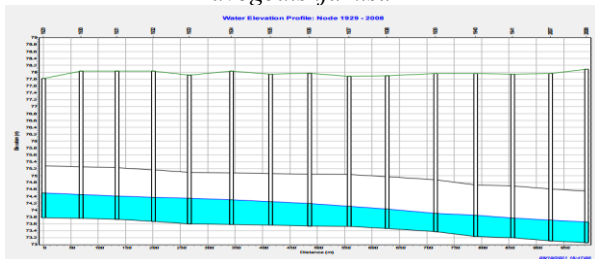
Na slikama 7, 8, 9 prikazan je nivo vode u podužnom preseku glavnog kolektora pri maksimalnom časovnom proticaju ako nema padavina, slika 7, ako se javlja dvogodišnja kiša, slika 8 i ako se javlja dvadesetogodišnja kiša, slika 9.



Slika 7, Nivo vode u podužnom preseku glavnog kolektora pri maksimalnom časovnom proticaju ako nema padavina



Slika 8, Nivo vode u podužnom preseku glavnog kolektora pri maksimalnom časovnom proticaju ako se javlja dvogodišnja kiša

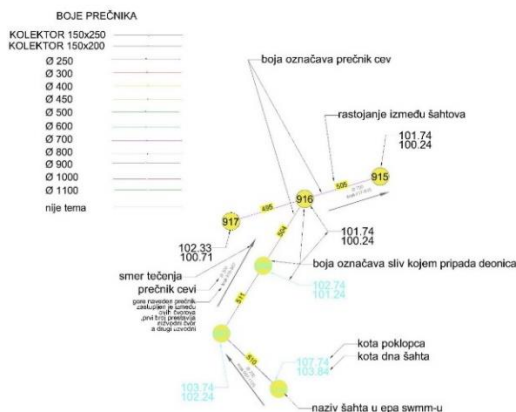


Slika 9, Nivo vode u podužnom preseku glavnog kolektora pri maksimalnom časovnom proticaju ako se javlja dvadesetogodišnja kiša

Novoprojektovani kanalizacioni sistem sastoji se od 50.850 m okruglih cevi prečnika 250 mm, 6.181 m okruglih cevi prečnika 300 mm, 4.650 m okruglih cevi prečnika 400 mm, 2.499 m okruglih cevi prečnika 500 mm, 1.413 m okruglih cevi prečnika 600 mm, 2.274 m okruglih cevi prečnika 700 mm, 2.075 m okruglih cevi prečnika 800 mm, 1.024,5 m okruglih cevi prečnika 900 mm, 34,2 m okruglih cevi prečnika 1000 mm, 494 m okruglih cevi prečnika 1100 mm, 568 m pravougaonog kolektora 200x150 cm i 2.188 m pravougaonog kolektora 250x150 cm.

Na osnovu rezultata simulacija formiran je situacioni plan kanalizacionog sistema i podužni profili na kojima su prikazani prečnici cevi, rastojanje između šahtova, kote po-

klopaca i kineta šahtova, što je osnova za dalje projektovanje, slika 10.



Slika 10, Detalj situacionog plana

7. ZAKLJUČAK

Rad prikazuje analizu razvoja kanalizacionog sistema Petrovaradina na području Petrovaradina i Mišeluka. Hidraulički proračuna vršen je preko programskog paketa EPA SWMM 5.1. i prikazuje rad sistema bez padavina, sa padavinama koje se javljaju jednom u dve godine i sa padavinama koje se javljaju jednom u dvadeset godina. Na osnovu hidrauličke analize dat je situacioni plan kanalizacije koji je osnova za dalje projektovanje. Trasa kanalizacionog sistema iznosi 72.382 m i ima 17.772 šahta i dve crpne stanice kapaciteta 8,5 l/s i 2,5 l/s.

8. LITERATURA

- [1] <http://www.nsurbanizam.rs/planoviunaseljima> – JP Urbanizam, Zavod za urbanizam
- [2] Pisana predavanja: doc. dr Matija Stipić, Komunalna hidrotehnika, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, 2016.

Kratka biografija:



Strahinja Milosavljević rođen je u Novom Sadu 1995. godine. Diplomski rad iz oblasti građevinarstvo, na temu „Idejno rešenje vodosnabdevanje nase-lja Sefkerin“, odbranio je 2019. godine na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu.



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