



HIDRAULIČKA ANALIZA OTPADNE I ATMOSFERSKE VODE NA LOKALITETU RADNE ZONE U KAĆU

HYDRAULIC ANALYSIS OF WASTE AND ATMOSPHERIC WATER AT THE WORK ZONE SITE IN KAĆ

Agnes Ištván, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – Predmet ovog rada jeste hidraulička analiza otpadne i atmosferske otpadne vode sa lokaliteta Radne Zone u Kaću, primenom tabelarnog proračuna osnovanu na Racionalnu metodu - za fekalnu kanalizaciju, i primenom programskog paketa EPA SWMM za atmosfersku kanalizaciju. Predmetni prostor se nalazi na površini od oko 190 ha.

Ključne reči: Hidraulički proračun, EPA SWMM, kanalizacija

Abstract – The subject of this work is the hydraulic analysis of wastewater and atmospheric wastewater from the site of the Working Zone in Kać, using a spreadsheet calculation based on the Rational Method - for fecal sewage, and applying the EPA SWMM software package for atmospheric sewage. The subject area is located on around 190 ha of land.

Keywords: Storm sewer, rational method, SWMM method

1. UVOD

Na osnovu raspoloživih podloga i podataka o radnoj zoni, projektovana je gravitaciona kanalizacija separatnog tipa. Kanalizaciona mreža je formirana tako da se sva sakupljena otpadna voda sa teritorije radne zone, odvodi putem kanalizacione mreže do ispusta u kanalsku mrežu koja transportuje do postrojenja za prečišćavanje u Novi Sad fekalnu otpadnu vodu, dok atmosfersku otpadnu vodu ispušta u melioracione kanale.

Rad se sastoji iz dva dela. U prvom delu rada se radi o hidrauličkom proračunu fekalne otpadne vode osnovanu na racionalnu metodu, dok se u drugom delu zadatka koristi se savremeniji SWMM metod za atmosfersku otpadnu vodu.

Prvi deo je dakle projektovanje kanalizacione mreže za fekalnu otpadnu vodu. To je primer kanalizacionog sistema za ravničarsko područje gde zbog topografije terena javljaju se velike dubine ukopavanja cevi. Zbog toga su postavljene dve crpne stanice, i kaskade za savlađivanje tih dubina. Maksimalna dubina ukopavanja je 5.42m, dok je minimalna dubina ukopavanja 1,5 m.

NAPOMENA:

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

U drugom delu rada proračun je izvršen pomoću softverskog paketa SWMM (Storm Water Management Model). On obuhvata mnogobrojne parametre koji utiču na proračun i rezultate padavina. Prilikom proračuna u ovom radu korišćen je neustaljeni model oticanja jer najviše odgovara realnom vremenu.

Matematički model se formira zadavanjem vizuelnih elemenata mreže sistema kao i određenih parametara, vremenske serije/šablona i kontrole. Za modelovanje se koristi model efektivnih padavina i to kumulativna kriva dvogodišnjeg povratnog perioda u trajanju od 20 minuta, a svi podslivovi u sistemu se opterećuju istim padavinama. Prema ovoj postavci se vodi računa da ne dođe do tečenja pod pritiskom niti do izlivanja.

EPA Storm Water Management Model (SWMM) je dinamički, fizički baziran model kojim se simulira proces transformacije padavina u oticaj. Komponenta oticaja SWMM -a se bazira na kolekciji podslivova područja koja primaju padavine i stvaraju oticanje i zagađena opterećenja [1]. Deo za usmeravanje prenosi ovo oticanje kroz sistem cevi, uređaja za skladištenje/tretman [1]. SWMM prati količinu i kvalitet oticanja, generisanog u svakom od podslivova, i protok, dubinu protoka i kvalitet vode u svakoj cievi i kanalu tokom perioda simulacije koji se sastoji od više vremenskih koraka [1].

SWMM uzima u obzir različite hidrološke procese koji proizvode oticanje iz urbanih područja. Ove uključuju [1]:

- Neravnomerne padavine
- Isparavanje sa stajaćih površinskih voda
- Akumuliranje i topljenje snega
- Zadržavanje vode u površinskim depresijama
- Infiltracija padavina u nezasićene slojeve zemljišta
- Procurivanje infiltrirane vode u slojeve sa podzemnim vodama (perkolacija)
- Interakcija između kolektorskog sistema i podzemnih voda
- Metoda nelinearnog rezervoara za proračun površinskog tečenja

1.1. Projektovanje sistema

Radna zona biće podeljena u dva slivna područja, istočno i zapadno. Površina radne zone iznosi oko 190,47ha. Odvođenje otpadnih i atmosferskih voda rešava se preko separatnog kanalizacionog sistema. Kanalizaciona mreža

otpadnih voda biće orijentisana ka kanalizacionom sistemu Grada Novog Sada dok atmosferska otpadna voda biće orijentisana na postojeće meliorativne kanale, koji funkcionišu u sklopu melioracionih sliva "Kovilj". U pitanju su kanali K-612 i K-611.

U prvom delu zadatka za fekalnu kanalizaciju, slivno područje je podeljena na 59 manjih slivnih površina. Od kojih oko 93,93ha pripada zapadnom delu mreže, dok ostatak od oko 96,54ha pripada istočnom delu mreže.

Ukupna dužina fekalnog kanalizacionog cevovoda iznosi oko 12,63 km. Mrežu čine polietilen (PE) cevi kružnog poprečnog preseka, prečnika od $\varnothing 300$ do $\varnothing 400$ mm i $\varnothing 200$ mm potisni vod. Minimalna dubina ukopavanja je 1,5 m, maksimalna dubina ukopavanja je 5,42 m, dok je minimalni nagib dna kanala za prečnik cevi $\varnothing 300$ je 2,2‰, a za $\varnothing 400$ iznosi 2,0‰.

Fekalna otpadna voda se sakuplja sa dva dela područja, sa zapadnog i sa istočnog u crpnoj stanici CS1. Sa zapadnog dela područja direktno teče u crpnu stanicu CS1, dok sa istočnog dela voda se sakuplja u crpnoj stanici CS2 odakle potisnim cevovodom dopumpa svu sakupljenu otpadnu vodu sa istočnog dela do tačke C40 odakle gravitaciono teče sve do crpne stanice CS1. Ukupna količina fekalne otpadne vode odavde se priključuje na gradsku kanalizacionu mrežu i dovodi se do postrojenja za prečišćavanje u Novi Sad.

U drugom delu zadatka, usvojeni procenat nepropusnih površina je 60%. Takođe je mreža podeljena na istočni i zapadni deo mreže.

Model je numerički sa fizičkom osnovom a sastoji se od 53 čvorova, 51 deonica, 41 slivne površine, 2 retenzije i 2 izliva. Sliv je detaljno analiziran, kanalizaciona mreža je predstavljena realnim oblikom i položajem. Usvojen maningov koeficijent hrapavosti $n=0,013 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$, u skladu sa izabranim cevničkim materijalom.

Atmosferska voda se gravitaciono kreće kroz sistem u kom nije bilo potrebe za crpnom stanicom. Pošto je veliki procenat nepropusnih površina, to je jedan od razloga zbog kog je bilo potrebe za retenzionim bazenima. Mreža kolektora je postavljena tako da ispoštuje minimalan pad dna cevi za određene deonice i da se isto vreme voda što kraćim putem odvede do retenzije.

Mreža se sastoji od zatvorenih cevi kružnog poprečnog preseka. Prečnik cevovoda se kreće od $\varnothing 600$ do $\varnothing 1200$. Retenzije su pravougaonog poprečnog preseka sa dimenzijama 50m x 140m x 3,5m. Izlivna cev iz oba retenzije je prečnika $\varnothing 250$. Minimalna dubina ukopavanja cevi je 1,41m, a najveća 4,63m.

2. REZULTATI PRORAČUNA

2.1. Tabela proračuna hidraulički proračun kanalizacione mreže za fekalnu otpadnu vodu

Metodologija proračuna fekalne kanalizacije pomoću tabele, suštinski nije veliki problem. Tabela je sastavljena pomoću Racionalne metode za proračun kanalizacione mreže, i korigovana je da odgovara slučaju zadatka. Neophodno je praviti određene korake kako bi se došlo do merodavnih proticaja, validnih za dimenzionisanje.

Prethodno su obavljani svi poslovi koji daju ulazne veličine za hidraulički proračun.

- Poznat je efektivni protok $q_{ef}=0,2 \text{ l/s/ha}$
- Određena je trasa budućih cevovoda i poznate njihove dužine
- Poznate su kote terena
- Poznati su smerovi tečenja vode u cevima
- Usvojen je koeficijent oticaja na slivnom području $\Psi=0,4$
- Poznat je prečnik kanalizacione mreže $\varnothing 300$, $\varnothing 400$

Sa zapadnog dela područja maksimalan protok iznosi $Q_1=16,75 \text{ l/s}$. Dok na istočnom delu maksimalan protok je $Q_2=21,38 \text{ l/s}$. Potisni cevovod tu količinu sa istočnog dela dopumpa do tačke C40 odakle gravitaciono teče preko cevi $\varnothing 400$ sve do crpne stanice CS1. Ukupna količina fekalne otpadne vode u CS1 tada iznosi $Q_3=38,13 \text{ l/s}$, odakle se priključuje na gradsku kanalizacionu mrežu i dovodi se do postrojenja za prečišćavanje u Novi Sad.

Hidraulički proračun i dimenzionisanje kanalizacione mreže su urađeni za merodavnu količinu otpadne vode. Rezultati su pokazali da je ovo hidraulički funkcionalan sistem. Pošto nije svugde postignuta minimalna brzina u mreži (najmanja brzina u mreži iznosi 0,16 m/s) potencijalni problem je taloženja suspendovanih materija iz otpadne vode, se rešava (i sprečava) redovnim održavanjem kanalizacionog sistema.

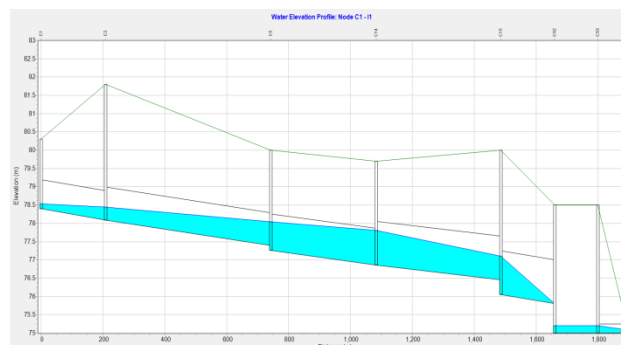
2.2. SWMM metoda - Kiša dvogodišnjeg povratnog perioda

Merodavne su padavine dvogodišnjeg povratnog perioda, trajanja 20 minuta.

Tabela 1. Visine padavina za kišu dvogodišnjeg povratnog perioda i trajanja 20 minuta

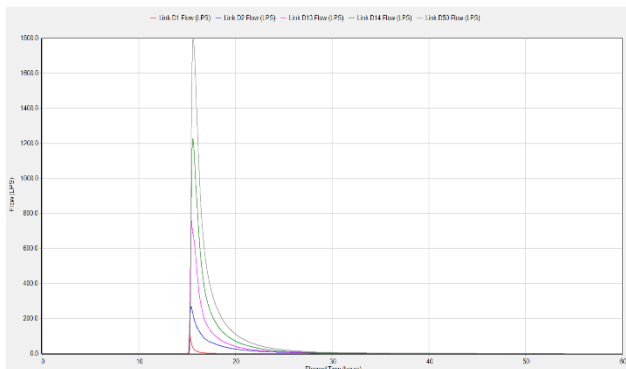
Vreme (h:min)	Visina padavina (mm)
15:00	0
15:05	7
15:10	12
15:15	14
15:20	14.1

Dubina vode u deonici od najudaljenije tačke zapadnog dela mreže do izliva II u času najvećeg opterećenja mreže zatvorenih kolektora prikazana na slici 1. Ovaj deo prolazi kroz cevi D1, D2, D13, D14, D50, D52 (retenzija 1) i D53 odakle izlazi u meliorativni kanal K-612.



Slika 1. Uzdužni profil kanalizacione mreže sa maksimalnom linijom nivoa od C1 do II pri padavinama povratnog perioda 2 godine

Promena protoka kroz istu mrežu zatvorenih kolektora do C42 je prikazana na slici 2, sa maksimalnim protokom na ulivu u retenziju 1, koja iznosi 1796,72 l/s, dok se u meliorativni kanal ispušta 62,50 l/s.

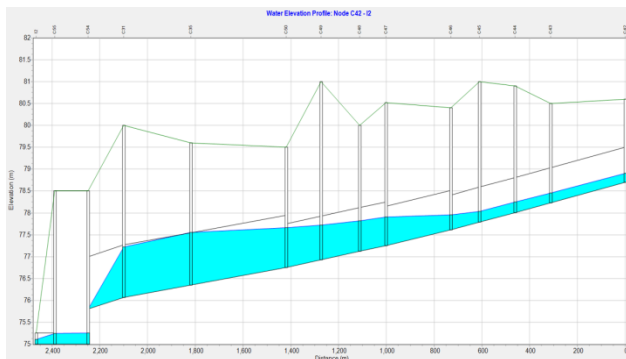


Slika 2. Promena protoka kroz vreme u kolektorima D1, D2, D13, D14 i D50 za kišu dvogodišnjeg povratnog perioda

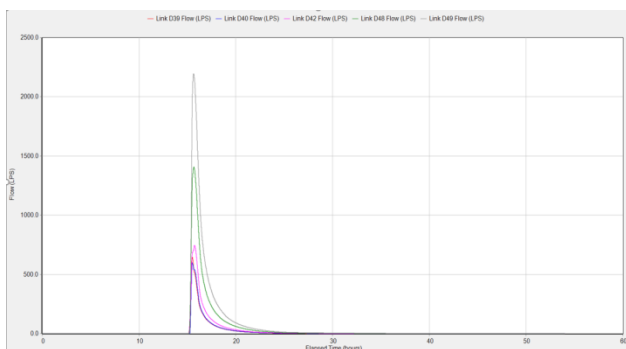
Maksimalan nivo u retenziji 1 (C52-C53) iznosi 1,21m, što u dopuštenim granicama visine punjenja retenzije.

Dubina vode u deonici od najudaljenije tačke istočnog dela mreže do izliva I2 u času najvećeg opterećenja mreže zatvorenih kolektora prikazana na slici 3. Ovaj deo prolazi kroz cevi D30, D31, D32, D33, D34, D38, D39, D40, D42, D48, D49, D54 (retenzija 2) i D55 odakle izlazi u meliorativni kanal K-611.

Promena protoka kroz istu mrežu D39, D40, D42, D48, D49 je prikazana na slici 4, sa maksimalnim protokom na ulivu u retenziju 1, koja iznosi 2194,02 l/s, dok se u meliorativni kanal ispušta 67,39 l/s.



Slika 3. Uzdužni profil kanalizacione mreže sa maksimalnom linijom nivoa od C42 do I2 pri padavinama povratnog perioda 2 godine



Slika 4. Promena protoka kroz vreme u kolektorima D39, D40, D42, D48 i D49 za kišu dvogodišnjeg povratnog perioda

Maksimalan nivo u retenziji 2 (C54-C55) iznosi 1,32m, što ispunjava maksimalan nivo punjenja retenzije.

2.2. SWMM metoda - Kiša dvadesetogodišnjeg povratnog perioda

Merodavne su padavine dvadesetogodišnjeg povratnog perioda, trajanja 20 minuta.

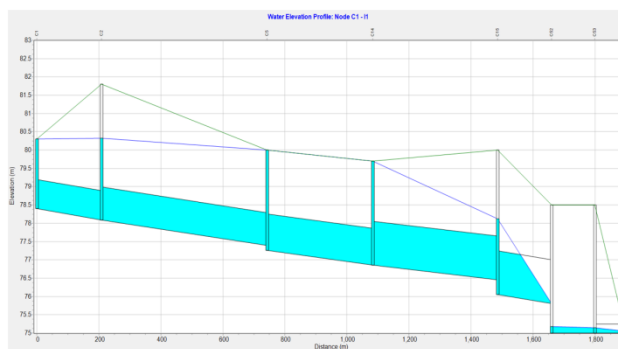
Tabela 2. Visine padavina za kišu dvadesetogodišnjeg povratnog perioda i trajanja 20 minuta

Vreme (h:min)	Visina padavina (mm)
15:00	0
15:05	11.8
15:10	22.05
15:15	26.9
15:20	30

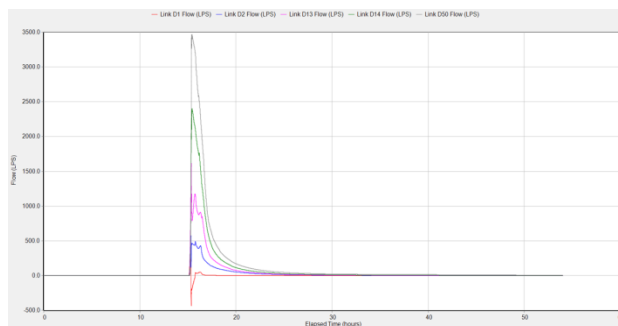
Kao ulazni podatak merodavnih padavina dvadesetogodišnjeg povratnog perioda, modelirana je kiša prema podacima iz tabele 2.

Nivo vode deonice najudaljenije tačke C1 od izliva I1 na zapadnom delu mreže u času najvećeg opterećenja mreže zatvorenih kolektora prikazana na slici 5.

Promena protoka kroz istu deonicu, od tačke C1 do C52 je prikazana na slici 6, sa maksimalnim protokom na ulivu u retenziju 1, koja iznosi 3469,63 l/s, dok na izlivu I1 u meliorativni kanal K-612, protok iznosi 97,41 l/s.



Slika 5. Uzdužni profil kanalizacione mreže sa maksimalnom linijom nivoa od C1 do I1 pri padavinama povratnog perioda 20 godine

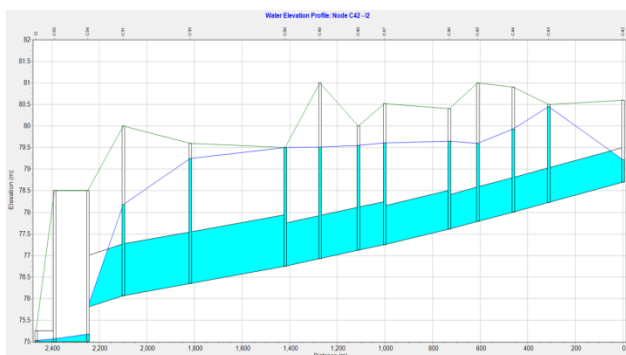


Slika 6. Promena protoka kroz vreme u kolektorima D1, D2, D13, D14 i D50 za kišu dvadesetogodišnjeg povratnog perioda

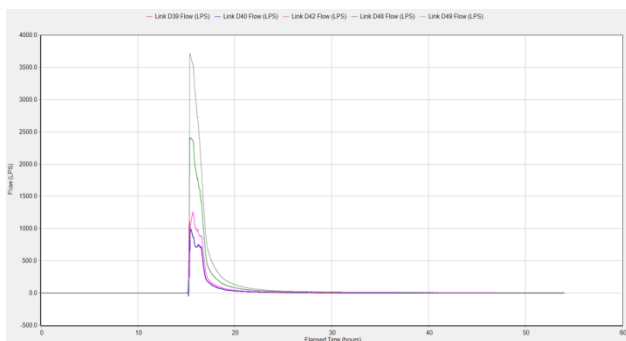
Maksimalan nivo u retenziji 1 (C52-C53) za kišu dvadesetogodišnjeg povratnog perioda iznosi 2,51m, što u dopuštenim granicama visine punjenja retenzije.

Nivo vode u času maksimalnog opterećenja mrežena istočnom delu mreže prikazan na slici 7. Od tačke C51 do I2.

Promena protoka kroz istu deonicu, od tačke C48 do C54 prikazana na slici 8. Maksimalan protok na izlivu u retenziju 2 iznosi 3716,98 l/s, dok na izlivu I2 u meliorativni kanal K-611, protok iznosi 100,87 l/s.



Slika 7. Uzdužni profil kanalizacione mreže sa maksimalnom linijom nivoa od C42 do I2 pri padavinama povratnog perioda 20 godina



Slika 8. Promena protoka kroz vreme u kolektorima D39, D40, D42, D48 i D49 za kišu dvadesetogodišnjeg povratnog perioda

Maksimalan nivo u retenziji 2 (C54-C55) za kišu dvadesetogodišnjeg povratnog perioda iznosi 2,58m, što je u dopuštenim granicama visine punjenja retenzije.

3. ZAKLJUČAK

U prvom delu rada je isprojektovana fekalna kanalizaciona mreža dok u drugom delu rada isprojektovana atmosferska kanalizaciona mreža sa 20-minutne kiše povratnog perioda 2 godine, a zatim izvršena i analiza 20-minutne kiše povratnog perioda 20 godina, jer se radi o radnoj zoni gde je propusna moć zemljišta veća nego na urbanim sredinama.

Izmodelirana je separata kanalizacija za odvođenje fekalnih i atmosferskih voda koja se sastoji od zatvorenih kružnih kolektora. Sistem je gravitacioni sa slobodnim tečenjem.

Fekalna kanalizacija se sakuplja na crpnoj stanici CS1 na zapadnom delu mreže, odakle će svu količinu otpadne vode priključiti na gradsku kanalizacionu mrežu Novoga Sada. Minimalni prečnik se javlja na potisnom delu mreže iznosi \varnothing 200, dok se mreža sastoji od PE cevi prečnika \varnothing 300 i \varnothing 400.

Atmosferska kanalizacija je projektovana tako da mreža ispunjava zahteve kriterijuma prilikom padavina dvogodišnjeg povratnog perioda.

Mreža se sastoji od zatvorenih cevi kružnog poprečnog preseka. Prečnik cevovoda se kreće od \varnothing 600 do \varnothing 1200. Retenzije su pravougaonog poprečnog preseka sa dimenzijama 50m x 140m x 3,5m. Izlivna cev iz oba retenzije je prečnika \varnothing 250.

Možemo zaključiti da nigde na prikazanim delovima ne dolazi do izlivanja i do tečenja pod pritiskom. Takođe u svim cevima brzine toka se nalaze u okviru propisanih vrednosti, na mestima gde se ne ostavljuje ta brzina, preporuka je da Nadležna Javna komunalno preduzeće, koji održava kanalizacioni sistem, da izvrši češće pranje cevovoda da se ne bi došlo do istaložavanja na dnu cevi.

Na osnovu svega navedenog može smatrati da je mreža dobro dimenzionisana.

4. LITERATURA

- [1] Storm Water Management Model User's Manual Version 5.1
- [2] Pisana predavanja: doc. dr Matija Stipić, Komunalna hidrotehnika, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, 2018

Kratka biografija:



Agnes Ištvan rođena je u Kikindi 1993. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstvo – Hidrotehnika odbranila je 2022. god.
kontakt:
agnesistvan@gmail.com