

# IDEJNI PROJEKT UNAPREĐENJA SUSTAVA JAVNE ODVODNJE AGLOMERACIJE TOPUSKO

---

**Boban, Jelena**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2024**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:237:778648>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-11**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Civil Engineering,  
University of Zagreb](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GRAĐEVINSKI FAKULTET  
SMJER HIDROTEHNIKA**

**DIPLOMSKI RAD**

**IDEJNI PROJEKT UNAPRJEĐENJA SUSTAVA  
JAVNE ODVODNJE AGLOMERACIJE TOPUSKO**

**Jelena Boban**

**Zagreb, 2024.**

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GRAĐEVINSKI FAKULTET  
SMJER HIDROTEHNIKA**

**Idejni projekt unaprjeđenja  
sustava javne odvodnje aglomeracije Topusko**

**Preliminary design for improvement of wastewater  
system of agglomeration Topusko**

**Jelena Boban, 0082060300**

**Mentor: izv. prof. dr. sc., Dražen Vouk, mag.ing.aedif.**

**Zagreb, Studeni 2024.**

## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je diplomski rad isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu, a što pokazuju korištene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada, te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Jelena Boban

U Zagrebu, \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## **Sažetak**

Idejni projekt unaprjeđenja sustava javne odvodnje aglomeracije Topusko uključivao je povezivanje proširenih područja naselja Topusko i povezivanje cijelog naselja Velike Vranovine što se ostvarilo izgradnjom novog sustava i šest tlačnih cjevovoda. Mjere unaprjeđenja uključivale su i izgradnju dvije preljevne građevine i jednu retenciju čime se povećala protočnost i učinkovitost sustava javne odvodnje. Unaprjeđenju sustava pristupilo se nakon utvrđivanja nedostataka postojećeg sustava koji su predstavljali plavljenje u čvorovima mreže i tečenja pod tlakom. Uspješno provedeno unaprjeđenje vidljivo je na uzdužnim profilima glavnih kolektora i situacijskim prikazima plavljenja. Sve hidrauličke analize provele su se u EPA/SWMM programu.

**Ključne riječi:** mješoviti sustav odvodnje, EPA/SWMM, oborinska odvodnja, preljevna građevina, retencija, tlačni cjevovodi

## ***Abstract***

The conceptual design for the improvement of the public drainage system in the Topusko agglomeration involved connecting the expanded areas of the Topusko settlement and linking the entire settlement of Velika Vranovina. This was achieved through the construction of a new system and six pressure pipelines. The improvement measures also included the construction of two overflow structures and one retention basin, which increased the flow capacity and efficiency of the public drainage system. The system upgrade was initiated after identifying the deficiencies in the existing system, such as flooding at network junctions and pressure leakage. The successful implementation of the improvements is evident in the longitudinal profiles of the main collectors and the situational maps of flooding. All hydraulic analyses were conducted using the EPA/SWMM software.

***Key words:*** combined sewer system, EPA/SWMM, stormwater drainage, overflow structure, retention basin, pressure pipelines

## SADRŽAJ

1.	UVOD .....	9
2.	ANALIZA UTJECAJNIH ČIMBENIKA .....	11
2.1	GEOGRAFSKI I KLIMATSKI ČIMBENICI .....	11
2.1.1	Topografija terena .....	11
2.1.2	Klimatski uvjeti .....	12
2.1.3	Vrste tla i hidrogeološke karakteristike .....	12
2.2	DEMOGRAFSKI I URBANISTIČKI ČIMBENICI .....	12
2.2.1	Stanovništvo .....	13
2.2.2	Turizam .....	14
2.2.3	Privreda .....	14
2.2.4	Mjerodavna hidraulička opterećenja .....	14
2.3	VRSTA SUSTAVA ODVODNJE .....	19
2.4	EKOLOŠKI ČIMBENICI I ODRŽIVOST .....	20
2.5	EKONOMSKI ČIMBENICI .....	20
2.6	ZAKONODAVNI ČIMBENICI .....	20
3.	MATEMATIČKI MODEL POSTOJEĆEG STANJA .....	21
3.1	OSNOVE IZRADE MATEMATIČKOG MODELA .....	21
3.2	MATEMATIČKO MODELIRANJE .....	22
4.	KALIBRACIJA MATEMATIČKOG MODELA POSTOJEĆEG STANJA .....	26
4.1	KALIBRACIJA MODELA PRI SUHOM DOTOKU .....	28
4.1.1	MJERNA TOČKA T1 .....	28
4.1.2	MJERNA TOČKA T2 .....	28
4.1.3	MJERNA TOČKA T3 .....	30
4.1.4	MJERNA TOČKA T4 .....	31
4.1.5	MJERNA TOČKA T5 .....	33

4.2	KALIBRACIJA MODELA PRI KIŠNOM DOTOKU .....	35
4.2.1	MJERNA TOČKA T1 .....	35
4.2.2	MJERNA TOČKA T2 .....	36
4.2.3	MJERNA TOČKA T3 .....	38
4.2.4	MJERNA TOČKA T4 .....	39
4.2.5	MJERNA TOČKA T5 .....	41
4.3	ZAKLJUČNO O KALIBRACIJI MODELA POSTOJEĆEG STANJA .....	42
5.	ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA S OBORINAMA VEĆEG INTENZITETA.....	43
5.1	POJAVA OBORINE INTENZITETA 150 l/sha .....	43
5.2	POJAVA OBORINE INTENZITETA 200 l/sha .....	49
5.3	POJAVA OBORINE INTENZITETA 250 l/sha .....	55
5.4	ZAKLJUČNO O ANALIZI POSTOJEĆEG STANJA S OBORINAMA VEĆEG INTENZITETA.....	61
6.	MJERE NADOGRADNJE I UNAPRJEĐENJA SUSTAVA ODVODNJE AGLOMERACIJE TOPUSKO .....	62
6.1	TLAČNI CJEVOVODI.....	62
6.2	CRPNA STANICA.....	62
6.3	KIŠNI PRELJEV.....	69
6.4	RETENCIJA .....	72
6.5	REZULTATI HIDRAULIČKOG PRORAČUNA NA MODELU PLANIRNOG STANJA .....	74
7.	TEHNIČKI OPIS PROJEKTIRANIH GRAĐEVINA.....	77
7.1	KOLEKTORI.....	77
7.1.1	Križanje kolektora s vodotokom .....	77
7.1.2	Križanja i paralelno vođenje kolektora s EK infrastrukturom .....	77
7.1.3	Gradnja .....	78
7.2	CRPNE STANICE, RETENCIJSKI BAZEN I KIŠNI PRELJEVI .....	79



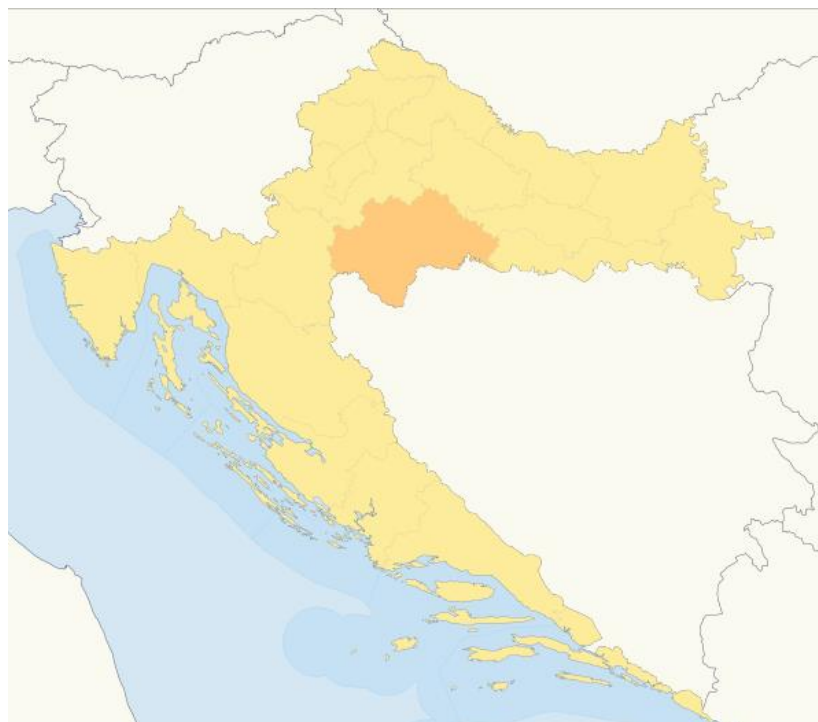


7.2.1	Gradnja .....	81
8.	ZAKLJUČAK.....	82
9.	LITERATURA .....	83
10.	POPIS SLIKA.....	84
11.	POPIS TABLICA .....	88

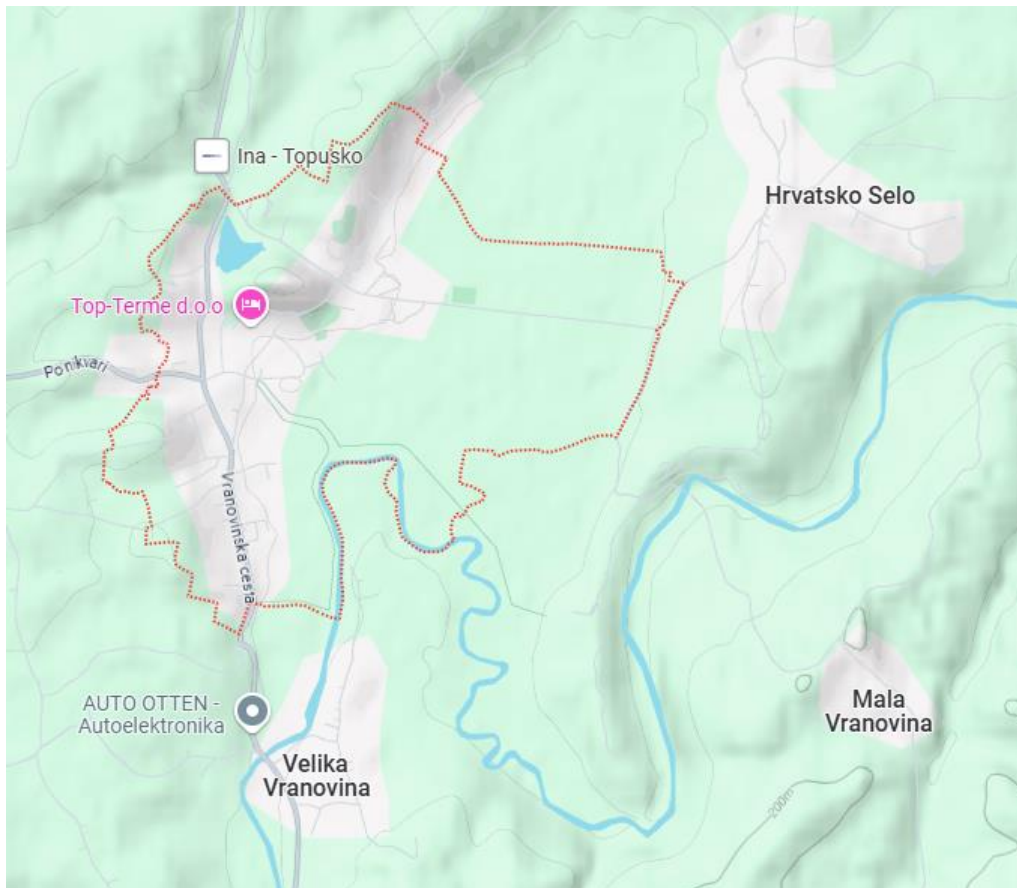
## 1. UVOD

Povijest svjetske izgradnje sustava odvodnje seže daleko do rimskog carstva gdje su prvo počeli s iskopom površinskih kanala za odvodnju iz naselja, a čak su i na cestama izvodili oborinske kanale kako ne bi poplavili putovi. U kasnijim stoljećima, zbog sve većeg rasta i razvitka gradova, rasla je i potreba za odvodnjom, uz oborinske vode, veće količine otpadnih voda, što se riješilo izgradnjom podzemnih tunela. Međutim, u Hrvatskoj potrebe za odvodnjom nisu bile tolike da bi se gradili podzemni tuneli već se problem rješavao izgradnjom sustava cjevovoda gdje bi se gravitacijski voda odvodila do lokalno najniže točke te se upuštala u neki potok ili rijeku. U manjim naseljima, gdje su potrebe za odvodnjom bile premale da bi se izvodio sustav cjevovoda, pristupilo se izgradnji septičkih jama u koje bi se skupljala otpadna voda te bi se po potrebi praznila.

Predmetni sustav javne odvodnje u naseljima Topusko i Velika Vranovina nalazi se u Sisačko-Moslavačkoj županiji nedaleko od mjesta Gline. Sustav javne odvodnje otpadnih voda aglomeracije Topusko je jednostavan i zatvoren jer je izveden samo unutar naselja Topusko i nije vezan za druge sustave, što je česta metoda izvedbe takvih sustava po principu: jedno naselje – jedan sustav. Cijeli sustav odvodnje otpadnih voda naselja Topusko ispušta se u rijeku Glinu, no prvo sva otpadna voda prolazi kroz uređaj za pročišćavanje otpadnih voda gdje se u što većoj mjeri pročišćava voda do kvalitete koja približno odgovara kvaliteti vode u koju se ispušta. Sustav javne odvodnje izgrađen je prije nekoliko desetaka godina te potreba za njegovom rekonstrukcijom i unaprjeđenjem postaje sve veća kako bi se zadržala funkcionalnost i efikasnost sustava.



Slika 1. Sisačko-moslavačka županija



Slika 2. Geografski položaj aglomeracije Topusko

Kako bi se provelo odgovarajuće unaprjeđenje sustava javne odvodnje, potrebno je bilo doći do svih potrebnih podloga vezanih za postojeći sustav u cilju dobivanja točnih i relevantnih ulaznih podataka. Detaljne tlocrtne pozicije svih cjevovoda u sustavu javne odvodnje isporučene su od strane investitora. Podaci o geodetskim visinama točaka sustava dobiveni su putem Geoportala, internetskog portala hrvatske geodetske uprave. Iz Geoportala izvađena je karta s prikazom visinskih slojnica na području aglomeracije Topusko, putem čega se na pozicijama točaka sustava javne odvodnje očitava njihova točna visina. Završenim definiranjem prostorne pozicije gravitacijskih cjevovoda, potrebno je dobiti saznanja o količinama vode te svim parametrima bitnih za definiranje hidrauličkog opterećenja na pojedinačne cjevovode.

## 2. ANALIZA UTJECAJNIH ČIMBENIKA

U sljedećem poglavlju bit će opisani, i detaljnije razrađeni, svi utjecajni čimbenici koji doprinose i direktno utječu na samo projektiranje, izvedbu, upravljanje i održavanje sustava javne odvodnje. Sve utjecajne čimbenike potrebno je prije samog projektiranja prikupiti, objediniti i proučiti kako bi proces projektiranja bio što uspješniji.

### 2.1 GEOGRAFSKI I KLIMATSKI ČIMBENICI

#### 2.1.1 Topografija terena

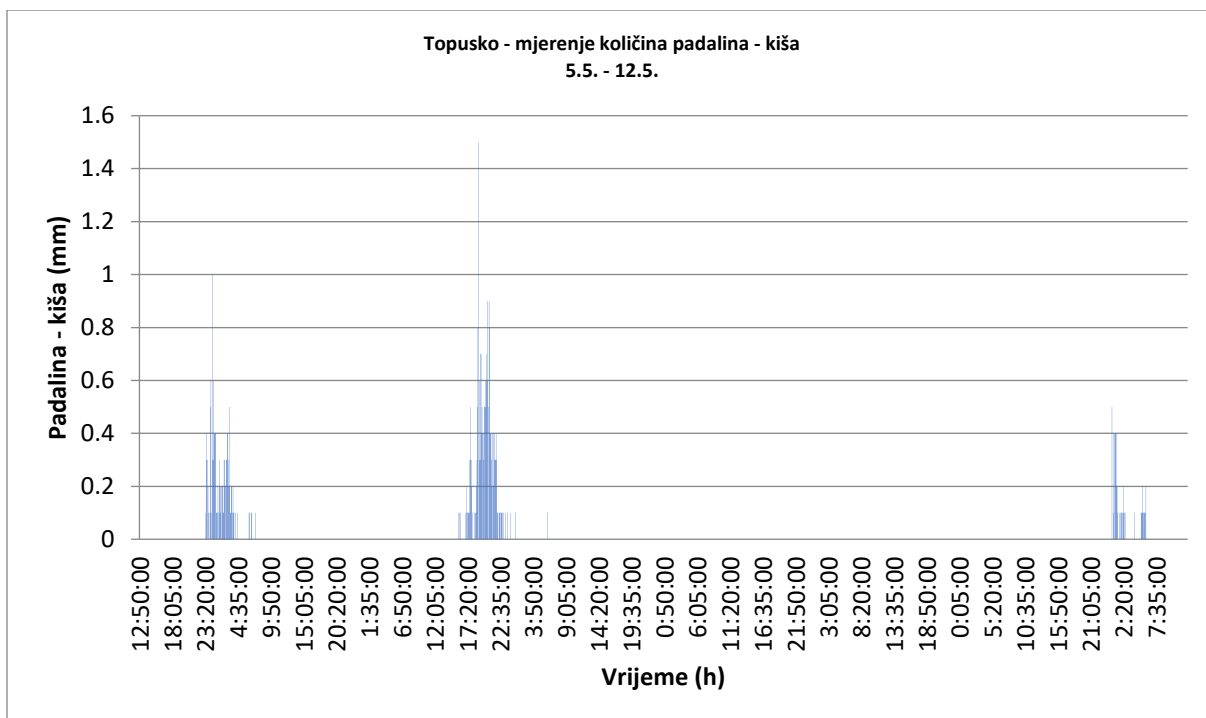
Najveći utjecaj na sustav javne odvodnje ima prostorni položaj topografije terena. Najefikasniji sustav je gravitacijski zbog čega se i prilikom svih projektiranja teži takvom sustavu, zato što tekućine teku s višeg prema nižem području. U slučaju gdje nije moguće ostvariti gravitacijsko tečenje pristupa se izvedbi tlačnih cjevovoda gdje se uz pomoć crpnih stanica voda pumpa s nižih na više kote terena. Cijeli sustav naselja Topusko je gravitacijski, što je velika prednost i uvelike olakšava upravljanje i kontrolu funkcioniranja, te ima i značajne prednosti s ekonomskog aspekta.



Slika 3. Topografska slika naselja Topusko

### 2.1.2 Klimatski uvjeti

Za slučaj da imamo mješoviti sustav javne odvodnje, što znači da se oborinske i otpadne vode prikupljaju u istim cjevovodima, nužno je za dimenzioniranje znati kakvo je opterećenje oborinskih voda na sustav, to jest, koliku količinu vode sustav treba prihvatiti. Podaci oborinskih voda bitnih za dimenzioniranje sustava jesu: učestalost padalina u kišnoj godini, njihov intenzitet, te mjerodavni povratni period. Navedeni podaci mogu se pronaći na stranicama DHMZ-a (Državni hidrometeorološki zavod). Na Slici 2. prikazan je dijagram oborina u periodu od 7 dana u vremenskim intervalima od 5 minuta.



Slika 4. Kišomjerni zapis palih oborina

### 2.1.3 Vrste tla i hidrogeološke karakteristike

Važan podatak uz količinu oborina je i veličina terena s kojeg se slijevaju oborinske vode prema cjevovodima. Zbog toga je bitna vrsta tla i hidrogeološke karakteristike, a pod time se misli na infiltracijsku sposobnost tla, uvjetovanu propusnošću, da upije vodu, te kroz tlo teče dalje. Nadalje, u okolini cjevovoda može varirati područje utjecaja, to jest, područje slijevanja oborina koje nazivamo slivnim površinama.

## 2.2 DEMOGRAFSKI I URBANISTIČKI ČIMBENICI

Najznačajniji utjecaj na sustav javne odvodnje ima upravo stanovništvo, odnosno količina vode potrošena za ljudske potrebe. Stoga, prije projektiranja bitno je znati broj stanovnika na obuhvaćenom području. Zajedno sa stanovnicima, potrebno je uzeti u obzir i broj ostalih ljudi koji privremeno borave na tom području, a koji također

predstavljaju opterećenje na sustav javne odvodnje. Uz opterećenje od stanovnika ne smije se zanemariti i opterećenje od privrede područja, gdje se mora uzeti u obzir i potrošnja vode potrebna za ljudske djelatnosti s ciljem osiguranja sredstava za život. Za potrebe projektiranja sustava potrebno je unaprijed pretpostaviti demografski rast ili pad, razvitak turističkih smještajnih kapaciteta i razvitak privrede.

Broj stanovnika povezujemo s brojem kućanstava te postotkom priključenosti istih na mrežu javne odvodnje. Kontinuiranim praćenjem kroz godine dobije se prosječna (dnevna, mjesečna ili godišnja) potrošnja vode po kućanstvima, te se daljnim pretvorbama dolazi do potrebnog opterećenja za proračun, što predstavljaju kišni i sušni ukupni dotok otpadnih voda izraženi u litrama po sekundi.

### 2.2.1 Stanovništvo

Podatke o broju stanovnika izvukli smo iz službenih Popisa stanovnika za 2011. i 2021. godine te smo na temelju njih pretpostavili pad broja stanovnika kroz idućih 30-ak godina što je prikazano u Tablici 1.

Tablica 1. Broj stanovnika u promatranim naseljima

STANOVNIŠTVO					
Naselje	Postojeći podaci		Planirani podaci		
	2011	2021	2024	2034	2054
<b>Topusko</b>	945	878	875	788	670
<b>Velika Vranovina</b>	150	124	124	111	95
<b>UKUPNO</b>	1095	1002	999	899	764

Naime, iz Tablice 1. možemo uočiti nepovoljnu dinamiku kretanja stanovništva s negativnim vrijednostima prirodnog prirasta i migracija.

Tablica 2. Priključenost stanovništva na sustav javne odvodnje

PRIKLJUČENOST								
Naselje	Priključenost stanovništva[%]				Priključenost stanovništva[stan.]			
	2021	2024	2034	2054	2021	2024	2034	2054
<b>Topusko</b>	100	100	100	100	878	875	788	670
<b>Velika Vranovina</b>	0	60	70	90	0	74	78	85
<b>UKUPNO</b>					878	950	866	755

Tablica 2. prikazuje kako općina Topusko bilježi stupanj priključenosti na sustav javne vodoopskrbe od 60%, dok ostatak stanovništva za opskrbu vodom koristi pojedinačne bunare. U cilju je da do 2054. godine priključenost stanovnika bude 90%.

## 2.2.2 Turizam

Naselja Topusko i Velika Vranovina nemaju značajnijih turističnih opterećenja osim Lječilišta i Termi Topusko čiji je maksimalni broj kreveta iznosi 376, te se također očekuje u budućnosti da će doći do povećanja smještajnih kapaciteta, što je procijenjeno i prikazano u Tablici 3.

Tablica 3. Broj turista na području aglomeracije Topusko

TURIZAM					
Naselje	Postojeći podaci		Planirani podaci		
	2020	2021	2024	2034	2054
Topusko	303	330	376	384	391
Velika Vranovina					
<b>UKUPNO</b>			376	378	380

## 2.2.3 Privreda

U promatranim naseljima nema većih industrijskih objekata koji bi predstavljali značajno opterećenje na sustav odvodnje već su to manji potrošači, kao trgovine, škole, domovi, itd. Njihovo opterećenje na sustav odvodnje biti će prikazano u poglavljima u nastavku. Opterećenje od privrede se ogleda kroz jedinicu ekvivalentnih stanovnika (ES), uz pretpostavku maksimalnog opterećenja otpadnih tvari u otpadnim vodama iz privrede (bez turizma) koje je dozvoljeno prema zakonskoj regulativi ispustiti u sustav javne odvodnje ( $C_{BPK5,max} = 250 \text{ mg/l}$ ), proizlazi opterećenje privrede (bez turizma) izraženo kroz broj ekvivalent stanovnika u iznosu 206 ES.

## 2.2.4 Mjerodavna hidraulička opterećenja

U Tablicama od 4. do 16. prikazane su vrijednosti pripadnih dotoka otpadnih voda.

Tablica 4. Specifična potrošnja vode od kućanstava

Specifična potrošnja vode od stanovništva po naseljima		
Naselje	Tip potrošnje	Specifična potrošnja vode [l/stan*d]
Topusko	Kućanstvo	96
Velika Vranovina		108

Tablica 5. Specifični dotok otpadnih voda od stanovništva

STANOVNIŠTVO			
Naselje	Specifični dotok otpadnih voda [l/stan*d]		
	2021	2024	2054
Topusko	105	104	100
Velika Vranovina	104	104	100

Tablica 6. Specifični dotok otpadnih voda od turista

TURIZAM			
Naselje	Specifični dotok otpadnih voda [l/stan*d]		
	2021	2024	2054
Topusko	150	150	150
Velika Vranovina	150	150	150

Tablica 7. Dotok otpadnih voda od stanovništva

STANOVNIŠTVO			
Naselje	Dotok otpadnih voda [m3/godina]		
	2021	2024	2054
Topusko	33649	33640	25665
Velika Vranovina	0	2832	3231
<b>UKUPNO</b>	<b>33649</b>	<b>36472</b>	<b>28896</b>

Tablica 8. Srednji dnevni dotok otpadnih voda od stanovništva

STANOVNIŠTVO						
Naselje	Srednji dnevni dotok otpadnih voda [m3/d]			Srednji dnevni dotok otpadnih voda [l/s]		
	2021	2024	2054	2021	2024	2054
Topusko	92	92	70	1.07	1.06	0.81
Velika Vranovina	0	8	9	0	0.09	0.10
<b>UKUPNO</b>	<b>92</b>	<b>100</b>	<b>79</b>	<b>1.07</b>	<b>1.15</b>	<b>0.92</b>



Tablica 9. Srednji dnevni dotok otpadnih voda od privrede

PRIVREDA						
Naselje	Srednji dnevni dotok otpadnih voda [m <sup>3</sup> /d]			Srednji dnevni dotok otpadnih voda [l/s]		
	2021	2024	2054	2021	2024	2054
Topusko	89	98	108	1.03	1.13	1.25
Velika Vranovina	0	0	0	0	0.00	0.00
<b>UKUPNO</b>	<b>89</b>	<b>98</b>	<b>108</b>	<b>1.03</b>	<b>1.13</b>	<b>1.25</b>

Tablica 10. Dotok tuđih voda

TUĐE VODE(stan.+priv.)						
Naselje	Dotok tuđih voda [m <sup>3</sup> /d]			Dotok tuđih voda [l/s]		
	2021	2024	2054	2021	2024	2054
Topusko	181	190	178	2.09	2.20	2.06
Velika Vranovina	0	8	9.0	0	0.09	0.10
<b>UKUPNO</b>	<b>181</b>	<b>198</b>	<b>187</b>	<b>2.09</b>	<b>2.29</b>	<b>2.16</b>

Tablica 11. Maksimalni dnevni dotok otpadnih voda od stanovništva

STANOVNIŠTVO						
Naselje	Maksimalni dnevni dotok otpadnih voda [m <sup>3</sup> /d]			Maksimalni dnevni dotok otpadnih voda [l/s]		
	2021	2024	2054	2021	2024	2054
Topusko	157	156	120	1.81	1.81	1.38
Velika Vranovina	0	13	15	0	0.15	0.17
<b>UKUPNO</b>	<b>157</b>	<b>169</b>	<b>135</b>	<b>1.81</b>	<b>1.96</b>	<b>1.56</b>

Tablica 12. Maksimalni dnevni dotok otpadnih voda od privrede

PRIVREDA						
Naselje	Maksimalni dnevni dotok otpadnih voda [m <sup>3</sup> /d]			Maksimalni dnevni dotok otpadnih voda [l/s]		
	2021	2024	2054	2021	2024	2054
Topusko	151	167	184	1.75	1.92	2.13
Velika Vranovina	0	0	0	0	0	0
<b>UKUPNO</b>	<b>151</b>	<b>167</b>	<b>184</b>	<b>1.75</b>	<b>1.92</b>	<b>2.13</b>

Tablica 13. Maksimalni satni dotok otpadnih voda od stanovništva

STANOVNIŠTVO						
Naselje	Maksimalni satni dotok otpadnih voda [m <sup>3</sup> /d]			Maksimalni satni dotok otpadnih voda [l/s]		
	2021	2024	2054	2021	2024	2054
Topusko	392	391	299	4.53	4.52	3.46
Velika Vranovina	0	33	38	0	0.38	0.44
<b>UKUPNO</b>	<b>392</b>	<b>424</b>	<b>336</b>	<b>4.53</b>	<b>4.90</b>	<b>3.89</b>

Tablica 14. Maksimalni satni dotok otpadnih voda od privrede

PRIVREDA						
Naselje	Maksimalni satni dotok otpadnih voda [m <sup>3</sup> /d]			Maksimalni satni dotok otpadnih voda [l/s]		
	2021	2024	2054	2021	2024	2054
Topusko	378	417	459	4.38	4.80	5.31
Velika Vranovina	0	0	0	0	0	0
<b>UKUPNO</b>	<b>378</b>	<b>417</b>	<b>459</b>	<b>4.38</b>	<b>4.80</b>	<b>5.31</b>

Kod mješovitog sustava odvodnje potrebno je sagledati i opterećenje od oborinskih voda jer one najčešće kod ovih sustava predstavljaju kritično opterećenje, a izračun dotoka u sušnom razdoblju se dobiva zbrajanjem maksimalnog satnog dotoka od stanovništva i maksimalnog satnog dotoka od privrede. Zatim izračunamo i dotok u kišnom razdoblju koji je jednak zbroju dvostrukog sušnog dotoka i dotoka od tuđih voda. Izračuni su prikazani u sljedećim tablicama.

Tablica 15. Ukupni sušni dotok otpadnih voda

MJERODAVNI DOTOK(Q <sub>sušno</sub> )						
Naselje	Ukupni dotok otpadnih voda [m <sup>3</sup> /d]			Ukupni dotok otpadnih voda [l/s]		
	2021	2024	2054	2021	2024	2054
Topusko	770	807	758	8.91	9.32	8.77
Velika Vranovina	0	33	38	0.00	0.38	0.44
<b>UKUPNO</b>	<b>770</b>	<b>840</b>	<b>795</b>	<b>8.91</b>	<b>9.70</b>	<b>9.21</b>
					34.94	m <sup>3</sup> /h
					43.19	m <sup>3</sup> /h

Tablica 16. Ukupni kišni dotok otpadnih voda

MJERODAVNI DOTOK(Qkišno)						
Naselje	Ukupni dotok otpadnih voda [m <sup>3</sup> /d]			Ukupni dotok otpadnih voda [l/s]		
	2021	2024	2054	2021	2024	2054
Topusko	951	997	936	19.92	20.85	19.60
Velika Vranovina	0	41	47	0	0.85	0.98
<b>UKUPNO</b>	951	1038	982	19.92	21.70	20.58
					78.12	m <sup>3</sup> /h

U prethodnim tablicama prikazani su dotoci otpadnih voda potrebnih za dobivanje mjerodavnog dotoka otpadnih voda što je u konačnici prikazano u Tablicama 15. i 16.

## 2.3 VRSTA SUSTAVA ODVODNJE

Postoje dva sustava javne odvodnje, to su mješoviti i razdjelni sustav. Razlika je u prihvaćanju oborinskih i otpadnih voda, gdje kod razdjelnog sustava oborinska i otpadna voda imaju zasebne cjevovode dok se kod mješovitog sustava prikupljaju u istim cjevovodima.

Tablica 17. Prednosti i mane pojedinog tipa sustava odvodnje

Sustav odvodnje	Razdjelni	Mješoviti
Prednosti	- Smanjeno opterećenje pročištača jer odvaja otpadne i oborinske vode	- Jednostavnija i jeftinija izgradnja (samo jedan sustav cijevi)
	- Manji rizik onečišćenja okoliša jer oborinske vode ne prolaze kroz pročištač	- Zauzima manje prostora u urbanim sredinama
	- Veća učinkovitost pročišćavanja otpadnih voda, jer pročištač obrađuje samo sanitarne otpadne vode	
Nedostatci	- Viši troškovi izgradnje zbog dvostruke mreže cijevi	- Rizik preopterećenja sustava tijekom velikih kiša
	- Zahtijeva više prostora, što može biti izazovno u gusto izgrađenim područjima	- Veći rizik onečišćenja okoliša prilikom prelijevanja (zbog miješanja otpadnih i oborinskih voda)
		- Opterećuje postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda tijekom oborinskih razdoblja

## 2.4 EKOLOŠKI ČIMBENICI I ODRŽIVOST

Pozornost prilikom projektiranja, izgradnje i upravljanja sustava javne odvodnje bitno je pridodati zaštiti okoliša i održivosti sustava. Za početak se kroz projektiranje i planiranje sustava mora voditi računa da mreža cjevovoda ne prolazi kroz područja koja bi mogla ugroziti biljni i životinjski svijet prilikom njihovog izvođenja, te je potrebno voditi računa i o poziciji ispuštanja otpadnih voda kako se ne bi značajnije narušavala kvaliteta vode na samom ispustu i nizvodno od njega. Za vrijeme same izvedbe bitno je voditi računa o području koje će biti obuhvaćeno radovima te što ga je moguće više smanjiti, uz to treba voditi računa da se spojevi cjevovoda što bolje zabrtve kako bi prilikom korištenja sustava imali što manje gubitke te time i što manje ugrozili podzemne vodne tokove. Tijekom korištenja sustava moraju se kontinuirano pratiti parametri sustava kako bi se pravovremeno uočila oštećenja sustava te se na vrijeme sanirala i vratila u prvobitno stanje.

## 2.5 EKONOMSKI ČIMBENICI

Sagledavajući sustav javne odvodnje s ekonomskog aspekta bitno je u samim počecima dimenzionirati sustav u skladu s financijskim mogućnostima i cijeli sustav optimizirati i uskladiti prema realnim potrebama aglomeracije. Potrebno je prije izvedbe sagledati i isplativost izgradnje sustava te vremenski period povrata investicije, a nakon financiranja izgradnje sustava treba se osigurati dovoljno financijskih sredstava za redovito i izvanredno održavanje sustava.

## 2.6 ZAKONODAVNI ČIMBENICI

Zakonodavni okviri za sustave javne odvodnje obuhvaćaju ključne zakone poput Zakona o vodama, Zakona o komunalnom gospodarstvu i Zakona o zaštiti okoliša, koji reguliraju projektiranje, izgradnju i upravljanje odvodnjom. Ovi propisi definiraju tehničke standarde, granične vrijednosti emisija te uvjete za zaštitu okoliša, uz usklađenost s EU direktivama. Lokalne jedinice i komunalna poduzeća zadužena su za provedbu, dok inspekcijske službe nadziru poštivanje standarda, čime se osigurava održivo upravljanje i financiranje kroz naknade, subvencije i europske fondove. Sve mjere koje poduzimamo u bilo kojem trenutku do izvedbe sustava trebaju biti u skladu sa svim normama, pravilnicima, regulativama i zakonskim aktima koji na bilo koji način utječu na projekt.

## 3. MATEMATIČKI MODEL POSTOJEĆEG STANJA

### 3.1 OSNOVE IZRADE MATEMATIČKOG MODELA

Matematički model sustava javne odvodnje aglomeracije Topusko radi se za potrebe hidrauličkog proračuna na temelju kojeg treba detaljno sagledati probleme u postojećem načinu funkcioniranja predmetnog sustava. Također treba definirati što kvalitetnije tehničke mjere unaprjeđenja sustava i ublažavanja, ili potpunog uklanjanja, problema koji se javljaju u postojećem stanju. Pritom je predmet ove projektne dokumentacije izrada i kalibracija matematičkog modela cjelokupnog sustava javne odvodnje aglomeracije Topusko koji obuhvaća naselja Topusko i Veliku Vranovinu i u sklopu kojeg će se analizirati postojeće i buduće stanje.

Složenost hidrauličkih stanja tečenja otpadne vode kroz sustav opisuje djelomična mješovitost dotoka (odvodnja sanitarnih i određenog dijela oborinskih voda zajedničkom mrežom kanala) na većem dijelu izvedene kanalske mreže, tlocrtna dispozicija sustava, interpolacija crpnih stanica i sigurnosnog preljeva, pojava uspornog tečenja, kao i tečenja pod tlakom i druge matematičke operacije kojima bi se realna stanja tečenja unutar tako složenog sustava opisala ručno. Hidraulička stanja izuzetno su zahtjevna i složena, a pojedina se stanja i zakonitosti niti ne mogu opisati takvim pristupom. Prema tome, uvid u realna stanja tečenja otpadne vode kroz sustav može se dobiti isključivo korištenjem matematičkog modela.

Izgradnjom cjelovitog sustava koji mora zadovoljiti osnovne tehničke uvjete u hidrauličkom i sanitarnom smislu, javlja se potreba za nadogradnjom i/ili rekonstrukcijom pojedinih dijelova sustava, kod kojih se pojavljuje plavljenje terena pri pojavi oborina većeg intenziteta. Potencijalne mjere unaprjeđenja koje se u praksi koriste su izgradnja kišnih preljeva s preljevnim cjevovodima i ispuštima preljevnih voda u obližnji vodotok, ugradnja novih crpki u pojedinim crpnim stanicama, povećanje profila tlačnih cjevovoda i dr.

Potrebno je izraditi model postojećeg stanja na čijoj osnovi će se dalje graditi modeli za daljnje analize budućeg stanja i definirati optimalna tehnička rješenja nadogradnje/rekonstrukcije. Predmet ove projektne dokumentacije je izrada i kalibracija matematičkog modela postojećeg stanja cjelokupnog sustava javne odvodnje aglomeracije Topusko te izrada i analiza modela budućeg stanja.

Matematičko modeliranje provest će se koristeći programski paket za modeliranje urbanih slivova (kanalizacijskih sustava) SWMM - Storm Water Management Model. Program se koristi za modeliranje protoka i kvalitete vode u kanalizacijskim i urbanim odvodnim sustavima. Razvijen od strane Američke agencije za zaštitu okoliša (EPA), ovaj program je široko korišten u inženjerskoj praksi za projektiranje, upravljanje i analizu sustava za odvodnju oborinskih voda, sanitarnih, i kombiniranih kanalizacija u urbanim područjima.

Model će se izraditi na temelju raspoložive projektne dokumentacije dobivene od naručitelja i na temelju vlastitih saznanja izrađivača matematičkog modela prikupljenih analizom postojeće dokumentacije i ostalih relevantnih podloga. Nadalje, provest će se mjerenja protoka, brzine tečenja i dubine vode u pet točaka sustava, čiji će se rezultati koristiti u drugoj fazi prilikom kalibracije modela.

### 3.2 MATEMATIČKO MODELIRANJE

Metodologija izrade matematičkog modela sustava javne odvodnje aglomeracije Topusko koncipirana je na sljedeći način.

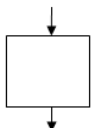
Koristeći raspoložive mogućnosti programskog paketa EPA SWMM, te uz poznavanje ulaznih parametara (karakteristike izgrađene kanalske mreže, veličine ulaznih opterećenja i dr.) izradit će se model postojećeg stanja sustava javne odvodnje aglomeracije Topusko.

Prilikom izrade modela postojećeg stanja također je potrebno utvrditi i relevantne vrijednosti vremena koncentracije na temelju kojih će se proračunati intenziteti oborina mjerodavni za dimenzioniranje pojedinih elemenata sustava.

Na području sustava javne odvodnje aglomeracije Topusko izgrađen je u cijelosti mješoviti sustav na koji su se s vremenom na pojedinim dijelovima pojavljivali ilegalni priključci oborinskih voda s krovova kuća i okućnica.

Izrada matematičkog modela postojećeg stanja obuhvaća izgrađeno područje sustava javne odvodnje aglomeracije Topusko. Neovisno o potrebama predmetne analize, matematički model postojećeg stanja je detaljiziran i obuhvaća sve relevantne čimbenike. Izgrađena kanalska mreža sastoji se od glavnih i sekundarnih gravitacijskih kanala, s različitim cijevnim profilima (kružnim i jajastim). Model također sadržava i tlačne cjevovode (koji izlaze iz crpnih stanica), a koji su izvedeni od cijevi kružnog poprečnog profila.

Mreža sustava javne odvodnje iscrtana je prema podlogama postojeće mreže (Slika 6.) u AutoCAD-u. Nadalje, čvorovima su pridodane visinske kote koje su očitane s topografske karte preuzete na stranicama Geoportala, dok su visinske kote nekih čvorova bile unaprijed poznate iz ulaznih podataka o cjevovodima (Slika 5.). Na modelu je također bilo potrebno definirati podatke o cjevovodima kao što su profil (na modelu korišteni kružni i jajasti), pripadne dimenzije te nivelacija rubnih točaka što se uskladilo prema prikazanom primjeru danih informacijama na Slici 5.

KANAL: <u>KOLEKTOR 1</u>		(Pojasňjenje: A - geometrija; B - stanje; dužine, širine i visine u m <sup>3</sup> ; profili u cm; kote u m.n.m.)													
		<b>R.O. br. :5</b>		Ulica i kućni broj: Vranovinska											
		X = 55764425500		Y = 50161387750				Z = 129,4							
		<b>A</b>		<b>Ulazno grlo</b>		<b>Dovod</b>		<b>Odvod</b>		<b>Priključci kanala</b>					
Duž/šir		Visina		Profil		Nive.		1) Profil		1) Nive.		2) Profil		2) Nive.	
1,0/0,6		-		40		50		2,65		-		-		-	
<b>B</b>		<b>Stjenke</b>		<b>Kineta</b>		<b>Prodori</b>		<b>Penjalice</b>		<b>Poklopac (metalni)</b>		<b>Poklopac (betonski)</b>			
		Solidne		Slabija		Loši		ima		63/63					
Napomena: talog u oknu cca ½ profila cijevi.															

Slika 5. Primjer ulaznih podataka o čvorovima sustava javne odvodnje naselja Topusko

Ulazna opterećenja sustava (mjerodavne količine otpadnih voda) definirana su na temelju prethodno provedenih analiza. Raspored opterećenja po čvorovima od stanovništva i tuđih voda, preliminarno je izvršen na način linearnog uprosječivanja po broju čvorova u mreži javne odvodnje. Opterećenja otpadnim vodama iz privrede su na modelu definirana zajednički s dotocima otpadnih voda od stanovništva.

Oborinsko opterećenje na području aglomeracije Topusko definirano je pomoću kišomjerne stanice K1 gdje smo učitali podatke o mjerodavnim oborinama, prethodno uređene pomoću Excel tablice, koje su iskazane u milimetrima [mm].

Matematički model postojećeg stanja u konačnici je definiran sa sljedećim elementima:

- 118 čvorova
- 121 cjevovod (ukupne duljine 18,02 km)
- 2 kišna rasterećenja (sigurnosni ispust)
- 1 glavni ispust
- 15 slivnih površina
- 1 kišomjerna stanica





Slika 6. Mreža sustava javne odvodnje naselja Topusko - postojeće stanje

Kod definiranja postojećeg stanja sustava javne odvodnje aglomeracije Topusko treba istaknuti da je Izrađivaču bila dostupna kvalitetna baza podataka o postojećem stanju izgrađenosti kanalske mreže s pratećim objektima (crpne stanice, tlačni cjevovodi, sigurnosni ispusti i dr.). Pod tim se prvenstveno podrazumijeva kvalitetna i detaljna geodetska podloga.

U matematičkom modelu postojećeg stanja sustava javne odvodnje aglomeracije Topusko mjerodavna opterećenja dotokom oborinskih voda definirana su s ukupno 15 slivnih površina, ukupne površine oko 96.58 ha. Površine pojedinih područja variraju od najveće 23 ha do najmanje od svega 1.5 ha. Srednja vrijednost nagiba slivnih površina za čitav sustav iznosi 0,5%. Srednja učvršćenost sustava je 17%, s rasponom minimalnih i maksimalnih vrijednosti od 7% do 50%.

Prilikom matematičkog modeliranja cjelokupnog sustava odvodnje s mješovitim dotokom otpadnih voda, potrebno je uključiti veći broj relevantnih faktora s ciljem ostvarivanja realnih prikaza generiranja i tečenja otpadne vode. U skladu s navedenim, u razmatranje su uključeni i gubitci pale oborine izraženi kroz infiltraciju u podzemlje. Infiltracija je računata Hortonovom metodom, te se definirane vrijednosti pojedinih parametara odnose na tip tla koji je prisutan na predmetnom području.

Sažeti prikaz osnovnih podataka o slivnim područjima uključenim u predmetne analize dan je u Tablici 18.

Tablica 18. Podaci o slivnim površinama

Broj slivnih područja na modelu	Ukupna površina slivnih područja	Max.površina slivnog područja	Min.površina slivnog područja	Srednja učvršćenost slivnih površina
	[ha]	[ha]	[ha]	[%]
15	96.58	23	1.5	17

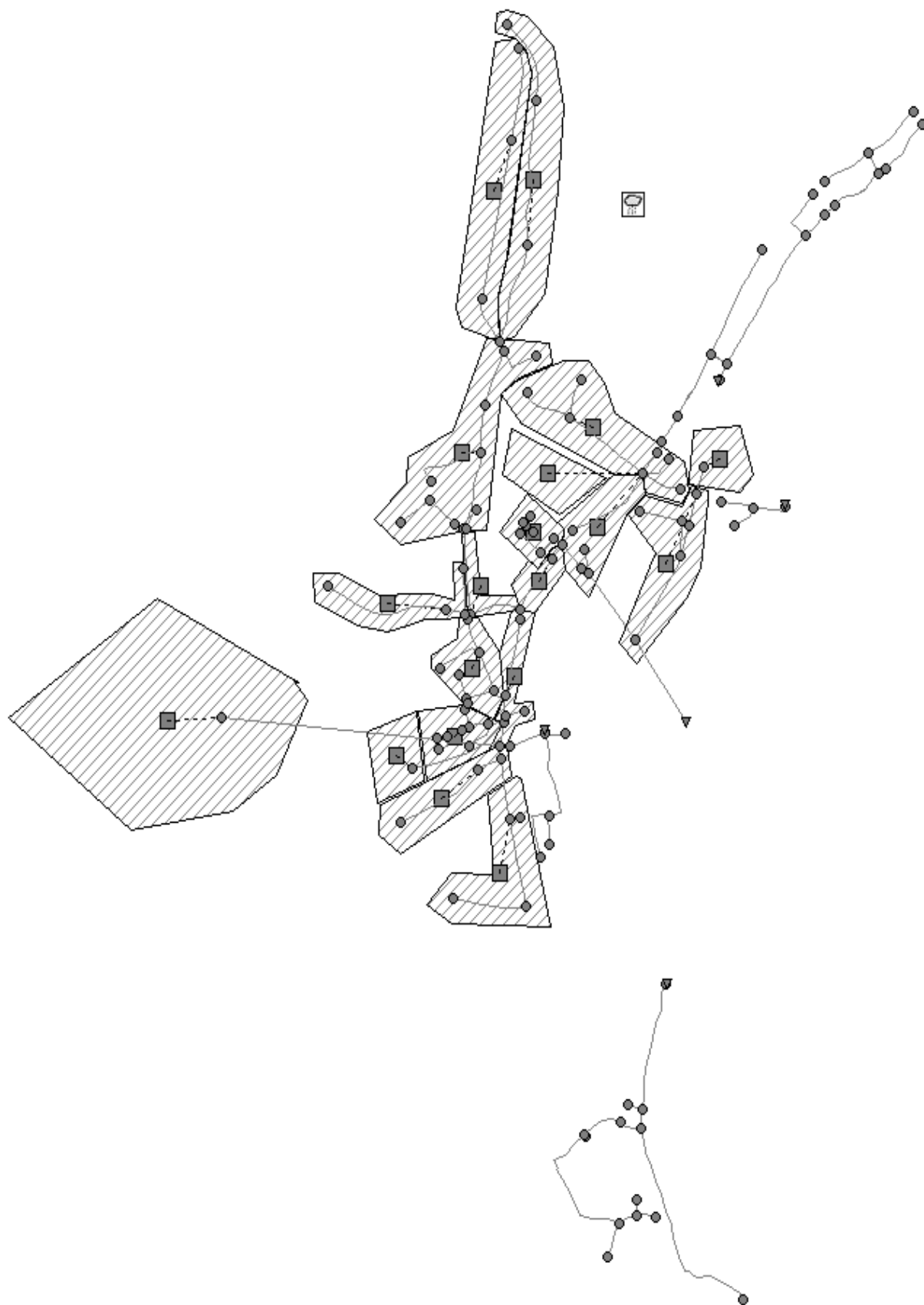
## 4. KALIBRACIJA MATEMATIČKOG MODELA POSTOJEĆEG STANJA

Budući da se hidraulički uvjeti tečenja u sustavu značajno razlikuju kod malih dotoka (suhi dotok) u usporedbi s povećanim (kišnim) dotocima, kalibracija matematičkog modela provedena je na dva odvojena modela. Ta razlika prije svega proizlazi iz promjenjivog Manningovog koeficijenta hrapavosti kanala pri različitim dotocima. Naime, kod malih dotoka (suhi dotok) vrijednost koeficijenta hrapavosti je osjetno veća, što je posljedica veće dodirne površine između vode i kanala (voda znatno više "grebe" po stjenkama kanala). Vrijednost Manningovog koeficijenta hrapavosti uvelike ovisi o prisutnosti taloga na dnu cijevi i karakteristikama tog taloga. Kod većih protoka (kišni dotok), dolazi do većih brzina, odnos dodirne površine i ispunjene protjecajne površine je znatno manji, pa su i vrijednosti koeficijenta hrapavosti manje. Treba napomenuti da je ipak moguće da se kalibracijom na nekim lokacijama utvrde jednake vrijednosti koeficijenta hrapavosti i za suhi i za kišni dotok, što ovisi o iznosima dotoka, postignutim brzinama tečenja, geometriji cjevovoda na svakoj lokaciji te o prisutnosti taloga na dnu cijevi.

Zbog navedenih razlika u iznosu koeficijenta hrapavosti pri različitim protocima, moguća su odstupanja između izmjerenih i modeliranih vrijednosti na određenim grafovima koji će biti prikazani u nastavku. Primjerice, na prikazima brzina i dubina za kišni dotok, često je na istom grafu uključen i dio suhog dotoka, za koji vrijedi drugačiji koeficijent hrapavosti prema gore opisanom. Stoga je važno naglasiti da se na takvim grafovima promatra isključivo kišni događaj, za koji je taj model i kalibriran.

Kalibracija protoka provodila se usklađivanjem parametara tečenja (protoka, dubine i brzine tečenja) na mjernim pozicijama (od T1 do T5) mijenjanjem parametara slivova, a to su slivna površina i udio nepropusnih površina te mijenjanjem iznosa dotoka tuđih voda. Dok se kalibracija dubine i brzine vode postizala mijenjanjem isključivo Manningovog koeficijenta hrapavosti cjevovoda.

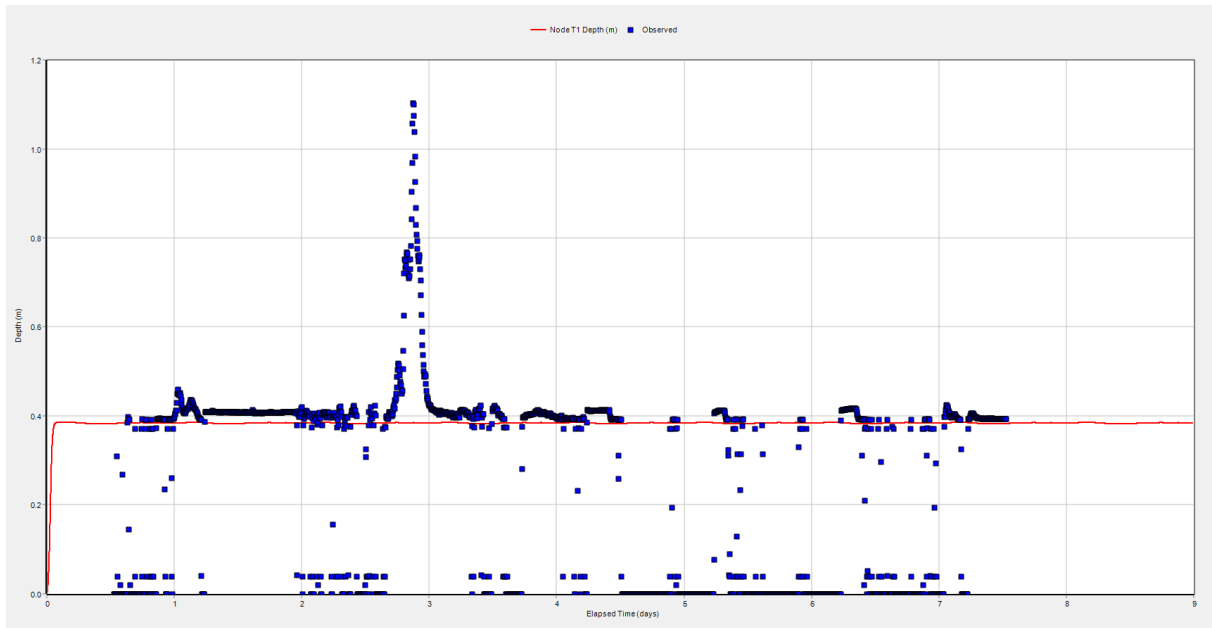
Rezultati kalibracije matematičkog modela bit će prikazani u nastavku, odvojeno za suhi i kišni dotok.



Slika 7. Model u EPA/SWMM programu s asimetričnim slivnim površinama

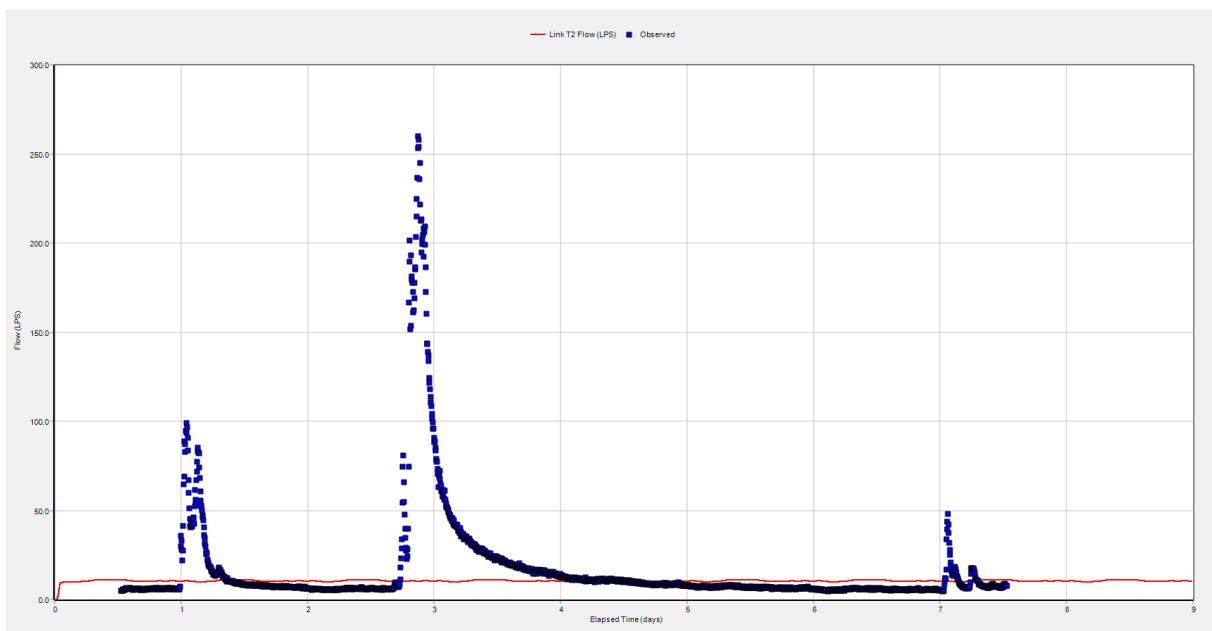
## 4.1 KALIBRACIJA MODELA PRI SUHOM DOTOKU

### 4.1.1 MJERNA TOČKA T1

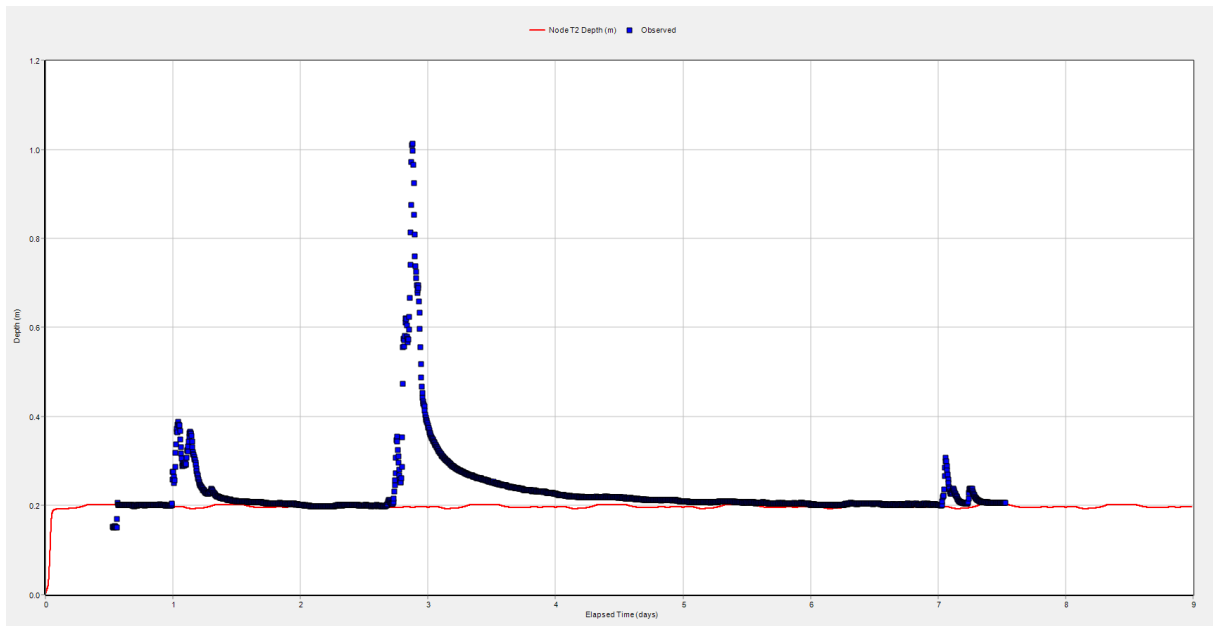


Slika 8. Dubina vode u čvoru T1

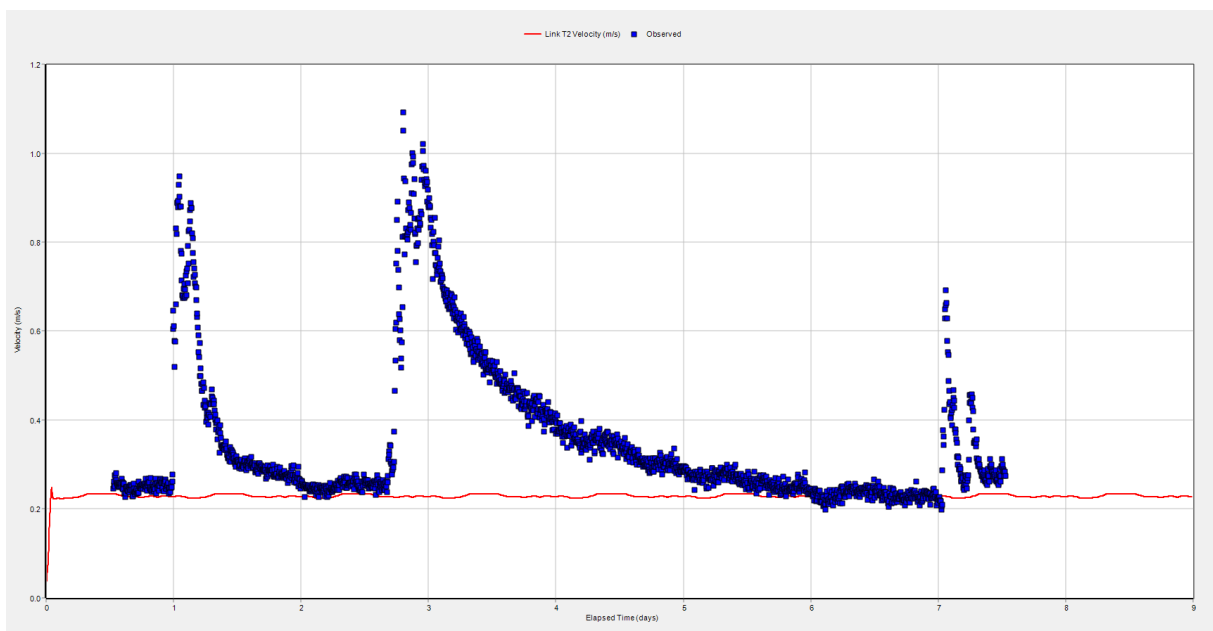
### 4.1.2 MJERNA TOČKA T2



Slika 9. Protok vode u cjevovodu T2

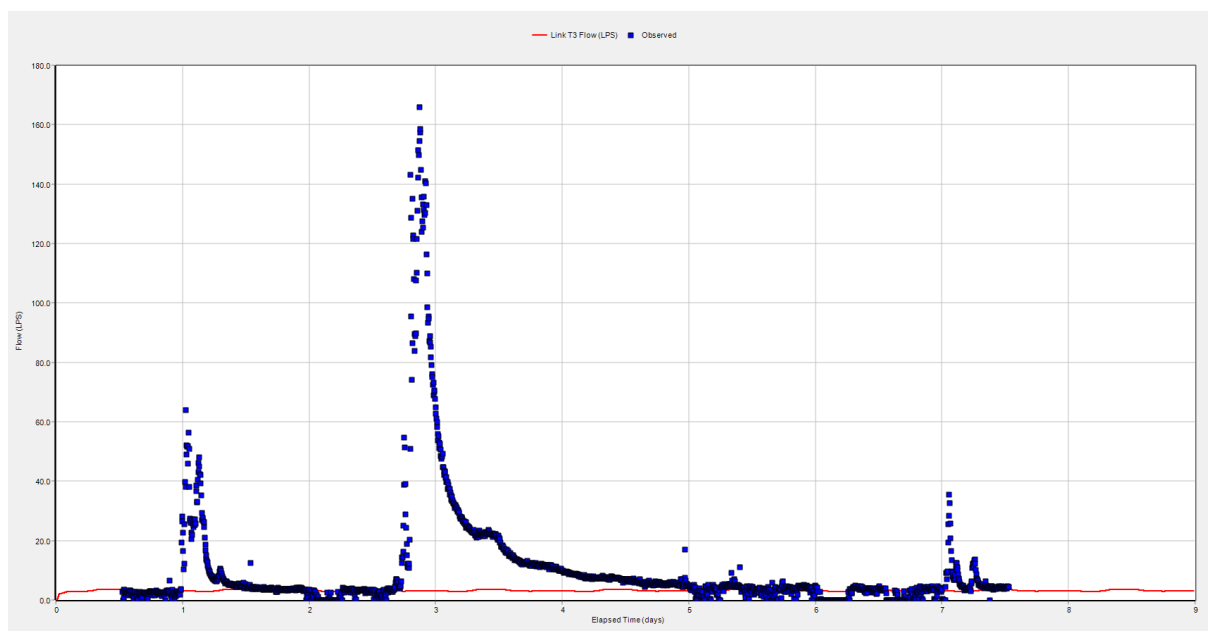


Slika 10. Dubina vode u čvoru T2

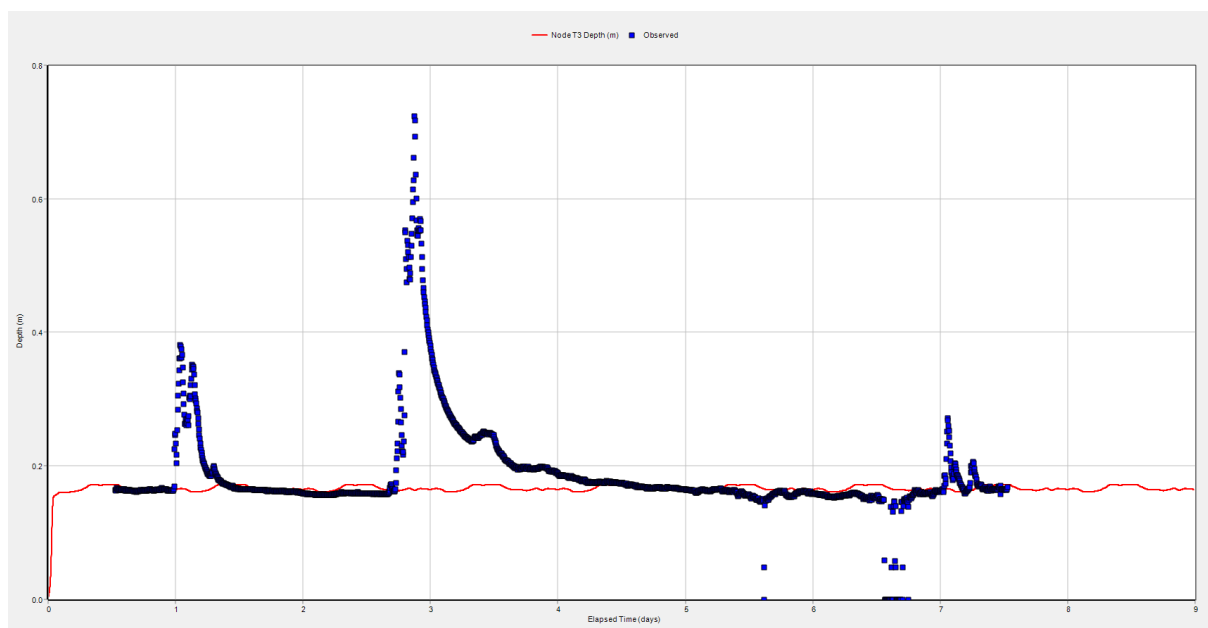


Slika 11. Brzina vode u cjevovodu T2

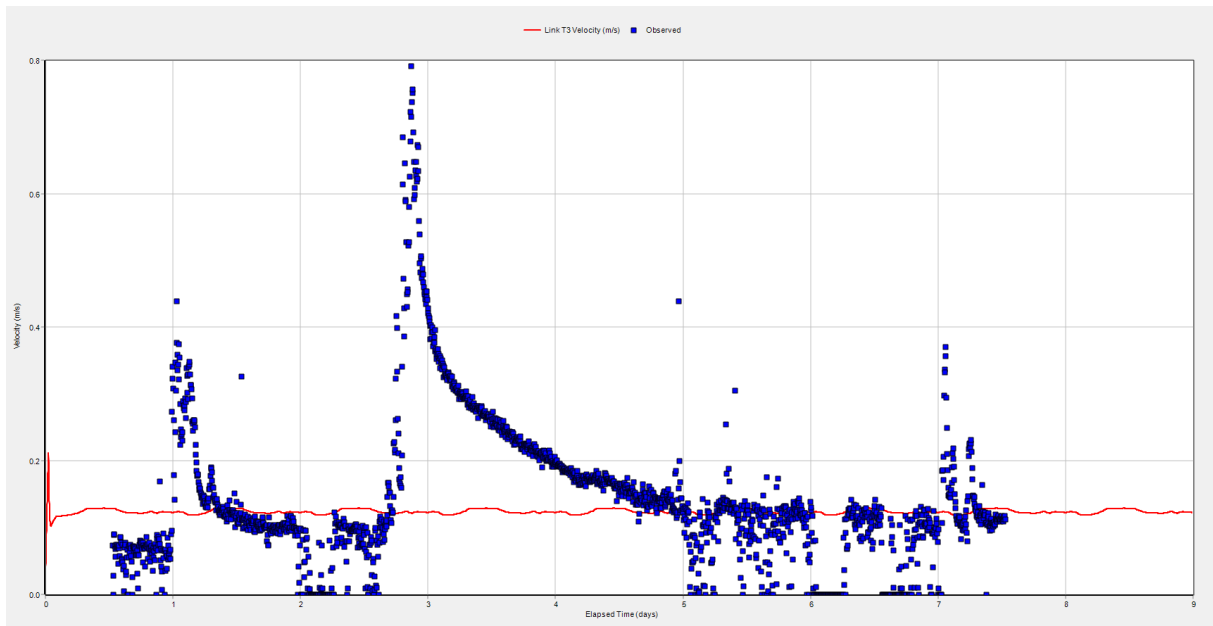
### 4.1.3 MJERNA TOČKA T3



Slika 12. Protok vode u cjevovodu T3

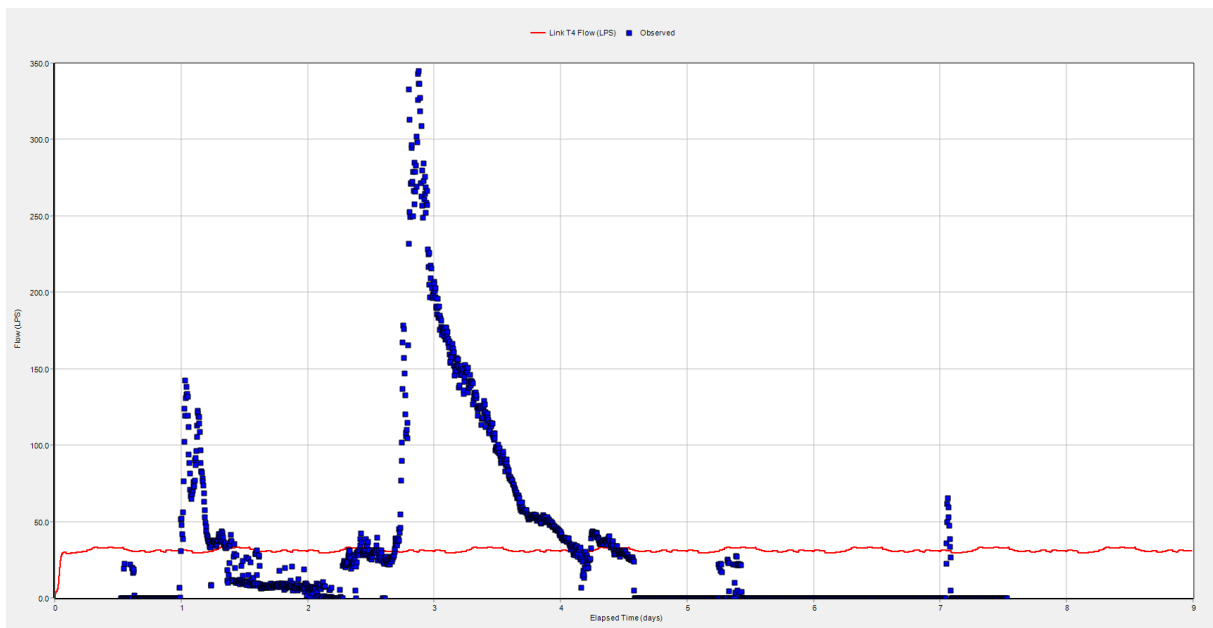


Slika 13. Dubina vode u čvoru T3



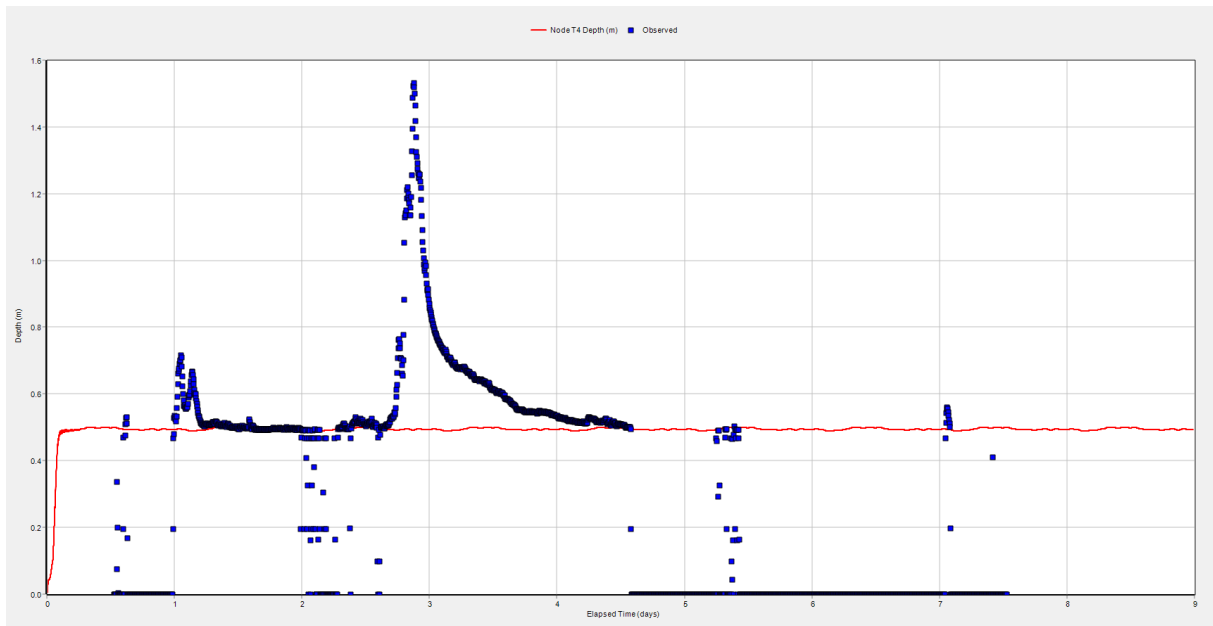
Slika 14. Brzina vode u cjevovodu T3

#### 4.1.4 MJERNA TOČKA T4

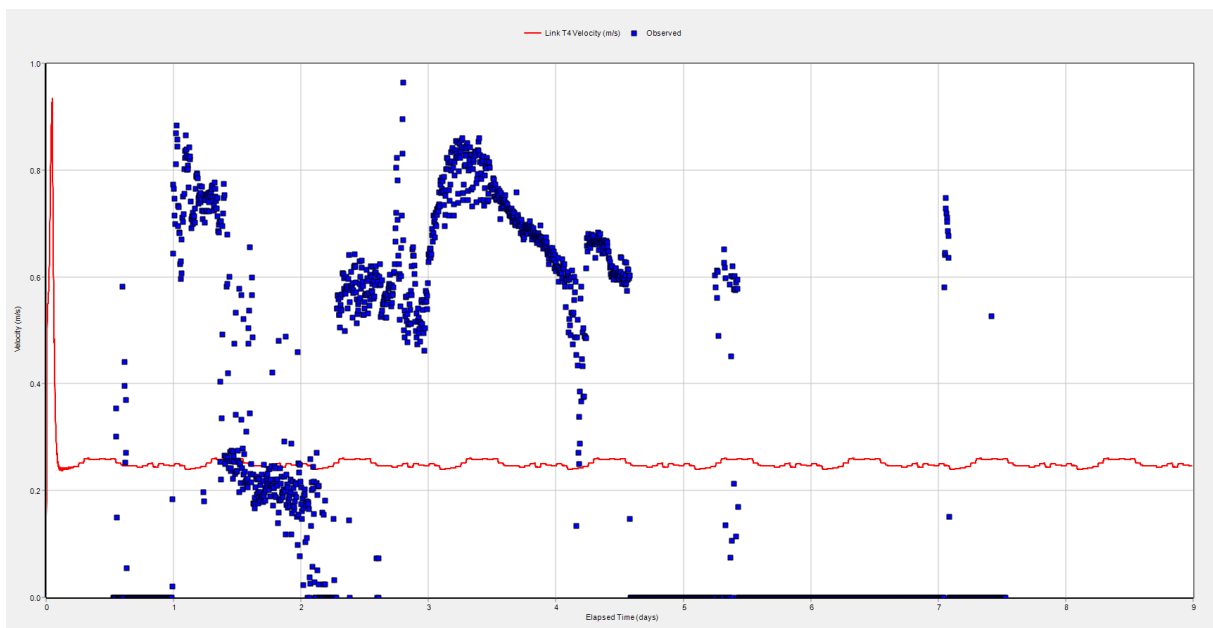


Slika 15. Protok vode u cjevovodu T4



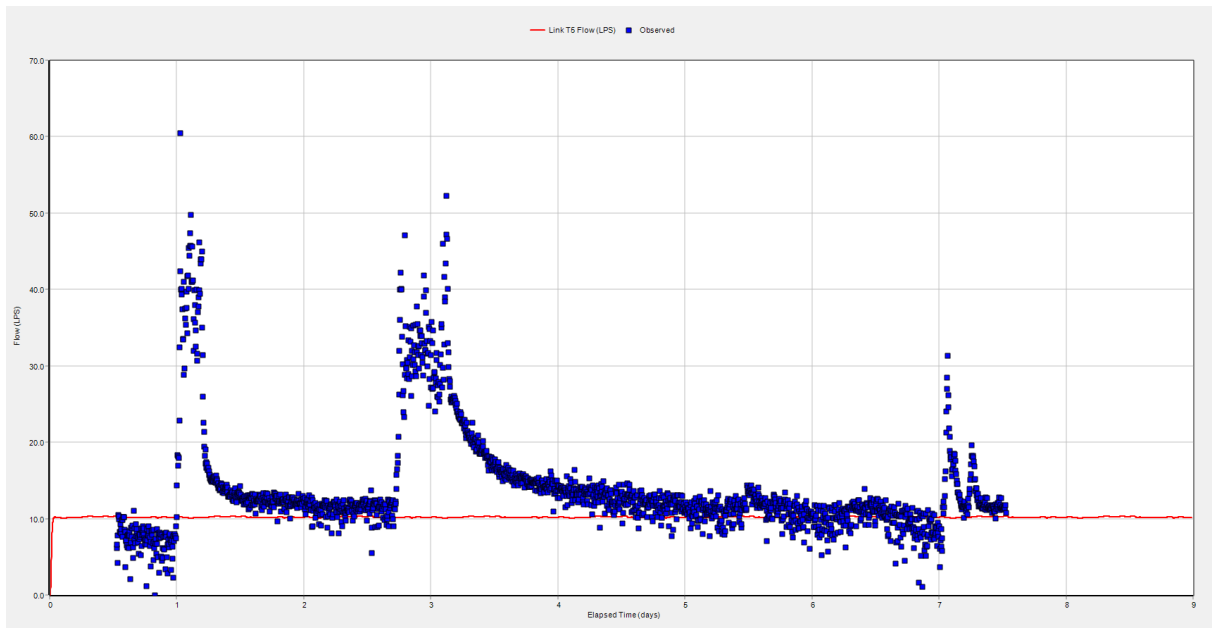


Slika 16. Dubina vode u čvoru T4

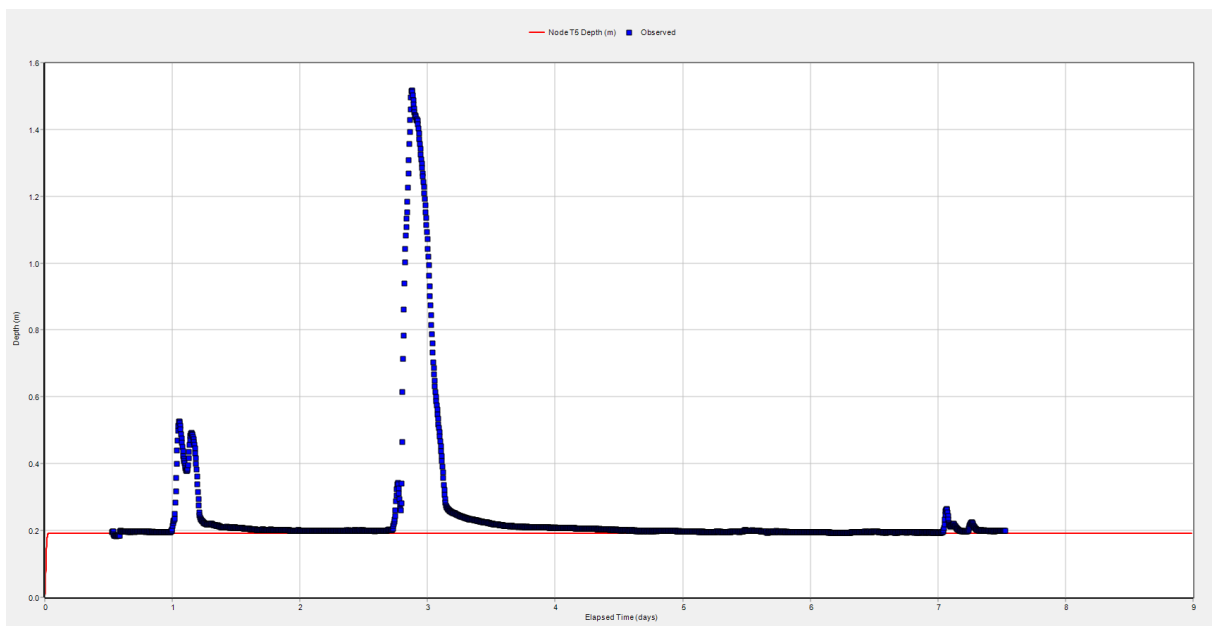


Slika 17. Brzina vode u cjevovodu T4

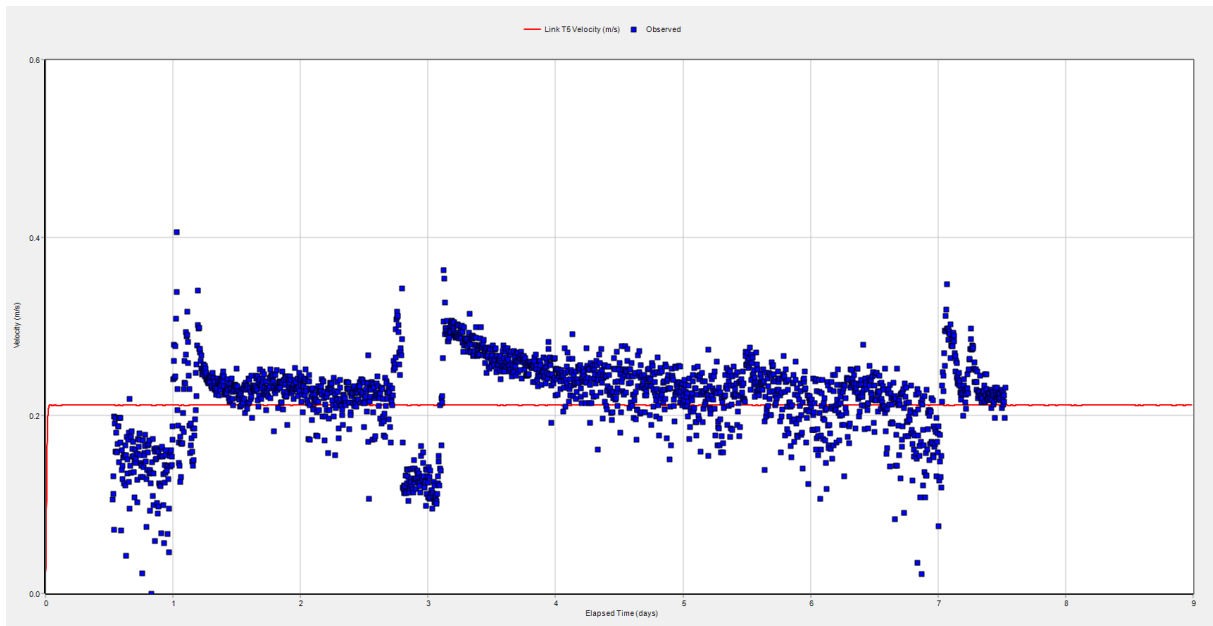
#### 4.1.5 MJERNA TOČKA T5



Slika 18. Protok vode u cjevovodu T5



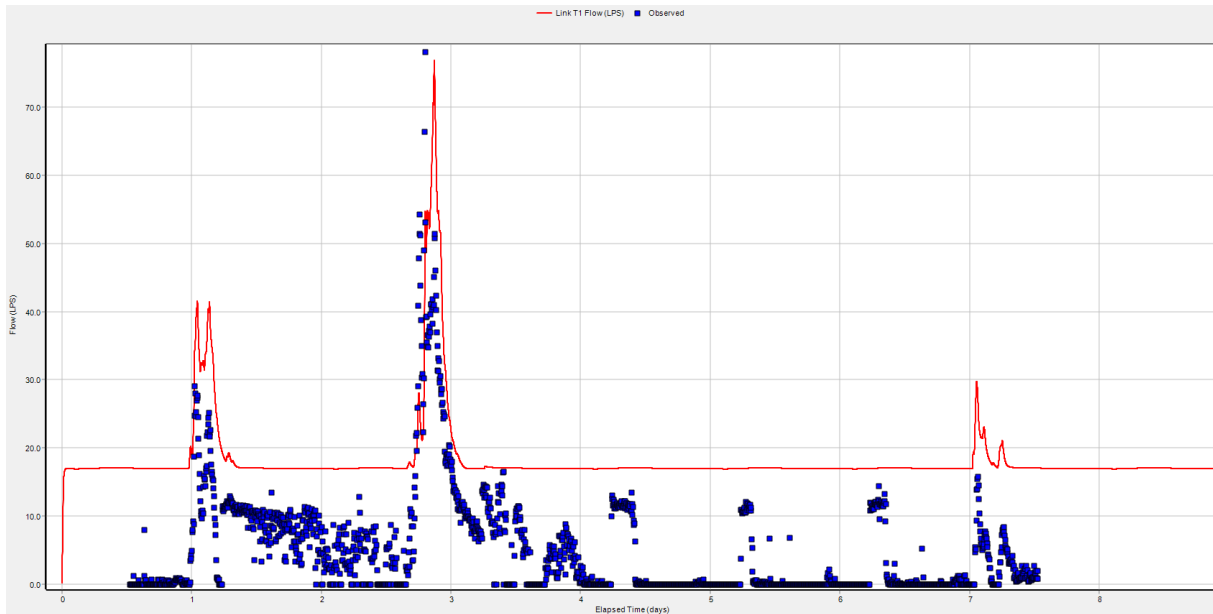
Slika 19. Dubina vode u čvoru T5



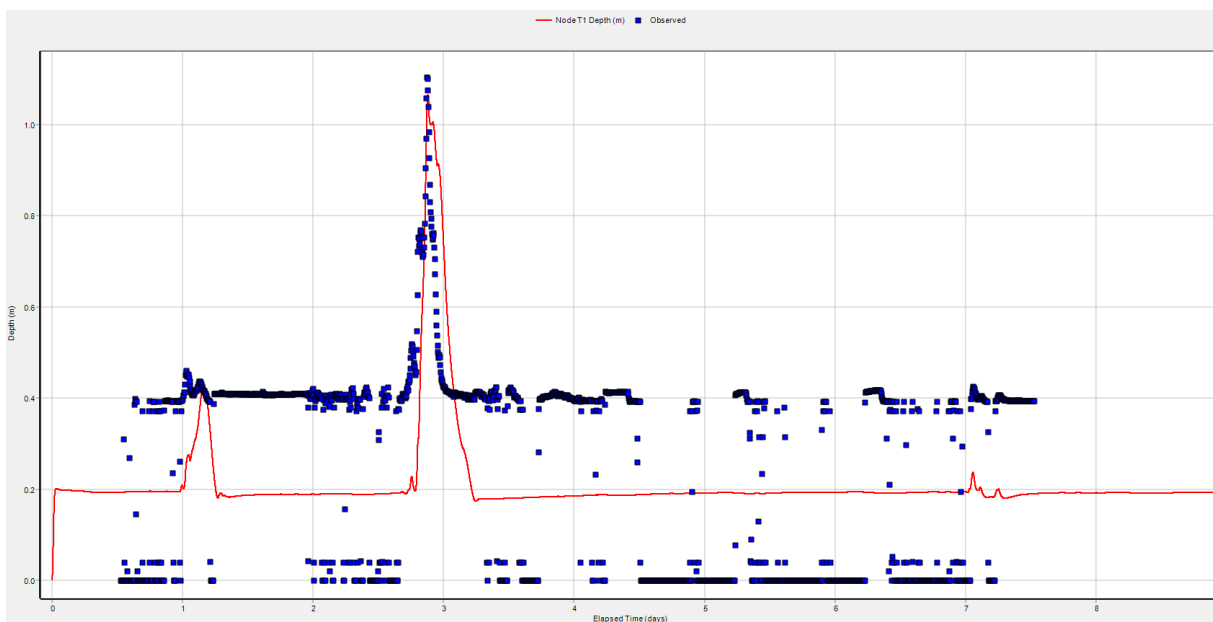
Slika 20. Brzina vode u cjevovodu T5

## 4.2 KALIBRACIJA MODELA PRI KIŠNOM DOTOKU

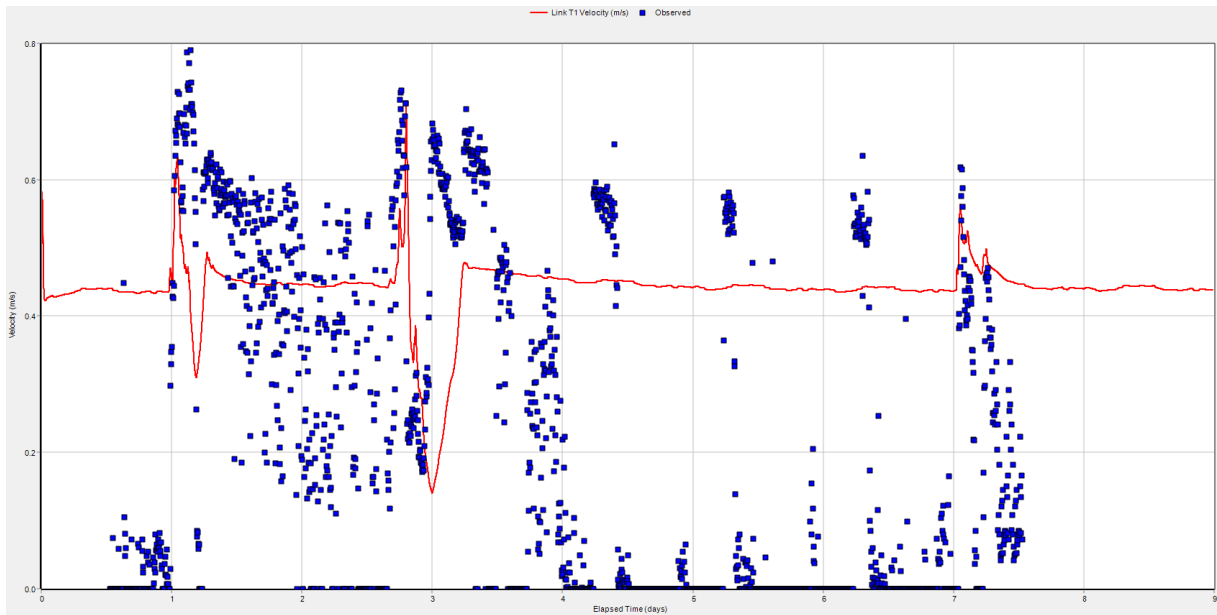
### 4.2.1 MJERNA TOČKA T1



Slika 21. Protok vode u cjevovodu T1

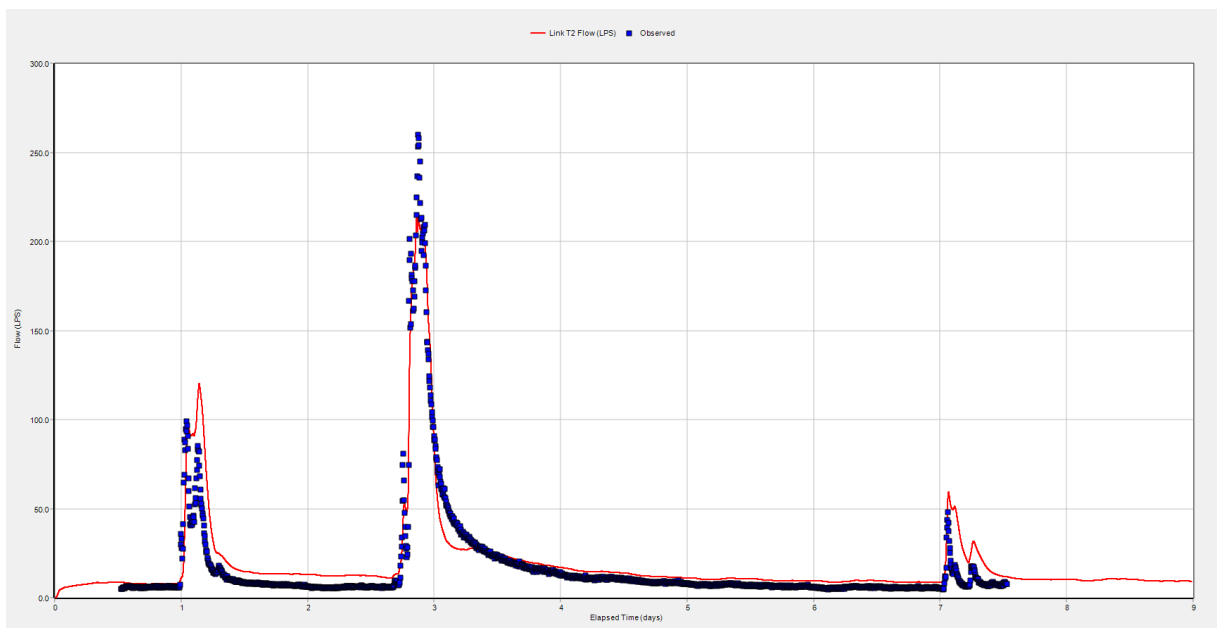


Slika 22. Dubina vode u čvoru T1

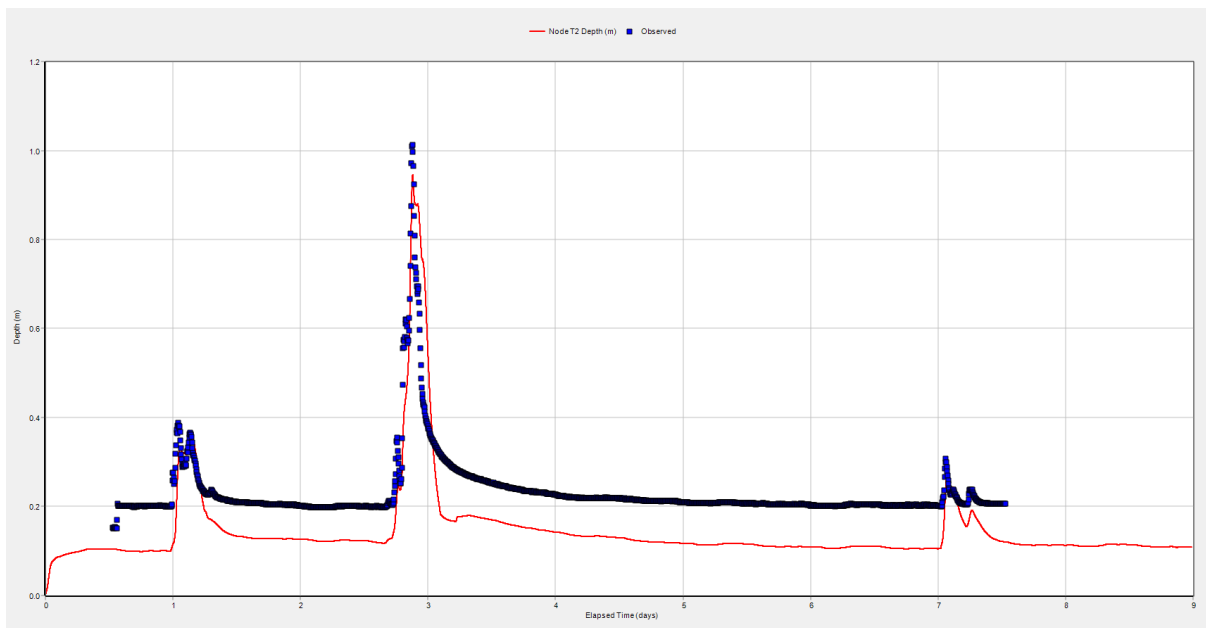


Slika 23. Brzina vode u cjevovodu T1

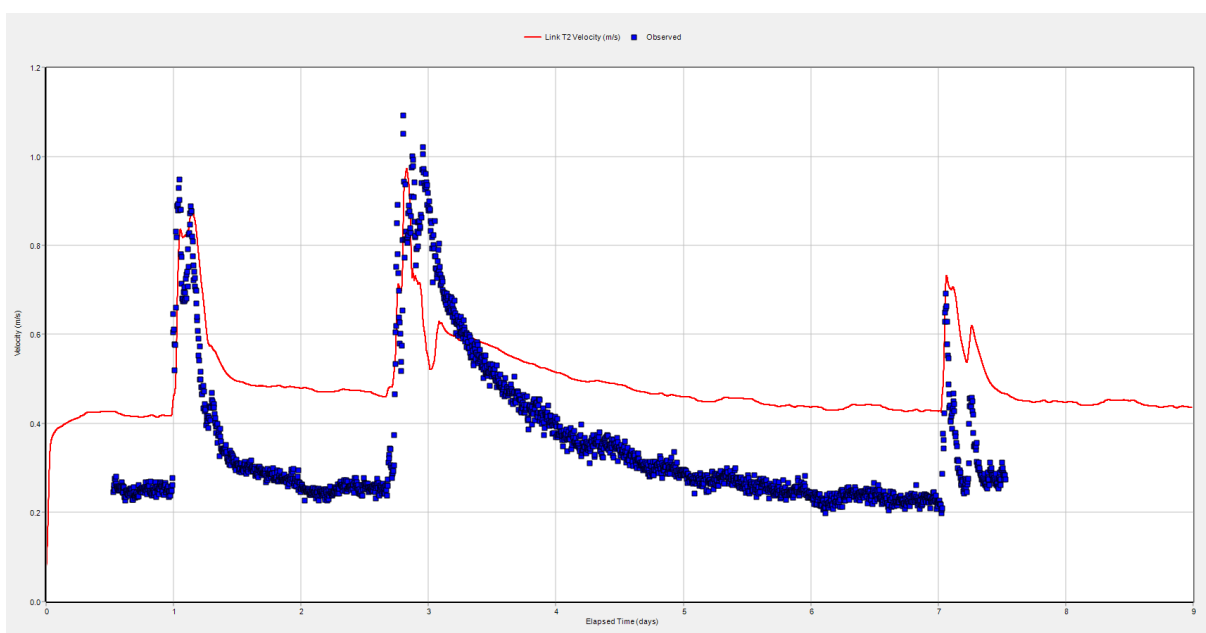
#### 4.2.2 MJERNA TOČKA T2



Slika 24. Protok vode u cjevovodu T2

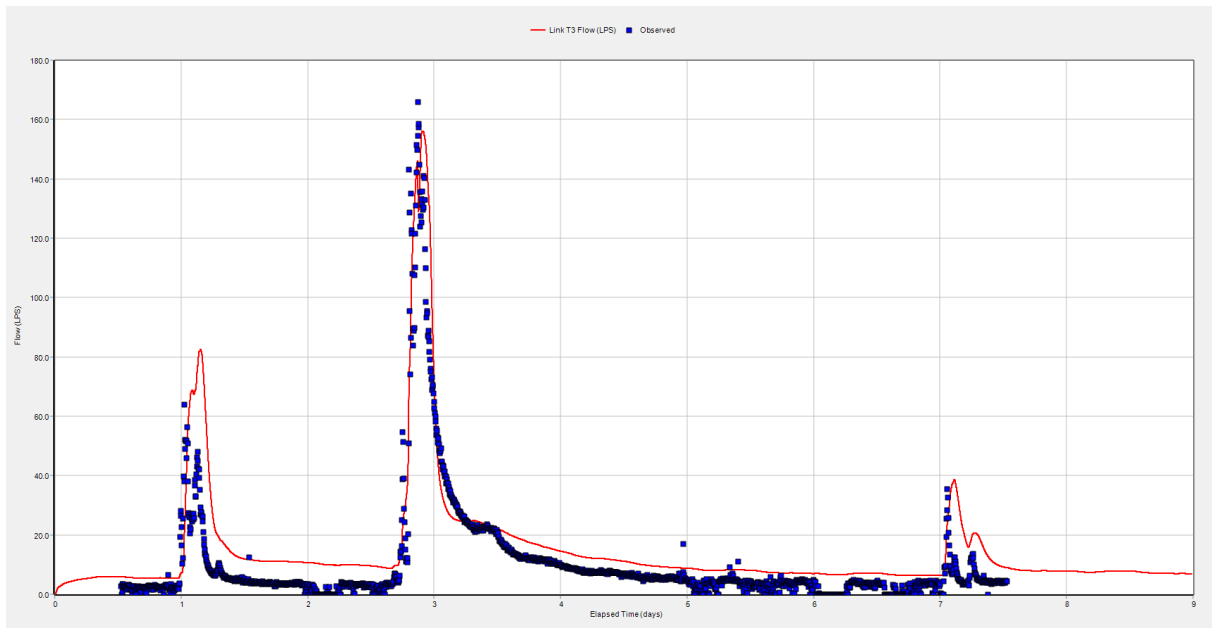


Slika 25. Dubina vode u čvoru T2

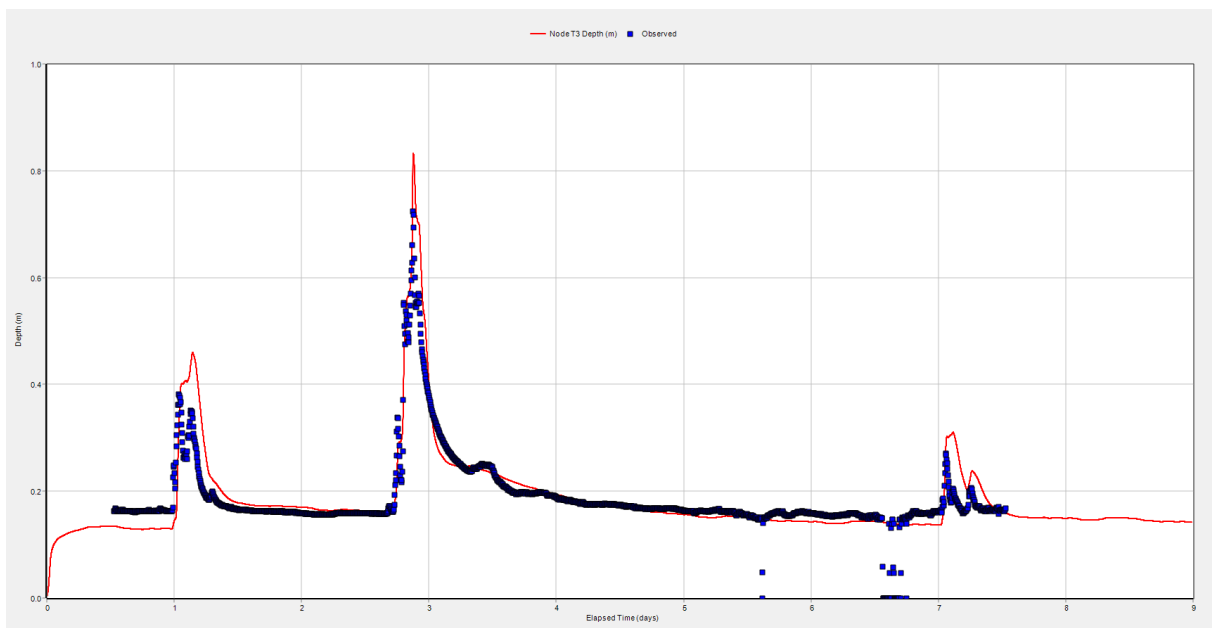


Slika 26. Brzina vode u cjevovodu T2

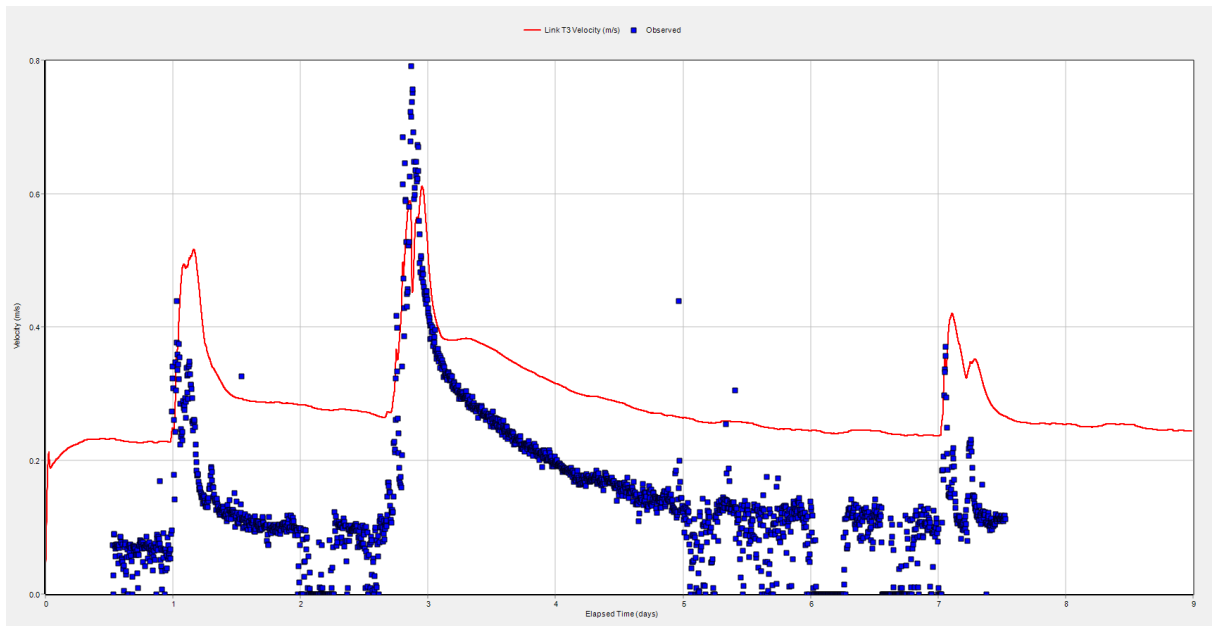
### 4.2.3 MJERNA TOČKA T3



Slika 27. Protok vode u cjevovodu T3

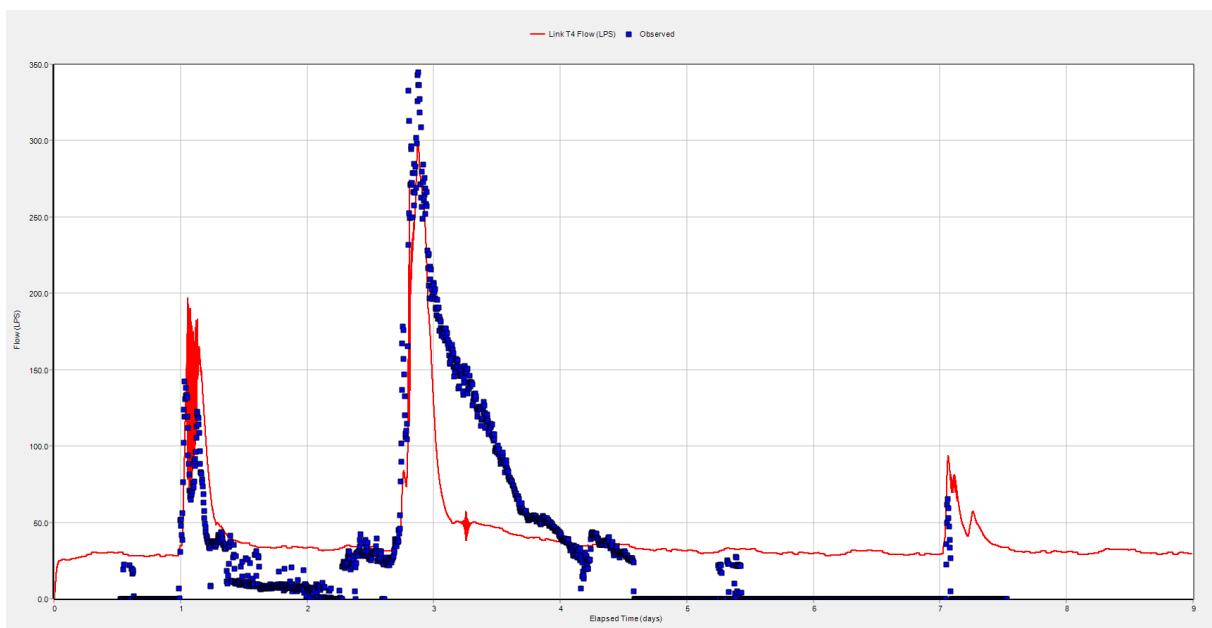


Slika 28. Dubina vode u čvoru T3



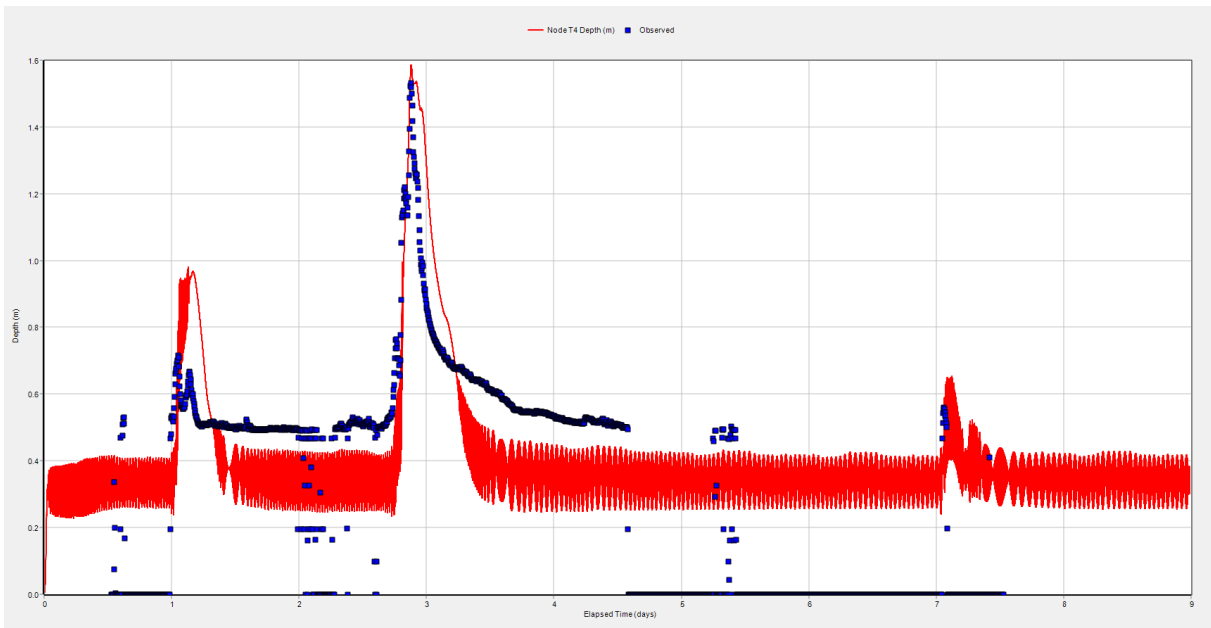
Slika 29. Brzina vode u cjevovodu T3

#### 4.2.4 MJERNA TOČKA T4

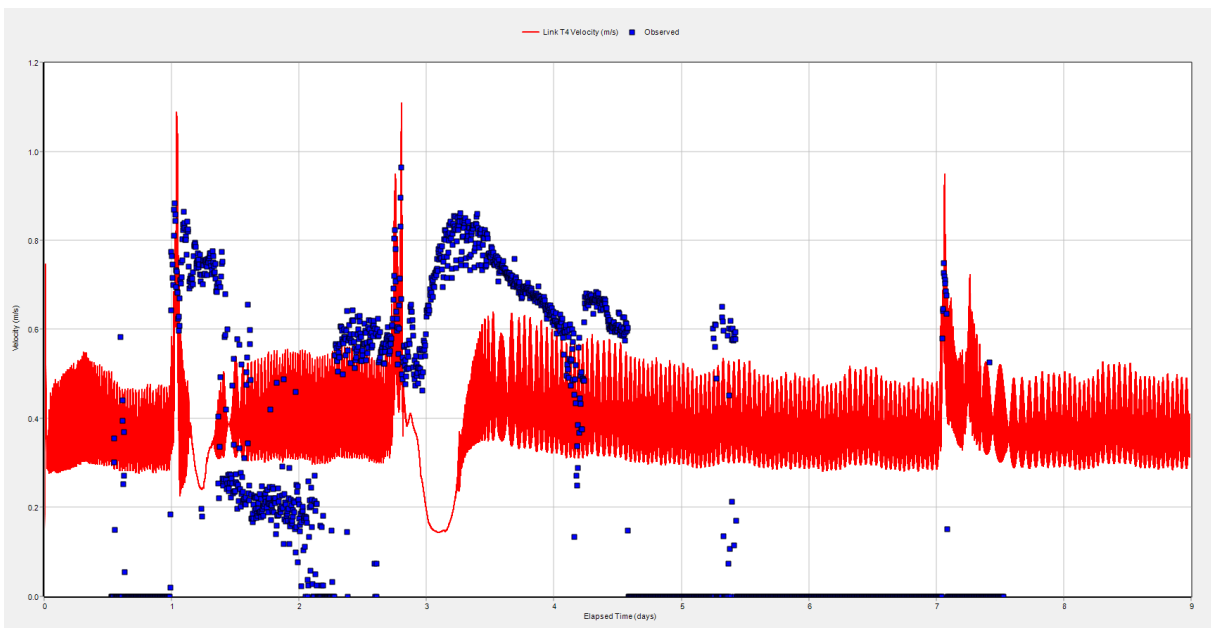


Slika 30. Protok vode u cjevovodu T4



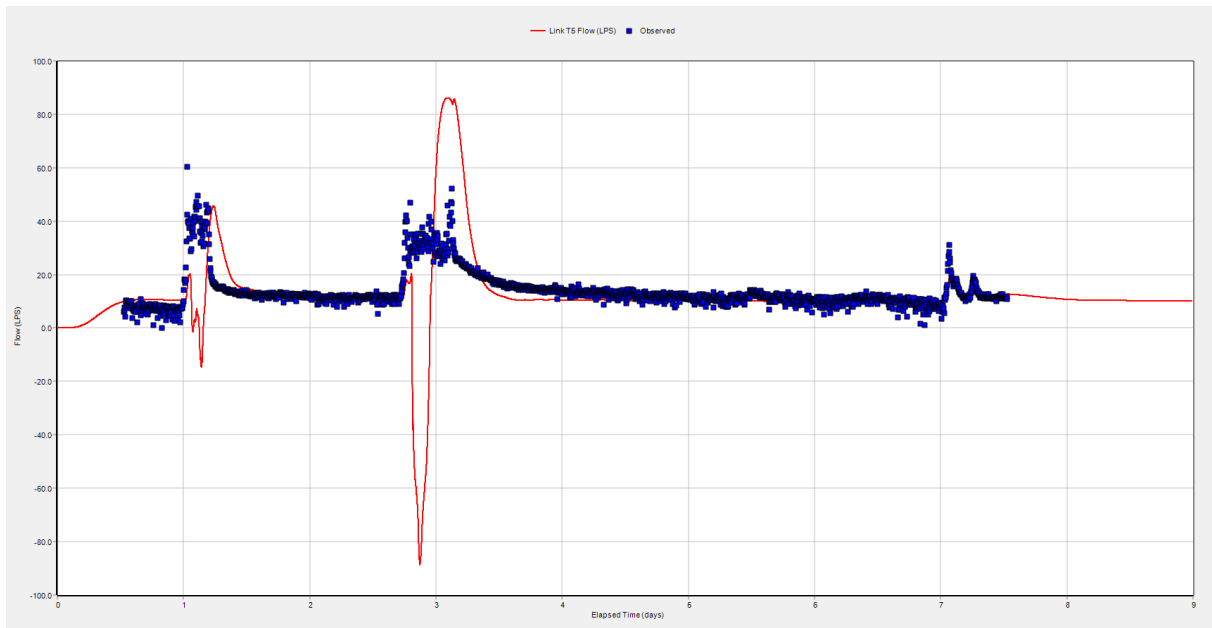


Slika 31. Dubina vode u čvoru T4

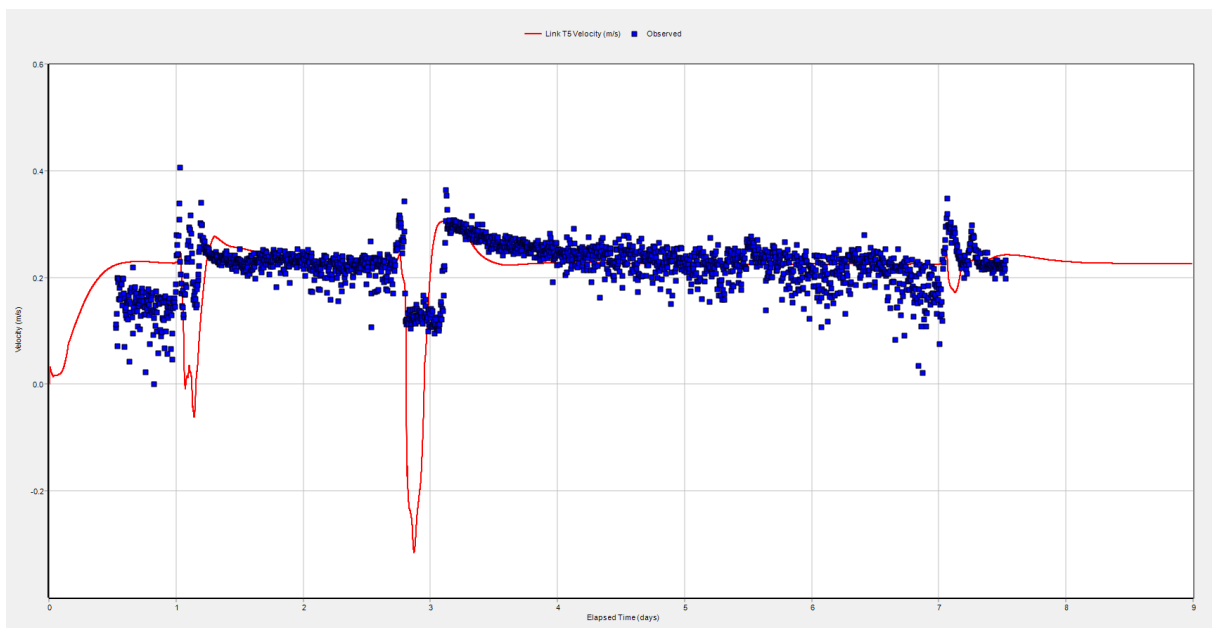


Slika 32. Brzina vode u cjevovodu T4

## 4.2.5 MJERNA TOČKA T5



Slika 33. Protok vode u cjevovodu T5



Slika 34. Brzina vode u cjevovodu T5

## 4.3 ZAKLJUČNO O KALIBRACIJI MODELA POSTOJEĆEG STANJA

Iz rezultata provedene kalibracije matematičkog modela postojećeg stanja sustava javne odvodnje aglomeracije Topusko, generalno se uočava da isti u zadovoljavajućoj mjeri opisuje realnu sliku tečenja.

Kod modela u sušnom dotoku na poziciji mjerne točke T1 prikazan je rezultat dubine vode, dok protok i brzina nisu prikazani zbog malih dotoka i nečistoća u sustavu uslijed čega mjerni senzor brzine nije kvalitetno mjerio podatak o brzini stoga nisu dobiveni pouzdani grafovi tečenja pa je samim time i mjerenje protoka nepouzđano.

Na mjernoj poziciji T4 dobiveni su rezultati gdje možemo uočiti da imamo u potpunosti poklapanje kalibracije na grafu dubine vode, dok na grafu brzine možemo uočiti relativno dobro poklapanje na dijelu sušnog dotoka.

Kalibracijom sušnog dotoka na mjernim pozicijama T2, T3 i T5 dobivena su podudaranja mjerenih i kalibriranih podataka u svim mjerenim podacima

Na modelu kišnog dotoka u mjernoj točki T1 uočljivo je dobro poklapanje svih parametara, gdje se na grafu brzine može uvidjeti na dijelu najvećeg kišnog opterećenja da se kalibrirani graf podudara sa amplitudama na grafu mjerenih parametara.

Prilikom kalibracije kišnog modela vidljivo je na mjernoj poziciji T2 odstupanje na području sušnog dotoka jer se pri kalibraciji kišnog dotoka cilja na podudaranje vršnih trenutaka opterećenja. Također se na mjernom mjestu T3 mogu uočiti odstupanja na grafu protoka kod prvog i zadnjeg kišnog događaja, a razlog tome je neravnomjerna prostorna raspodjela kiše na slivnom području, a pritom se kod drugog kišnog događaja ostvaruje apsolutno podudaranje.

Za mjernu točku T5 rezultati kalibracije dubine vode nisu prikazani jer su podaci o mjerenoj brzini bili nepouzđani.

Iz dobivenih rezultata se može zaključiti da je u hidrauličkom pogledu najosjetljiviji dio sustava upravo na mjernoj točki T5 s obzirom da se na tom dijelu generiraju najveći dotoci oborinskih voda, prije svega kao posljedica ilegalnih priključaka oborinskih voda s krovova kuća i okućnica.

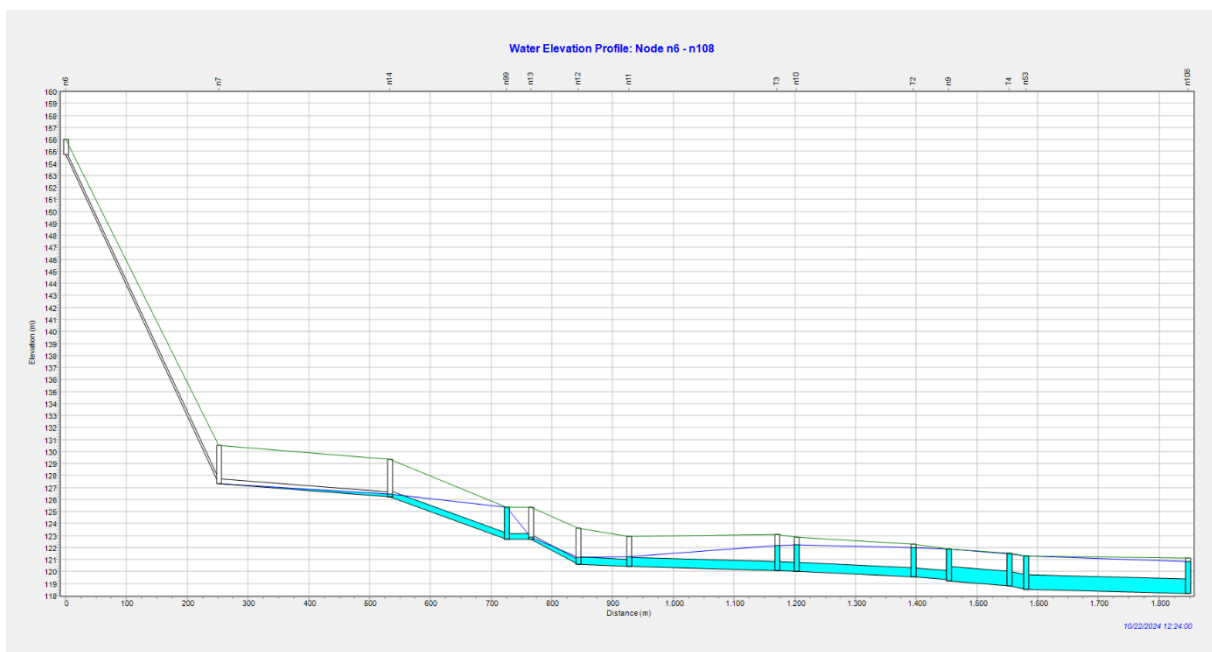
## 5. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA S OBORINAMA VEĆEG INTENZITETA

Analiza postojećeg stanja sustava javne odvodnje primarno se bavi određivanjem kapaciteta kanala, cijevi i drugih elemenata u sustavu odvodnje kako bi se osigurao nesmetan protok otpadnih voda ili oborinskih voda u svim uvjetima, uključujući ekstremne padaline.

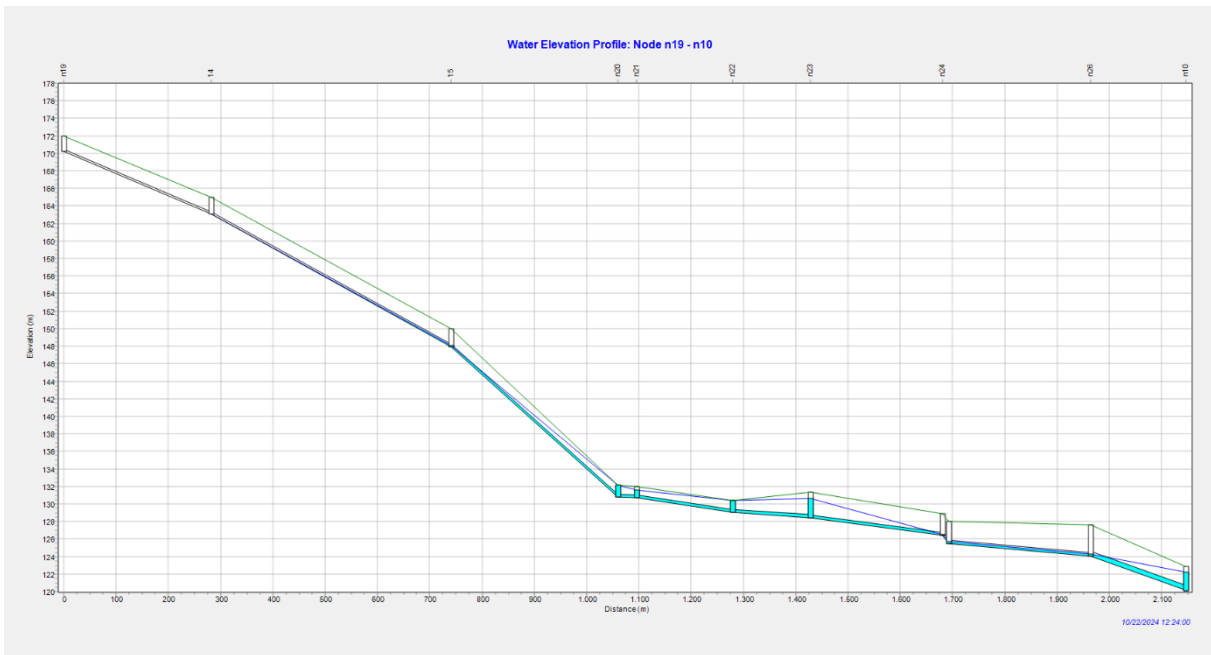
Prethodna kalibracija računskog modela provedena je na mjerenim podacima oborina kako bi se postigli realni hidrauličko-pogonski uvjeti tečenja na modelu u skladu sa postojećim stanjem, a sada je potrebno provesti analizu postojećeg stanja različitih intenziteta oborina da bi se uvidjelo koji je dio sustava ugrožen pri pojedinom intenzitetu. Nakon provedbe svih analiza potrebno je dobivene rezultate poslati naručitelju koji izabire mjerodavnu oborinu na promatranom području.

Na računskom modelu provedena je analiza za intenzitete oborina od 150 l/sha, 200 l/sha i 250 l/sha čiji su rezultati prikazani u poglavljima u nastavku, a prikazani su uzdužni presjeci dionica svih kolektora, hidrogrami u ključnim dionicama sustava, te situacijski prikaz čvorova u kojima voda isplivava van.

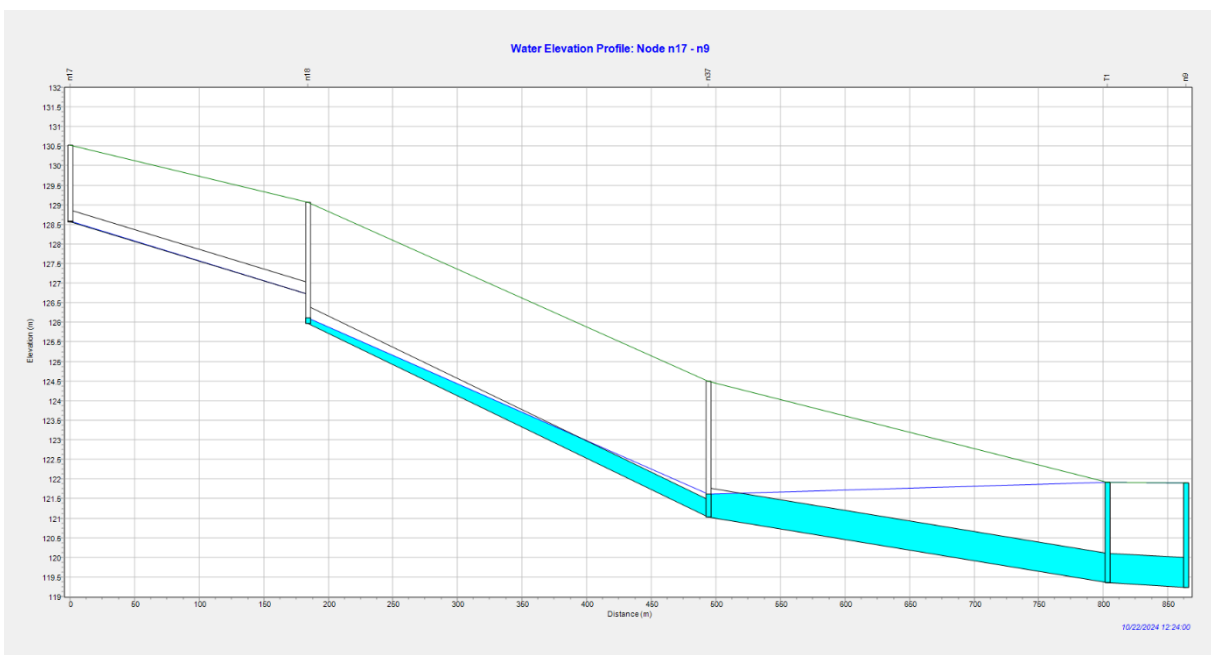
### 5.1 POJAVA OBORINE INTENZITETA 150 l/sha



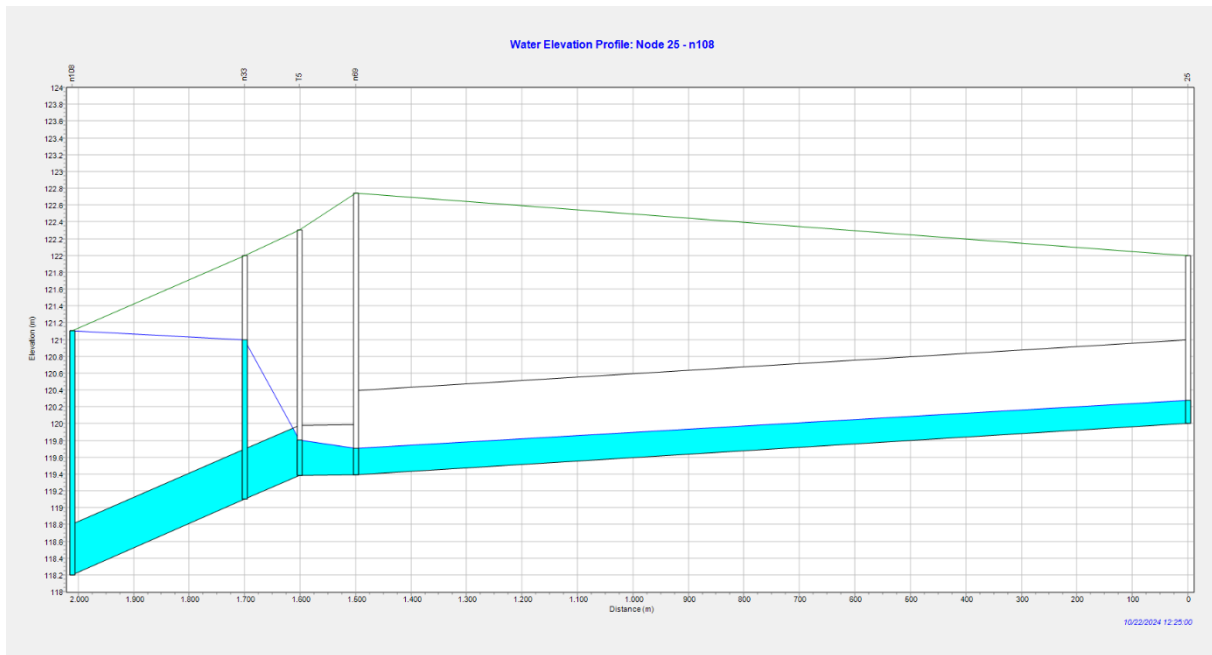
Slika 35. Uzdužni profil kolektora 1 u trenutku maksimalnog hidrauličkog opterećenja (pri intenzitetu oborine 150 l/s/ha)



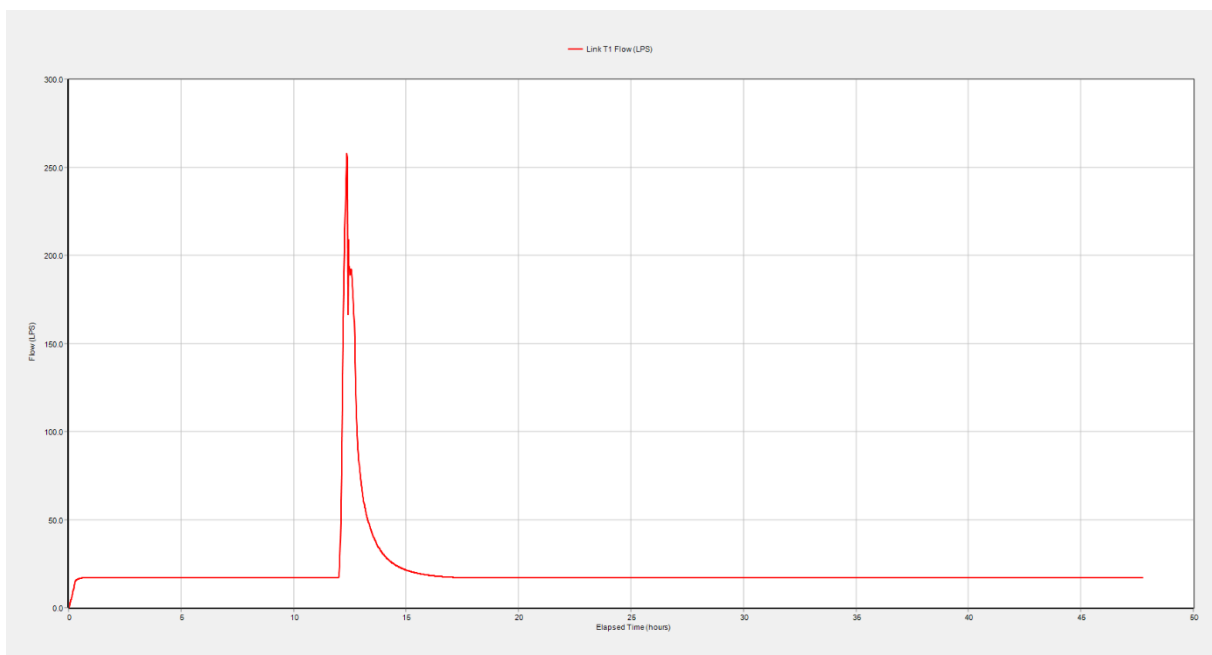
Slika 36. Uzdužni profil kolektora 2 u trenutku maksimalnog hidrauličkog opterećenja (pri intenzitetu oborine 150 l/s/ha)



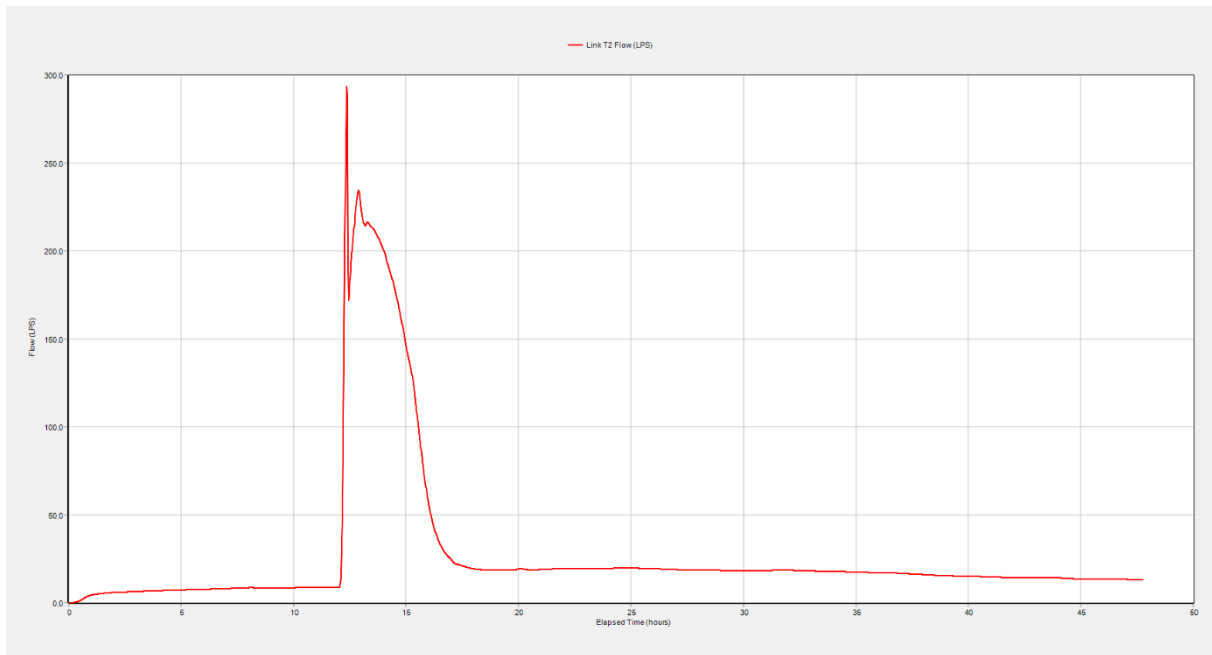
Slika 37. Uzdužni profil kolektora 3 u trenutku maksimalnog hidrauličkog opterećenja (pri intenzitetu oborine 150 l/s/ha)



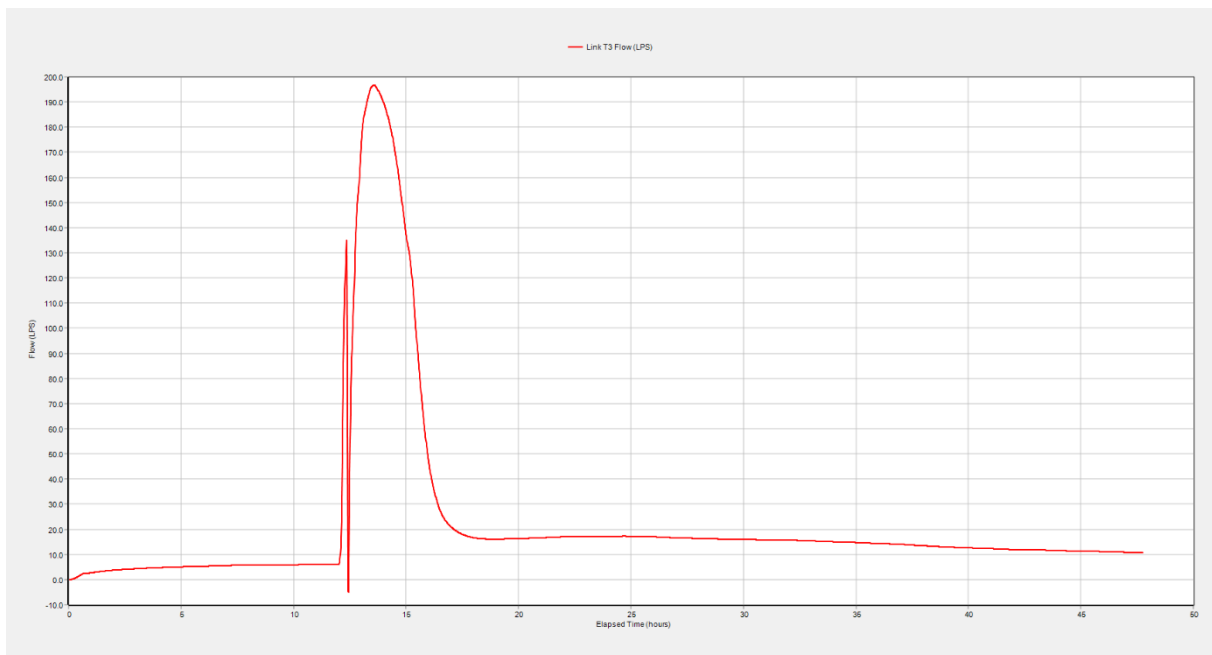
Slika 38. Uzdužni profil kolektora 4 u trenutku maksimalnog hidrauličkog opterećenja (pri intenzitetu oborine 150 l/s/ha)



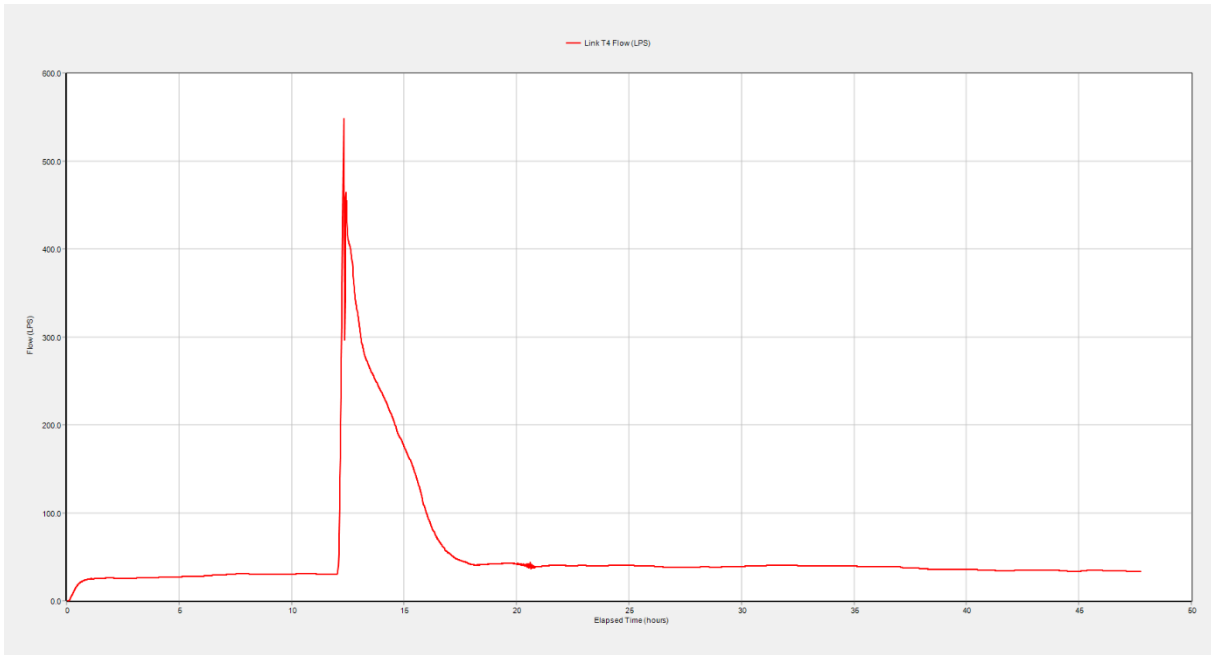
Slika 39. Hidrogram dionice T1 (pri intenzitetu oborine 150 l/s/ha)



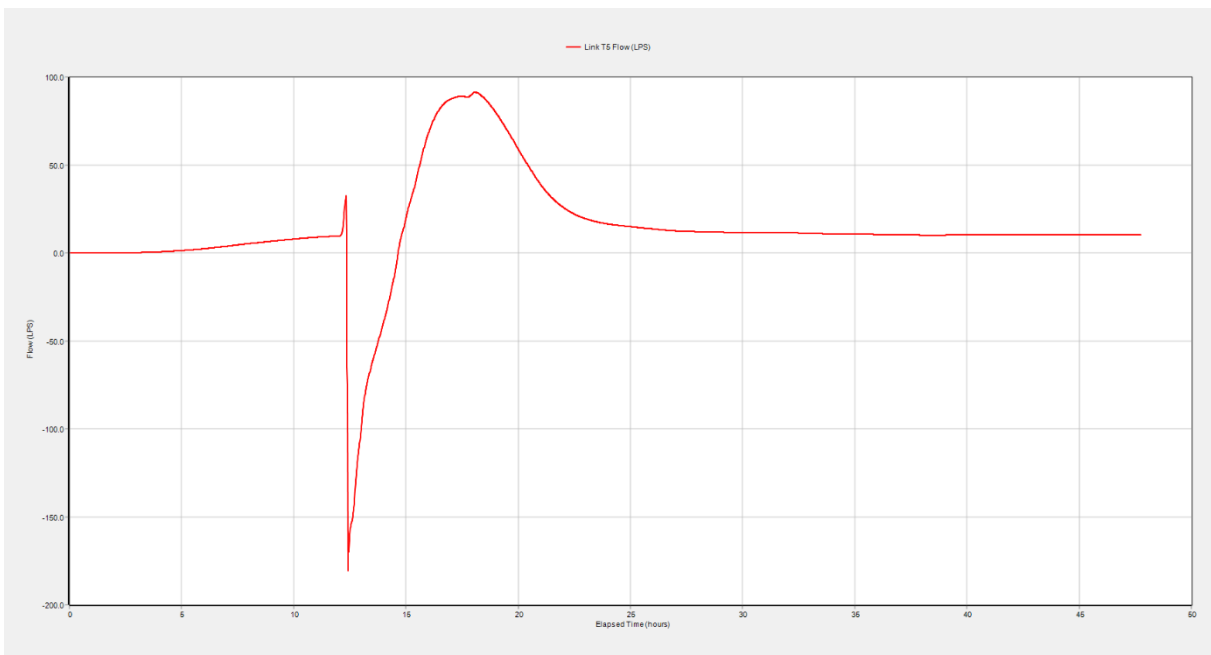
Slika 40. Hidrogram dionice T2 (pri intenzitetu oborine 150 l/s/ha)



Slika 41. Hidrogram dionice T3 (pri intenzitetu oborine 150 l/s/ha)

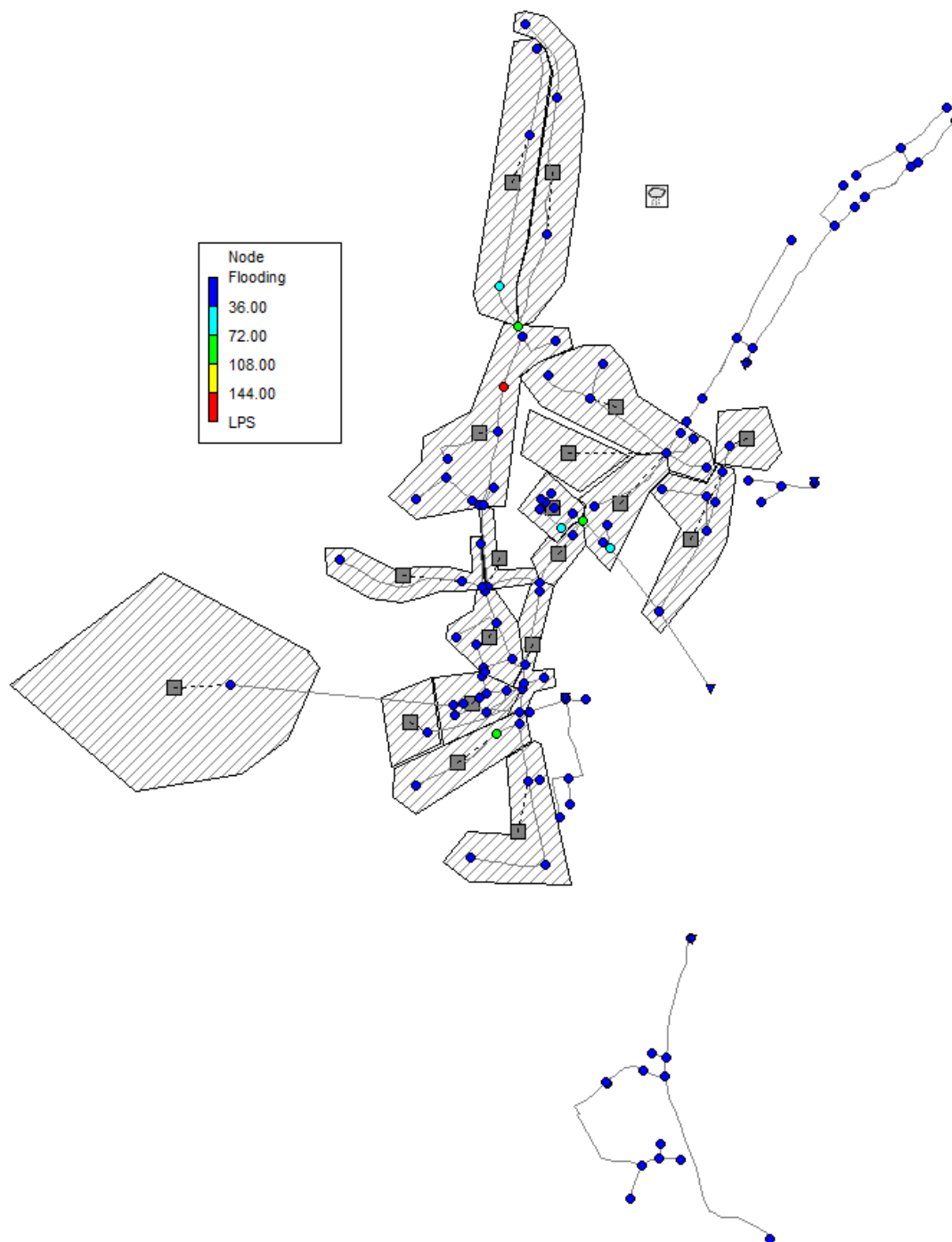


Slika 42. Hidrogram dionice T4 (pri intenzitetu oborine 150 l/s/ha)



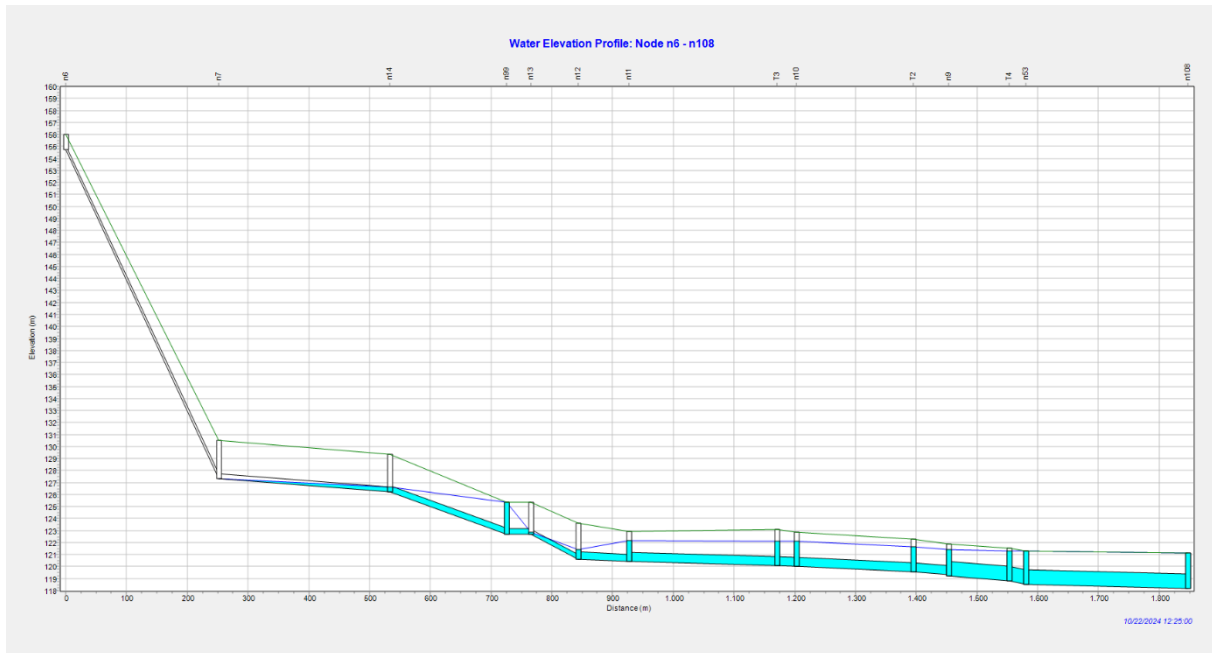
Slika 43. Hidrogram dionice T5 (pri intenzitetu oborine 150 l/s/ha)



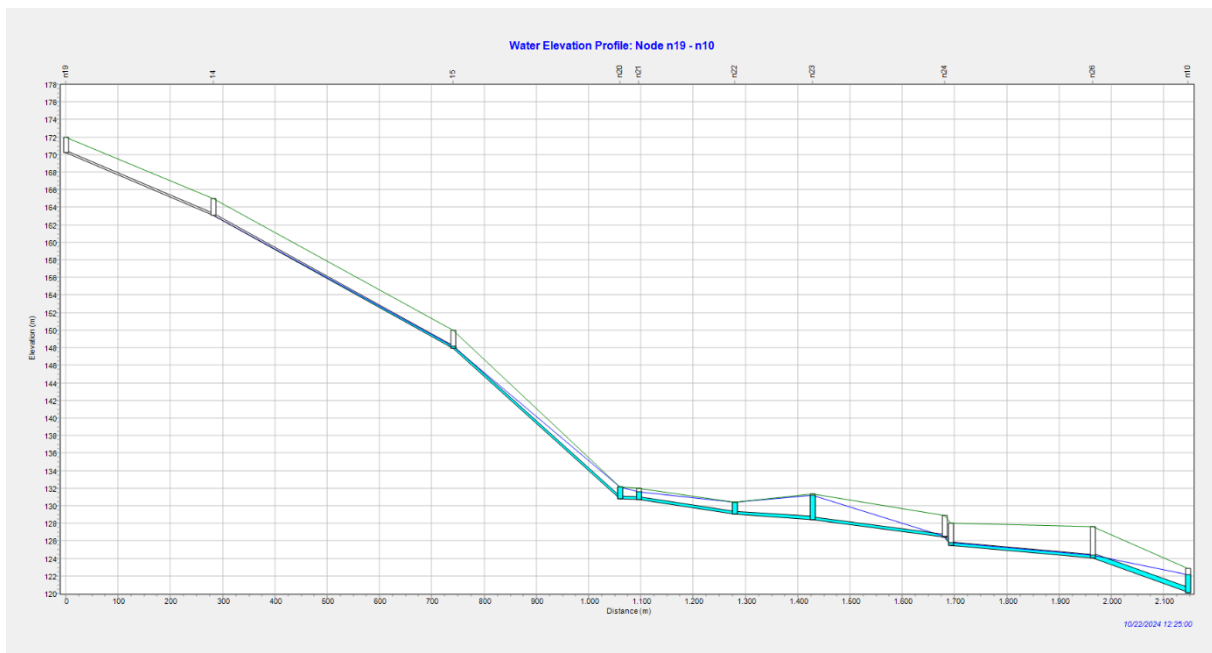


Slika 44. Situacijski prikaz čvorova u kojima dolazi do plavljenja

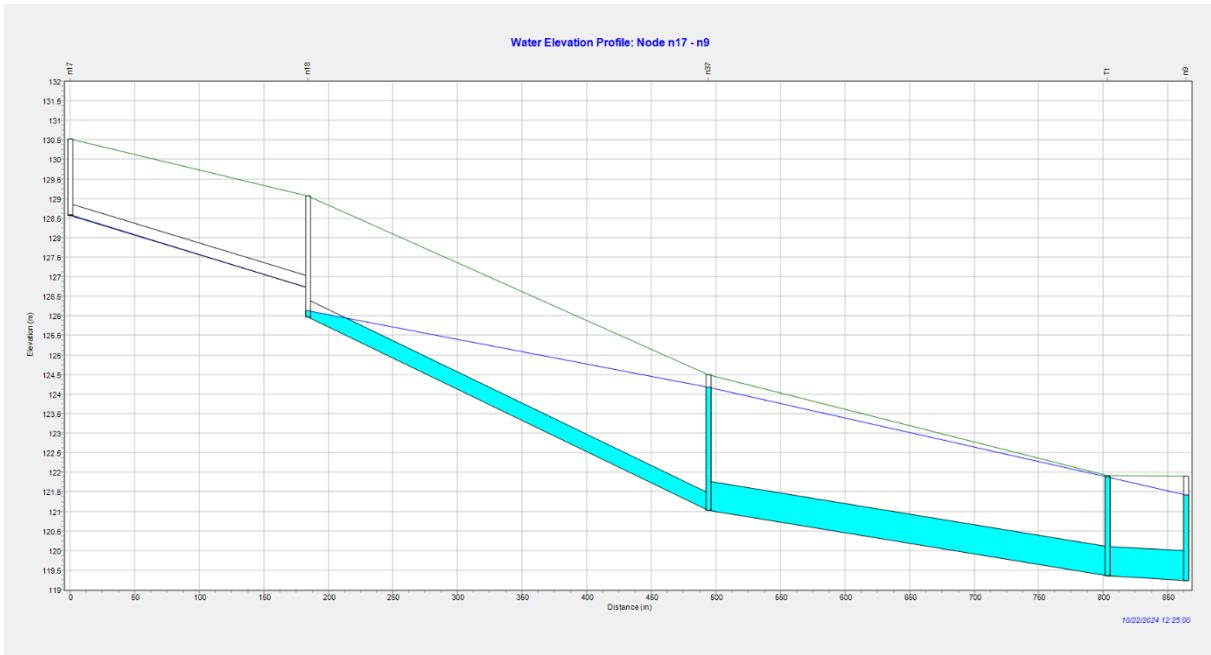
## 5.2 POJAVA OBORINE INTENZITETA 200 l/sha



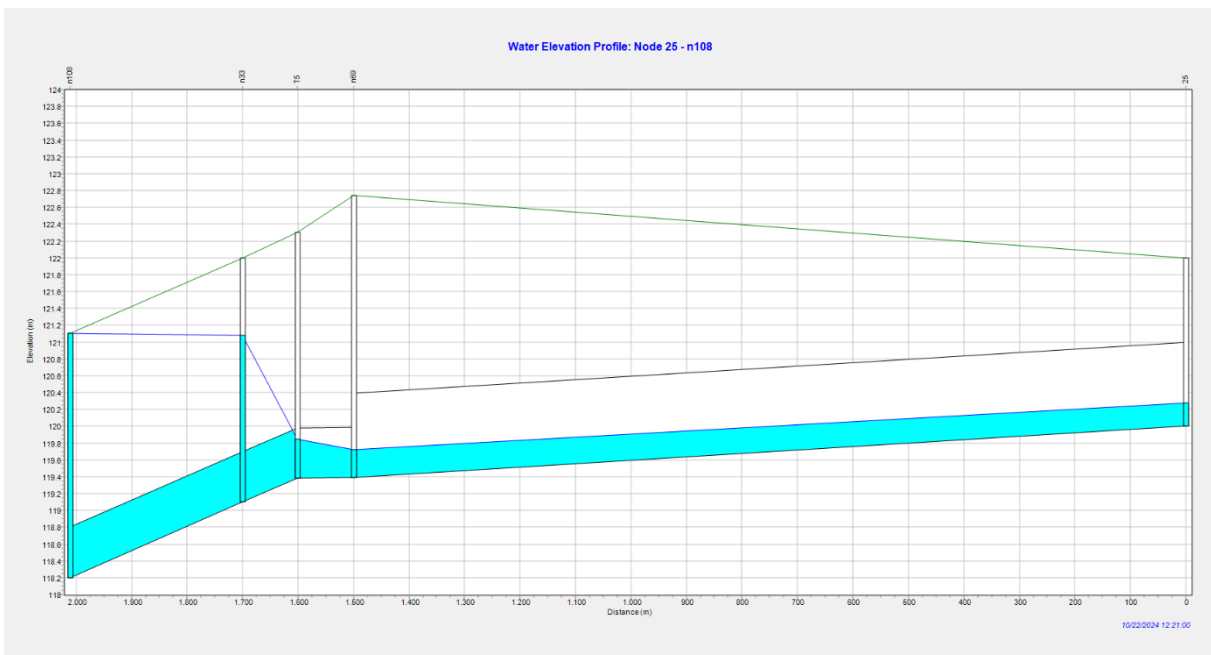
Slika 45. Uzdužni profil kolektora 1 u trenutku maksimalnog hidrauličkog opterećenja (pri intenzitetu oborine 200 l/s/ha)



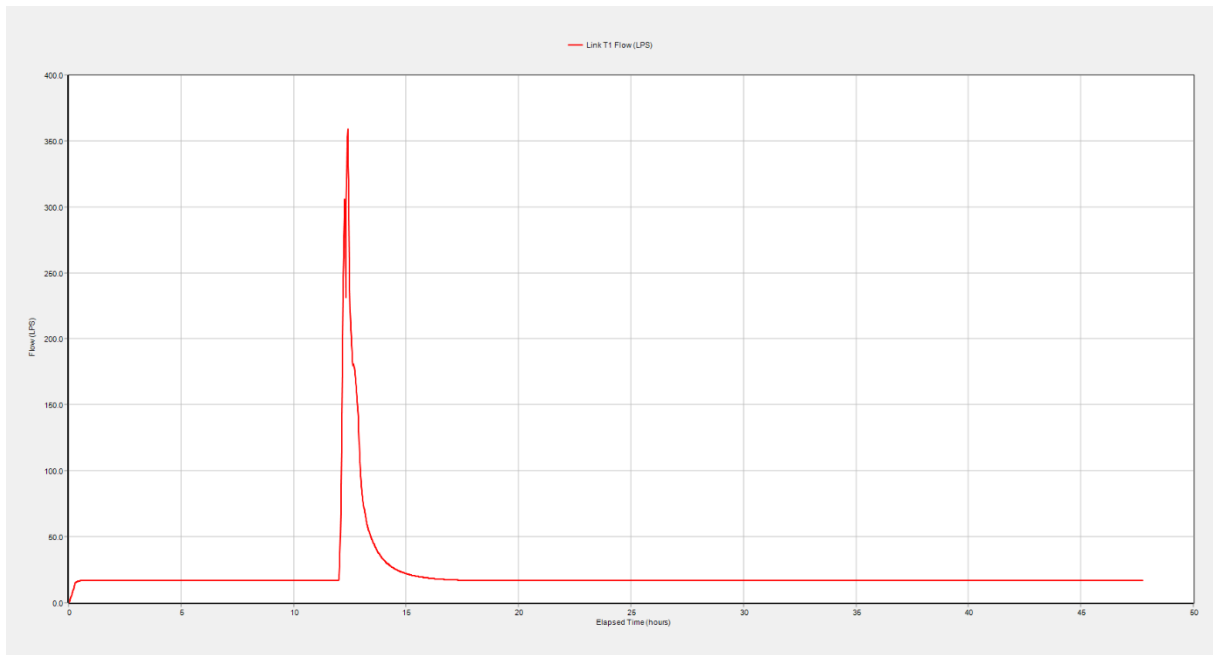
Slika 46. Uzdužni profil kolektora 2 u trenutku maksimalnog hidrauličkog opterećenja (pri intenzitetu oborine 200 l/s/ha)



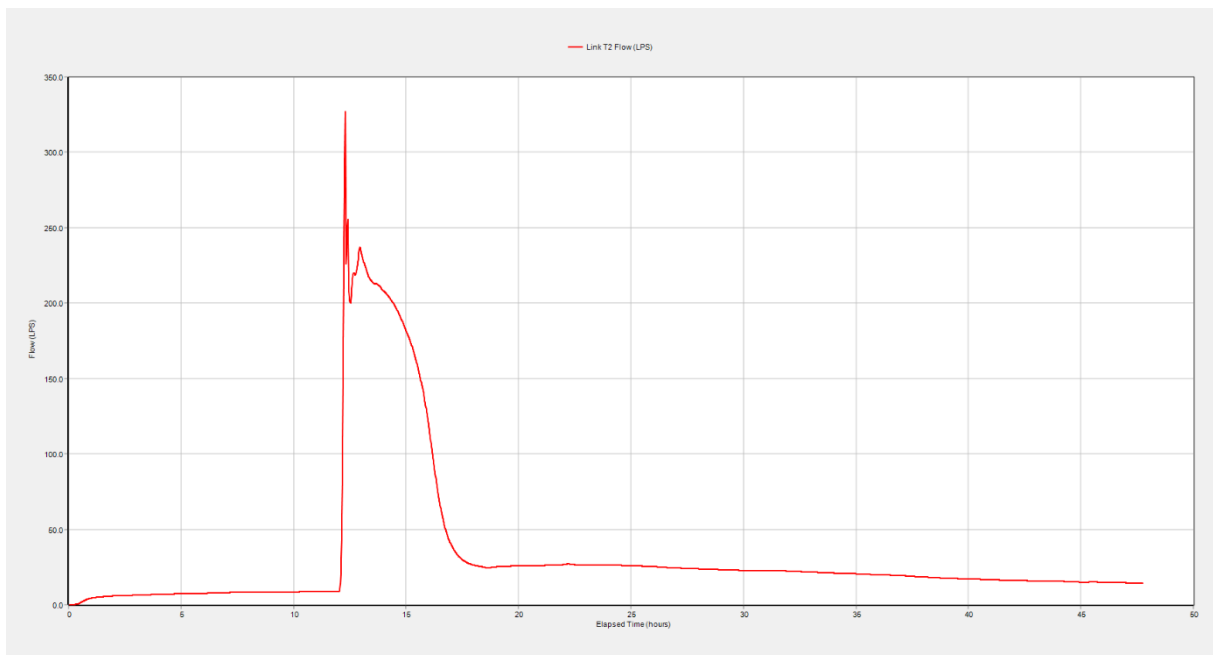
Slika 47. Uzdužni profil kolektora 3 u trenutku maksimalnog hidrauličkog opterećenja (pri intenzitetu oborine 200 l/s/ha)



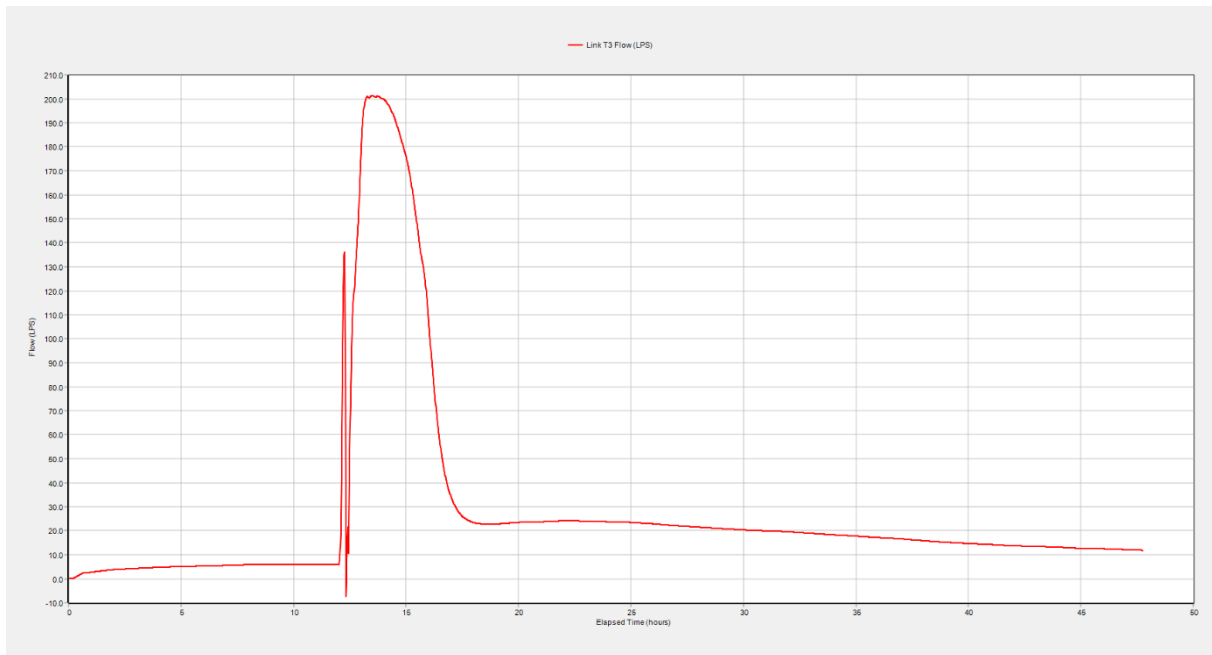
Slika 48. Uzdužni profil kolektora 4 u trenutku maksimalnog hidrauličkog opterećenja (pri intenzitetu oborine 200 l/s/ha)



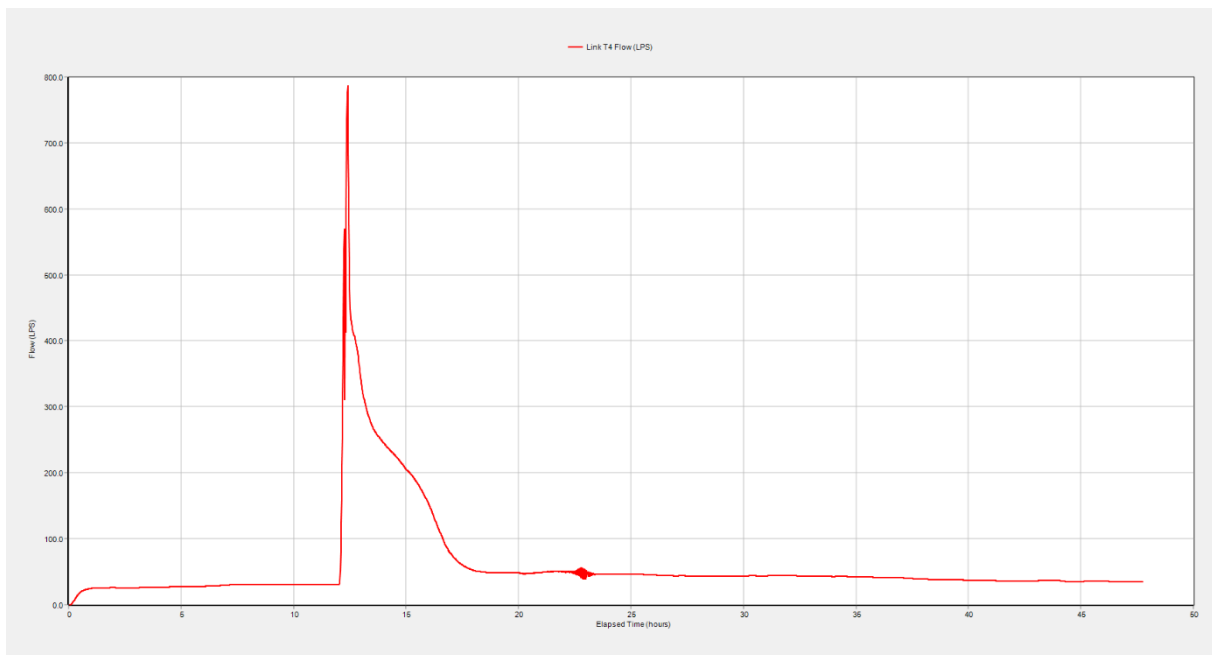
Slika 49. Hidrogram dionice T1 (pri intenzitetu oborine 200 l/s/ha)



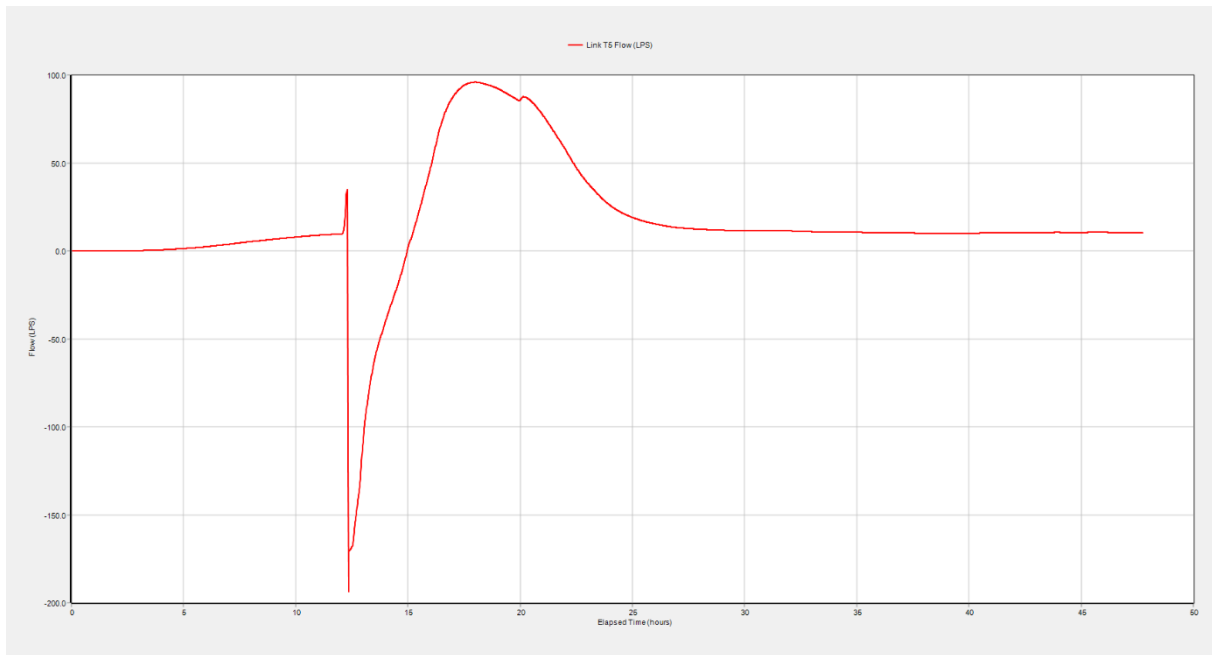
Slika 50. Hidrogram dionice T2 (pri intenzitetu oborine 200 l/s/ha)



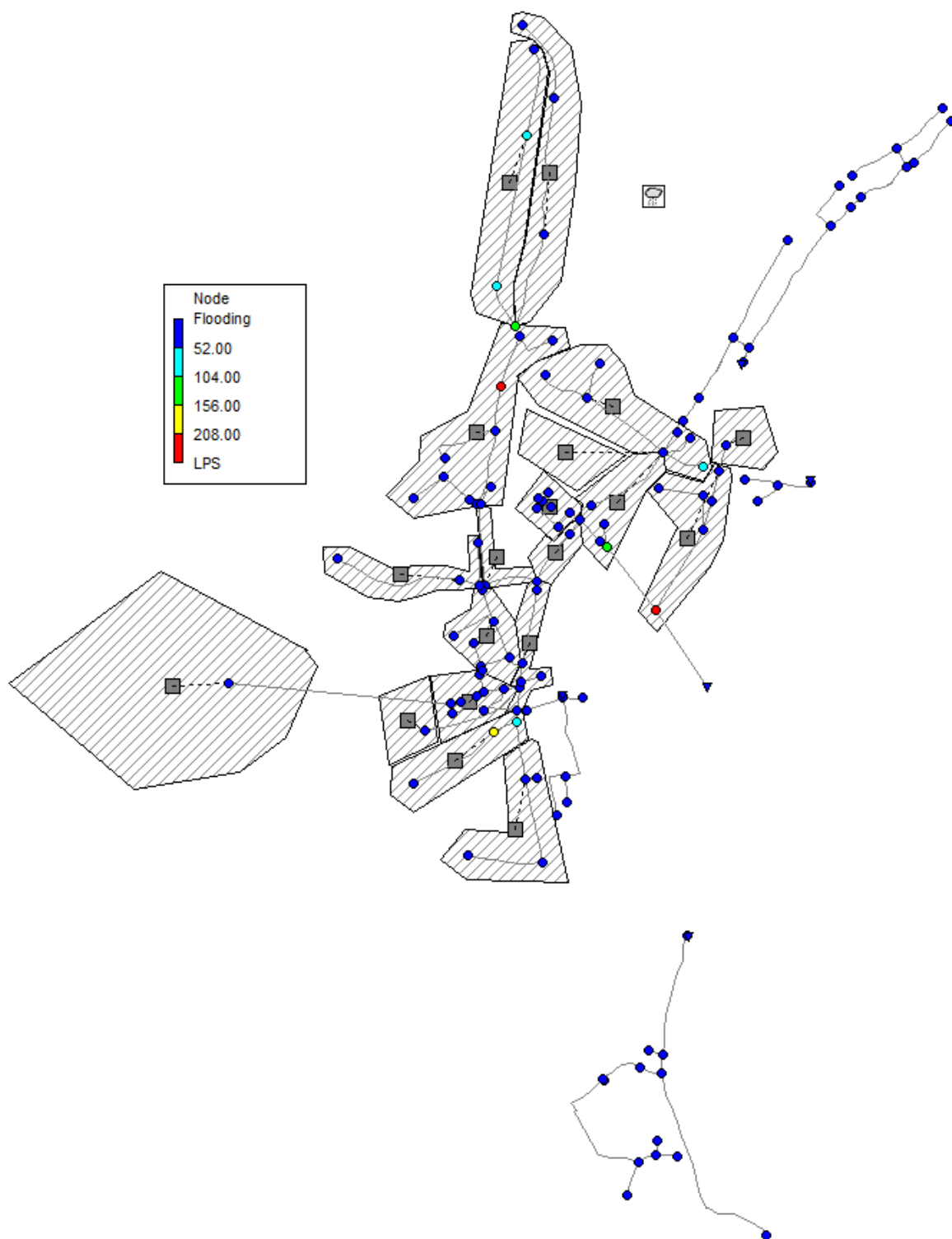
Slika 51. Hidrogram dionice T3 (pri intenzitetu oborine 200 l/s/ha)



Slika 52. Hidrogram dionice T4 (pri intenzitetu oborine 200 l/s/ha)

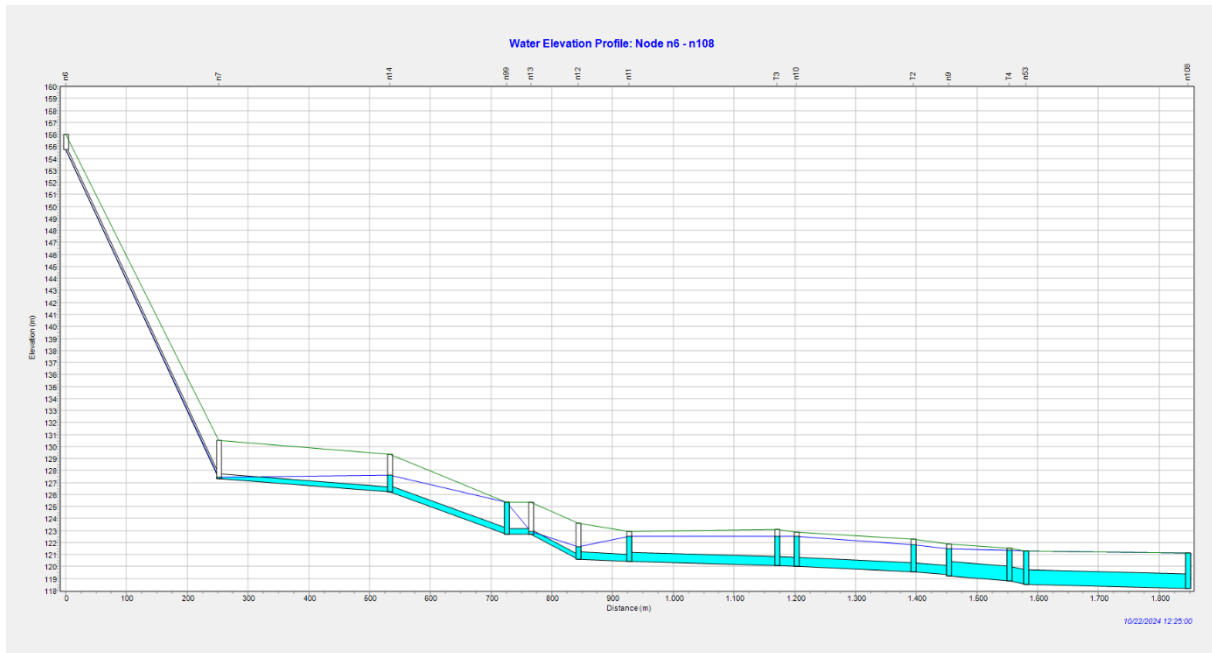


Slika 53. Hidrogram dionice T5 (pri intenzitetu oborine 200 l/s/ha)

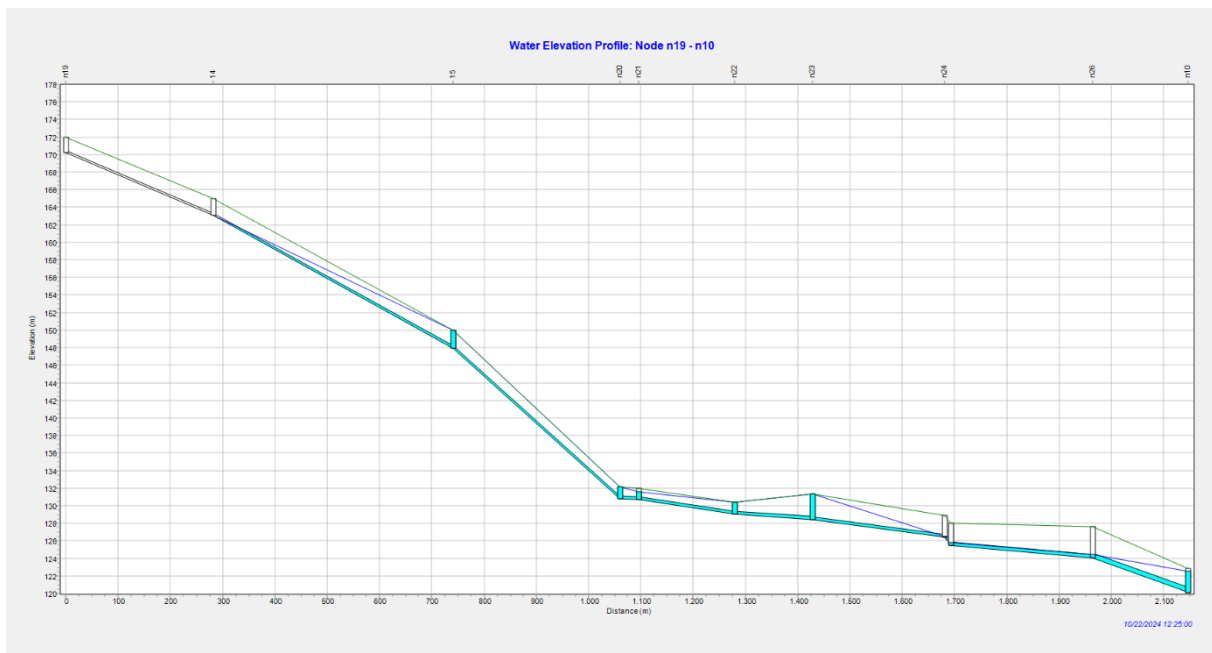


Slika 54. Situacijski prikaz čvorova u kojima dolazi do plavljenja

### 5.3 POJAVA OBORINE INTENZITETA 250 l/sha

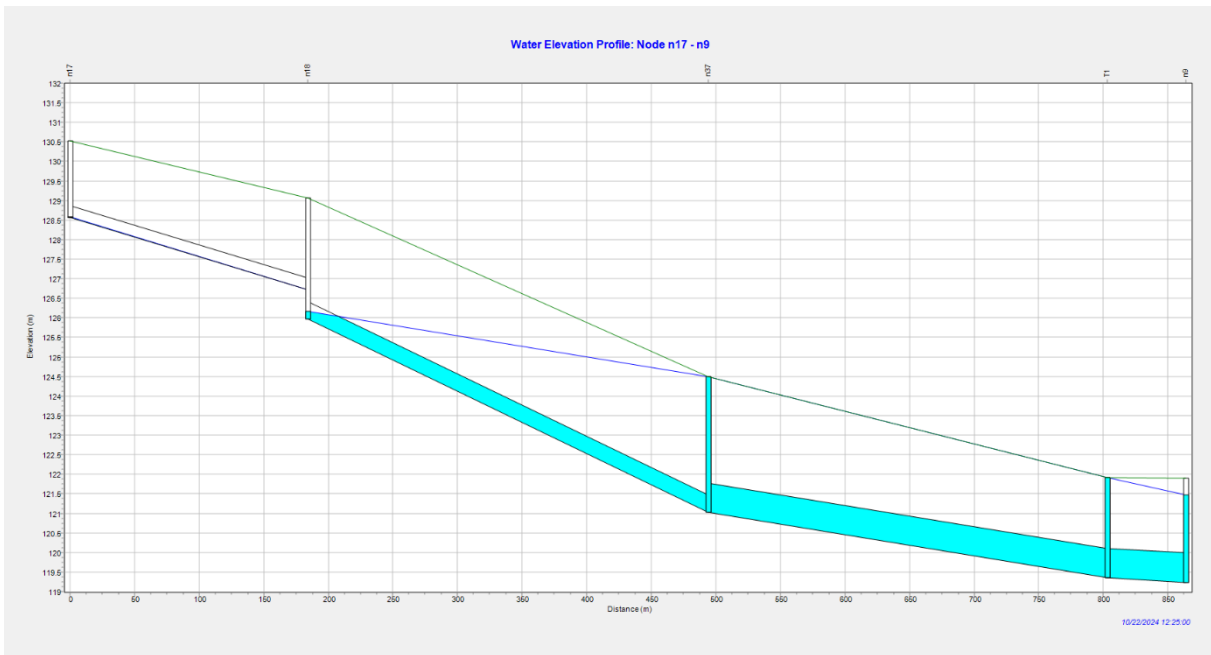


Slika 55. Uzdužni profil kolektora 1 u trenutku maksimalnog hidrauličkog opterećenja (pri intenzitetu oborine 250 l/s/ha)

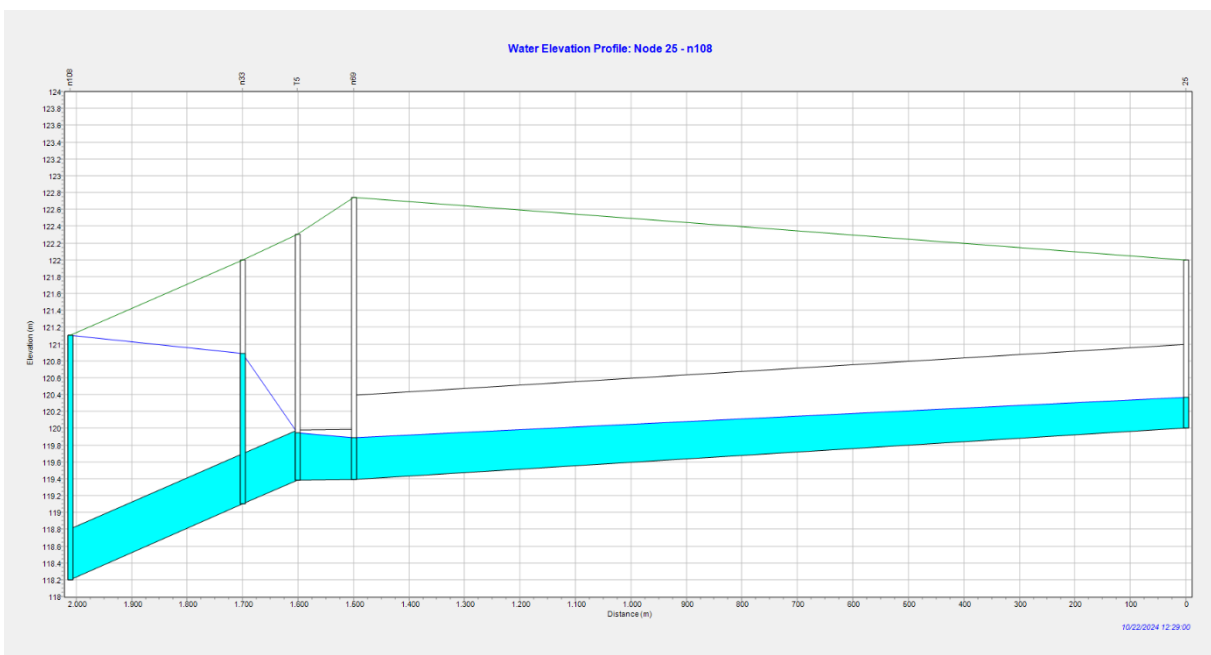


Slika 56. Uzdužni profil kolektora 2 u trenutku maksimalnog hidrauličkog opterećenja (pri intenzitetu oborine 250 l/s/ha)

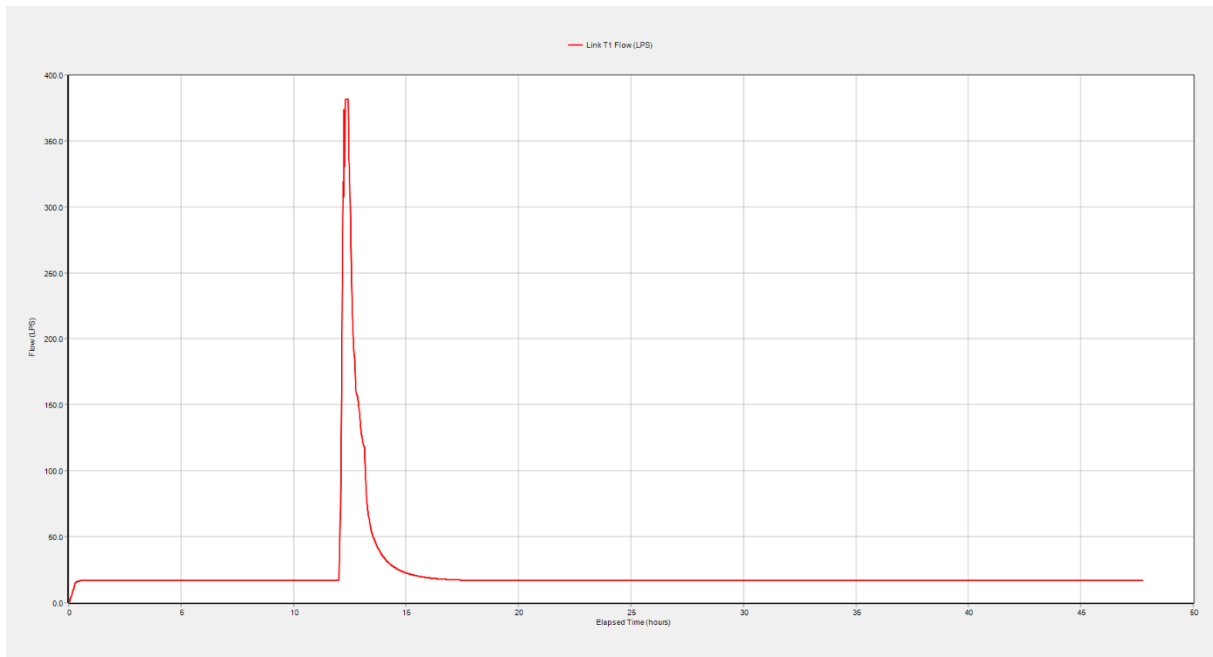




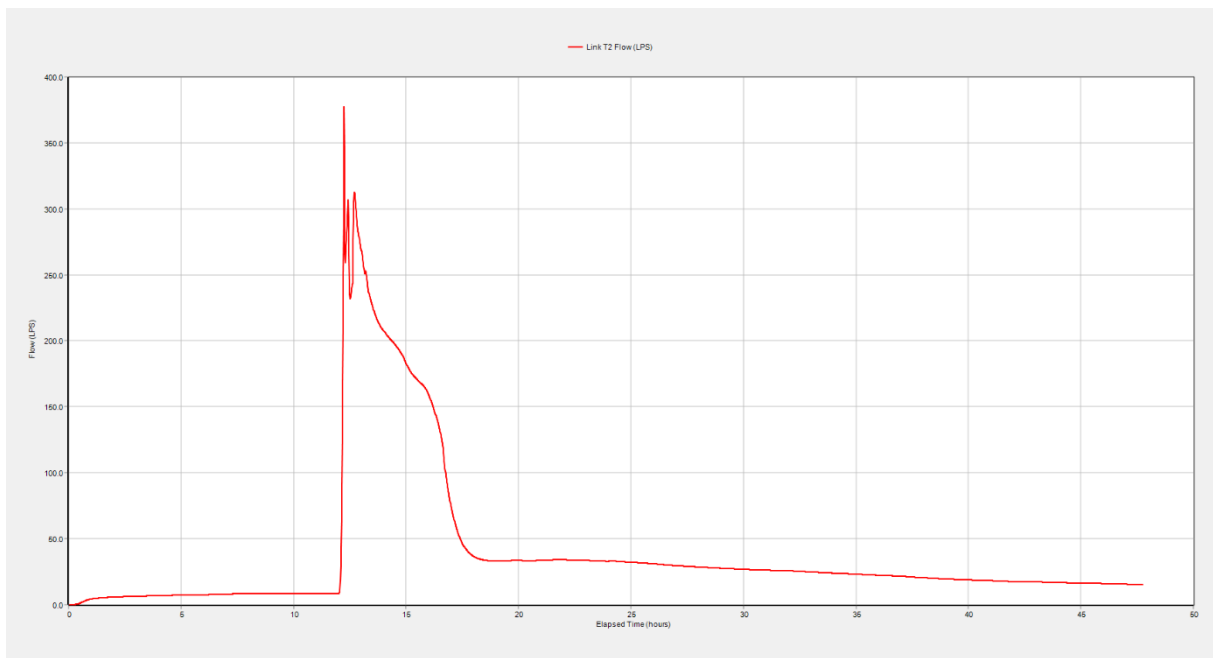
Slika 57. Uzdužni profil kolektora 3 u trenutku maksimalnog hidrauličkog opterećenja (pri intenzitetu oborine 250 l/s/ha)



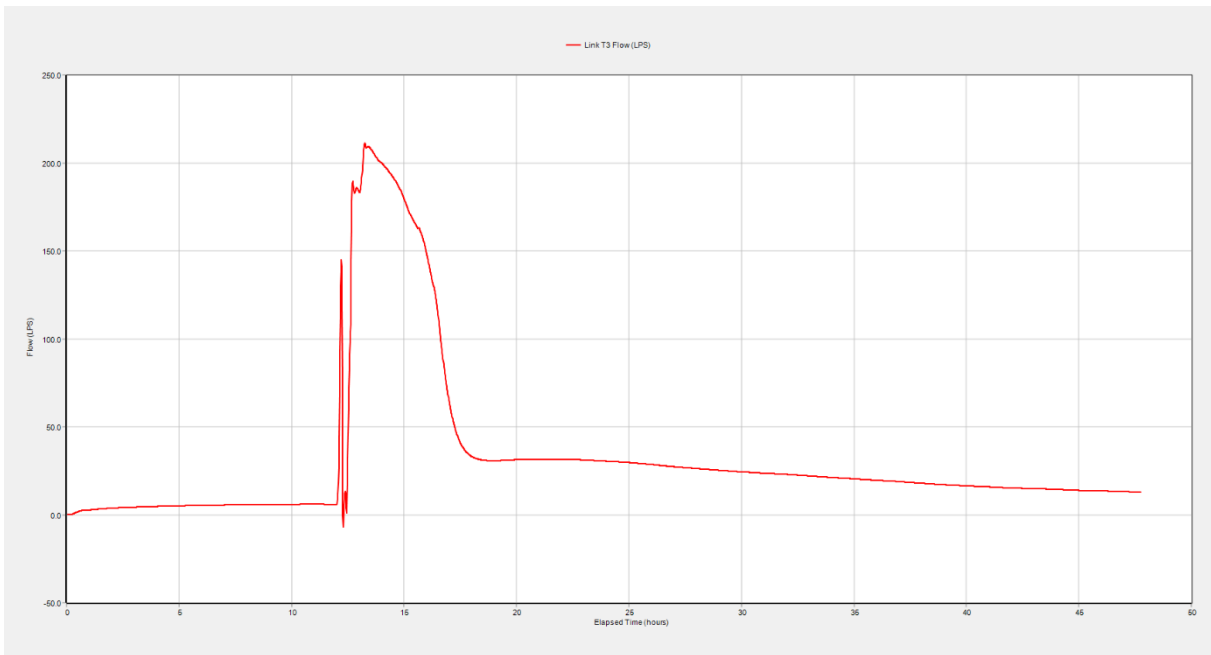
Slika 58. Uzdužni profil kolektora 4 u trenutku maksimalnog hidrauličkog opterećenja (pri intenzitetu oborine 250 l/s/ha)



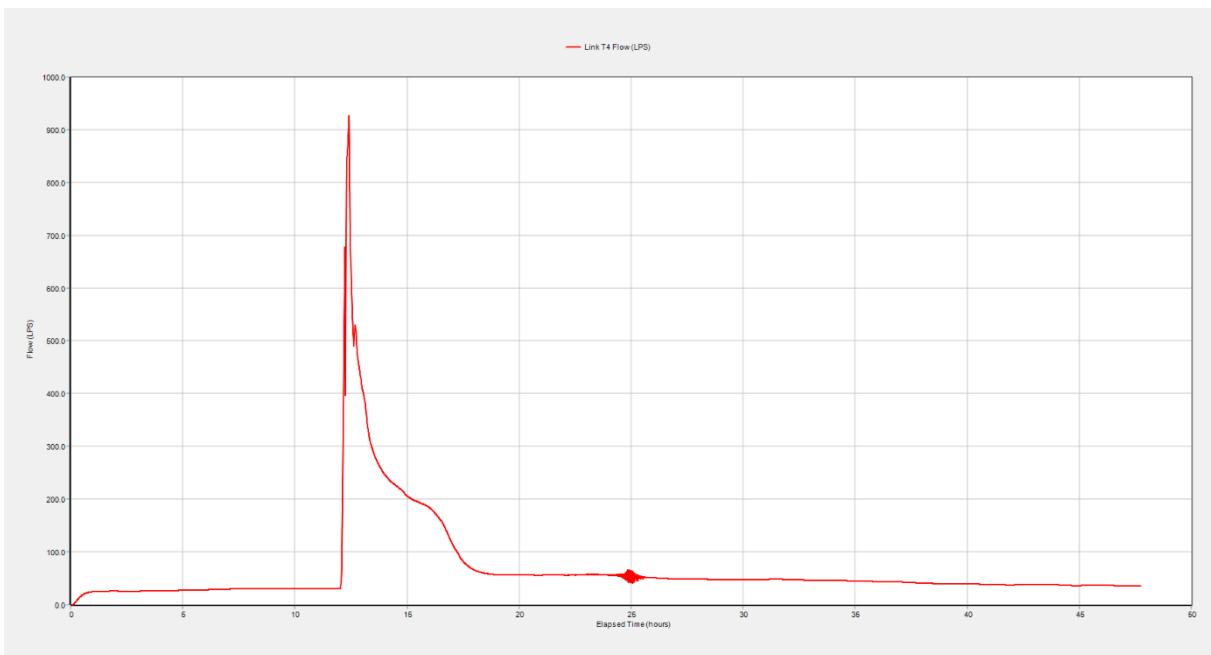
Slika 59. Hidrogram dionice T1 (pri intenzitetu oborine 250 l/s/ha)



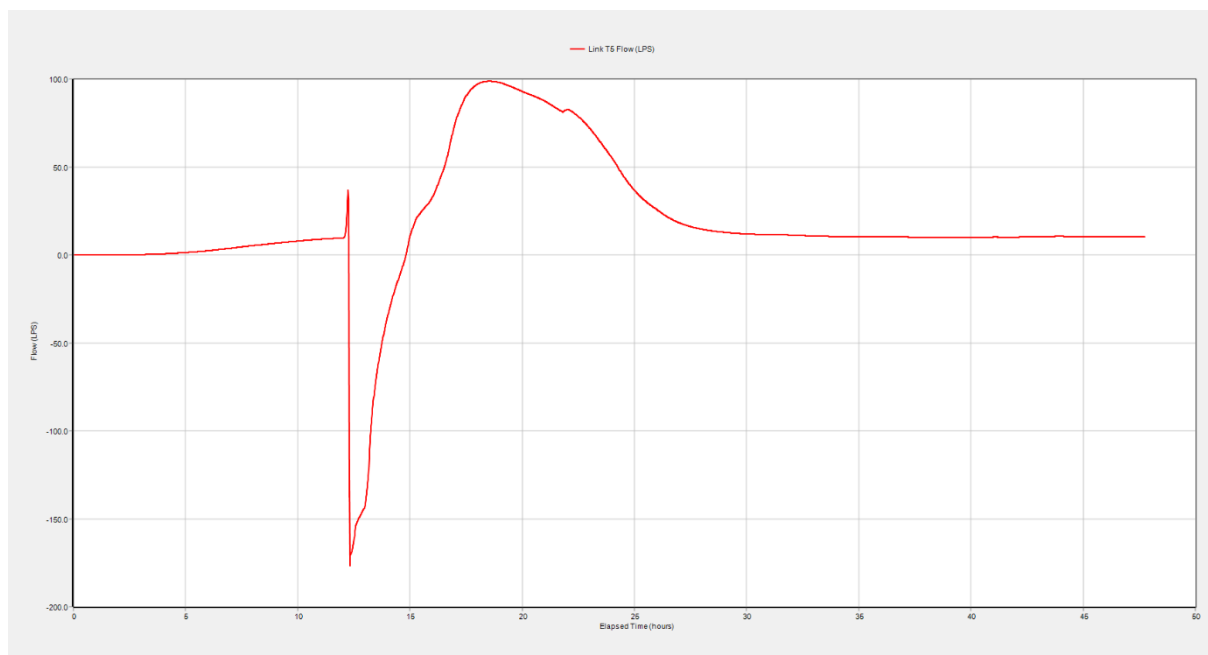
Slika 60. Hidrogram dionice T2 (pri intenzitetu oborine 250 l/s/ha)



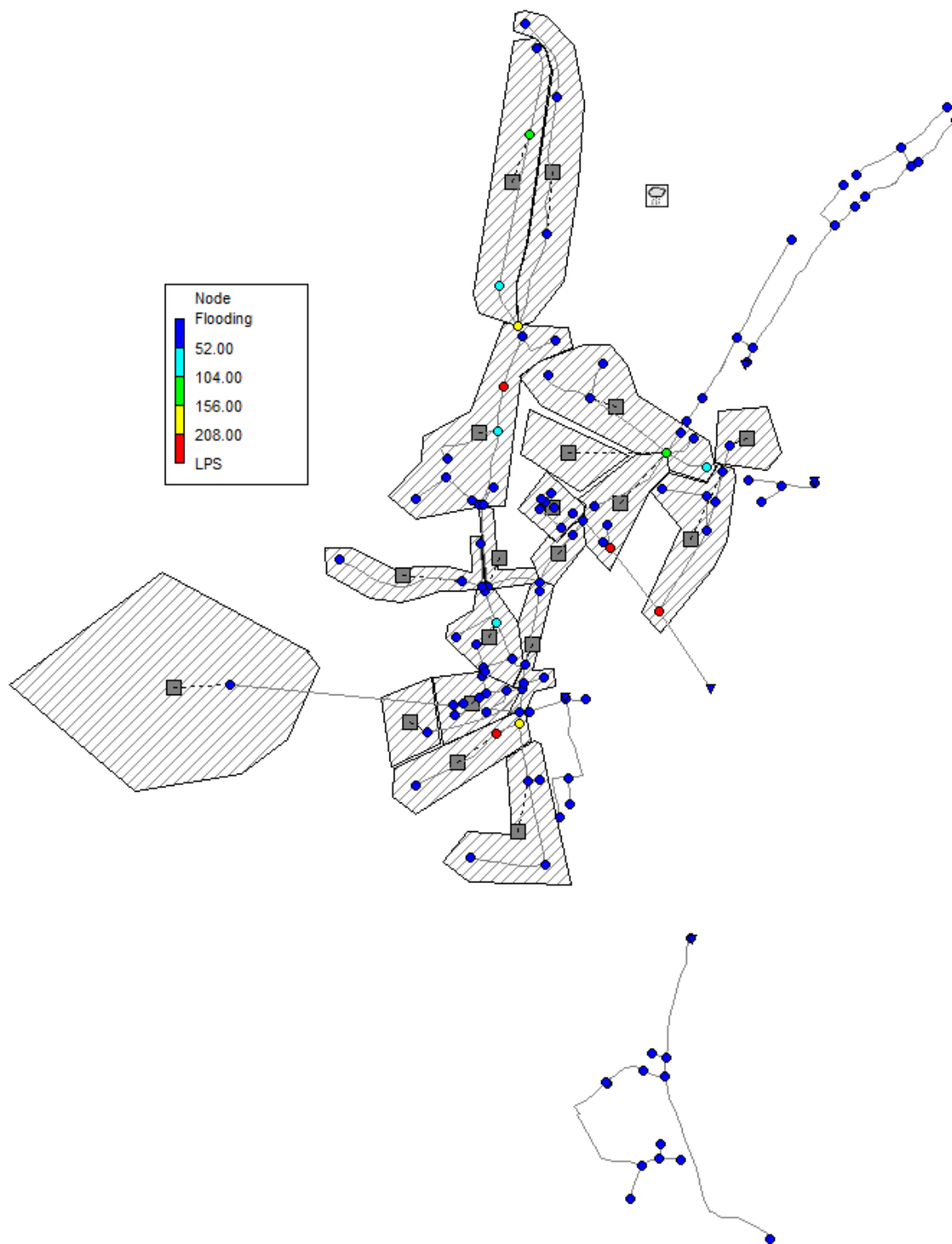
Slika 61. Hidrogram dionice T3 (pri intenzitetu oborine 250 l/s/ha)



Slika 62. Hidrogram dionice T4 (pri intenzitetu oborine 250 l/s/ha)



Slika 63. Hidrogram dionice T5 (pri intenzitetu oborine 250 l/s/ha)



Slika 64. Situacijski prikaz čvorova u kojima dolazi do plavljenja

## 5.4 ZAKLJUČNO O ANALIZI POSTOJEĆEG STANJA S OBORINAMA VEĆEG INTENZITETA

Iz rezultata provedenih analiza matematičkog modela postojećeg stanja sustava javne odvodnje aglomeracije Topusko s oborinama većeg intenziteta, uočavaju se određeni problemi u sustavu, prvenstveno vezani uz pojavu uspora unutar kanalske mreže s izdizanjem tlačne linije i isplivavanja otpadne vode na površinu terena. Na situacijskim prikazima vide se čvorovi mreže u kojima dolazi do isplivavanja, a gledajući redom oborine intenziteta od 150, 200 i 250 l/s/ha može se vidjeti da se isplivavanje javlja u istim čvorovima uz povećanje količine plavljenja.

## 6. MJERE NADOGRADNJE I UNAPRJEĐENJA SUSTAVA ODVODNJE AGLOMERACIJE TOPUSKO

Planirani cjeloviti sustav javne odvodnje aglomeracije Topusko obuhvaća prostor određen prostorno planskom dokumentacijom te postojećim stanjem izgrađenosti. Sustav u postojećem stanju obuhvaća samo područje naselja Topusko, stoga će se u planiranom stanju na sustav povezati dijelovi proširenja naselja Topusko i planirani sustav javne odvodnje naselja Velika Vranovina.

Prvenstveno će se analizirati odabrano unaprjeđenje koje uključuje izvedbu sedam crpnih stanica za povezivanje planiranih dionica na postojeći sustav i kišnog preljeva s pripadnom retencijom čiji je osnovni cilj maksimalno umanjiti rizike od plavljenja terena.

### 6.1 TLAČNI CJEVOVODI

Tlačni cjevovodi definirani su na mjestu spajanja planiranog sustava javne odvodnje na postojeći sustav. Modeliraju se između najniže točke planiranog i najbliže točke postojećeg sustava javne odvodnje. U najnižoj točki definira se crpni bazen na koji se spaja crpka pumpajući vodu kroz tlačni cjevovod DN100 i pogonske hrapavosti 0.25 mm do čvora postojećeg sustava javne odvodnje s gravitacijskim kanalom. Ugrađuje se PEHD cijev profila DN 110. Iz sigurnosnih razloga na modelu kod tlačnih cjevovoda visina do koje se može izdizati tlačna linija bez isplivavanja vode iz čvorova iznosi 1000 metara koja se denifira preko parametra „*Surcharge Depth*”.

### 6.2 CRPNA STANICA

Crpna stanica sustava javne odvodnje aglomeracije Topusko služi kao ulazna crpna stanica na planiranom uređaju za pročišćavanje otpadnih voda (u nastavku UPOV). Crpna stanica za sustav javne odvodnje opremljena je s dvije radne crpke. Kapacitet crpki određen je ulaznim protokom na planirani UPOV koji iznosi 20.58 l/s, te se svakoj crpki ravnomjerno raspodjelio ulazni protok što po svakoj crpki iznosi 10.29 l/s.

Radni volumen crpnog bazena izračunat je pomoću sljedećeg izraza

$$V = 0.9 \cdot \frac{Q_c}{n}$$

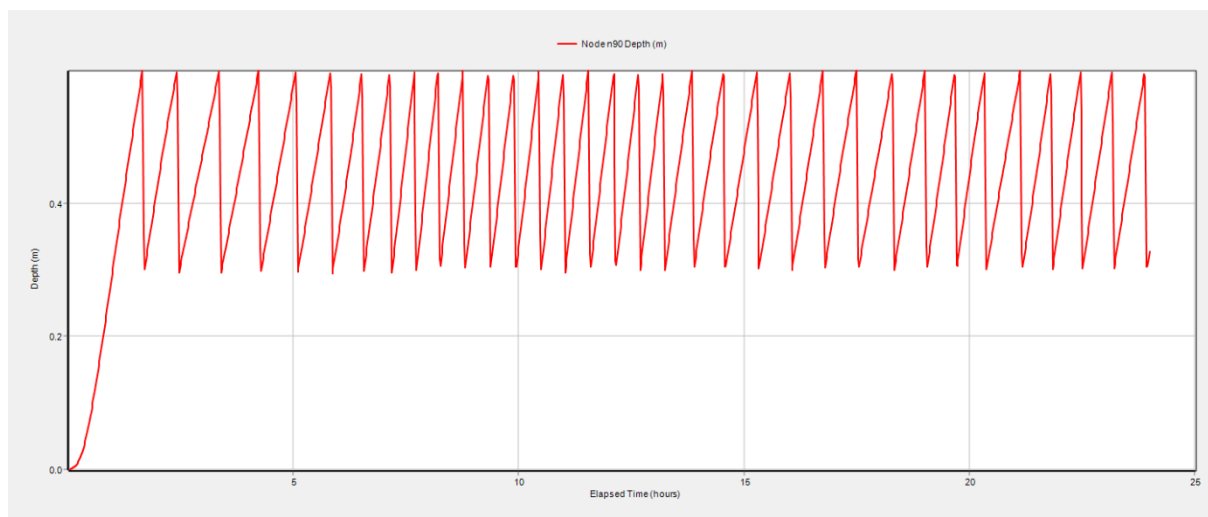
$V$  – minimalni potrebni volumen crpnog bazena [m<sup>3</sup>]

$Q_c$  – instalirani kapacitet crpke [l/s]

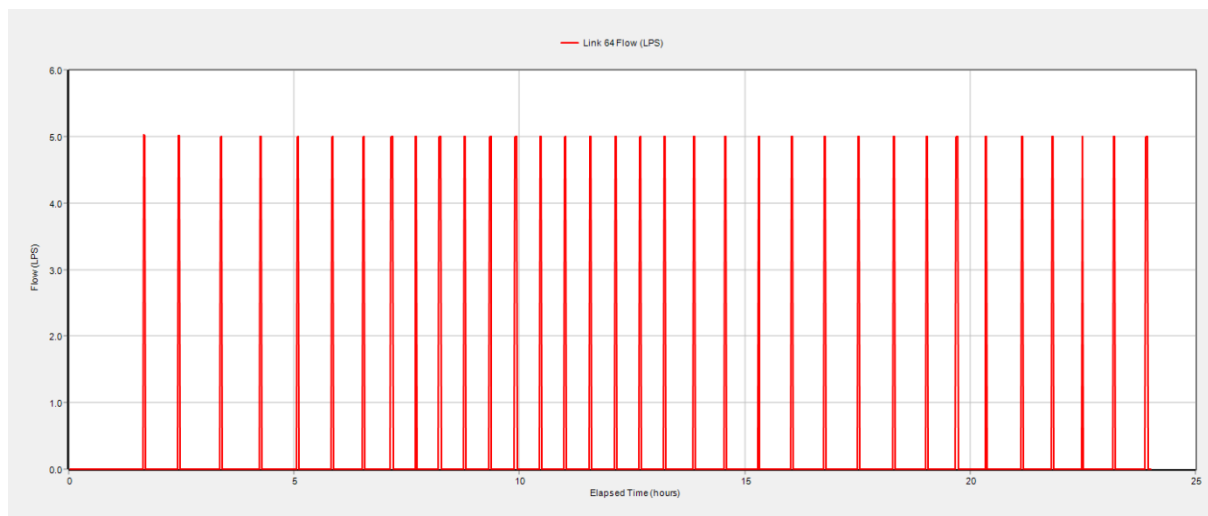
$n$  - broj uključenja crpke u jednom satu [1/h]

Volumen crpnog bazena u EPA/SWMM-u definira se pomoću krivulje crpnog bazena („Storage Curve“). Crpka se definira pomoću ikone „Pump Link“ tako da se crta od crpnog bazena do čvora do kojeg se otpadna voda prepumpava, te za crpke je potrebno definirati Q-H krivulju.

U nastavku će se prikazati dijagrami pražnjenja i punjenja crpnih bazena s pripadnim crpkama na planiranim proširenjima mreže sustava javne odvodnje. Svi crpni bazeni tlocrtnih su površina  $2 \text{ m}^2$ , dok dubine variraju ovisno o ukopanosti bazena. Crpke su definirane s radnim protokom od  $5 \text{ l/s}$  za potrebne manometarske visine dizanja, te je rad crpki definiran u ovisnosti o dubini vode u crpnim bazenima s uključivanjem na dubini od  $0.6 \text{ m}$ , a isključivanjem na  $0.3 \text{ m}$ . Pojedinačne crpke rade s većim brojem uključjenja, što ukazuje i na češće punjenje crpnog bazena. Broj ciklusa uključjenja crpki ne prelazi 10 puta u jednom satu.

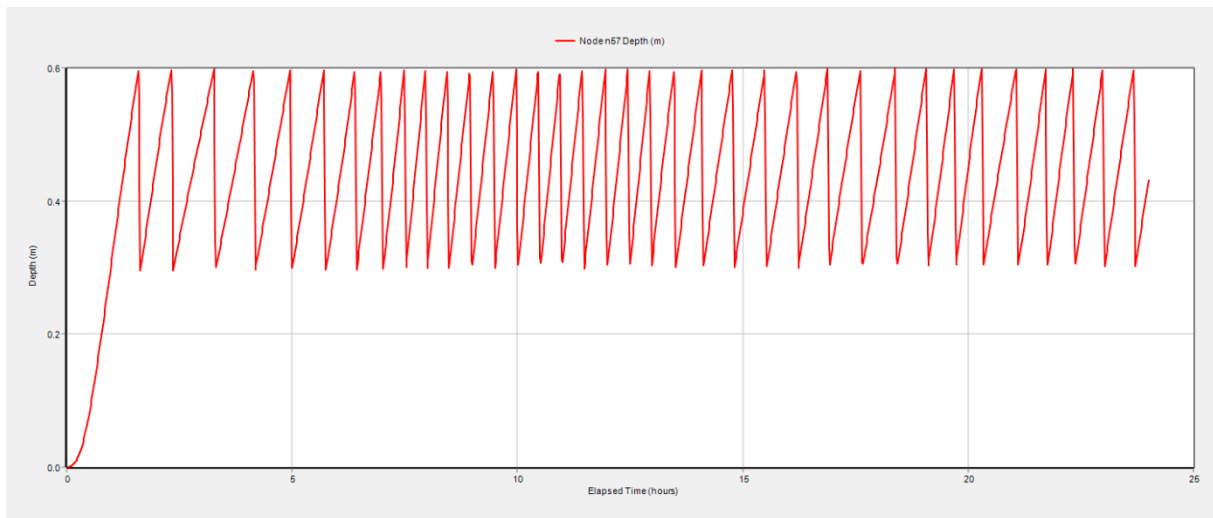


Slika 65. Ciklusi punjenja i pražnjenja crpnog bazena CS1

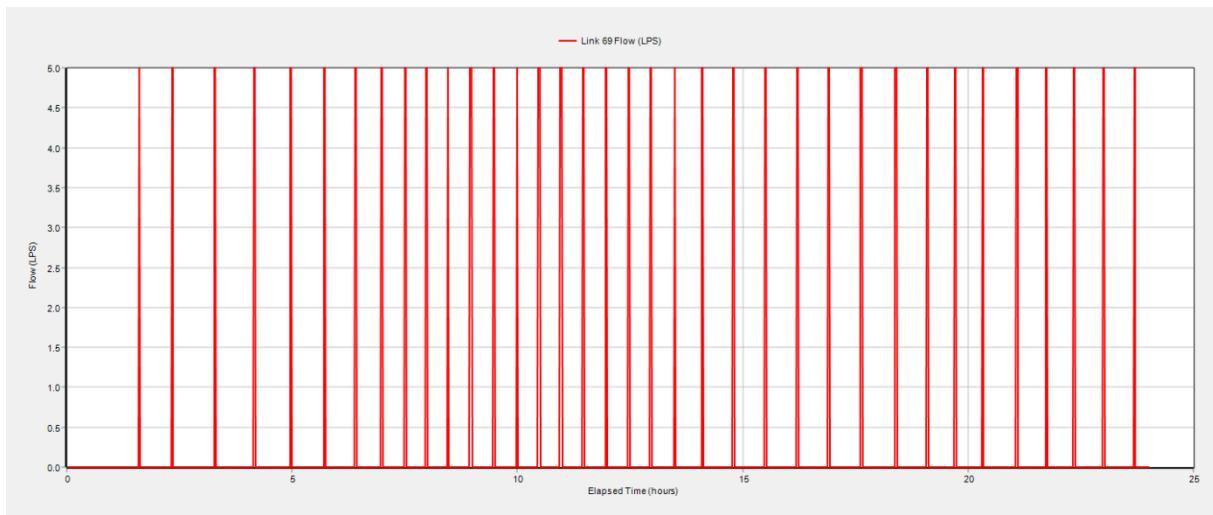


Slika 66. Dijagram rada crpke CS1

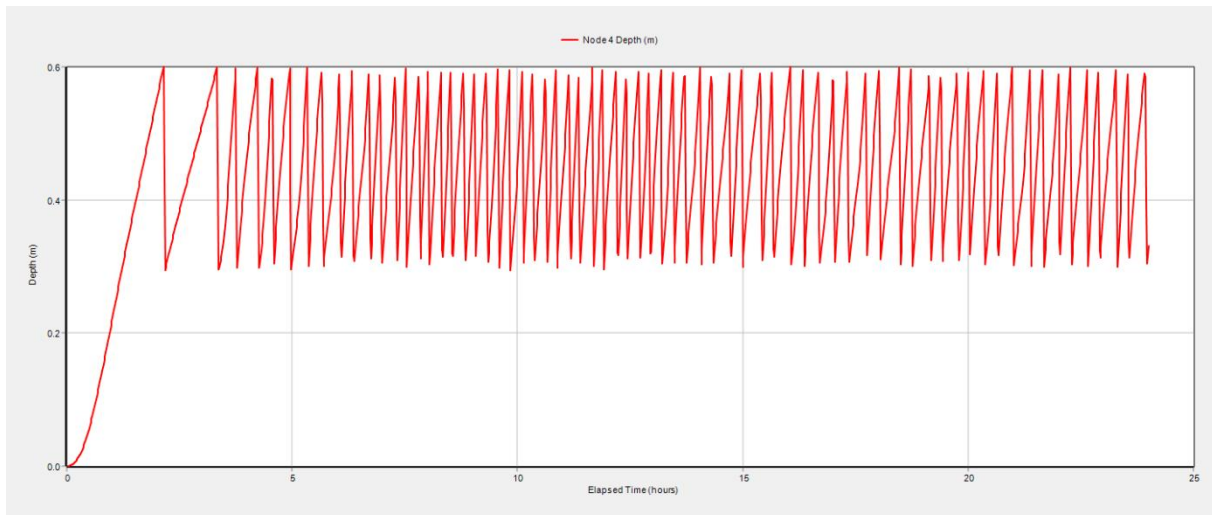




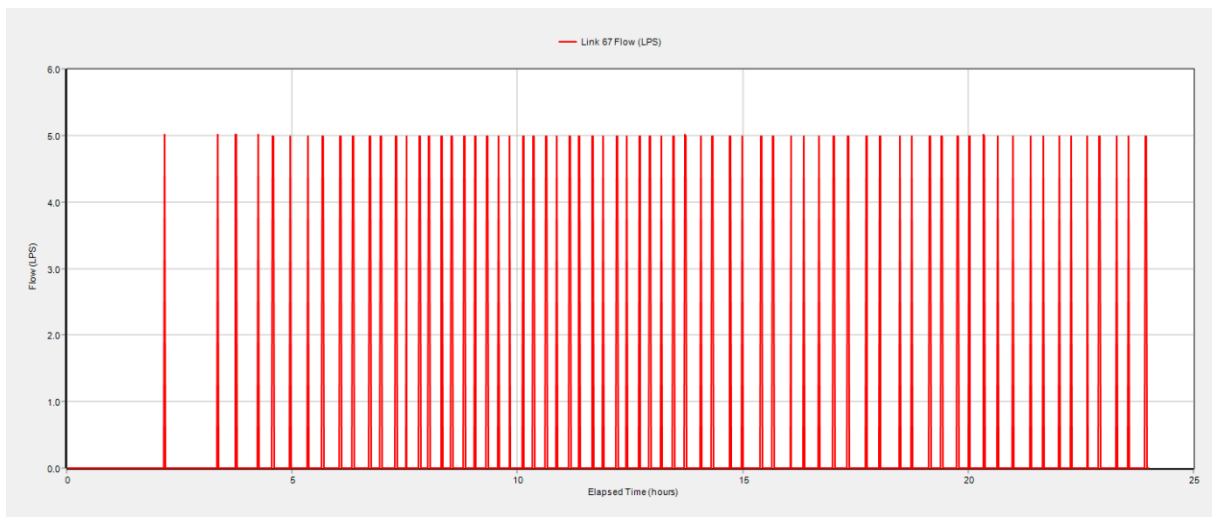
Slika 67. Ciklusi punjenja i pražnjenja crnog bazena CS2



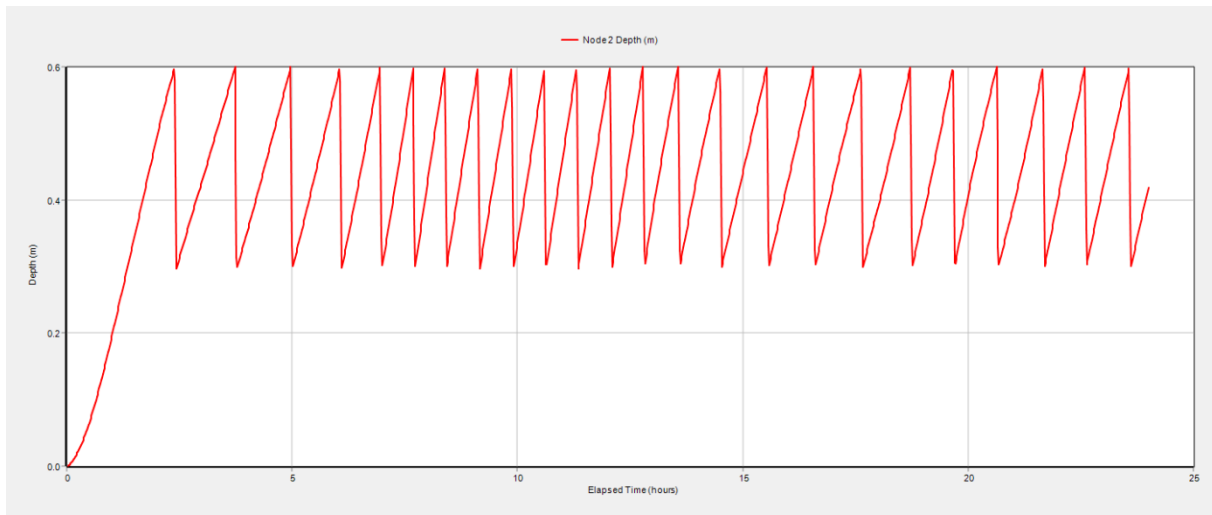
Slika 68. Dijagram rada crpke CS2



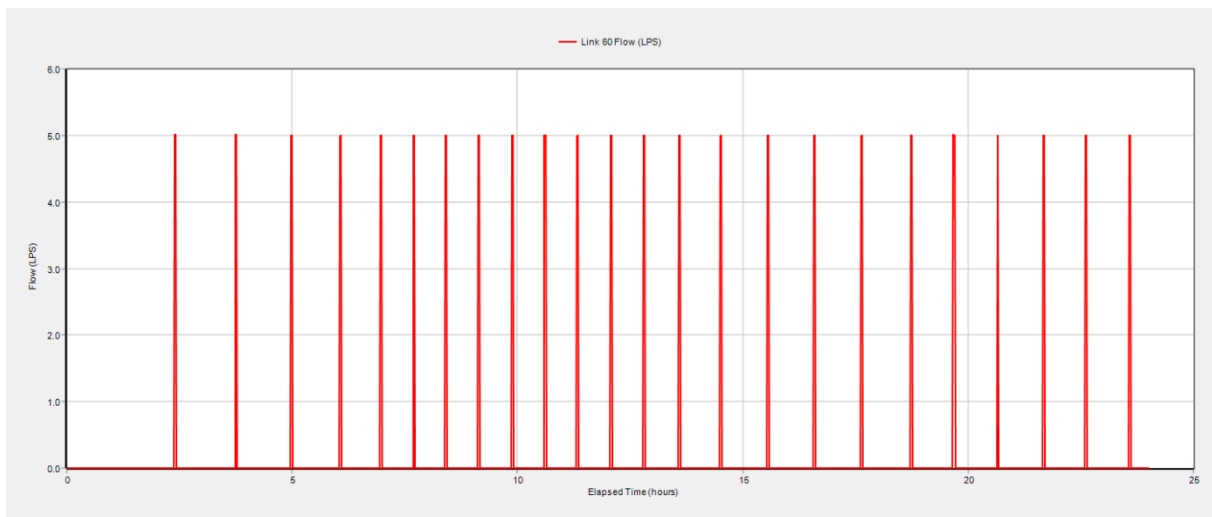
Slika 69. Ciklusi punjenja i pražnjenja crpnog bazena CS3



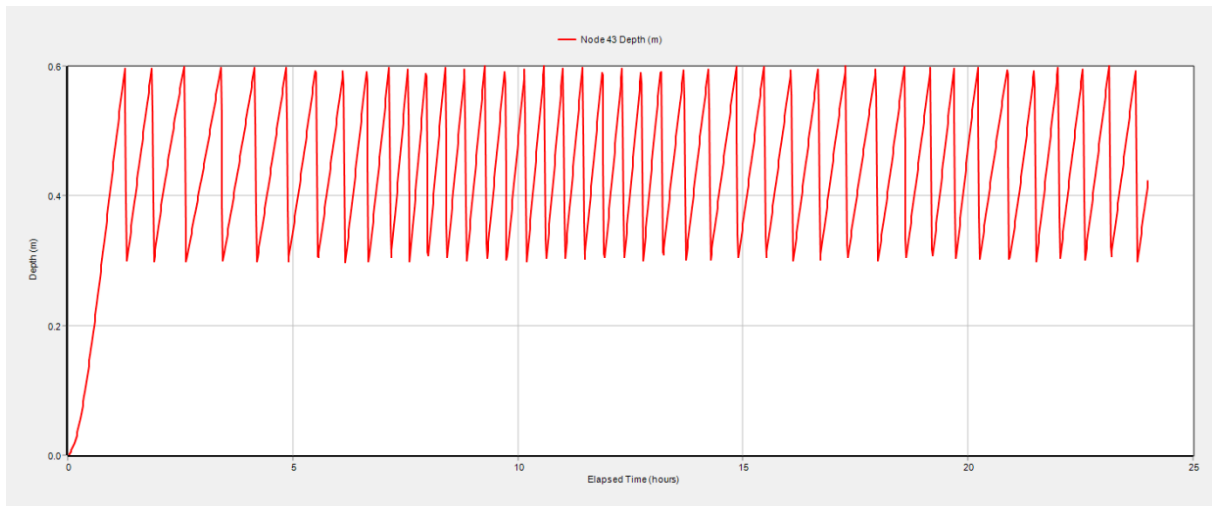
Slika 70. Dijagram rada crpke CS3



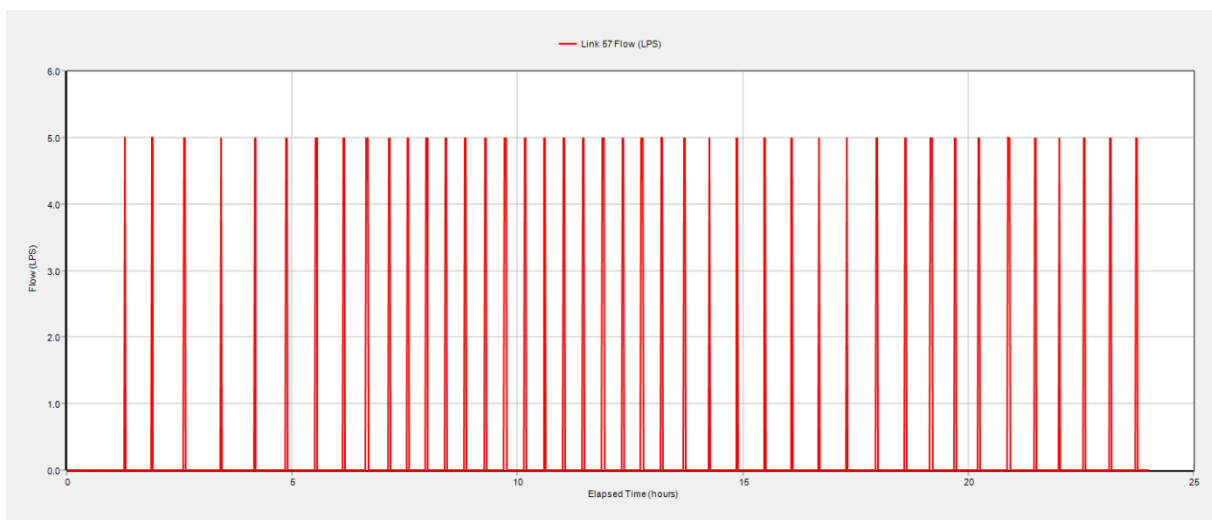
Slika 71. Ciklusi punjenja i pražnjenja crpnog bazena CS4



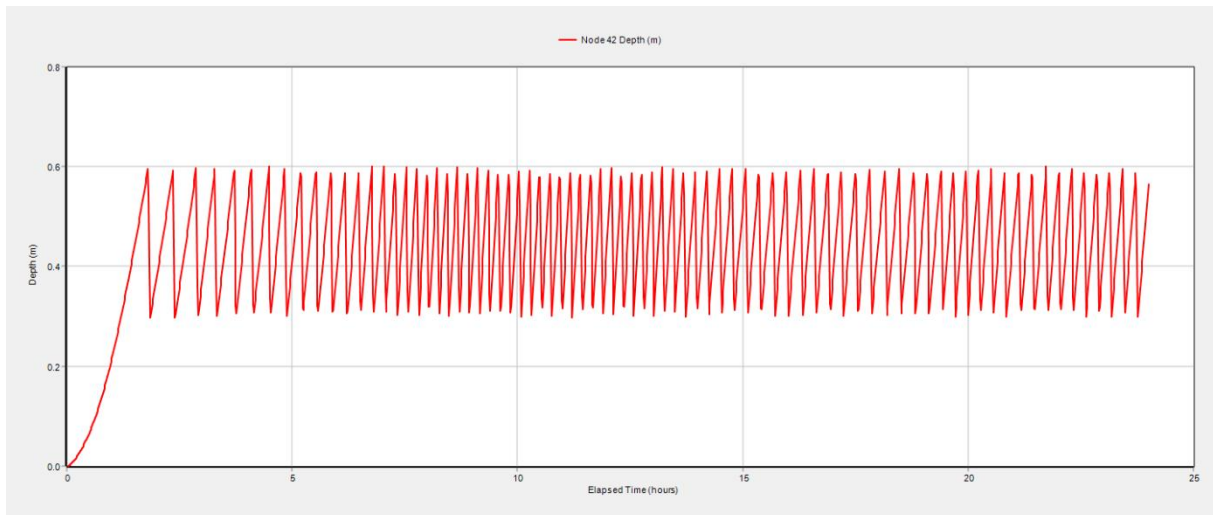
Slika 72. Dijagram rada crpke CS4



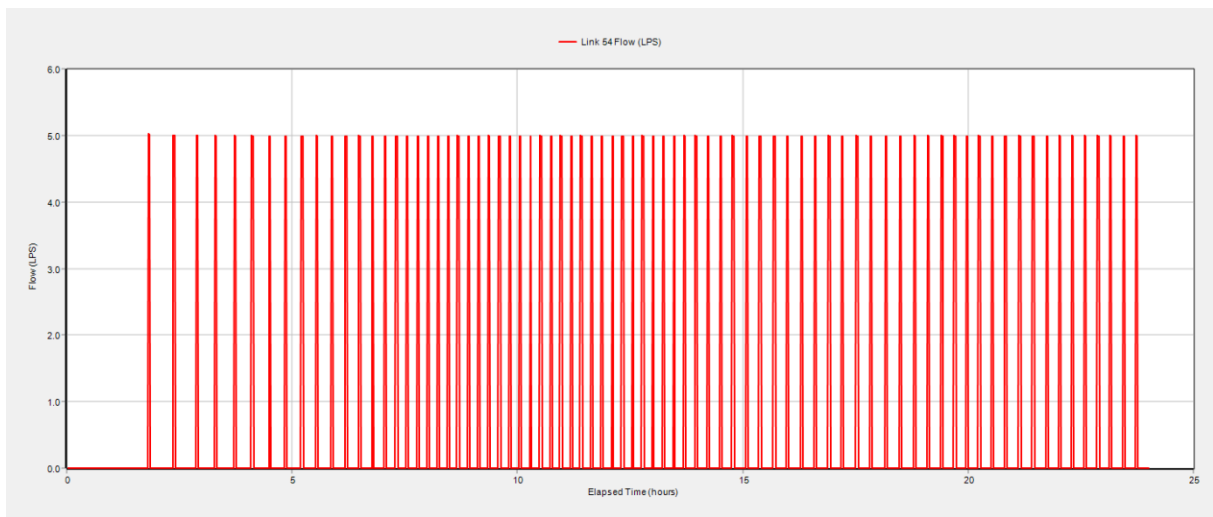
Slika 73. Ciklusi punjenja i pražnjenja crnog bazena CS5



Slika 74. Dijagram rada crpke CS5



Slika 75. Ciklusi punjenja i pražnjenja crnog bazena CS6



Slika 76. Dijagram rada crpke CS6

## 6.3 KIŠNI PRELJEV

Kišni preljevi su hidrotehničke građevine u kojima se dotoci veći od kritičnih odvajaju ili rasterećuju. Za aglomeraciju Topusko kišni preljev pozicioniran je na izlaznoj dionici mreže sustava javne odvodnje neposredno ispred planiranog UPOV-a. Kišno rasterećenje sastoji se od dovodnog kanala koji pri mjerodavnoj oborini dovodi 1500 l/s do rasteretne građevine. Na rasteretnu komoru priključen je izlazni cjevovod (prigušnica) koji stvara uspor i time prigušuje tok nizvodno u smjeru uređaja. Uslijed uspora toka u rasteretnoj komori dolazi do porasta razine otpadne vode do krune preljeva i daljnjim porastom razine otpadne vode aktivira se kišni preljev. Kišni preljev odvodi količinu preljevne vode do retencije gdje se privremeno zadržava otpadna voda (razlika dvostrukog sušnog protoka i kritičnog oborinskog dotoka).

Smjernice za dimenzioniranje prigušne cijevi:

- najmanji promjer cijevi mora biti 200 mm
- najveći promjer cijevi ne smije biti veći od 500 mm sa slobodnim istjecanjem
- najmanja duljina cijevi,  $20 \cdot d_b$
- najveća duljina cijevi, 100 m
- odnos  $I_{PR}/d_b$ , što veći
- najveći pad cijevi, 0.3%

U nastavku je izračunata količina vode koja se propušta kroz prigušnicu.

$c_{sr} = 0.17$  [/] – srednji koeficijent otjecanja

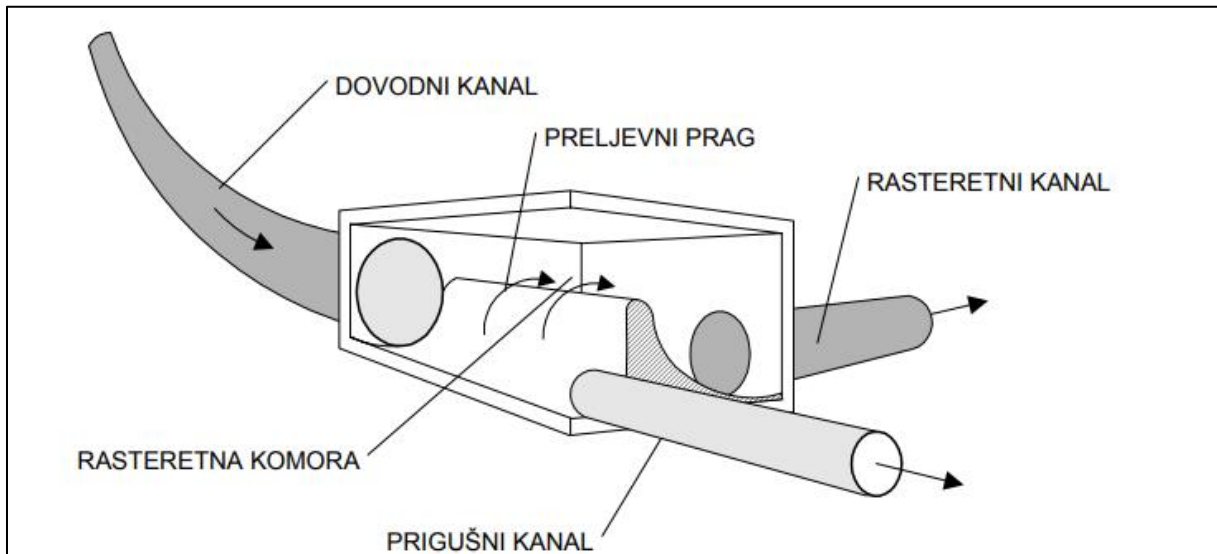
$A_{red} = 16.29$  [ha] – ukupna reducirana površina

$i_{krit} = 12.41$  l/sha – kritični intenzitet

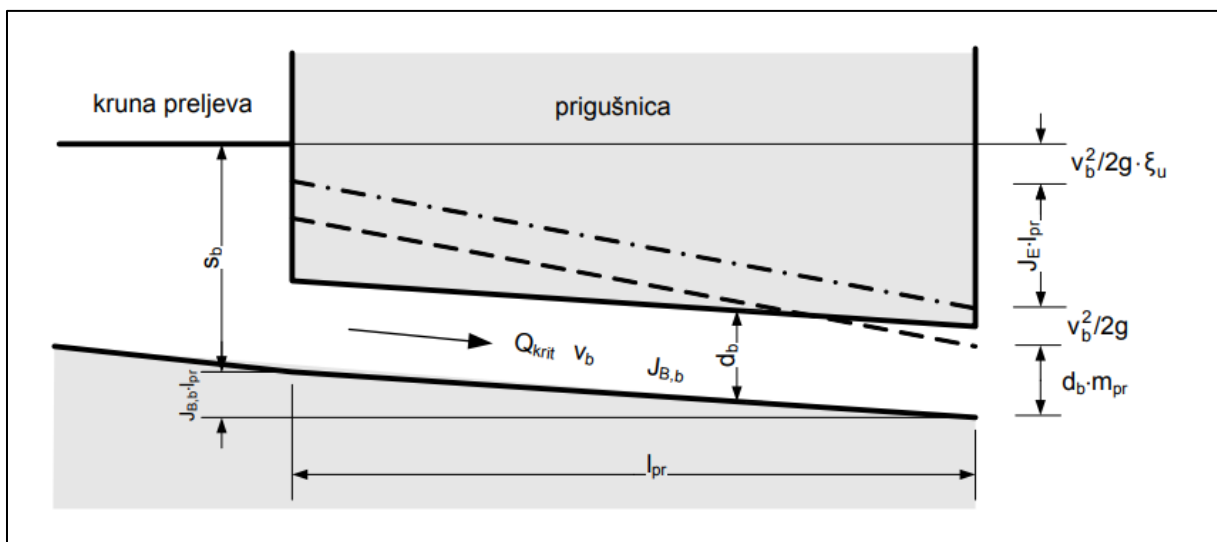
$Q_{krit,ob} = 202.26$  l/s -kritični oborinski dotok

$Q_s = 9.7$  l/s- sušni dotok

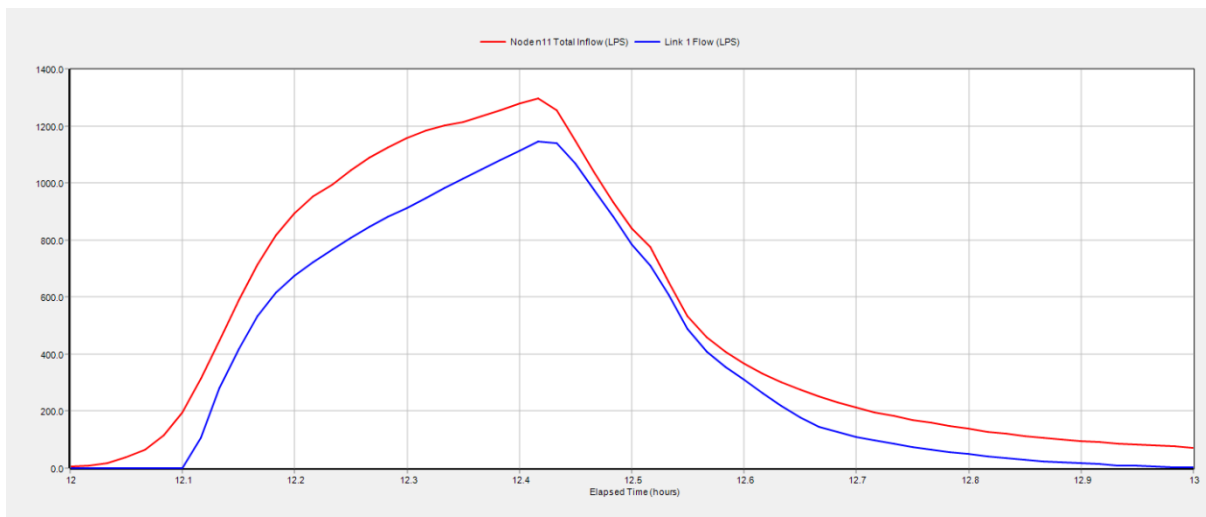
$Q_{krit,ob} + Q_s = 211.96$  l/s – zbroj kritičnog oborinskog i sušnog dotoka



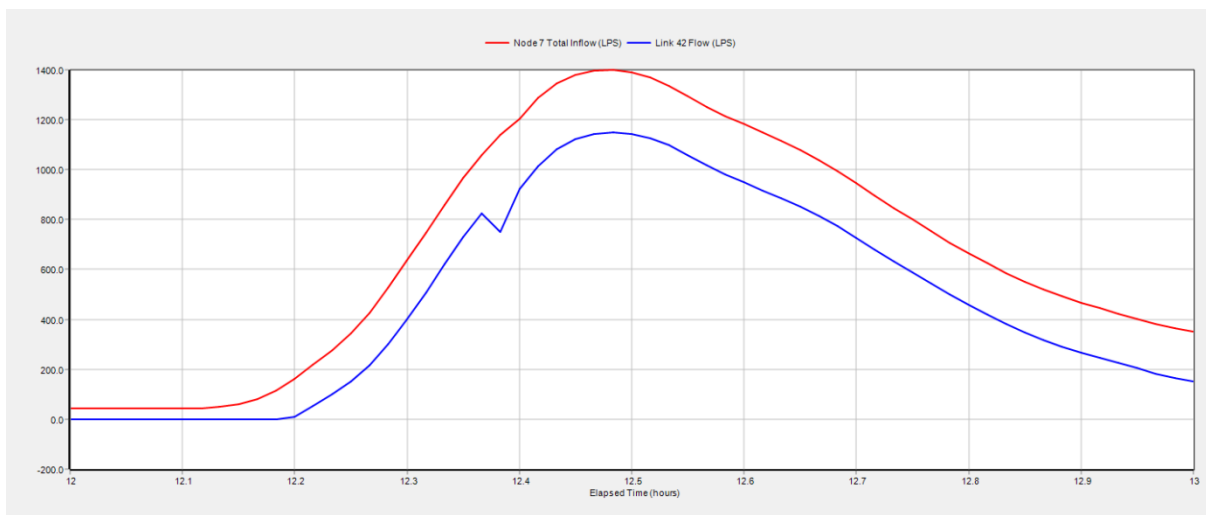
Slika 77. Kišni preljev



Slika 78. Karakteristike prigušne cijevi



Slika 79. Dijagram s prikazom ukupnih dotoka u čvoru preljeva i protokom otpadnih voda na preljevu rasteretnog kanala



Slika 80. Dijagram s prikazom ukupnih dotoka u čvoru preljeva i protokom otpadnih voda na preljevu izlaznog cjevovoda

Slike 79. i 80. prikazuju dijagrame preljeva koji rasterećuju sustav javne odvodnje gdje je rasteretni kanal postavljen na spojnicu kolektora 2 s kolektorom 1 kako bi se smanjila isplivavanja na uzvodnim čvorovima, dok se preljev na izlaznom cjevovodu aktivira uslijed uspora izazvanog prigušnicom.



## 6.4 RETENCIJA

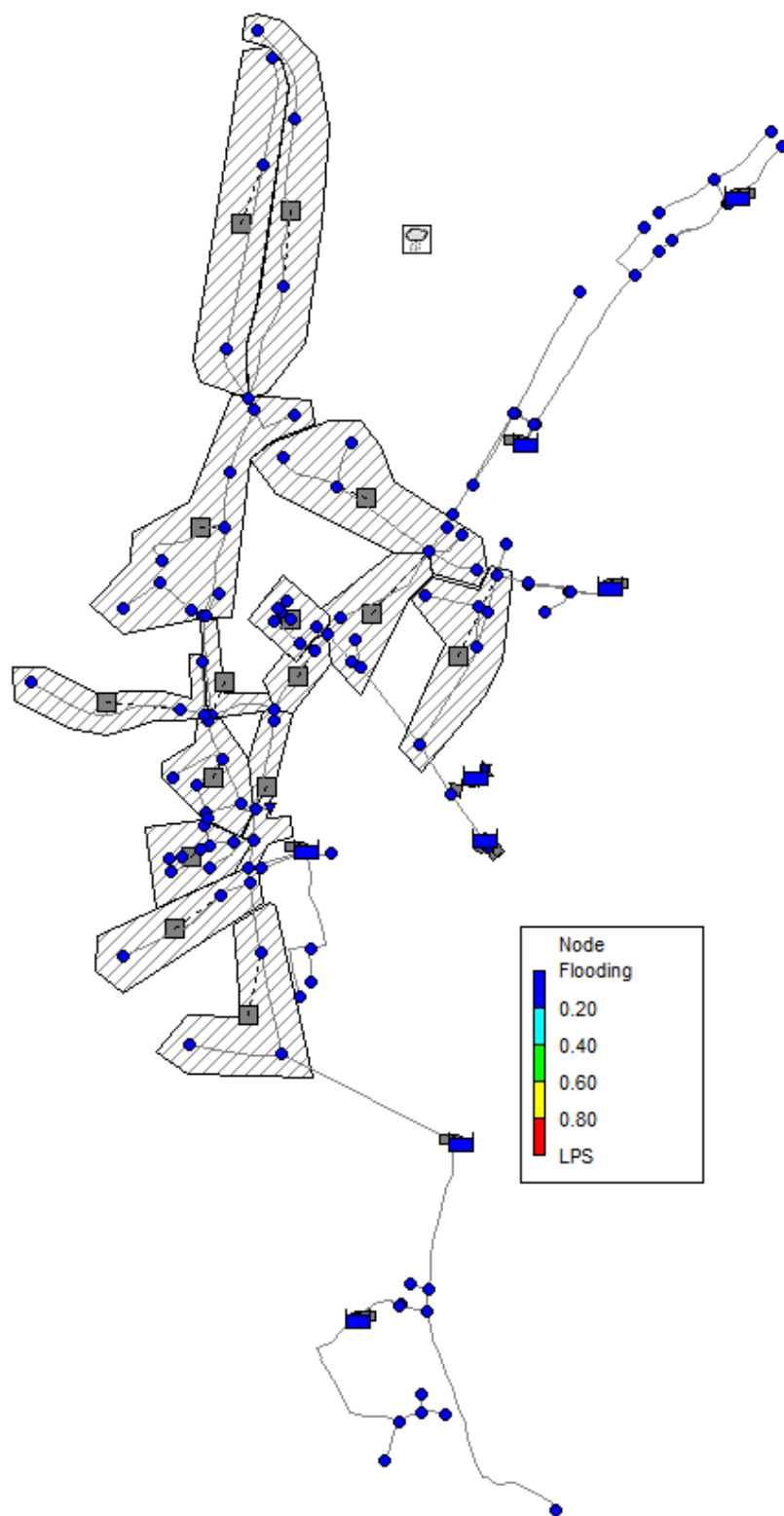
Retencija je hidrotehnička građevina čija je funkcija zadržavanje vode na kraći period u svrhu zadržavanja dijela kritičnog oborinskog dotoka kojeg je potrebno s vremenom provesti kroz UPOV, ali i u svrhu zaštite od plavljenja. Za sustav javne odvodnje aglomeracije Topusko retencijski bazen smješten je na mjestu gdje se nalazi glavni kišni preljev ispred UPOV-a. Dimenzioniranje retencijskog bazena provedeno je prema „*Standards for the Dimensioning and Design of Stormwater Overflows in Combined Wastewater Sewers*”. U nastavku je prikazan proračun dimenzioniranja retencijskog bazena u sklopu planiranog sustava odvodnje Topusko.

Tablica 19. Dimenzioniranje retencije

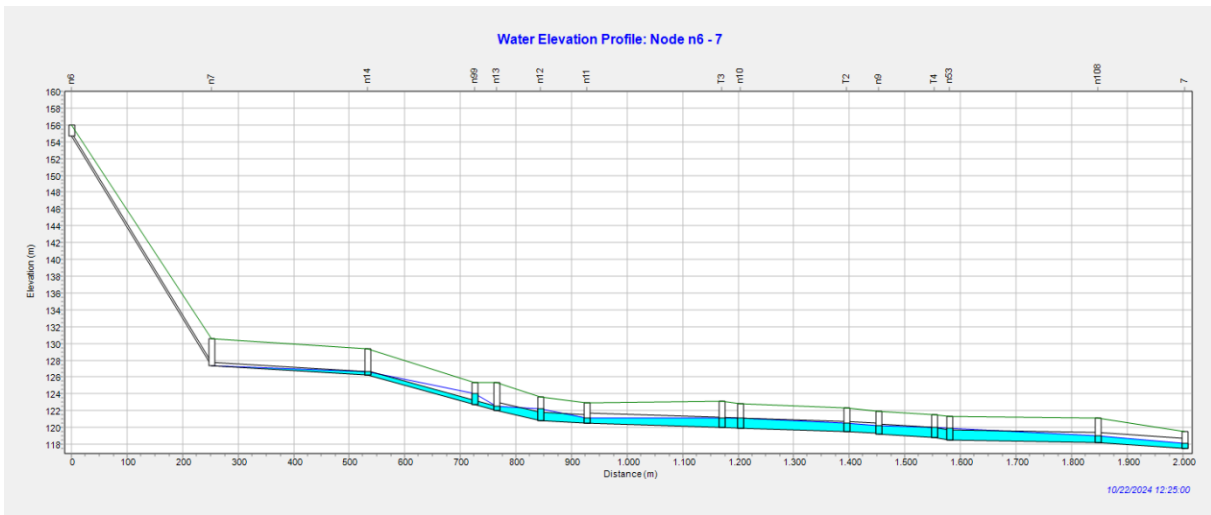
Opis	Oznaka	Vrijednost	Mjerna jedinica
Broj stanovnika	ES		-
Ukupna površina sliva	A	96.58	ha
Reducirana površina sliva	A <sub>is</sub>	16.4186	ha
Srednji koeficijent otjecanja	C <sub>sr</sub>	0.17	
Specifična potrošnja vode po stanovniku na dan	W <sub>s</sub>	90	l/(stan d)
Vrijeme tečenja	t <sub>f</sub>	25	min
Koeficijent satne neravnomjernosti	X		
Specifična vrijednost infiltracije	W <sub>i</sub>		l/(s ha)
Koncentracija KPK u sušnom razdoblju	C <sub>dw</sub>	600	mg/l
Koncentracija KPK u preljevnim količinama	C <sub>r</sub>	107	mg/l
Koncentracija KPK u efluentu s UPOV-a	C <sub>tp</sub>	70	mg/l
Izlazni protok iz retencijskog bazena	Q <sub>cw</sub>	20	l/s
Prosječna godišnja visina oborina	h <sub>Pr</sub>	1122	mm
Kritični intenzitet oborine	r <sub>crit</sub>	12.41	l/s ha
Nagibna grupa slivnog područja	NG	2	l/s ha
Prosječni sušni protok (stanovnici+industrija)	Q <sub>w24</sub>	2.4	l/s
Prosječni dnevni protok od infiltracije	Q <sub>iw24</sub>	2.3	l/s
Prosječni sušni protok + infiltracija	Q <sub>dw24</sub>	4.7	l/s
Maksimalni satni protok bez infiltracije	Q <sub>px</sub>	7.4	l/s
Maksimalni satni protok uključujući infiltraciju	Q <sub>dwx</sub>	9.7	l/s
Protok kroz prigušnu cijev	Q <sub>t</sub>	20.6	l/s
Broj stanovnika na području sa separatnim sustavom	ES	150	-
Oborinski protok u sanitarnoj kanalizaciji separatnog sustava, procjenjuje se kao količina santarne otpadne vode za to područje	Q <sub>rS24</sub>	0.2	l/s
Količina oborinskog protoka u prigušnici od ukupnog koji ide prema uređaju	Q <sub>r24</sub>	15.7	l/s
Kritični oborinski dotok	Q <sub>rcrit</sub>	203.8	l/s

Protok svih neposredno uzvodno postavljenih prigušenih protoka od kišnih preljeva i kišnih bazena	$Q_{uzv}$	0.0	l/s
Kritična protoka mješovitih voda, kao zbroj $Q_{dw24} + Q_{rcrit}$ i eventualno svih neposredno uzvodno postavljenih prigušenih protoka od kišnih preljeva i kišnih bazena	$Q_{crit}$	208.5	l/s
Srednja oborinska protoka za vrijeme rasterećivanja	$Q_{ro}$	89.6	l/s
Srednja oborinska protoka za vrijeme rasterećivanja		89.6	l/s
Specifični suhi protok	$q_{dw24}$	0.286	l/(s ha)
Specifični oborinski protok	$q_r$	0.958	l/(s ha)
Smanjenje vremena dotoka oborinske protoke	$a_f$	0.900	-
Smanjenje vremena dotoka oborinske protoke	$a_f$	0.900	-
Srednja količina preljevanja za vrijeme rasterećenja	$Q_{ro}$	89.6	l/s
Srednji omjer mješanja u preljevnoj vodi	$m$	19.1	-
	$m_{konacno}$	19.1	-
Utjecaj velikih zagađivača	$a_p$	1.0	-
Utjecaj visine godišnje oborine	$a_h$	0.250	-
Taloženje u cjevovodima	$x_a$	11.6	-
Utjecaj taloženja u cjevovodima	$a_a$	0.54	-
	$d_l$	0.003	-
	$T$	0.73	-
Računska koncentracija KPK u sušnom protoku	$C_d$	1074.9	mg/l
Teoretska koncentracija KPK kod rasterećenja	$C_{cc}$	155.0	mg/l
Dozvoljena rata godišnjeg rasterećivanja	$e_0$	43.51	%
Specifični retencijski volumen	$V_s$	19.75	$m^3$
	$H_1$	2666.1	
	$H_2$	34.1	
Volumen retencijskog bazena	$V$	324	$m^3$
Koeficijent preljevanja	$q_r$	0.90	l/(s ha)
Minimalni specifični retencijski volumen	$V_{s,min}$	7.04	$m^3$
Minimalni retencijski volumen	$V_{min}$	116	$m^3$
Usvojeni volumen retencijskog bazena	$V$	330	$m^3$

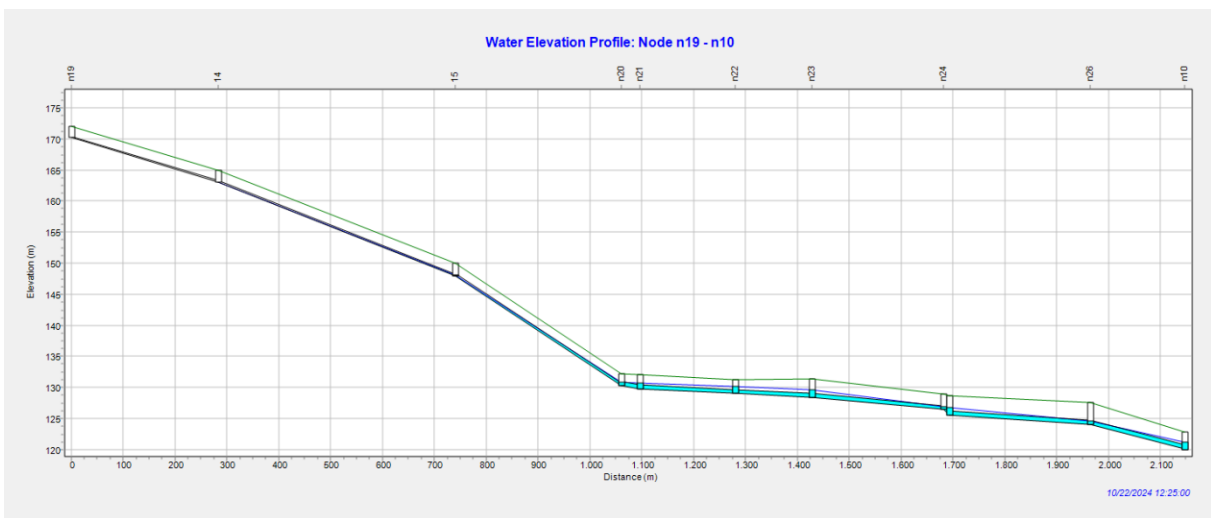
## 6.5 REZULTATI HIDRAULIČKOG PRORAČUNA NA MODELU PLANIRNOG STANJA



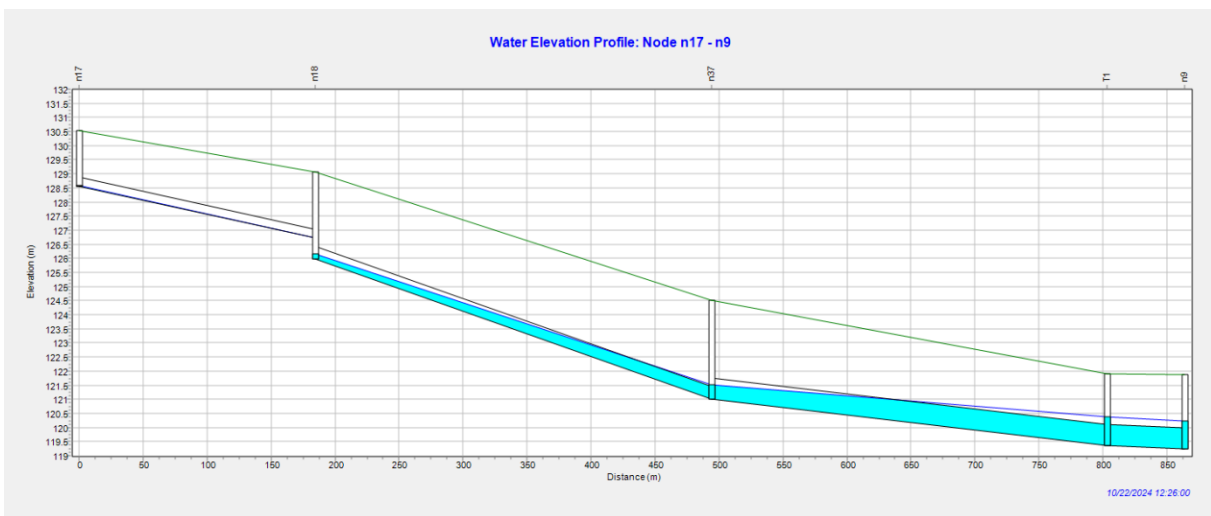
Slika 81. Situacijski prikaz plavljenja u čvorovima nakon unaprjeđenja sustava



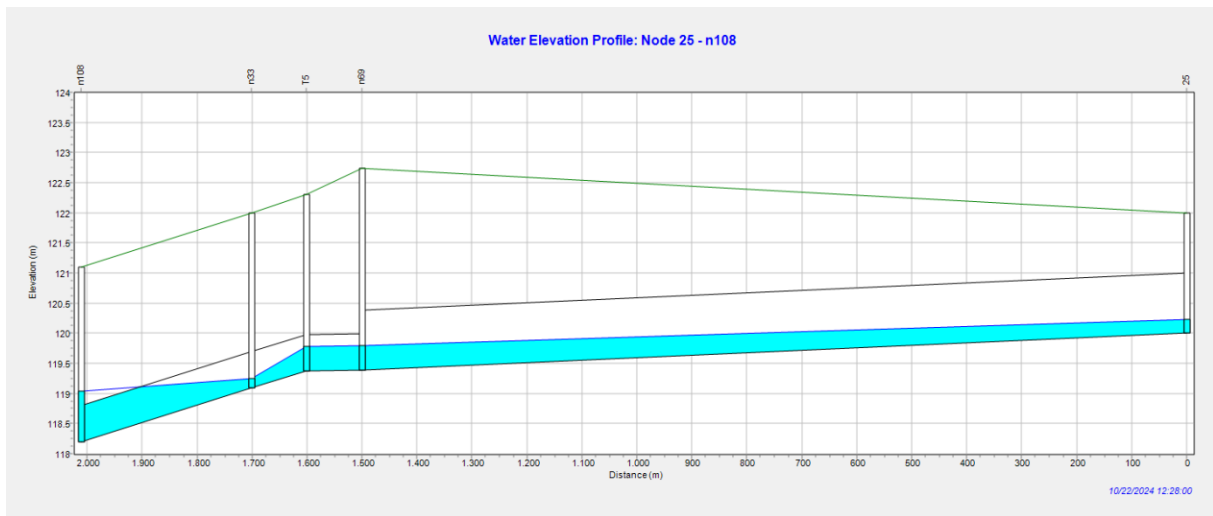
Slika 82. Uzdužni profil kolektora 1 u trenutku najvećeg opterećenja nakon unaprjeđenja sustava. Ne dolazi do plavljenja.



Slika 83. Uzdužni profil kolektora 2 u trenutku najvećeg opterećenja nakon unaprjeđenja sustava. Ne dolazi do plavljenja.



Slika 84. Uzdužni profil kolektora 3 u trenutku najvećeg opterećenja nakon unaprjeđenja sustava. Ne dolazi do plavljenja.



Slika 85. Uzdužni profil kolektora 4 u trenutku najvećeg opterećenja nakon unaprjeđenja sustava. Ne dolazi do plavljenja.

## 7. TEHNIČKI OPIS PROJEKTIRANIH GRAĐEVINA

### 7.1 KOLEKTORI

Radi pravilnog i lakog održavanja kanalizacije, na odgovarajućim razmacima ugradit će se vodonepropusna revizijska okna. Na dnu svakog okna treba pažljivo izraditi kinetu. Prilikom gradnje kolektorske mreže, posebnu pažnju treba posvetiti vodonepropusnosti kanalizacije (cijevi i okna), odnosno sprječavanju infiltracije oborinske i podzemne vode u kanalizacijski sustav tijekom budućeg korištenja sustava.

Planirana mreža gravitacijskih cjevovoda je predviđena u izvedbi od vodonepropusnih cijevnih materijala. Predviđeno je polaganje cijevi na pješčanu posteljicu, ugrađenu prema pravilima struke. Za potrebe povezivanja crpne stanice, kišnih preljeva i retencijskog bazena s komandnim centrom, paralelno s trasom kanalizacije postaviti će se dvije polietilenske cijevi PEHD Ø 50 mm za ugradnju signalnog kabela, te potreban broj tipskih zdenaca.

#### 7.1.1 Križanje kolektora s vodotokom

Radove prilikom križanja ili paralelnog vođenja s vodotocima izvoditi uz stručni nadzor od strane Hrvatskih voda, u skladu s vodopravnim uvjetima. Na mjestu križanja gravitacijskog kolektora s reguliranim vodotokom, kolektor će se ugraditi na dovoljnoj dubini kako bi se cijev osigurala od potencijalnih mehaničkih oštećenja. Minimalna dubina nadsloja iznad kolektora iznosi 1,0 m (gledajući od tjemena zaštitne cijevi do najniže točke dna vodotoka).

Cjevovod ispod vodotoka ili kanala treba na propisanoj dubini položiti horizontalno u dužini jednakoj širini dna vodotoka i projekciji najmanje polovine dužine pokosa vodotoka, s obje strane srednjeg profila. Kolektor će se postaviti u zaštitnu cijev. Kako bi se osigurala cijev kolektora i spriječila pojava erozije, na tim predmetnim dijelovima vodotoka predviđeno je uređenje dna i bočnih stranica. Predviđeno je izvođenje kamene obloge u betonskoj podlozi ukupne debljine 30 cm na dionici od 3 m duljine vodotoka (1,5 m od osi kolektora na svaku stranu).

#### 7.1.2 Križanja i paralelno vođenje kolektora s EK infrastrukturom

Prije početka radova potrebno je označiti točan položaj EK infrastrukture (EK kanalizacija, EK kabeli u zemlji, i SVK kabel). U tu svrhu, prije iskopa rova za planirani kolektor, predviđena je izvedba probnih šliceva, odnosno ručnih poprečnih iskopa. Sve radove koji se izvode na udaljenosti manjoj od 1,0 m od EK infrastrukture obavezno izvoditi ručno. U slučajevima kolizije planiranog zahvata i postojeće EK infrastrukture, poduzeti zahvate na prelaganju.

Tehnička rješenja pojedinih zahvata izvoditi u skladu s uvjetima vlasnika infrastrukture, u dogovoru s nadzornim inženjerom. Radove izvoditi sukladno

Pravilniku o načinu i uvjetima određivanja zone elektroničke komunikacijske infrastrukture i druge povezane opreme, zaštitne zone i radijskog koridora te obveze investitora radova ili građevine (NN br. 75/13). Zaštitu postojeće EK infrastrukture u zoni zahvata izvesti sukladno odredbama iz I. 26. Zakona o elektroničkim komunikacijama (NN br. 73/08, 90/11, 133/12 i 80/13).

### 7.1.3 Gradnja

Prije početka radova potrebno je izvršiti geodetsko osiguranje točaka iskolčenja s povezivanjem na državnu izmjeru. Izgradnju kanalizacije treba izvoditi prema uvjetima i suglasnostima nadležnih ustanova ili vlasnika. Sve radove na izvođenju kanalizacije izvođač mora koordinirati s predstavnicima komunalnog poduzeća. Prilikom gradnje kanalizacijske mreže posebnu pažnju treba posvetiti vodonepropusnosti kanalizacije (cijevi i okna), odnosno sprječavanju infiltracije oborinske i podzemne vode u kanalizacijski sustav tijekom budućeg korištenja sustava. Sukladno zahtjevu komisionara, za cijevni materijal gravitacijskih kolektora predviđene su dvije alternative, odnosno predviđena je ugradnja poliesterskih cijevi ili glatkih polietilenskih kanalizacijskih cijevi.

Poliesterske ili glatke polietilenske cijevi odabrane su radi sljedećih karakteristika:

- mala težina i jednostavno spajanje cijevi omogućuju veliku brzinu polaganja
- velika otpornost na habanje
- neznatno stvaranje nakupina mulja
- vrlo glatka unutrašnja površina cijevi ( hrapavost 0,01 mm )
- neosjetljivost na niske i visoke temperature
- neznatni koeficijent rastezanja
- velika statička nosivost
- kompatibilnost s oknima
- dugi vijek trajanja
- otpornost na koroziju

Pad dna kanala kontrolirati geodetskim instrumentom. Konfiguracija terena uvjetuje na pojedinim dionicama male padove nivelete kolektora. Minimalni pad gravitacijskog kolektora iznosi 2,7%. Dubine iskopa rova variraju zbog konfiguracije terena, kako je prikazano u uzdužnim profilima.

Predviđene širine rova gravitacijskih kolektora i tlačnih vodova prikazane su u karakterističnom presjeku rova.

Nakon završetka montažnih radova i zatrpavanja rova, izvođač radova trebat će veliku pozornost posvetiti dovođenju zelenih površina u prvobitno stanje.

Prilikom izvođenja radova potrebno je obratiti maksimalnu pažnju na postojeće podzemne instalacije vodovoda, električne NN mreže i VN kabela, TK kabela i sl.

Cijevi gravitacijskog kolektora i tlačnog voda položiti će se na pješanu posteljicu debljine 10 cm, krupnoće zrna do 8 mm, sve radi dodatne stabilnosti da ne dođe do

eventualnog slijeganja cijevi, te radi preciznosti u izvedbi padova nivelete. Temeljno dno kolektora po potrebi će se stabilizirati zamjenskim kamenim materijalom frakcije 4-32 mm, uz upotrebu geotekstila. Položene cijevi postavljene na posteljicu zatrpavaju se pijeskom krupnoće zrna do 8 mm, debljine 30 cm iznad tjemena cijevi.

Radi pravilnog i lakog održavanja sustava, na svim mjestima priključenja cjevovoda (glavnih i sekundarnih), promjenama trase (vertikalni nagib nivelete; horizontalnih pravac), te u slučaju da nema nikakvih priključenja cjevovoda i promjena pravca trase, na prosječnom razmaku od 35 do 40 m, ugradit će se vodonepropusna revizijska okna.

## 7.2 CRPNE STANICE, RETENCIJSKI BAZEN I KIŠNI PRELJEVI

Crpna stanica, retencijski bazen i kišni preljevi, predviđeni su kao armirano betonski, potpuno ukopani objekti, van prometnih površina.

Prema idejnom rješenju aglomeracije Topusko, retencijski bazen predviđen je kao protočni bazen s rasterećenjem. Uz retencijski bazen izvest će se kišni preljev prije retencijskog bazena, s rasterećenjem svih dotoka većih od kritičnog. Kod kišnih preljeva koji se izvode kao zasebni objekti rasterećenje će se vršiti spojem na postojeće ispuste na lokacijama planiranih preljeva, te konačnim ispuštanjem u vodotok.

Planirana crpna stanica dimenzionirana je za transport dvostrukog sušnog protoka s infiltracijom prema uređaju za pročišćavanje. Time se putem crpne stanice ujedno vrši i regulacija, odnosno kontrola protoka prigušnice, ali i pražnjenje retencijskog bazena nakon prestanka kiše. Sav preostali dotok, veći od dvostrukog sušnog, akumulira se u retencijski bazen, te se nakon punjenja bazena aktivira rasterećenje iz protočne retencijske komore. Preljevanje iz retencijskog bazena je prigušeno, to znači da se sav dotok veći od kritičnog, nakon što se bazen ispuní vodom, preljeva preko kišnog preljeva prije retencijskog bazena.

Retencijski bazen prazni se nakon kiše u crpni bazen pripadajuće crpne stanice. U dovodnom oknu crpne stanice ugradit će se mehanička gruba rešetka razmaka štapova 50 mm. Svrha ove rešetke je sprječavanje začepjenja u cjevovodu prigušnice, odnosno zaštite crpki od fizičkih oštećenja i sprječavanje blokade rada crpki i zapornice. Na tlačnom cjevovodu crpne stanice, u zasunskom oknu, predviđena je ugradnja elektromagnetskog mjerača protoke, kojim se registriraju sve godišnje (i trenutne) količine otpadne vode koja iz mješovitog sustava odlazi na pročišćavanje.

Radi godišnje bilance preljevnih voda, na preljevnom pragu predviđeno je mjerenje protoka korelacijom preko zabilježene visine vode. U tu svrhu kod preljeva je predviđena ugradnja ultrazvučnog senzora, za kontinuirano mjerenje visine vode. U kišnom preljevu predviđena je ugradnja regulacijske zapornice s elektromagnetskim mjeračem protoka, za regulaciju protoka prema retencijskom bazenu. Kako bi se postigla zahtjevana točnost mjerenja, mjerač protoka biti će manjeg profila od izlaznog kolektora.



Ispred preljeva iz retencijskog bazena i preljeva prije retencijskog bazena, kao i u kišnom preljevu na kolektoru 1, predviđeno je horizontalno fino sito perforacije 6 mm, s uronjenom pregradom, radi sprječavanja ispuštanja krutih otpadnih tvari i plivajućih masnoća u recipijent. U svrhu ispiranja retencijskog bazena i finih sita, do lokacija objekata potrebno je osigurati dovod vode iz vodoopskrbnog sustava.

Ispiranje finog sita kišnog preljeva na kolektoru 1 i preljeva prije retencijskog bazena predviđeno je rotirajućim mlaznicama, dok se fino sito na izlazu iz retencijskog bazena ispire iskretnom posudom postavljenom iznad sita. Iskretna posuda ujedno služi i za ispiranje dna bazena nakon kiše, a volumen iste određen je hidrauličkim proračunom.

U retencijskom bazenu na izlasku iz ispusnog okna, na početku cijevi ispusta ugradit će se nepovratni ventil od elastomera, radi sprječavanja povratnog toka vode iz recipijenta u sustav odvodnje. U crpnom bazenu i zasunskom oknu crpne stanice ugradit će se odgovarajući fazonski komadi i armature da se postigne zahtjevana funkcija kanalizacijskog sustava. Također, predviđena je ugradnja zapornice s ugradbenom garniturom, radi mogućnosti zaustavljanja dotoka otpadne vode prilikom servisiranja crpki u sušnom periodu i sličnih potreba. Za održavanje i silazak u sva okna crpne stanice, retencijskog bazena i kišnih preljeva predviđena je ugradnja poklopaca. Radi sprječavanja izlaska neugodnih mirisa ugradit će se vodotijesni poklopci. Iz istog razloga predviđen je sustav prirodne ventilacije s otpuštanjem pročišćenog zraka u atmosferu, nakon prolaska kroz filter aktivnog ugljena. Ventilacija se sastoji od cijevi spojene na okno crpnog bazena koja izlazi na površinu i završava kapom na visini od 2,0 m iznad terena. Na vertikali je predviđeno proširenje ventilacijske cijevi gdje je smješten filter s aktivnim ugljenom.

Za pogon crpki nužno je osigurati odgovarajući priključak električne energije 400 V iz javne elektroenergetske mreže do glavnog elektro-razvodnog ormara koji se nalazi u neposrednoj blizini crpne stanice. Elektro-razvodni ormar položen je na vlastite temelje i smješten uz crpku.

Preko planiranog nadzorno-upravljačkog sustava predviđeno je povezivanje crpnih stanica, kišnih preljeva i retencijskog bazena s budućim komandnim centrom. U centar će dolaziti podaci o radu crpki, te o bilanci preljevnih voda tijekom cijele godine, kao i količini koja se odvodi na pročišćavanje. Svi metalni dijelovi kao što su rešetka, sito, vodilice, lanci, sustav ventilacije i sl., izvest će se iz prokroma, zbog agresivnog djelovanja otpadne vode. Mjere zaštite okoliša sastoje se u kvalitetnoj izvedbi radova, sa naglaskom na osiguranju vodonepropusnosti svih konstruktivnih elemenata građevine, spojeva cijevi i ugradnje opreme (crpke, fazonski komadi, armatura). Oko objekta retencijskog bazena i crpne stanice izvest će se ograda od kovanog željeza visine 80 cm. Ograda se postavlja na armirano-betonski zidi obložen kamenom, minimalne visine 30 cm, sukladno odnosu s okolnim terenom.

### 7.2.1 Gradnja

Za smještaj crpne stanice, retencijskog bazena i kišnih preljeva izvest će se građevinska jama strojnim iskopom, bez obzira na kategoriju tla. Iskopani materijal odvest će se na deponiju gradilišta.

Također, radi smanjenja dotoka podzemne vode u građevinsku jamu, kod retencijskog bazena i pripadajuće crpne stanice predviđeno je pobijanje čeličnog žmurja po obodu građevinske jame, načelno sa tri strane objekta, 1,0 m van ruba zasjeka građevinske jame. Zbog velike dubine iskopa (od 6,0 do 9,0 m), žmurje će biti pridržano čeličnom konstrukcijom. Predviđena dubina pobijanja iznosi 12,0 m.

Osim navedenog, a s obzirom na visoku razinu podzemne vode po potrebi će se primijeniti dodatne metode za snižavanje razine podzemne vode (lglo filteri, drenažne cijevi i muljne crpke i sl.), ovisno o tehnologiji izvedbe. Sniženje razine podzemne vode u građevinskoj jami mora biti min. 0,5 m ispod dubine donje kote iskopa.

Radi stabilizacije temeljenog tla ispod objekta retencijskog bazena i crpne stanice, predviđeno je produbljenje građevinske jame i ugradnja zamjenskog šljunčanog materijala. Prethodno po cijeloj površini dna građevinske jame potrebno je položiti geotekstil.

Zatrpavanje prostora oko okana crpne stanice i retencijskog bazena, kao i kišnih preljeva, izvest će se sitnijim materijalom iz iskopa. Materijal za zasipavanje zbija se po slojevima u širini najmanje 50 cm od stjenke okna. Iznimno, ispod dna povišenih okana, prilikom zatrpavanja nižih slojeva, potrebno je ugraditi kvalitetni zamjenski materijal od polovice visine zatrpavanja do dna povišenog okna.

Oko crpne stanice i retencijskog bazena izvest će se ograda od kovanog željeza visine 80 cm. Ograda se postavlja na armirano-betonski zidić obložen kamenom, minimalne visine 30 cm, sukladno odnosu s okolnim terenom. Debljina ogradnog zidića je 30 cm. Vertikalni stupovi ograde koji su pričvršćeni za zidić, postavljeni su na razmaku 1,0 m.

Svi armirano-betonski zidovi, dno i ploča izvode se od betona s dodatkom za vodonepropusnost, klase C 30/37.

Za silazak u komore retencijskog bazena predviđene su ljestve od prokroma, sa zglobovom i plovkom, kako bi stalno bile iznad razine vode u bazenu.

## 8. ZAKLJUČAK

Projekt unaprjeđenja sustava javne odvodnje aglomeracije Topusko predstavlja značajan korak u osiguravanju održivog i efikasnog upravljanja otpadnim vodama na ovom području. Kroz implementaciju mjera za proširenje i modernizaciju postojećeg sustava, ostvareni su važni ciljevi u poboljšanju sanitarnih uvjeta života stanovništva, zaštiti okoliša i unaprjeđenju infrastrukture.

Povezivanje proširenih područja naselja Topusko na postojeći sustav odvodnje, uz uključivanje cijelog naselja Velika Vranovina, predstavlja ključni element ovog projekta. Time je omogućeno usklađivanje s modernim standardima zaštite okoliša i smanjenje opasnosti od zagađenja vodnih resursa. Nove mjere unaprjeđenja sustava uključuje izgradnju šest tlačnih cjevovoda, dvije prelivne građevine, jedne retencije i rekonstrukciju postojećih sustava te optimizacije procesa pročišćavanja otpadnih voda čime je postignuta veća kapacitivnost i efikasnost sustava.

Projekt je omogućio i značajan doprinos u smanjenju rizika od poplava, jer je sustav odvodnje prilagođen za prihvrat većih količina oborinskih voda, čime se povećava sigurnost naselja. Osim toga, proširenje mreže omogućilo je pokrivanje novih korisnika, što je rezultiralo smanjenjem potrebe za individualnim septičkim jamama i daljnjim opterećenjem tla i podzemnih voda.

Završetkom ovog projekta, aglomeracija Topusko može očekivati bolju kvalitetu života svojih stanovnika, značajan ekološki napredak i dugoročnu održivost infrastrukture.

## 9. LITERATURA

- [1] Halkijević I. OPSKRBA I ODVODNJA 2-SKRIPTA PREDAVANJA; Zagreb 2022.
- [2] Standards for the Dimensioning and Design of Stormwater Overflows in Combined Wastewater Sewers
- [3] <https://geoportal.dgu.hr/> (Pristupljeno 12.11.2024.)
- [4] <https://meteo.hr/> (Pristupljeno 12.11.2024.)
- [5] <https://dzs.gov.hr/> (Pristupljeno 12.11.2024.)
- [6] <https://www.karta.com.hr/sisacko-moslavacka-zupanija/> (Pristupljeno 12.11.2024.)
- [7] <https://www.sciencedirect.com/topics/social-sciences/stormwater-management#recommended-publications> (Pristupljeno 12.11.2024.)

## 10. POPIS SLIKA

Slika 1. Sisačko-moslavačka županija .....	9
Slika 2. Geografski položaj aglomeracije Topusko .....	10
Slika 3. Topografska slika naselja Topusko .....	11
Slika 4. Kišomjerni zapis palih oborina .....	12
Slika 5. Primjer ulaznih podataka o čvorovima sustava javne odvodnje naselja Topusko .....	22
Slika 6. Mreža sustava javne odvodnje naselja Topusko - postojeće stanje .....	24
Slika 7. Model u EPA/SWMM programu s asimetričnim slivnim površinama .....	27
Slika 8. Dubina vode u čvoru T1 .....	28
Slika 9. Protok vode u cjevovodu T2.....	28
Slika 10. Dubina vode u čvoru T2.....	29
Slika 11. Brzina vode u cjevovodu T2 .....	29
Slika 12. Protok vode u cjevovodu T3.....	30
Slika 13. Dubina vode u čvoru T3 .....	30
Slika 14. Brzina vode u cjevovodu T3.....	31
Slika 15. Protok vode u cjevovodu T4.....	31
Slika 16. Dubina vode u čvoru T4 .....	32
Slika 17. Brzina vode u cjevovodu T4.....	32
Slika 18. Protok vode u cjevovodu T5.....	33
Slika 19. Dubina vode u čvoru T5.....	33
Slika 20. Brzina vode u cjevovodu T5.....	34
Slika 21. Protok vode u cjevovodu T1.....	35
Slika 22. Dubina vode u čvoru T1 .....	35
Slika 23. Brzina vode u cjevovodu T1.....	36

Slika 24. Protok vode u cjevovodu T2.....	36
Slika 25. Dubina vode u čvoru T2.....	37
Slika 26. Brzina vode u cjevovodu T2.....	37
Slika 27. Protok vode u cjevovodu T3.....	38
Slika 28. Dubina vode u čvoru T3.....	38
Slika 29. Brzina vode u cjevovodu T3.....	39
Slika 30. Protok vode u cjevovodu T4.....	39
Slika 31. Dubina vode u čvoru T4.....	40
Slika 32. Brzina vode u cjevovodu T4.....	40
Slika 33. Protok vode u cjevovodu T5.....	41
Slika 34. Brzina vode u cjevovodu T5.....	41
Slika 35. Uzdužni profil kolektora 1 u trenutku maksimalnog hidrauličkog opterećenja (pri intenzitetu oborine 150 l/s/ha) .....	43
Slika 36. Uzdužni profil kolektora 2 u trenutku maksimalnog hidrauličkog opterećenja (pri intenzitetu oborine 150 l/s/ha) .....	44
Slika 37. Uzdužni profil kolektora 3 u trenutku maksimalnog hidrauličkog opterećenja (pri intenzitetu oborine 150 l/s/ha) .....	44
Slika 38. Uzdužni profil kolektora 4 u trenutku maksimalnog hidrauličkog opterećenja (pri intenzitetu oborine 150 l/s/ha) .....	45
Slika 39. Hidrogram dionice T1 (pri intenzitetu oborine 150 l/s/ha).....	45
Slika 40. Hidrogram dionice T2 (pri intenzitetu oborine 150 l/s/ha).....	46
Slika 41. Hidrogram dionice T3 (pri intenzitetu oborine 150 l/s/ha).....	46
Slika 42. Hidrogram dionice T4 (pri intenzitetu oborine 150 l/s/ha).....	47
Slika 43. Hidrogram dionice T5 (pri intenzitetu oborine 150 l/s/ha).....	47
Slika 44. Situacijski prikaz čvorova u kojima dolazi do plavljenja .....	48
Slika 45. Uzdužni profil kolektora 1 u trenutku maksimalnog hidrauličkog opterećenja (pri intenzitetu oborine 200 l/s/ha) .....	49

Slika 46. Uzdužni profil kolektora 2 u trenutku maksimalnog hidrauličkog opterećenja (pri intenzitetu oborine 200 l/s/ha) .....	49
Slika 47. Uzdužni profil kolektora 3 u trenutku maksimalnog hidrauličkog opterećenja (pri intenzitetu oborine 200 l/s/ha) .....	50
Slika 48. Uzdužni profil kolektora 4 u trenutku maksimalnog hidrauličkog opterećenja (pri intenzitetu oborine 200 l/s/ha) .....	50
Slika 49. Hidrogram dionice T1 (pri intenzitetu oborine 200 l/s/ha).....	51
Slika 50. Hidrogram dionice T2 (pri intenzitetu oborine 200 l/s/ha).....	51
Slika 51. Hidrogram dionice T3 (pri intenzitetu oborine 200 l/s/ha).....	52
Slika 52. Hidrogram dionice T4 (pri intenzitetu oborine 200 l/s/ha).....	52
Slika 53. Hidrogram dionice T5 (pri intenzitetu oborine 200 l/s/ha).....	53
Slika 54. Situacijski prikaz čvorova u kojima dolazi do plavljenja .....	54
Slika 55. Uzdužni profil kolektora 1 u trenutku maksimalnog hidrauličkog opterećenja (pri intenzitetu oborine 250 l/s/ha) .....	55
Slika 56. Uzdužni profil kolektora 2 u trenutku maksimalnog hidrauličkog opterećenja (pri intenzitetu oborine 250 l/s/ha) .....	55
Slika 57. Uzdužni profil kolektora 3 u trenutku maksimalnog hidrauličkog opterećenja (pri intenzitetu oborine 250 l/s/ha) .....	56
Slika 58. Uzdužni profil kolektora 4 u trenutku maksimalnog hidrauličkog opterećenja (pri intenzitetu oborine 250 l/s/ha) .....	56
Slika 59. Hidrogram dionice T1 (pri intenzitetu oborine 250 l/s/ha).....	57
Slika 60. Hidrogram dionice T2 (pri intenzitetu oborine 250 l/s/ha).....	57
Slika 61. Hidrogram dionice T3 (pri intenzitetu oborine 250 l/s/ha).....	58
Slika 62. Hidrogram dionice T4 (pri intenzitetu oborine 250 l/s/ha).....	58
Slika 63. Hidrogram dionice T5 (pri intenzitetu oborine 250 l/s/ha).....	59
Slika 64. Situacijski prikaz čvorova u kojima dolazi do plavljenja .....	60
Slika 65. Ciklusi punjenja i pražnjenja crpnog bazena CS1 .....	63
Slika 66. Dijagram rada crpke CS1 .....	63

Slika 67. Ciklusi punjenja i pražnjenja crpnog bazena CS2 .....	64
Slika 68. Dijagram rada crpke CS2.....	64
Slika 69. Ciklusi punjenja i pražnjenja crpnog bazena CS3 .....	65
Slika 70. Dijagram rada crpke CS3.....	65
Slika 71. Ciklusi punjenja i pražnjenja crpnog bazena CS4 .....	66
Slika 72. Dijagram rada crpke CS4.....	66
Slika 73. Ciklusi punjenja i pražnjenja crpnog bazena CS5 .....	67
Slika 74. Dijagram rada crpke CS5.....	67
Slika 75. Ciklusi punjenja i pražnjenja crpnog bazena CS6 .....	68
Slika 76. Dijagram rada crpke CS6.....	68
Slika 77. Kišni preljev .....	70
Slika 78. Karakteristike prigušne cijevi.....	70
Slika 79. Dijagram s prikazom ukupnih dotoka u čvoru preljeva i protokom otpadnih voda na preljevu rasteretnog kanala.....	71
Slika 80. Dijagram s prikazom ukupnih dotoka u čvoru preljeva i protokom otpadnih voda na preljevu izlaznog cjevovoda .....	71
Slika 81. Situacijski prikaz plavljenja u čvorovima nakon unaprjeđenja sustava.....	74
Slika 82. Uzdužni profil kolektora 1 u trenutku najvećeg opterećenja nakon unaprjeđenja sustava. Ne dolazi do plavljenja.....	75
Slika 83. Uzdužni profil kolektora 2 u trenutku najvećeg opterećenja nakon unaprjeđenja sustava. Ne dolazi do plavljenja.....	75
Slika 84. Uzdužni profil kolektora 3 u trenutku najvećeg opterećenja nakon unaprjeđenja sustava. Ne dolazi do plavljenja.....	75
Slika 85. Uzdužni profil kolektora 4 u trenutku najvećeg opterećenja nakon unaprjeđenja sustava. Ne dolazi do plavljenja.....	76



## 11. POPIS TABLICA

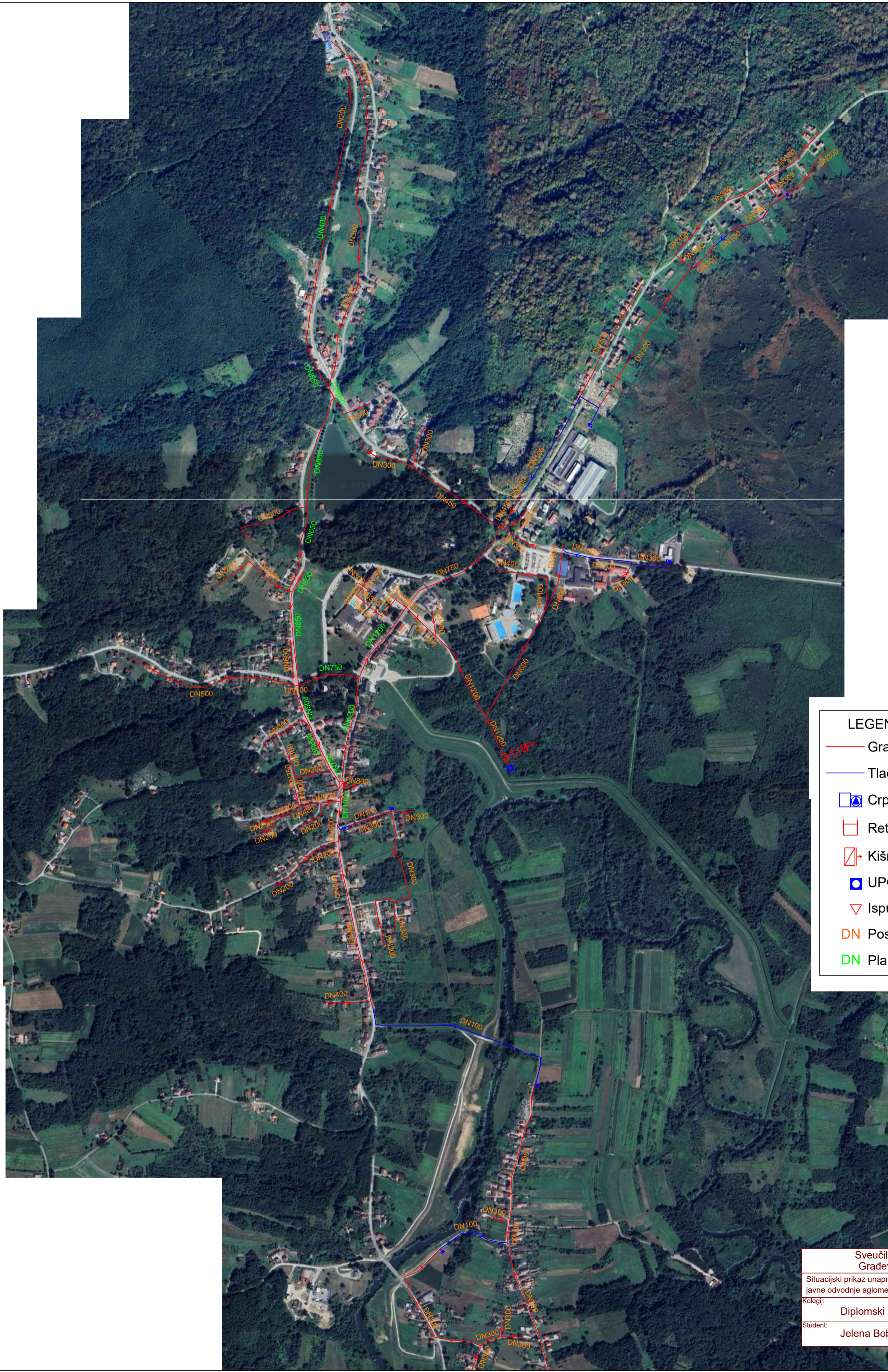
Tablica 1. Broj stanovnika u promatranim naseljima .....	13
Tablica 2. Priključenost stanovništva na sustav javne odvodnje .....	13
Tablica 3. Broj turista na području aglomeracije Topusko .....	14
Tablica 4. Specifična potrošnja vode od kućanstava .....	14
Tablica 5. Specifični dotok otpadnih voda od stanovništva .....	15
Tablica 6. Specifični dotok otpadnih voda od turista .....	15
Tablica 7. Dotok otpadnih voda od stanovništva .....	15
Tablica 8. Srednji dnevni dotok otpadnih voda od stanovništva .....	15
Tablica 9. Srednji dnevni dotok otpadnih voda od privrede .....	16
Tablica 10. Dotok tuđih voda .....	16
Tablica 11. Maksimalni dnevni dotok otpadnih voda od stanovništva .....	16
Tablica 12. Maksimalni dnevni dotok otpadnih voda od privrede .....	16
Tablica 13. Maksimalni satni dotok otpadnih voda od stanovništva .....	17
Tablica 14. Maksimalni satni dotok otpadnih voda od privrede .....	17
Tablica 15. Ukupni sušni dotok otpadnih voda .....	17
Tablica 16. Ukupni kišni dotok otpadnih voda .....	18
Tablica 17. Prednosti i mane pojedinog tipa sustava odvodnje .....	19
Tablica 18. Podaci o slivnim površinama .....	25
Tablica 19. Dimenzioniranje retencije .....	72



LEGENDA:

- Gravitacijski cjevovod
- Ispust

Sveučilište u Zagrebu Građevinski fakultet	
Situacijski prikaz postojećeg sustava javne odvodnje aglomeracije Topusko	Mjerilo 1:5000
Kolegij: Diplomski rad	AK.god. 2024./25.
Student: Jelena Boban, 0082060300	

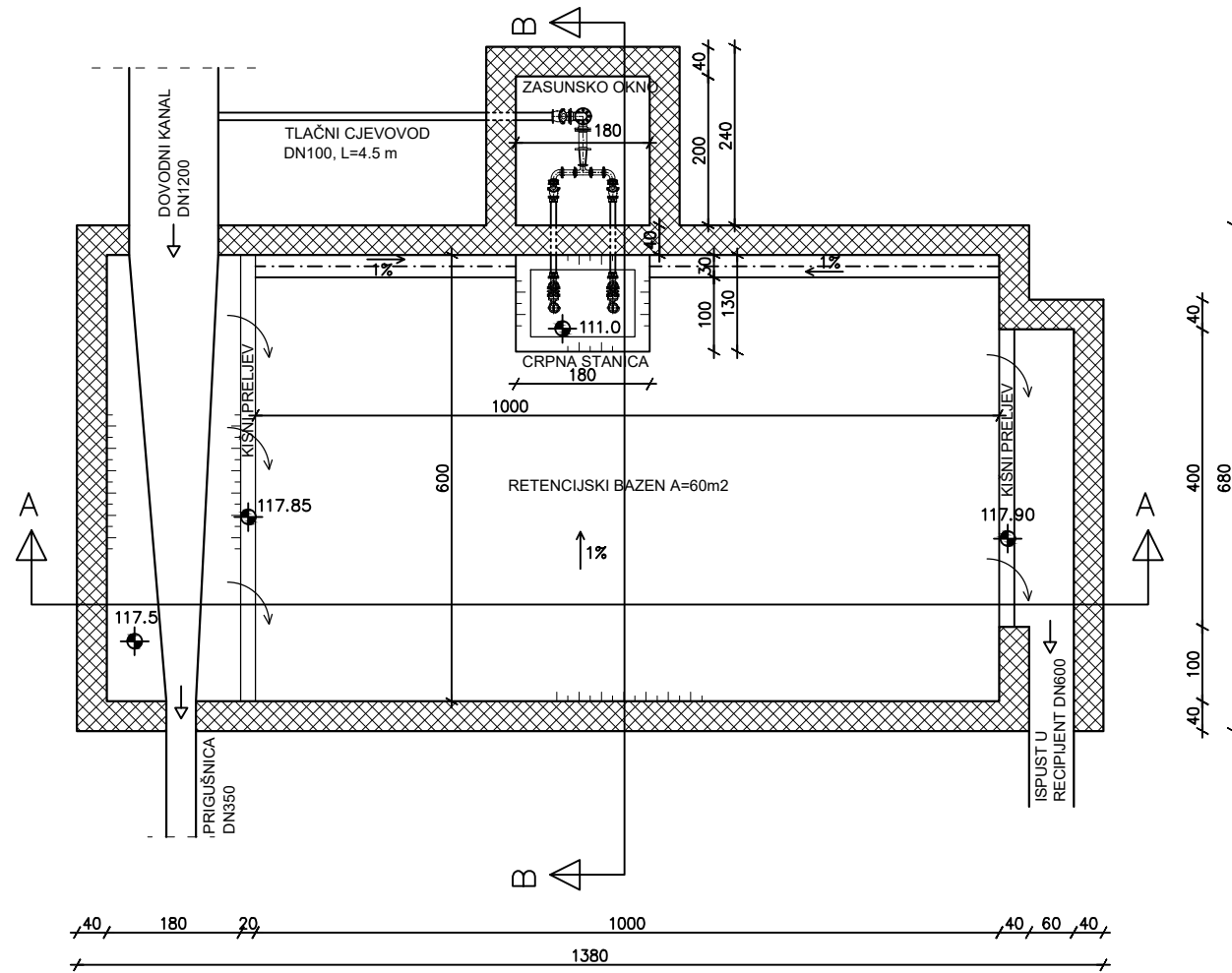


**LEGENDA:**

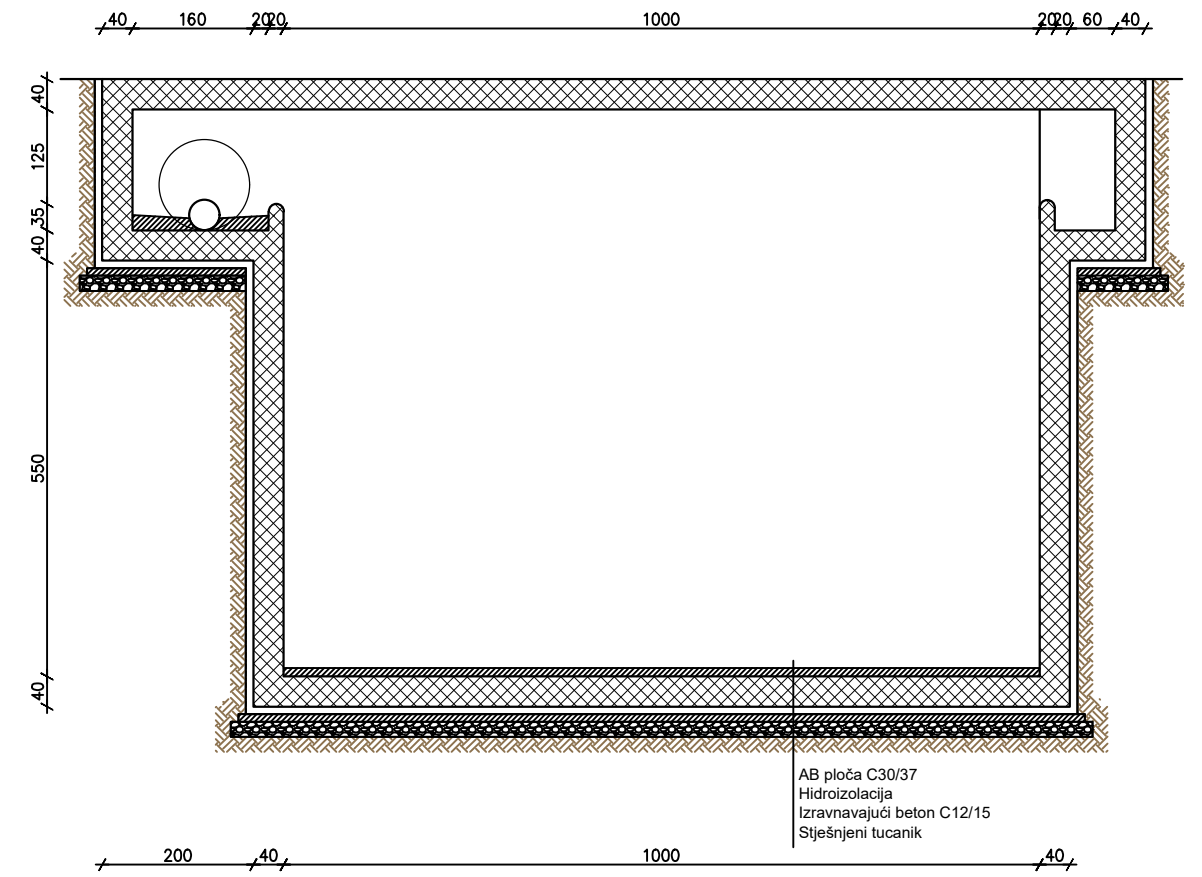
- Gravitacijski cjevovod
- Tlačni cjevovod
- Crpna stanica
- Retencijski bazen
- Kišni preljev
- UPOV Topusko
- ▽ Ispust
- Postojeći cjevovodi
- Planirani cjevovodi

Sveučilište u Zagrebu Građevinski fakultet	
Situacijski prikaz unaprjeđenja sustava javne odvodnje aglomeracije Topusko	Mjerilo 1:5000
Kolegij: Diplomski rad	Ak.god. 2024./25.
Student: Jelena Boban, 0082060300	

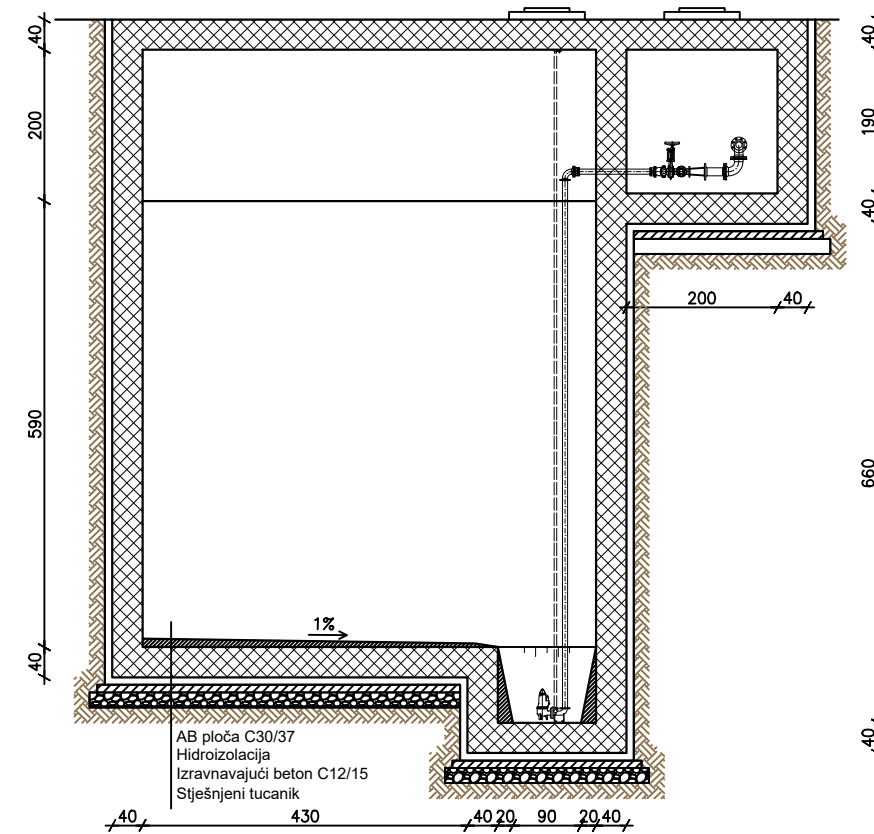
# TLOCRT



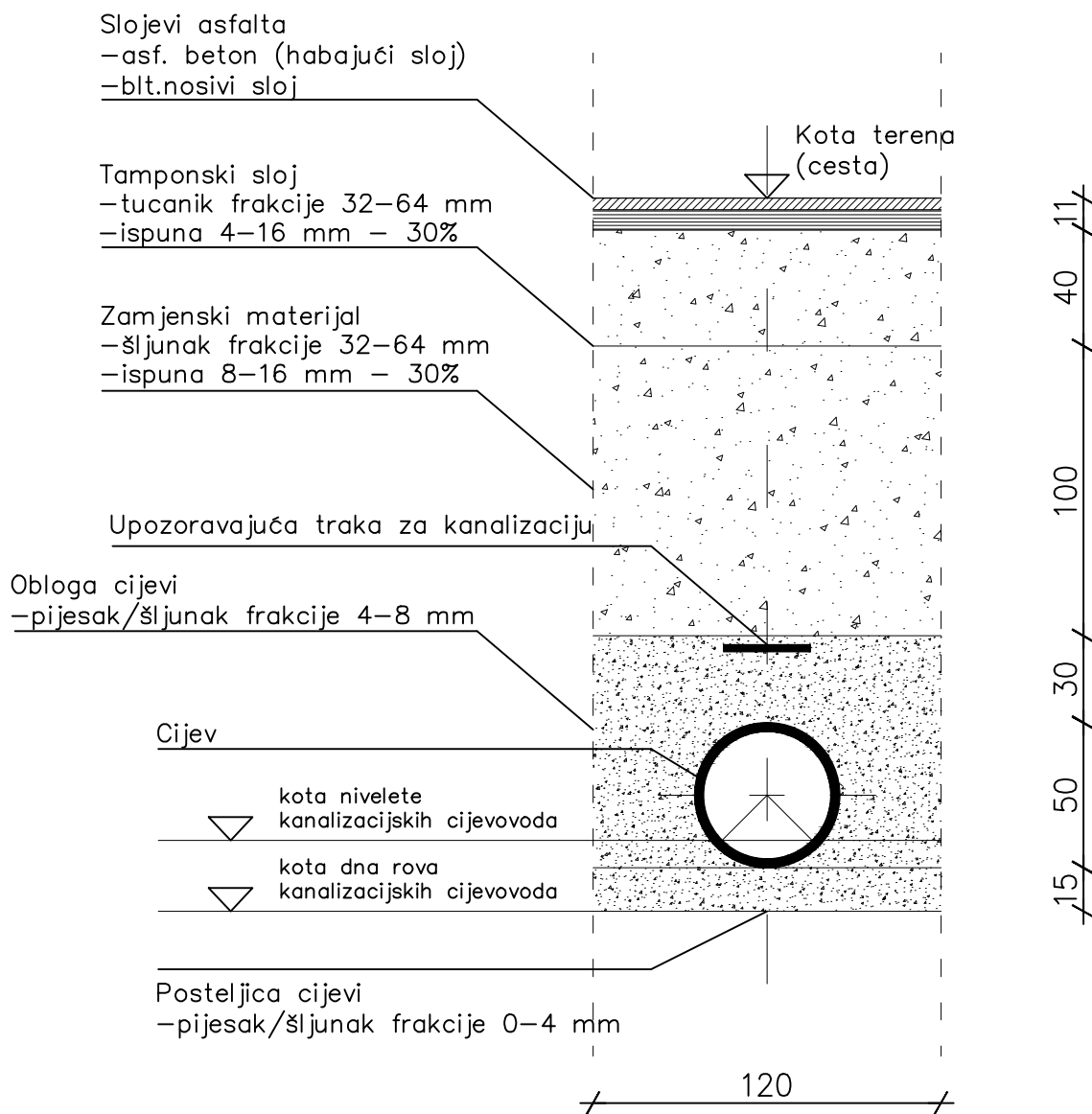
# PRESJEK A-A



# PRESJEK B-B



Sveučilište u Zagrebu Građevinski fakultet	
Tlocrt i presjek kišnih preljeva i retencijskog bazena	Mjerilo 1:200
Kolegij: Diplomski rad	Ak.god. 2024./25.
Student: Jelena Boban, 0082060300	



Sveučilište u Zagrebu Građevinski fakultet	
Normalni poprečni profil kanalizacijskog rova	Mjerilo 1:200
Kolegij: Diplomski rad	Ak.god. 2024./25.
Student: Jelena Boban, 0082060300	