

**IDEJNO REŠENJE ODVOĐENJA ATMOSFERSKIH VODA NASELJA OPOVO  
SISTEMOM OTVORENIH I ZATVORENIH KANALA****CONCEPTUAL SOLUTION FOR ATMOSPHERIC WATER DRAINAGE OF OPOVO  
SETTLEMENTS WITH A SYSTEM OF OPEN AND CLOSED CHANNELS**Marko Travica, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U radu su izložene metode koje se koriste za projektovanje odvodnje atmosferskih padavina kako zatvorenih tako i otvorenih kanala. Za dimenzionisanje mreže korišćena je Racionalna metoda, kao i softverski paket EPASWMM. Na osnovu analiziranja i upoređivanja rezultata dobijamo slične ali ne identične rezultate.

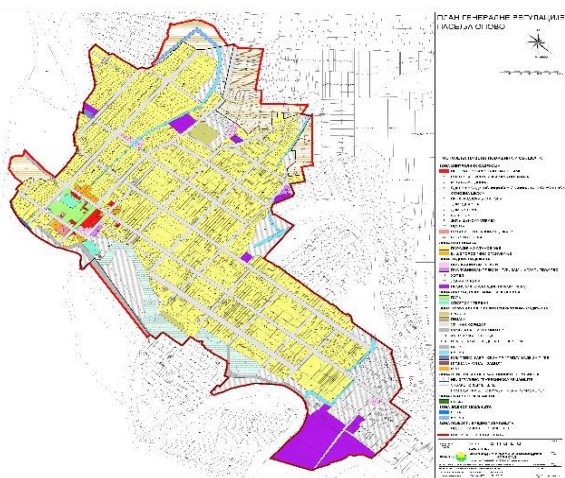
**Ključne reči:** Projektovanje atmosferske odvodnje, Softverski program EPASWMM, Racionalna metoda.

**Abstract** – The project presents the methods used to design the drainage of atmospheric precipitation of both closed and open channels. The Rational Method was used for sizing the network, as well as the EPASWMM software package. Based on analyzing and comparing the results, we get similar but not identical results.

**Keywords:** Atmospheric drainage design, EPASWMM software program, Rational method.

**1. UVOD**

Opština Opovo je jedna od najmanjih opština u Vojvodini i nalazi na svega 30 km od Beograda i Pančeva odnosno 40 km od Zrenjanina. Projektom je obrađena površina od 286 hektara (Slika 1).



Slika 1 – Postojeća namena površina i objekata

Proračun je rađen za povratni period kiše od dve godine ali i povratni period kiša od dvadeset godina.

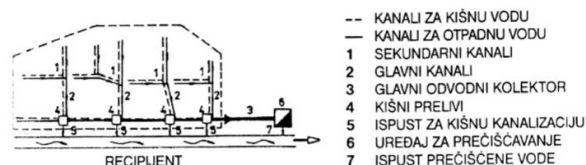
Iz celog niza kiša koje su se javile u toku posmatranog perioda vremena, za projektovanje kanalizacione mreže za odvođenje atmosferskih vode odabira se samo jedna kao merodavna za određivanje kapaciteta kanala. Ta kiša neće biti najjača od svih opaženih kiša jer bi dimenzionisanje kanala prema toj kiši tražilo kanale ogromnih dimenzija, dakle skupe kanale, čiji bi se pun kapacitet koristio samo jednom u 10 ili 20, pa čak i više godina. Za dimenzionisanje se bira neka slabija kiša, koja se češće javlja, s tim da se dozvoljava da se kišnica pri jačim kišama zadržava na terenu izvesno vreme pre nego što bi kanali bili u stanju da je prime i odvedu [2].

Biće iskorišćeni postojeći otvoreni kanali za odvodnju atmosferske kanalizacije do dubine ukopavanja 1-1,2 m. Posle te dubine prelazi na zacevljeni kanalizacioni sistem.

**2. KANALIZACIONA MREŽA**

Kanalizaciona mreža ima više oblika i sistema. Takođe može se podeliti na atmosfersku kanalizaciju i kanalizaciju otpadnih (domaće upotrebljene vode). U ovom radu biće obrađena odvodnja atmosferskih voda koje u naseljima mogu stvarati velike problem. Posebno velika količina vode pri atmosferskim padavinama se stvara na otvorenim delovima kao što su krovovi, betonske i druge površine koje su sastavljene od materijala koji su ili vodonepropusni ili slabo propuštaju vodu. Delovi naselja koji nisu pravilno regulisani odvodnjom bivaju poplavljeni u većini slučajeva što smo i sami svedoci u poslednjih desetina godina.

Osnovna podela se vrši na **opšti** i **separacioni** sistem. U opšti sistem ubrajamo sve otpadne vode a separacioni sistem (slika 2) možemo smatrati kada imamo posebne odvodnje za otpadne vode [1].



Slika 2 – Separacioni sistem kanalizacije

**NAPOMENA:**

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

Kao što smo već naveli pošto imamo prirodni prijemnik u blizini sa tehničkog ali i ekonomskog rešenja je i pogodan separacioni sistem kanalizacione mreže. Nagib podužnog preseka cevovoda će biti predviđen sa minimalnim

padom. Teren je ravničarskog tipa tj apsolutne kote na obrađenoj površini terena su približne.

Takođe je i separacioni sistem bliži u neposrednoj budućnosti faznog širenja kanalizacione mreže.

Sa ekonomskog aspekta će se praviti ušteta tako što nećemo imati crpnih stanica. Crpne stanice su veoma skupa investicija kako kroz njenu kupovinu i instalaciju tako i zbog samog održavanja. Atmosferska kanalizacija će se predvideti gravitacionom odvonjom cevima kroz ulični deo kolovoza kao i priključni ulični slivnici i veza sa obližnjih krovova, oluka i slivnika. Deo vode će se takođe može iskoristiti za pranje površina i vozila. Kroz ovu investiciju bi se značajno smanjila potrošnja sanitarne mreže a sa tim bi se smanjili i troškovi potrošnje, kao i održavanja. Kratka deonica prema izlivu (od čvorišta 2 neposredno pre izliva), koja je dugačka 102 metra, imaće dubinu iskopa veću od pet metara što povećava cenu iskopa. Pošto smo već rekli da je u pitanju kratka deonica, da bi izbegli crpnu stanicu ovo je bolje rešenje sa ekonomskog i tehničkog aspekta, zbog same cene crpne stanice i njenog budućeg održavanja.

Atmosferska kanalizacija tokom perioda može imati širok opseg, tj u sušnim periodima je takoreći nema dok u danima sa padavinama može biti u veoma velikim količinama. Ukupna količina kišnice po jednom hektaru za godinu dana približno iznosi po sledećoj formuli (1):

$$k = a \Psi 10.000 \text{ (m3/ha.god)} \quad (1)$$

Deo padavina koje dolaze u dodir sa površinom se uvek prvo zadrže na datoj površini do njenog zasićenja. Nakon toga dolazi do oticanja viška vode. Zbog toga je veoma bitno koji tip podloge obrađujemo jer od njegove važnosti se uzima dati koeficijent oticanja  $\Psi$ .

Maksimalni koeficijent oticanja  $\Psi$  kod kosih krovova (od crepa, stakla, metala ili drugih građevinskih materijala) jednak 0.9 – 1.0, dok minimalni koeficijent oticanja  $\Psi$  kod zelenih površina može biti 0,1 – 0,3 (tabela 1).

Tip površine	Tip pokrivenosti	Srednji koef. oticaja
Kosi krov	metal, staklo, cementne ploče	0.9-1.0
Ravan krov, Nagib do 3° ili oko 5°	metal, bitumen, šljunak	0.7-1.0
Krov sa vegetacijom, Nagib do 15° ili oko 25°	sa humusom < 10 cm	0.5
	sa humusom > 10 cm	0.3
Putevi, trotoari, trgovi (ravni)	asfalt,	0.9
	vrst pošljunčani sloj	0.6
	filter kamen	0.25
Nasipi, bankine i kanali sa oticajem u odvodni i kanalizacioni sistem	glinovito zemljište	0.5
	glinasti pesak	0.4
	peskovito zemljište	0.3
Bašte, pašnjaci i obrađivo zemljište	ravan teren	0.0-0.1
	strm teren	0.1-0.3

Tabela 1 –Srednji koeficijent oticaja  $\Psi$  prema tipu i nagibu površine

### 3. PRORAČUN I DIMENZIONISANJE CEVOVODA

#### 3.1 Proračun racionalnom metodom

Široko se primenjuje u dosta svetskih zemalja na urbanizovane slivove do oko 15 km<sup>2</sup>. Pokazuje dobre rezultate i ako nema zanemaruje padavine koje su predhodile ovome. Nije pogodna za velike slivove i dugačke deonice. Određuje se po sledećoj formuli (2):

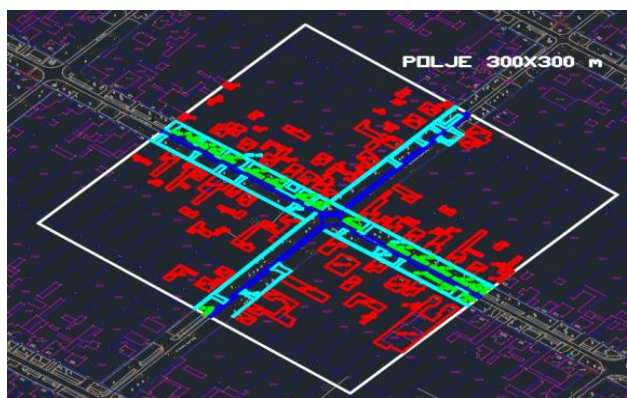
$$Q = \Psi i F \text{ (L/s)} \quad (2)$$

Slivovi u kojima vreme toka ne premašuje od 10 minuta do 20 minuta mogu se računati prostije sa nepromenljivom jačinom kiše za ceo sliv.

Sa slike 3 možemo videti polje 300 x 300 metara sa obeleženim slivnim površinama koje su sledeće površine:

	NAMENA PROSTORA	POVRŠINA (m <sup>2</sup> )
1)	opštinski put	2225
2)	građevinsko područje naselja	10409
3)	pristupni put	2466
4)	meliracioni kanali	413
5)	ukupna površina	15513

Tabela 2 –Namena prostora i njihove površine



Slika 3 –Postojeća namena površina i objekata

Na slici 3 prikazano je nasumično uzeto polje dužine i širine 300 metara. Ukupna površina objekata na to polju je 15513m<sup>2</sup>, a ukupna površina polja je 90000 m<sup>2</sup>. Tako da kada podelimo ukupnu površinu objekata i ukupnu površinu polja dobijamo **koeficijent oticanja  $\Psi$  0.17**.

U tabeli 3 prikazani su dobijeni rezultati i na koji način se tabelarno prikazuje racionalna metoda za date deonice.

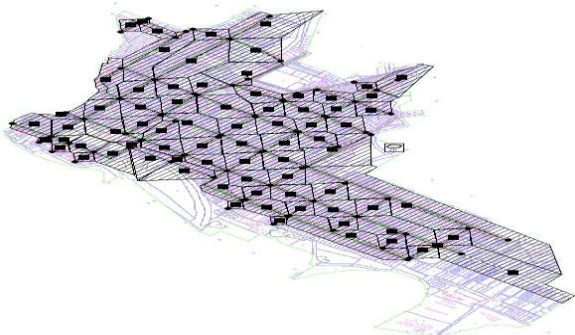
U tabeli 3 dat je samo deo proračuna za povratni period kiše od dve godine. Isti postupak se ponavlja za povratni period kiša od dvadeset godina ali sa drugim intenzitetom kiše.

Deonica od - do	Duzina deonice L [m]		F površina sliva [ha]		Vreme toka [min]			Intenzitet kise [l/s ha]	Proticaj kisnice [l/s]	Broj stanovnika po deonici	Sopstveni proticaj za vreme suse [l/s]	Uzvodni proticaj za vreme suse [l/s]	Nizvodni proticaj za vreme suse Qsr [l/s]	Koefficient neravnornosti	Nizvodni proticaj za vreme suse Q max,h [l/s]	Nizvodni proticaj za vreme kise [l/s]	Nagib terena It [%]	Nagib dna kanala Ik [%]	Profil kanala [cm]	Pun profil		Punjenje kanala [cm] za vreme		Stvarna brzina [m/s] za vreme		Stvarno vreme toka u deonici L/v [min]	Ukupno stvarno vreme toka [min]
	pojedinačna - Fi	ukupna - Fu	Fu * y [ha]	do uzvodnog kraja	u deonici - L/v	ukupno	proticaj [l/s]													brzina [m/s]	suse	kise	suse	kise			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
37-35	141	15.60	15.60	2.65	15.00	2.35	17.35	130.0	344.76	145	0.20	0.00	0.20	2.4	0.48	345.24	2.13	1.25	80	461.00	0.92	1.60	52.00	0.16	1.00	2.34	17.34
36-35	236	2.70	2.70	0.46	15.00	5.78	20.78	120.0	55.08	25	0.03	0.00	0.03	2.4	0.08	55.16	2.79	1.50	40	80.80	0.64	0.80	24.00	0.11	0.68	5.74	20.74
35-34	8	0.10	18.40	3.13	19.92	0.17	20.08	120.0	375.36	1	0.00	0.24	0.24	2.4	0.57	375.93	3.75	1.25	80	461.00	0.92	1.60	54.40	0.16	0.93	0.14	20.06
38-34	191	1.90	1.90	0.32	15.00	3.98	18.98	124.0	40.05	18	0.02	0.00	0.02	2.4	0.06	40.11	0.10	3.33	30	56.00	0.80	0.60	18.60	0.14	0.86	3.68	18.68
34-33	193	1.60	21.90	3.72	20.08	3.18	23.27	102.0	379.75	15	0.02	0.26	0.28	2.4	0.68	380.43	1.60	1.25	80	461.00	0.92	1.60	55.20	0.16	1.01	3.18	23.26
39-33	191	1.90	1.90	0.32	15.00	3.98	18.98	124.0	40.05	18	0.02	0.00	0.02	2.4	0.06	40.11	0.30	3.33	30	56.00	0.80	0.60	18.60	0.14	0.86	3.68	18.68
33-32	302	4.20	28.00	4.76	24.10	4.89	28.99	90.0	428.40	39	0.05	0.31	0.36	2.4	0.87	429.27	0.33	1.25	80	461.00	0.92	1.60	61.60	0.16	1.03	4.88	28.99

Tabela 3 –Prikaz dela deonica dobijenih proračunom racionalnom metodom

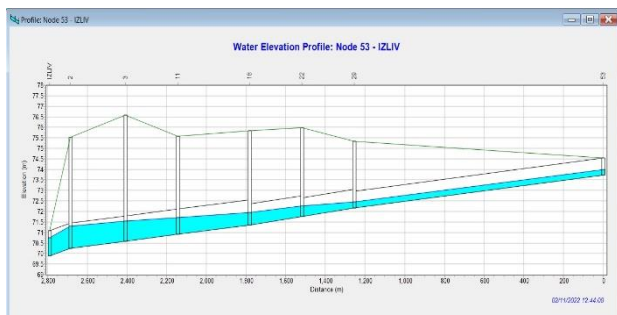
### 3.2 Proračun putem softvera SWMM

U ovom poglavlju prikazaćemo karakteristične deonice i profile atmosferske odvodnje naselja Opovo obrađene u softveru Storm Water Management Model koji se koristi za kratkotrajne ili dugoročne simulacije količine i kvaliteta hidrologije površine. U softveru je rađen proračun putem visinskih kota. (Slika 4).

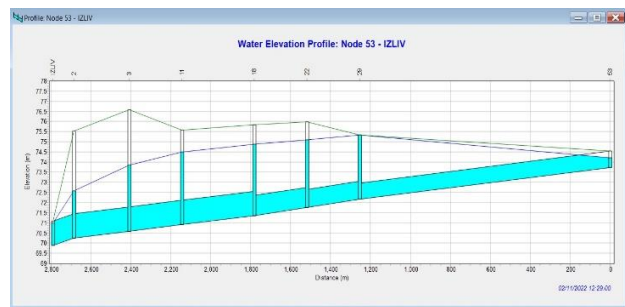


Slika 4 –Osnova slivnih površina u softveru SWMM

Na slici 5 i 6 dati su grafički prikazi nivoa vode za pojedine profile. Pri simulaciji povratnog perioda dvogodišnje kiše (sl. 5) vidimo optimalno punjenje cevovoda za prikazane deonice. U momentu najvišeg nivoa kiše povratnog perioda dvadeset godina (sl. 6) vidimo punjenje šahtova ali ne i izlivanje jer pi kota nigde ne prelazi kotu terena.



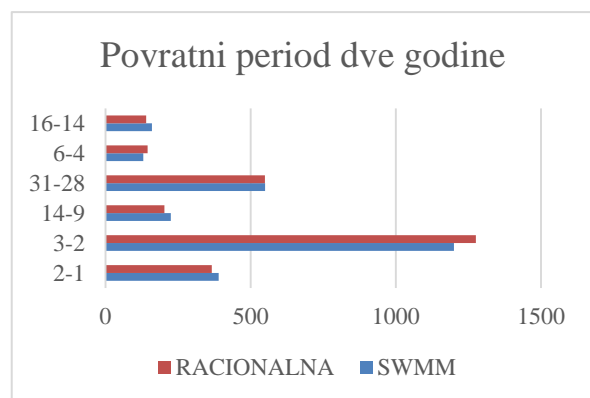
Slika 5 – profil 53-IZLIV za povratni period dvogodišnje kiše



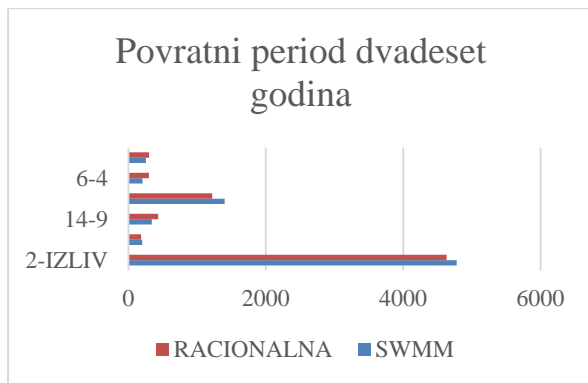
Slika 6 – profil 53-IZLIV za povratni period dvadesetogodišnje kiše

### 3.3 Poređenje dobijenih rezultata

Rezultate dobijene putem racionalne metode i kroz softverski program EPASWMM upoređićemo na graficima 1 i 2. Za zadate deonice dobijamo slične rezultate. Prikazaćemo rezultate deonica za povratni period od dve i povratni period od dvadeset godina.



Grafik 1 –Poređenje racionalne metode i softvera SWMM (jedinice izraze u l/s)



Grafik 2 –Poređenje racionalne metode i softvera SWMM (jedinice izraze u l/s )

#### 4. ZAKLJUČAK

Zbog blagog uzvišenja terena i dugačke deonice koje je potrebno savladati na poslednjoj deonici imaćemo iskop od preko pet metara. Takav iskop je skuplji ali je u pitanju kratka deonica.

Bolje i isplativije rešenje nego postavljanje crpne stanice.

Na osnovu racionalne metode koja je urađena za naselje Opovo, dolazimo do podatka da je moguće blago proširenje naselja (20 % sadašnjih kapaciteta), koji bi ovo idejno rešenje moglo da podrži što se tiče atmosferske odvodnje. Upoređeni rezultati racionalne metode i softvera SWMM su približi ali nisu i identični jer racionalna metoda najbolje rezultate daje do 200 hektara, a u ovom idejnom rešenju je ukupna površina 286 hektara.

Projektovani cevovod zadovoljava povratni period kiša od dve godine, ali i povratni period od dvadeset godina jer ne dolazi do plavljenja područja. Prikazani grafici su u trenucima najvišeg nivoa i pi kota nigde ne prelazi kotu terena, dakle nema plavljenja.

#### 5. LITERATURA

[1] Dr. Dejan Ljubisavljević, Mr Branislav Babić, Mr Aleksandar Đukić, Mr Branislava Jovanović; „Komunalna hidrotehnika primeri iz teorije i prakse“, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd 2010;

[2] Skripta: dr Matija Stipić: Komunalna hidrotehnika, Novi Sad 2019

[3] EPASWMM 5.1 – Storm Water Management Model

[4] Uslovi JKP “Beogradski vodovod i kanalizacija”; sajt opštine Opovo-<https://opovo.org.rs/>

#### Kratka biografija:



**Marko Travica** rođen je u Beogradu 1992. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Komunalna hidrotehnika odbranio je 2022. god.

kontakt: [markotravicaaah@gmail.com](mailto:markotravicaaah@gmail.com)