

Idejni projekt sanitarne odvodnje naselja Vukovina i Staro Čiće

Križanac, Mihovil

Master's thesis / Diplomski rad

2022

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:237:881093>

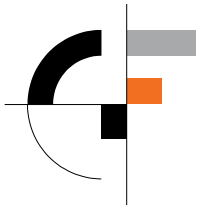
Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-20**

Repository / Repozitorij:

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





Građevinski fakultet
Sveučilište u Zagrebu
Zavod za hidrotehniku
Katedra za zdravstvenu hidrotehniku i okolišno inženjerstvo

DIPLOMSKI RAD

Idejni projekt sanitarne odvodnje naselja Vukovina i Staro Čiče

Preliminary design of Vukovina and Staro Cice sanitary sewerage

Mihovil Križanac

Mentor: izv. prof. dr. sc. Ivan Halkijević, dipl. ing. građ.

Zagreb, studeni 2022.

SADRŽAJ:

POPIS SLIKA	3
POPIS TABLICA.....	3
SAŽETAK RADA	4
ABSTRACT	4
1. UVOD I OPIS PROBLEMATIKE	5
2. ANALIZA POTREBA.....	7
2.1. Analiza stanovništva.....	7
2.2. Analiza potrošnje vode	8
3. KONCEPT RJEŠENJA ODVODNJE I PROČIŠĆAVANJA	10
3.1. Geološko – geodetska analiza	10
3.2. Geodetske podloge	10
4. HIDRAULIČKI PRORAČUN.....	13
4.1. SWMM računalni program.....	13
4.2. Proračun opterećenja čvorova i dionica mreže.....	14
4.3. Dimenzioniranje crpnih stanica.....	23
4.3.1. Određivanje snage crpnih stanica.....	24
4.3.2. Dimenzioniranje crpnih bazena	25
4.3.3. Režim rada crpnih stanica	26
4.3.4. Crpni bazeni u modelu SWMM	29
4.4. Model mreže u programu SWMM.....	30
4.5. Tehničke karakteristike sustava.....	31
4.6. Analiza rezultata SWMM modela.....	34
4.7. Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda.....	38
5. APROKSIMATIVNI TROŠKOVNIK	40
5.1. Proračun troškova izgradnje sustava sanitarne odvodnje	40
5.2. Rekapitulacija troškova.....	43
6. ZAKLJUČAK	44
7. LITERATURA.....	45

POPIS SLIKA:

Slika 1.1. Lokacija naselja Vukovina i Staro Čiče s naznačenim uređajem za pročišćavanje otpadnih voda u Velikoj Gorici	6
Slika 2.1.1. Prirodno kretanje stanovništva Vukovina i Staro Čiče	7
Slika 3.2.1. DOF karta Vukovina - Staro Čiče - UPOV	11
Slika 3.2.2. HOK karta Vukovina - Staro Čiče - UPOV s kotama terena	12
Slika 4.1.1. DWG kanalizacijske mreže i UPOV-a	13
Slika 4.3.1. Primjer crpne stanice za sanitarnu odvodnju	23
Slika 4.3.3.1. Razdvajanje gravitacijskog i tlačnog dijela sustava	27
Slika 4.3.3.2. Režim rada crpnih stanica	28
Slika 4.3.4.1. Crpni bazen sa crpnom stanicom u izgradnji	29
Slika 4.4.1. Mreža sanitarne odvodnje u programu SWMM	30
Slika 4.5.1. Termoplastične kanalizacijske cijevi	31
Slika 4.5.2. Element revizijskog okna s kinetom	32
Slika 4.6.1. Dubina vode u crpnom bazenu CRPNI_1	34
Slika 4.6.2. Dubina vode u crpnom bazenu CRPNI_7	34
Slika 4.6.3. Protok tlačnim cjevovodom p155 iz crpne stanice CRPNA_1	35
Slika 4.6.4. Protok tlačnim cjevovodom p142 iz crpne stanice CRPNA_7	35
Slika 4.6.5. Protok na dionici p132	36
Slika 4.6.6. Profil brzine na dionici p132	37
Slika 4.7.1. Interaktivna kontrolna soba UPOVa	38
Slika 4.7.2. Prijemnik vode pročišćene na UPOVu	39

POPIS TABLICA:

Tablica 2.1.1. Broj stanovnika Vukovina i Staro Čiče - 1948. do 2021. godine	8
Tablica 2.2.1. Prirodno kretanje stanovništva Vukovina i Staro Čiče	8
Tablica 2.2.2. Projekcija potrošnje vode Vukovina i Staro Čiče – 2021. do 2050. godine	9
Tablica 2.2.3. Najveća satna potrošnja (l/s)	9
Tablica 4.2.1. Opterećenje kanalizacijske mreže po kategorijama potrošača	14
Tablica 4.2.2. Koeficijenti satne neravnomjernosti potrošnje po kategorijama potrošača	15
Tablica 4.2.3. Potrošnja vode po dionicama kanalizacijske mreže	20
Tablica 4.2.4. Potrošnja vode po čvorovima kanalizacijske mreže	22
Tablica 4.3.1.1. Karakteristike sanitarnih crpnih stanica	25
Tablica 5.1.1. Obračun po 1 m ³ izvedenog gravitacijskog cjevovoda	41
Tablica 5.1.2. Obračun po 1 m ³ izvedenog tlačnog cjevovoda	42
Tablica 5.1.3. Obračun po 1 kom kompletno izvedene crpne stanice	43
Tablica 5.2. Rekapitulacija troškova	43

SAŽETAK RADA

Tema rada dimenzioniranje je sustava sanitarne odvodnje naselja Vukovina i Staro Čiče. Sanitarna odvodnja sastoji se od kombiniranog gravitacijsko-tlačnog sustava.

Gravitacijski dio predstavljaju termoplastične cijevi koje odvede vodu prema dijelovima sustava s nižom nadmorskom visinom, gdje se voda prepumpava do najviše točke sljedeće dionice. Tu se ponovno uspostavlja gravitacijski režim tečenja. Prepumpavanje vode provodi se crpnim stanicama smještenim u najnižim zonama. Režim rada crpnih stanica uvjetovan je potrebama sustava koje proizlaze iz gustoće naseljenosti i razvijenosti velikih industrijskih potrošača. Revizijska okna postavljaju se za pregled i održavanje sustava.

Sustav sanitarne odvodnje završava uređajem za pročišćavanje otpadnih voda smještenim na području grada Velike Gorice. Za potrebe smještanja sustava u prostor koriste se geodetske podloge. Idejno rješenje sustava provodi se pravilnim pozicioniranjem crpnih stanica i prikladnim režimom rada koji omogućava funkcionalnost sustava u najopterećenijim dijelovima dana.

Ključne riječi: sanitarna odvodnja, cijevi, tečenje, crpna stanica, revizijsko okno, uređaj za pročišćavanje

ABSTRACT

The topic of the thesis is preliminary design of Vukovina and Staro Čiče sanitary sewerage. Sanitary sewerage contains combined gravity-pressure system.

Gravity part contains termoplastic pipes that drain waste water towards parts of the system with a lower altitude, where the waste water is pumped up to the highest point of the next section. There, the gravity flow regime is re-established. Water pumping is carried out by pumps that are located in the lowest points. The operating regime of the pumps is conditioned by the water use of the system caused by population density and the development of large industrial consumers. Inspection shafts are set up for system review and maintenance.

The sanitary sewerage system ends with a wastewater treatment plant located in the city of Velika Gorica. For the locating system purposes, geodetic bases are used. The preliminary design of the system is carried out by the correct positioning of the pumps and an appropriate operating regime that enables the functionality of the system in the most loaded parts of the day.

Key words: sanitary sewerage, pipes, flow, pump, inspection shafts, wastewater treatment plant

1. UVOD I OPIS PROBLEMATIKE

Naselja obuhvaćena projektom, Vukovina i Staro Čiče, nalaze se u Zagrebačkoj županiji u okolici grada Velika Gorica. Naselja su ruralnog tipa, prosječne naseljenosti 200-tinjak stanovnika po km². Vukovina je na posljednjem popisu stanovništva 2021. godine imala 898 stanovnika, a u Starom Čiču živjelo je 727 stanovnika. Kroz naselja prolazi državna cesta D31 kojom ona gravitiraju Velikoj Gorici i Zagrebu. Zbog dobrog geografskog položaja, prometne povezanosti državnom cestom i autocestom A11 Zagreb-Sisak u izgradnji, s jedne strane blizine Velike Gorice i Zagreba, a s druge strane Siska, naselja sa svojim posjedima zemlje pružaju veliki potencijal za razvoj industrije.

Uz stalno stanovništvo, industrija ja najveći potrošač vode u ukupnoj potrošnji. Bez obzira na brojne prednosti, turizam u ovom području slabo je zastupljen. Tako na godišnjoj bazi ova naselja zajedno imaju 200-tinjak noćenja. To uglavnom podrazumijeva privremeno stanovništvo koje 40-ak dana godišnje boravi u posjetu obitelji i nema značajniji utjecaj na ukupnu potrošnju vode.

Promatrano područje smješteno je južno od grada Velike Gorice i nema na odgovarajući način riješeno pitanje odvodnje i pročišćavanje sanitarnih otpadnih voda. Odvodnja sanitarnih otpadnih voda riješena je samo pojedinačno. Domaćinstva prikupljaju sanitarnu otpadnu vodu u septičkim jamama, koje su često propusne. Izgradnjom vodovodne mreže, a time i povećanjem potrošnje vode, i ovako neriješeno pitanje odvodnje koja opterećuje naselja, dodatno se pogoršalo.

Idejno rješenje prikupljanje je sanitarne otpadne vode u navedenim naseljima, provođenje gravitacijskim kanalima te lokalno prepumpavanje tlačnim cjevovodima sve do točke prihvata. Sustav je spojen na Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda (UPOV) u Velikoj Gorici.



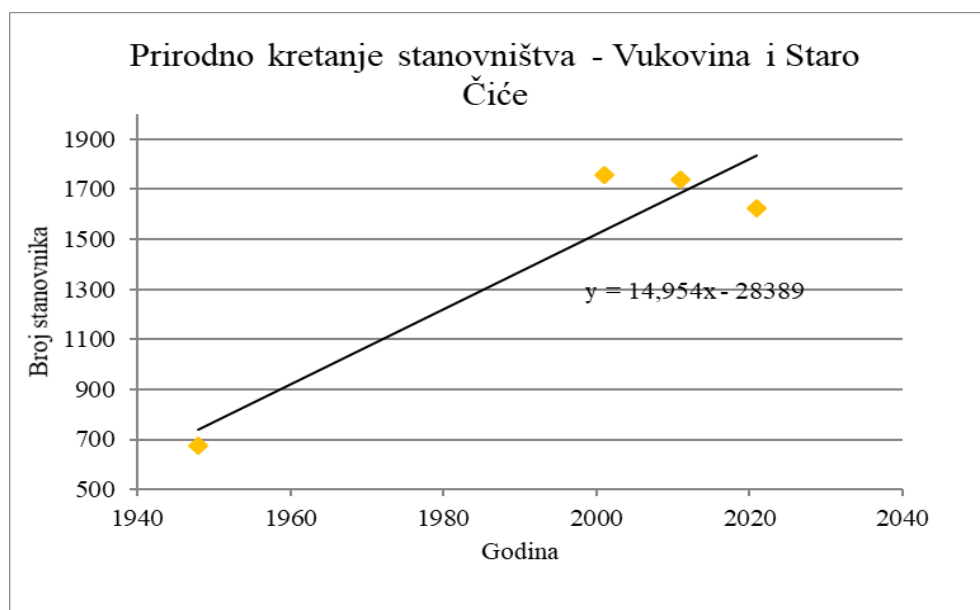
Slika 1.1. Lokacija naselja Vukovina i Staro Čiče s naznačenim uređajem za pročišćavanje otpadnih voda u Velikoj Gorici

2. ANALIZA POTREBA

2.1. Analiza stanovništva

Analiza potreba za vodom ulazna je podloga za dimenzioniranje sustava sanitarne odvodnje. Potrebe za vodom dobivaju se iz prosječnih vrijednosti upotrebe vode po kategorijama stanovništva. Za potrebe projekta analiziraju se kategorije Stalno stanovništvo i Privreda.

Temeljem popisa stanovništva po razdobljima vidljivo je značajno povećanje broja stanovnika u 2. polovici 20. stoljeća. Posljednjih 20 godina očituje se trend smanjenja stanovništva u ruralnim sredinama. Prirodni priraštaj smanjivao je vrijednost i poprimio negativnu vrijednost, stoga posljednji popisi pokazuju veći mortalitet od nataliteta. Globalizacija je dovela do sve većeg broja obitelji koje trajno napuštaju svoje domove u potrazi za boljim životom u velikim gradovima. S obzirom na to, natalitet se značajno smanjio. Očekivana pretpostavka je da će se taj trend, u ovim okolnostima, pokazati i na idućem popisu stanovništva. Ipak, Projekcija stanovništva Republike Hrvatske od 2010. do 2061. pretpostavlja porast broja stanovnika u narednim desetljećima, što je uzeto u obzir pri izračunu potreba za vodom. Dakle, pretpostavlja se desetljeće negativnog kretanja stanovništva potaknuto svim navedenim pretpostavkama, te iduća desetljeća pozitivnog kretanja. Tablica 2.1.1. prikazuje broj stanovnika u Vukovini i Starom Čiču po prethodnim popisima stanovništva s prognozom za naredna desetljeća.



Slika 2.1.1. Prirodno kretanje stanovništva Vukovina i Staro Čiče

VUKOVINA I STARO ČIĆE	
Godina	Broj stanovnika
1948	673
2001	1757
2011	1737
2021	1625
2030	1556
2040	1634
2050	1716

Tablica 2.1.1. Broj stanovnika Vukovina i Staro Čiće - 1948. do 2021. godine

Pretpostavlja se nešto manji pad stanovništva u odnosu na razdoblje od 2011. do 2021. godine, a rast po prognozi Državnog zavoda za statistiku Republike Hrvatske.

2.2. Analiza potrošnje vode

Plan pokrivanja naseljenih područja vodoopskrbnom mrežom proizlazi iz EU Direktiva i strateških dokumenata i regulativa RH. Za promatrano vremensko razdoblje do 2050. godine u planu je konačan razvoj vodoopskrbne mreže, tj. 100% priključenosti. Priključenost stanovništva na vodoopskrbni sustav predstavlja omjer priključenih kućanstava i ukupnog broja kućanstava koja se nalaze na predmetnom području. Plan priključenosti prikazuje Tablica 2.2.1.

STANOVNIŠTVO	POSTOJEĆE		PROJEKCIJA POTROŠNJE VODE		
	godina	2021	2030	2040	2050
broj stanovnika N	[1]	1625	1556	1634	1716
priključenost P	[%]	80	87	93	100
broj priključenih stanovnika N_k	[1]	1300	1349	1525	1716

Tablica 2.2.1. Prirodno kretanje stanovništva Vukovina i Staro Čiće

U tablici 2.2.2. navedena je specifična potrošnja vode po stanovniku. Predviđa se njezino povećanje do 100 l/st/dan, što je granica potrošnje vode između ruralnog i urbanog stanovništva. Iz stanovništva i specifične potrošnje računaju su ukupne godišnje te dnevne potrebe. Za privredu preuzeti su podaci iz Projekcije potrošnje vode gospodarskih subjekata Grada Velike Gorice i okolnih općina.

STANOVNIŠTVO	POSTOJEĆE		PROJEKCIJA POTROŠNJE VODE		
	godina	2021	2030	2040	2050
broj stanovnika N	[1]	1625	1556	1634	1716
specifična potrošnja	[l/st/dan]	80	87	94	100
	[l/dan]	104000	117322	143356	171600
Ukupna potreba	[m ³ /god]	37960	42823	52325	62634
Qsr,dn,sta	[l/s]	1,20	1,36	1,66	1,99
PRIVREDA					
Dnevna potreba	[l/dan]	22633	23088	23548	24019
Ukupna potreba	[m ³ /god]	8261	8427	8595	8767
Qsr,dn,pri	[l/s]	0,26	0,27	0,27	0,28

Tablica 2.2.2. Projekcija potrošnje vode Vukovina i Staro Čiče – 2021. do 2050. godine

Najveća vrijednost satne potrošnje dobiva se množenjem ukupnih količina s koeficijentima neravnornosti. Za najveću dnevnu potrošnju uzima se dvostruko veća vrijednost od srednje dnevne, a maksimalna satna je 50% veća od srednje dnevne vrijednosti. – Tablica 2.2.3.

q _{max,h,stan} [l/s]			k _d =	1,5
Kategorija	2021	2050	k _h =	2,0
Stalno stanovništvo	3,61	5,96		
Privreda	0,79	0,83		
Ukupno	4,40	6,79		

Tablica 2.2.3. Najveća satna potrošnja (l/s)

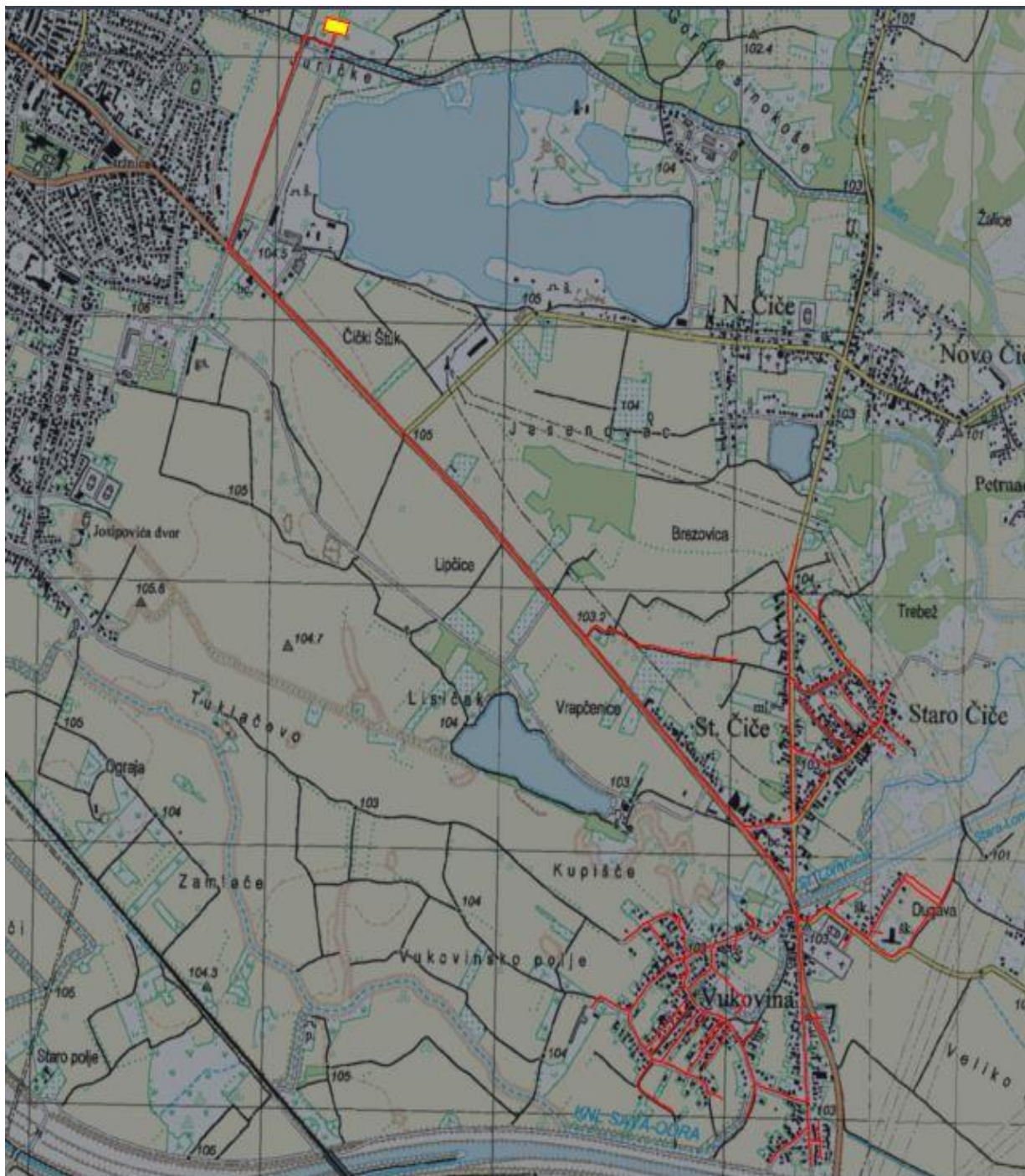
3. KONCEPT RJEŠENJA ODVODNJE I PROČIŠĆAVANJA

3.1. Geološko – geodetska analiza

Projekt sanitarne odvodnje određen je veličinom područja te konfiguracijom terena na kojem se projektira. Područje Velike Gorice i njezine okolice pretežito je ravničarski teren. Sastav terena aluvijalni je i močvarni. Zemlja je mekana, pa je pogodna za postavljanje kanalizacije. To omogućuje veće dubine kopanja, tj. prelazak većih dionica kanalizacije gravitacijskim sustavom. S obzirom na to, mehanizacija koja se koristi, nakon rezanja asfalta, lako kopa do potrebnih dubina. U pravilu, na dubinama nivelete većima od 5-6 metara, uobičajeno je rješenje postaviti crpnu stanicu koja prepumpava vodu na višu kotu okolnog terena, odakle kanalizacija nastavlja dalje u gravitacijskom režimu. Na pojedinim dionicama terena izražen je pad terena pa su dijelovi naselja, iako geografski blizu, podijeljeni na više ogranaka kako bi se ostvarilo gravitacijsko tečenje. Ono se provodi s minimalnim propisanim padom. Na dionicama na kojima se ne može izbjeći korištenje crpnih stanica, izvodi se veći opseg radova i ugrađuje više opreme nego na ostalim dionicama. Stoga je potrebno odabrati pogodne lokacije za smještanje crpnih stanica na koje se nadovezuju tlačni cjevovodi. Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda, koji prima svu sanitarnu otpadnu vodu, nalazi se na nižoj koti terena u odnosu na naselja obuhvaćena projektom te je udaljen od njih. To zahtjeva upotrebu crpnih stanica na spojnom dijelu od naselja do UPOV-a.

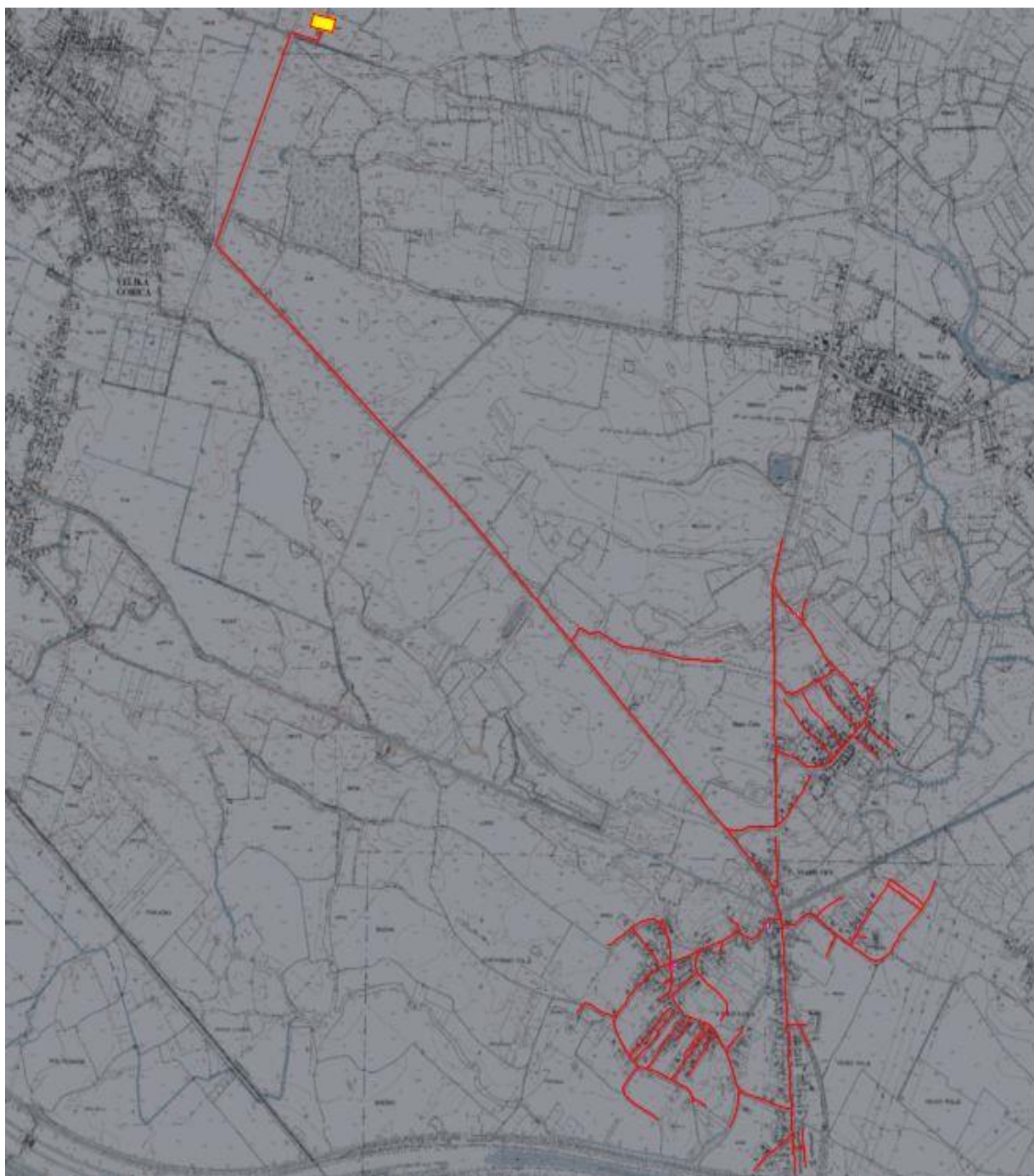
3.2. Geodetske podloge

Geodetske podloge koriste se za podatke o nadmorskim visinama. U softveru AutoCad u obliku polylinea iscrtava se kanalizacijska mreža od najudaljenijih potrošača prema UPOV-u. AutoCad-ova datoteka formata je DWG. U tu datoteku integriraju se topografske karte u digitalnom obliku. To su Digitalna orto-foto karta (DOF) te Hrvatska osnovna karta (HOK). Prilikom ubacivanja karata u AutoCad, potrebno ih je georeferencirati kako bi mreža sanitarne odvodnje iscrtana po njima imala stvarne koordinate u prostoru. Točke kojima se ne može iščitati nadmorska visina preko topografskih karata, mogu se locirati u softveru Google Earth.



Slika 3.2.1. DOF karta Vukovina - Staro Čiče - UPOV

Na slici 3.2.1. DOF-ova je karta, a na slici 3.2.2. HOK-ova karta. Žuta ikona predstavlja UPOV Velika Gorica.

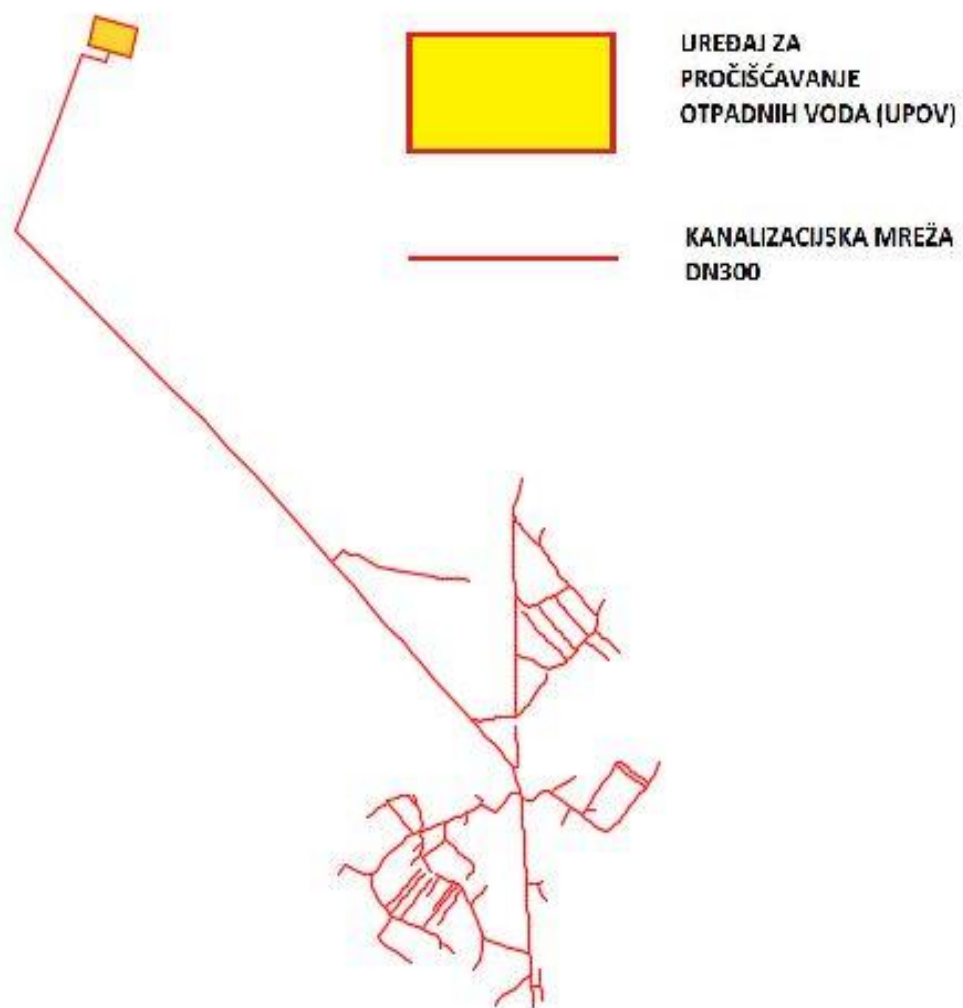


Slika 3.2.2. HOK karta Vukovina - Staro Čiče - UPOV s kotama terena

4. HIDRAULIČKI PRORAČUN

4.1. SWMM RAČUNALNI PROGRAM

SWMM (Storm Water Management Model) računalni je program za za simulaciju količine i kvalitete površinske/podzemne hidrologije prvenstveno iz urbanih/prigradskih područja. Voda se u modelu transportira kroz sustav zatvorenih cijevi, crpnih bazena, pumpi, tlačnih cjevovoda do uređaja za skladištenje (tretman). SWMM prati količinu i kvalitetu otjecanja generiranog unutar svakog podsliva, te brzinu protoka i dubinu protoka u svakoj cijevi i kanalu tijekom razdoblja simulacije podijeljenog u više vremenskih koraka. Za potrebe sanitarne odvodnje SWMM se koristi za hidrauličko modeliranje kanalizacijske mreže.



Slika 4.1.1. DWG kanalizacijske mreže i UPOV-a

Mreža iz AutoCada unosi se u program SWMM. Sve promjene parametara mreže mogu se izvoditi u programu SWMM, ali postoji i zapis podataka u Notepad datoteci. Iz nje se podaci o komponentama sustava mogu unijeti u Excel i jednostavnije uređivati pa, po završetku, ponovno vratiti u Notepadovu datoteku. To su zapisi o čvorovima, kotama terena, kotama nivelete, dubinama ukopavanja, dionicama, duljinama dionica, početnim i završnim čvorovima dionica, hrapavosti, promjerima cijevi, nadvišenjima nivelete ulazne cijevi u odnosu na crpni bazen, pumpama, režimima rada pumpi, tlačnim cjevovodima, neravnomjernostima potrošnje itd.

4.2. PRORAČUN OPTEREĆENJA DIONICA I ČVOROVA MREŽE

Hidrauličko opterećenje sustava sanitarne odvodnje dobiva se iz prethodno analiziranih potreba za vodom. Koeficijent umanjenja potrošnje vode kod izračuna količina sanitarne otpadne vode iznosi 0.9 za stalno stanovništvo te 0.8 za privredu.

POTROŠNJA VODE

KOLIČINE SANITARNE ODVODNJE



q _{max,h,stan} [l/s]		
Kategorija	2021	2050
Stalno stanovništvo	3,61	5,96
Privreda	0,79	0,83
Ukupno	4,40	6,79

q _{max,h,stan} [l/s]		
Kategorija	2021	2050
Stalno stanovništvo	3,25	5,432
Privreda	0,63	0,664
Ukupno	3,88	6,096

Tablica 4.2.1. Opterećenje kanalizacijske mreže po kategorijama potrošača

Posebna je kategorija potrošača Tuđe vode. Ona se procjenjuje kao 100%-tna vrijednost sušnog dotoka svih kategorija, odnosno 6.096 l/s. Podrazumijeva ilegalne priključke oborinske odvodnje te propuštanja oknima i pukotinama cijevi.

Mjerodavno hidrauličko opterećenje sanitarne otpadne odvodnje sastoji se od stalnog stanovništva, privrede i škole i tuđih voda . Ukupna duljina kanalizacijske mreže iznosi $L = 19140$ [m]. Specifično opterećenje po čvoru mreže dobiva se preko kategorije Stalno stanovništvo i iznosi:

$$q_{spec} = \frac{Q_{STANOVNIŠTVO}^{MODEL}}{L_{MREŽE}} = 0,0002838 \text{ [l/s/m]}.$$

Opterećenje od Privrede dodaje se lokalno u nekoliko čvorova gdje postoje industrijski potrošači. Opterećenje od tuđih voda dodaje se posebno.

Čvorovi na koje je priključena posebna kategorija potrošača ili samo koncentrirani dotoci (industrija, škola), imaju pridružena pripadajuća opterećenja. Također, neravnomjernosti potrošnje iskazuju se u satnim intervalima pomoću koeficijenta satne neravnomjernosti, kao i za vodoopskrbu, i pridružuju se pripadnim skupinama potrošača.

STALNO STANOVNIŠTVO	PRIVREDA	ŠKOLA
0.125	0.5	0
0.125	0.5	0
0.125	0.5	0
0.125	0.5	0
0.25	0.5	0
0.5	0.5	0
0.625	1.0	1.0
0.625	1.0	1.0
0.625	1.0	1.0
0.625	1.0	1.0
0.75	1.0	1.0
0.75	1.0	1.0
1.0	1.0	1.0
1.0	1.0	1.0
0.875	1.0	1.0
0.75	1.0	1.0
0.75	1.0	1.0
0.625	1.0	1.0
0.625	1.0	1.0
0.5	0.5	1.0
0.5	0.5	1.0
0.25	0.5	1.0
0.1875	0.5	1.0
0.1875	0.5	0

Tablica 4.2.2. Koeficijenti satne neravnomjernosti potrošnje po kategorijama potrošača

Iz tablice 4.2.2. vidljiv je porast potrošnje tijekom dana, tj. maksimumi za Stalno stanovništvo ostvaruju se u poslijepodnevnim satima nakon dolaska stanovništva kućama. Privreda ostvaruje najveću potrošnju tijekom radnog vremena, ali s obzirom na rad u smjenama, pretpostavljeno je djelomično opterećenje tijekom cijelog dana. Škola noću ne opterećuje mrežu, ali tijekom dana očekuje se vršno opterećenje, kao i navečer u slučaju sportskog te kulturnog programa i sl.

Opterećenje sanitarnom otpadnom odvodnjom u svakom pojedinom čvoru predstavlja specifično opterećenje uvećano duljinom dionice koja pripada tom čvoru

$$q_i = q_{spec} \cdot L_i [l/s] .$$

U tablici 4.2.3. popis je svih dionica s pripadnim duljinama, hrapavošću, početnim i krajnjim čvorovima te opterećenju po dionici. Promjer cjevovoda u gravitacijskom režimu iznosi DN300, a cijevi su termoplastične. Tlačni cjevovodi su promjera DN80 i DN150.

DIONICA	POČETNI ČVOR	KRAJNI ČVOR	DULJINA	HRAPAVOST	PROMJER	POTROŠNJA
p1	n1	n2	176,2	0,013	300	0,1096
p2	n3	n4	88,06	0,013	300	0,0548
p3	n5	n6	74,84	0,013	300	0,0466
p4	n7	n8	158,9	0,013	300	0,0988
p5	n9	n10	142,8	0,013	300	0,0888
p6	n2	n11	364,7	0,013	300	0,2268
p7	n11	n12	97,05	0,013	300	0,0604
p8	n12	n13	165,3	0,013	300	0,1028
p9	n14	n13	286,1	0,013	300	0,1780
p10	n6	n8	72,16	0,013	300	0,0449
p11	n8	n15	33,9	0,013	300	0,0211
p12	n15	n10	36,81	0,013	300	0,0229
p13	n10	n16	54,71	0,013	300	0,0340
p14	n16	n17	62,91	0,013	300	0,0391
p15	n17	n18	81,51	0,013	300	0,0507
p16	n18	n19	38,28	0,013	300	0,0238
p17	n19	n13	156,7	0,013	300	0,0975
p18	n20	n14	246,7	0,013	300	0,1534
p19	n21	n4	176,5	0,013	300	0,1098
p20	n4	n22	230	0,013	300	0,1431
p21	n23	n22	175,8	0,013	300	0,1093
p22	n24	n17	312,4	0,013	300	0,1943
p23	n25	n15	242,7	0,013	300	0,1510
p24	n26	n16	262,3	0,013	300	0,1632
p25	n22	n27	83,36	0,013	300	0,0518
p26	n27	n28	92,75	0,013	300	0,0577
p27	n28	n29	123,3	0,013	300	0,0767
p28	n30	n31	707,1	0,013	300	0,4398
p29	n32	n33	131,3	0,013	300	0,0817
p30	n33	n34	53,96	0,013	300	0,0336
p31	n34	n35	17,22	0,013	300	0,0107
p32	n158	n36	75,06	0,013	300	0,0467
p33	n36	n37	145	0,013	300	0,0902
p34	n38	n39	47,96	0,013	300	0,0298
p35	n39	n40	145,7	0,013	300	0,0906
p36	n41	n42	117,6	0,013	300	0,0731
p37	n43	n44	198,9	0,013	300	0,1237
p38	n45	n46	122,3	0,013	300	0,0761
p39	n47	n48	137,9	0,013	300	0,0858
p40	n49	n50	156,5	0,013	300	0,0973
p41	n51	n52	101,9	0,013	300	0,0634
p42	n53	n52	24,13	0,013	300	0,0150
p43	n52	n54	44,56	0,013	300	0,0277

DIONICA	POČETNI ČVOR	KRAJNI ČVOR	DULJINA	HRAPAVOST	PROMJER	POTROŠNJA
p44	n54	n50	23,2	0,013	300	0,0144
p45	n46	n44	26,57	0,013	300	0,0165
p46	n44	n42	89,4	0,013	300	0,0556
p47	n55	n56	150,2	0,013	300	0,0934
p48	n57	n58	219,3	0,013	300	0,1364
p49	n59	n60	100,9	0,013	300	0,0628
p50	n61	n62	69,57	0,013	300	0,0433
p51	n60	n58	48,94	0,013	300	0,0304
p52	n63	n62	77,26	0,013	300	0,0481
p53	n62	n60	44,95	0,013	300	0,0280
p54	n58	n64	71,1	0,013	300	0,0442
p55	n64	n65	23,45	0,013	300	0,0146
p56	n42	n56	155	0,013	300	0,0964
p57	n66	n67	89,42	0,013	300	0,0556
p58	n68	n67	26,86	0,013	300	0,0167
p59	n67	n69	53,87	0,013	300	0,0335
p60	n65	n69	318,5	0,013	300	0,1981
p61	n70	n71	244,7	0,013	300	0,1522
p62	n72	n73	247,8	0,013	300	0,1541
p63	n74	n75	252,2	0,013	300	0,1569
p64	n76	n77	72,99	0,013	300	0,0454
p65	n78	n77	13	0,013	300	0,0081
p66	n77	n79	71,65	0,013	300	0,0446
p67	n79	n48	47,37	0,013	300	0,0295
p68	n48	n80	23,45	0,013	300	0,0146
p69	n80	n81	45,24	0,013	300	0,0281
p70	n81	n71	50,35	0,013	300	0,0313
p71	n82	n83	306,6	0,013	300	0,1907
p72	n84	n85	56,41	0,013	300	0,0351
p73	n86	n87	50,24	0,013	300	0,0312
p74	n88	n89	22,77	0,013	300	0,0142
p75	n89	n90	23,11	0,013	300	0,0144
p76	n90	n91	32,44	0,013	300	0,0202
p77	n85	n87	60,53	0,013	300	0,0376
p78	n91	n92	138,7	0,013	300	0,0863
p79	n93	n92	257,5	0,013	300	0,1602
p80	n94	n95	47,69	0,013	300	0,0297
p81	n96	n97	122	0,013	300	0,0759
p82	n98	n97	175,8	0,013	300	0,1093
p83	n97	n95	165,1	0,013	300	0,1027
p84	n87	n99	50,98	0,013	300	0,0317
p85	n95	n100	33,2	0,013	300	0,0207
p86	n100	n101	93,69	0,013	300	0,0583
p87	n71	n83	36,36	0,013	300	0,0226

DIONICA	POČETNI ČVOR	KRAJNI ČVOR	DULJINA	HRAPAVOST	PROMJER	POTROŠNJA
p88	n83	n75	23,18	0,013	300	0,0144
p89	n75	n73	33,49	0,013	300	0,0208
p90	n73	n40	171,4	0,013	300	0,1066
p91	n40	n102	270,2	0,013	300	0,1681
p92	n102	n99	33,34	0,013	300	0,0207
p93	n154	n101	135,4	0,013	300	0,0842
p94	n92	n103	88,38	0,013	300	0,0550
p95	n103	n104	102,8	0,013	300	0,0639
p96	n105	n104	55,14	0,013	300	0,0343
p97	n106	n107	71,6	0,013	300	0,0445
p98	n104	n107	70,04	0,013	300	0,0436
p99	n107	n108	141,5	0,013	300	0,0880
p100	n108	n109	93,07	0,013	300	0,0579
p101	n110	n111	22,3	0,013	300	0,0139
p102	n111	n112	25,37	0,013	300	0,0158
p103	n112	n113	218,5	0,013	300	0,1359
p104	n113	n114	33,79	0,013	300	0,0210
p105	n115	n116	100,9	0,013	300	0,0628
p106	n116	n117	25,87	0,013	300	0,0161
p107	n118	n119	60,89	0,013	300	0,0379
p108	n119	n110	17,66	0,013	300	0,0110
p109	n120	n111	80,76	0,013	300	0,0502
p110	n121	n122	81,33	0,013	300	0,0506
p111	n123	n116	99,02	0,013	300	0,0616
p112	n117	n124	207,6	0,013	300	0,1291
p113	n124	n114	204,5	0,013	300	0,1272
p114	n125	n113	46,48	0,013	300	0,0289
p115	n126	n155	134,6	0,013	300	0,0837
p116	n128	n129	92,88	0,013	300	0,0578
p117	n114	n129	74,59	0,013	300	0,0464
p118	n155	n129	105,4	0,013	300	0,0656
p119	n127	n130	170,9	0,013	300	0,1063
p120	n69	n131	58,58	0,013	300	0,0364
p121	n156	n131	112,2	0,013	300	0,0698
p122	n132	n130	209,7	0,013	300	0,1304
p123	n130	n109	21,4	0,013	300	0,0133
p124	n133	n35	102,5	0,013	300	0,0638
p125	n35	n134	202,3	0,013	300	0,1258
p126	n134	n135	50,23	0,013	300	0,0312
p127	n135	n37	48,68	0,013	300	0,0303
p128	n37	n136	100,5	0,013	300	0,0625
p129	n136	n137	71,41	0,013	300	0,0444
p130	n137	n138	40,48	0,013	300	0,0252
p131	n138	n139	50,38	0,013	300	0,0313

DIONICA	POČETNI ČVOR	KRAJNI ČVOR	DULJINA	HRAPAVOST	PROMJER	POTROŠNJA
p132	n139	n140	100,3	0,013	300	0,0624
p133	n140	n141	55,52	0,013	300	0,0345
p134	n141	n142	70,37	0,013	300	0,0438
p135	n142	n143	70,34	0,013	300	0,0438
p136	n143	n144	70,61	0,013	300	0,0439
p137	n144	n31	348,5	0,013	300	0,2168
CRPNI_6	TLACNI_6	n145	223,9	0,013	80	0,1393
p139	n145	n146	330,6	0,013	300	0,2056
p140	n146	n147	345,9	0,013	300	0,2151
p141	n147	n148	214,6	0,013	300	0,1335
CRPNI_7	TLACNI_7	n149	790,7	0,013	80	0,4918
p143	n149	n150	240,4	0,013	300	0,1495
p144	n150	n151	867,8	0,013	300	0,5398
p145	n151	n152	170,3	0,013	300	0,1059
p146	n56	n153	223,5	0,013	300	0,1390
p147	n153	n65	14,44	0,013	300	0,0090
n150	n157	n109	20,85	0,013	300	0,0130
p151	n29	n11	5,91	0,013	300	0,0037
p152	n122	n117	13,04	0,013	300	0,0081
p153	n99	n101	10,93	0,013	300	0,0068
p154	n50	n46	25,52	0,013	300	0,0159
CRPNI_1	TLACNI_1	n103	135,4	0,013	80	0,0842
CRPNI_2	TLACNI_2	n127	105,4	0,013	80	0,0656
CRPNI_3	TLACNI_3	n132	112,2	0,013	80	0,0698
CRPNI_4	TLACNI_4	n133	20,85	0,013	80	0,0130
CRPNI_5	TLACNI_5	n158	286,1	0,013	80	0,1780
		Σ	19629,4			12,2

Tablica 4.2.3. Potrošnja vode po dionicama kanalizacijske mreže

Tablica 4.2.4. daje prikaz opterećenja po čvorovima. Potrošnja u čvorovima računa se zbrajanjem vrijednosti potrošnje stalnog stanovništva, privrede i škole. Većinska potrošnja odnosi se na Stalno stanovništvo i Tuđe vode koje su označene kategorijom „zajednicki“. Kategorija „privreda“ uglavnom se nalazi u čvorovima koji imaju potrošnju i od stanovništva jer se privredni subjekti nalaze na trasi kojom prolazi kanalizacija. Tako se potrošnja u tim čvorovima računa kao zbroj potrošnje stanovništva i privrede. Škola se kao jedini potrošač na čvoru mreže računa kao posebna kategorija zbog velikog opterećenja tijekom dana i pripada kategoriji „škola“.

Za svaki čvor promatra se polovica duljine svih dionica koje se spajaju u njemu. Tako je pokriveno ukupno opterećenje sustava. Za početne čvorove dionica vrijedi isto pravilo kao i za ostale čvorove.

Da bi se utvrdilo pravilno pridruženje opterećenja, zbroj vrijednosti potrošnje po dionicama za sve kategorije mora odgovarati ukupnoj potrošnji u svim čvorovima.

ČVOR	POTROŠNJA (l/s)	KATEGORIJA
n1	0,0500	"zajednicki"
n2	0,1535	"zajednicki"
n3	0,0250	"zajednicki"
n4	0,1404	"zajednicki"
n5	0,0212	"zajednicki"
n6	0,0417	"zajednicki"
n7	0,0451	"zajednicki"
n8	0,0752	"zajednicki"
n9	0,0405	"zajednicki"
n10	0,0665	"zajednicki"
n11	0,1327	"zajednicki"
n12	0,1905	"privreda"
n13	0,1726	"zajednicki"
n14	0,1725	"zajednicki"
n15	0,0889	"zajednicki"
n16	0,1078	"zajednicki"
n17	0,1296	"zajednicki"
n18	0,0340	"zajednicki"
n19	0,0553	"zajednicki"
n20	0,0700	"zajednicki"
n21	0,0501	"zajednicki"
n22	0,1388	"zajednicki"
n23	0,0499	"zajednicki"
n24	0,0887	"zajednicki"
n25	0,0689	"zajednicki"
n26	0,0744	"zajednicki"
n27	0,0500	"zajednicki"
n28	0,0613	"zajednicki"
n29	0,0367	"zajednicki"
n30	0,2007	"zajednicki"
n31	0,4791	"zajednicki"
n32	0,0373	"privreda"
n33	0,0526	"zajednicki"
n34	0,1362	"zajednicki"
n35	0,0914	"zajednicki"
n36	0,0625	"privreda"
n37	0,0835	"zajednicki"
n38	0,1296	"zajednicki"
n39	0,0550	"zajednicki"
n40	0,1667	"zajednicki"

ČVOR	POTROŠNJA (l/s)	KATEGORIJA
n41	0,0334	"zajednicki"
n42	0,1027	"zajednicki"
n43	0,0564	"zajednicki"
n44	0,0894	"zajednicki"
n45	0,0347	"zajednicki"
n46	0,0495	"zajednicki"
n47	0,0391	"zajednicki"
n48	0,0592	"zajednicki"
n49	0,0444	"zajednicki"
n50	0,0582	"zajednicki"
n51	0,0289	"zajednicki"
n52	0,0484	"zajednicki"
n53	0,0068	"zajednicki"
n54	0,0192	"zajednicki"
n55	0,0426	"zajednicki"
n56	0,1500	"zajednicki"
n57	0,0622	"zajednicki"
n58	0,0963	"zajednicki"
n59	0,0286	"zajednicki"
n60	0,0553	"zajednicki"
n61	0,0197	"zajednicki"
n62	0,0544	"zajednicki"
n63	0,0219	"zajednicki"
n64	0,0268	"zajednicki"
n65	0,1011	"zajednicki"
n66	0,0254	"privreda"
n67	0,0483	"zajednicki"
n68	0,1236	"zajednicki"
n69	0,1223	"zajednicki"
n70	0,0694	"zajednicki"
n71	0,0941	"zajednicki"
n72	0,0703	"zajednicki"
n73	0,1285	"zajednicki"
n74	0,0716	"zajednicki"
n75	0,0877	"zajednicki"
n76	0,0207	"zajednicki"
n77	0,0447	"zajednicki"
n78	0,0037	"zajednicki"
n79	0,0338	"zajednicki"
n80	0,0195	"zajednicki"

ČVOR	POTROŠNJA (l/s)	KATEGORIJA
n81	0,0271	"zajednicki"
n82	0,0870	"zajednicki"
n83	0,1039	"zajednicki"
n84	0,0160	"zajednicki"
n85	0,0332	"zajednicki"
n86	0,0143	"zajednicki"
n87	0,0459	"zajednicki"
n88	0,0065	"zajednicki"
n89	0,0130	"zajednicki"
n90	0,0158	"zajednicki"
n91	0,0486	"zajednicki"
n92	0,1375	"zajednicki"
n93	0,0731	"zajednicki"
n94	0,0135	"zajednicki"
n95	0,0698	"zajednicki"
n96	0,0346	"zajednicki"
n97	0,1314	"zajednicki"
n98	0,0499	"zajednicki"
n99	0,0270	"zajednicki"
n100	0,0360	"zajednicki"
n101	0,0681	"zajednicki"
n102	0,0861	"zajednicki"
n103	0,0543	"zajednicki"
n104	0,0647	"zajednicki"
n105	0,0156	"zajednicki"
n106	0,0203	"zajednicki"
n107	0,0804	"zajednicki"
n108	0,0666	"zajednicki"
n109	0,0384	"zajednicki"
n110	0,0113	"zajednicki"
n111	0,0364	"zajednicki"
n112	0,0692	"zajednicki"
n113	0,0848	"zajednicki"
n114	0,0888	"zajednicki"
n115	0,0286	"zajednicki"
n116	0,0641	"zajednicki"
n117	0,0700	"zajednicki"
n118	0,0173	"zajednicki"
n119	0,0223	"zajednicki"
n120	0,0229	"zajednicki"

ČVOR	POTROŠNJA (l/s)	KATEGORIJA
n121	0,0231	"zajednicki"
n122	0,0268	"zajednicki"
n123	0,0281	"zajednicki"
n124	0,1170	"zajednicki"
n125	0,2000	"skola"
n126	0,0382	"zajednicki"
n127	0,0485	"zajednicki"
n128	0,0264	"zajednicki"
n129	0,0774	"zajednicki"
n130	0,1141	"privreda"
n131	0,0485	"privreda"
n132	0,0595	"zajednicki"
n133	0,0291	"zajednicki"
n134	0,0717	"privreda"
n135	0,0281	"zajednicki"
n136	0,1648	"privreda"
n137	0,1478	"zajednicki"
n138	0,0258	"zajednicki"
n139	0,0428	"zajednicki"
n140	0,1602	"zajednicki"
n141	0,0357	"privreda"
n142	0,1559	"zajednicki"
n143	0,0400	"zajednicki"
n144	0,1189	"zajednicki"
n145	0,1574	"zajednicki"
n146	0,1920	"zajednicki"
n147	0,2751	"zajednicki"
n148	0,2853	"zajednicki"
n149	0,2926	"zajednicki"
n150	0,3145	"zajednicki"
n151	0,2946	"zajednicki"
n152	0,0483	"privreda"
n153	0,0675	"zajednicki"
n154	0,0543	"zajednicki"
n155	0,0681	"zajednicki"
n156	0,0318	"zajednicki"
n157	0,0059	"zajednicki"
n158	0,0213	"zajednicki"
Σ	12,2	

Tablica 4.2.4. Potrošnja vode po čvorovima kanalizacijske mreže

4.3. DIMENZIONIRANJE CRPNIH STANICA

Crpne stanice ugrađuju se na onim mjestima sustava gdje se nastoji kote nivelete podignuti na višu nadmorsku visinu kako bi se smanjio opseg zemljanih radova. Projektirani je sustav gravitacijsko-tlačni. Projektom je podijeljen na 8 poddionica u kojima se uspostavlja gravitacijski režim tečenja. Poddionice podijeljene su sa 7 crpni stanica koje crpe vodu iz prethodne dionice i provode ju do sljedeće dionice sve do zadnje točke sustava, tj. Uređaja za pročišćavanje otpadnih voda.

Granica dizanja kote nivelete određena je dubinom smrzavanja tla koja iznosi 0,8 metara. Stoga, kote nivelete gravitacijskih cjevovoda DN300 SN8 sa slobodnim vodnim licem te tlačnih cjevovoda DN80 PN6 mora biti na dubini većoj od 1 m od razine kote terena.



Slika 4.3.1. Primjer crpne stanice za sanitarnu odvodnju

4.3.1. ODREĐIVANJE SNAGE CRPNIH STANICA

Crpna stanica, tj. pumpa definirana je snagom potrebnom za podizanje vode na kotu veće nadmorske visine. Snaga crpnog agregata računa se prema izrazu:

$$P = \rho \frac{9.81 \cdot Q_{uk} \cdot H_{man}}{\mu}$$

gdje su:

Q_{uk} – protok [m^3/s]

H_{man} – manometarska visina dizanja sanitarne vode [m]

μ – koeficijent korisnog djelovanja crpke [1]

ρ – gustoća vode [kg/m^3].

Kako bi se odredila snaga crpke, potrebno je odrediti manometarsku visinu dizanja koja se određuje jednadžbom:

$$H_{man} = H_{st} + \Delta H$$

H_{man} – manometarska visina dizanja sanitarne vode [m]

H_{st} – statička visina dizanja sanitarne vode [m]

ΔH – ukupni hidraulički gubici (lokalni i linijski) [m]

Statička visina predstavlja visinsku udaljenost od najniže kote crpnog bazena s koje se crpi voda do kote nivelete tlačnog cjevovoda prekidnog okna. Vrijednost ukupnih hidrauličkih gubitaka dobiva se preko vrijednosti linijskih te lokalnih gubitaka. Linijski gubici dobivaju se iz izraza koji je ovisan o koeficijentu linijskih gubitaka, duljini tlačnog cjevovoda, brzini protjecanja kroz tlačnu cijev te promjeru tlačnog cjevovoda. Lokalni gubici računaju se s obzirom na vrijednosti lokalnih gubitaka na armaturama i fazonskim komadima crpne stanice i tlačnog cjevovoda.

Prosječna ukupna učinkovitost crpnog sustava iznosi $\mu = 0,65$. Na temelju ukupnog dotoka odabire se instalirani kapacitet crpke, a iznosi minimalno 4,0 l/s. Zbog maksimalnog satnog dotoka ljetnog perioda u crpnu stanicu koji iznosi oko 4,0 (l/s), kao i dotoka u crpne stanice CS6 i CS7 većih od 4,0 l/s, za crpnu stanicu odabrane su crpke s mogućnošću potopljene izvedbe (jedna radna + jedna rezervna) minimalnog i istog pojedinačnog kapaciteta $q_{CS} = 4,0$ (l/s). To je uobičajen način montiranja crpnih stanica kako bi u slučaju prestanka rada, remonta i sl. uvijek jedna crpka bila u radu.

U tablici 4.3.1.1. popis je parametara crpnih stanica. Navedene su lokacija, manometarska visina dizanja, maksimalni dotoci sanitarnih vode, kapaciteti crpnih stanica i snaga.

NAZIV CRPKE	ČVOR	H _{man} [m]	Q _{dotok} [l/s]	Q _{odabrano} [l/s]	P [kW]
PUMPA_1	CRPNA_1	4.51	1.02	4.00	0.27
PUMPA_2	CRPNA_2	5.09	0.48	4.00	0.31
PUMPA_3	CRPNA_3	5.35	0.86	4.00	0.32
PUMPA_4	CRPNA_4	3.94	2.91	4.00	0.24
PUMPA_5	CRPNA_5	7.54	1.15	4.00	0.45
PUMPA_6	CRPNA_6	5.17	4.06	4.00	0.66
PUMPA_7	CRPNA_7	5.17	4.34	4.00	0.75

Tablica 4.3.1.1. Karakteristike sanitarnih crpnih stanica

4.3.2. DIMENZIONIRANJE CRPNIH BAZENA

Volumen sabirno – crpnog bazena određen je izrazom:

$$V = \frac{0,9 \cdot Q_c}{n}$$

V – volumen sabirno-crpnog bazena [m³]

Q_c – instalirani kapacitet crpke [l/s]

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

Za $Q_c = 4 \text{ l/s}$ i $n = 5$, volumen sabirno-crpnog bazena iznosi $V = 0.72 \text{ m}^3$.

Dobivena vrijednost volumena crpnog bazena predstavlja minimalno potreban radni volumen crpnog bazena.

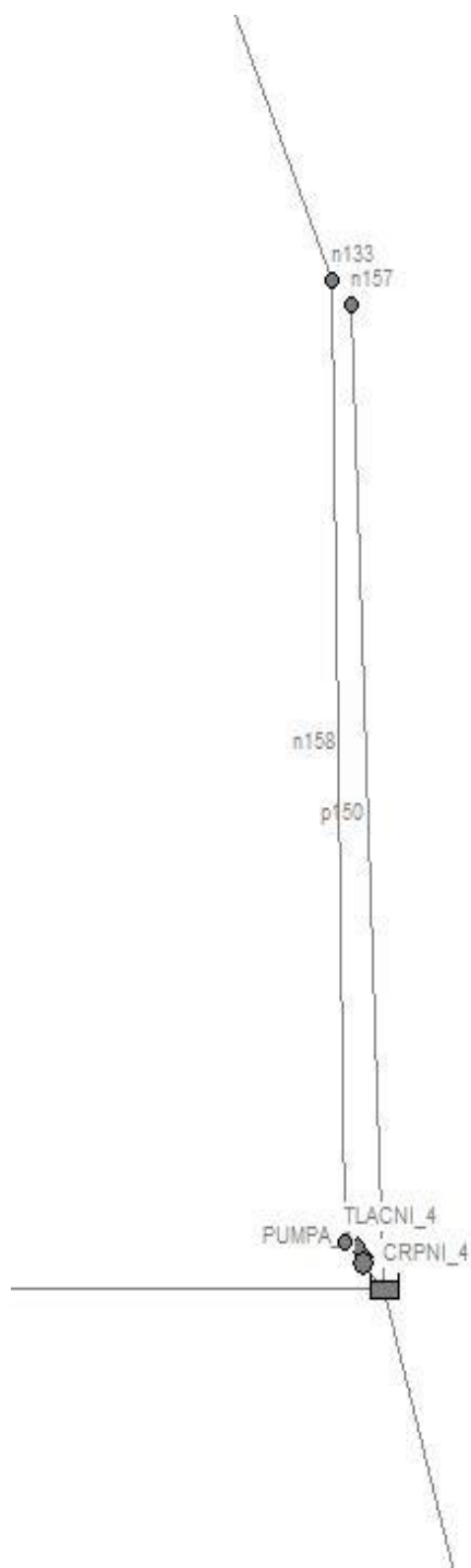
Tloctrne dimenzije crpnog bazena dobiju se iz uvjeta da njihov umnožak s radnom visinom stupca vode, koji iznosi cca 0.3 m, bude veći od dobivene vrijednosti volumena sabirno-crpnog bazena.

Potreban volumen retencije dobiva se iz srednje dnevne potrošnje vode i daje vremensku odgodu od 1,5 h, u kojoj bi nadležna komunalna tvrtka trebala osigurati alternativno crpljenje otpadne vode pomoću prijenosnog agregata.

Na temelju srednjeg dnevnog protoka dobiva se vrijednost potrebnog volumena retencije, koji iznosi $3,0 \text{ m}^3$. Volumen retencije pribraja se volumenu sabirno-crpnog bazena. Za ukupnu vrijednost volumena, potrebna svijetla visina iznosi minimalno 1.6 m. Dakle, kota dna crpnog bazena 1.6 m niža je od kote priključenja najnižeg kanala. Vrijeme potrebno za punjenje radnog volumena crpnog bazena ovisi o protoku. Ono uvjetuje broj paljenja i gašenja pumpi. Broj ciklusa rada pumpi predviđen je od 6 puta dnevno do više puta u jednom satu, ovisno o opterećenosti dionice. Tako se sprječava dulje vrijeme zadržavanja vode u crpnoj stanici što bi rezultiralo razvojem anaerobnih stanja u sanitarnoj otpadnoj vodi praćeno razvojem neugodnih mirisa.

4.3.3. REŽIM RADA CRPNIH STANICA

Režim rada crpnih stanica određen je visinama vode u crpnim bazenima pri kojima se crpka pali i visinama pri kojima se crpka gasi. Minimalna kota paljenja crpke određana je sa 0.5 m. Kota gašenja crpke iznosi od 0.8 m do 1.5 m. Visina radnog stupca iznosi minimalno 0.3 m. Dovodni cjevovodi koji ulaze u crpni bazen postavljaju se 1 m više od dna bazena. Time je ostvareno slobodno istjecanje vode koja ulazi u bazen. Kako bi se spriječilo povratno strujanje vode iz tlačnog cjevovoda u gravitacijski dio sustava, izvodi se prekid nivelete gravitacijskog cjevovoda prema crpnom bazenu, tj. razdvajanje gravitacijskog i tlačnog cjevovoda koji se nalaze na istoj dionici. Navedeno prikazuje slika 4.3.3.1 na dionicama p150 i p158.



Slika 4.3.3.1. Razdvajanje gravitacijskog i tlačnog dijela sustava

Slika 4.3.3.2. prikazuje režim rada crpnih stanica s paljenjem i gašenjem crpki.

RULE 1			
IF NODE CRPNI_1 DEPTH > 1.1			
THEN PUMP PUMPA_1 STATUS = ON			
RULE 2			
IF NODE CRPNI_1 DEPTH < 0.5			
THEN PUMP PUMPA_1 STATUS = OFF			
RULE 3			
IF NODE CRPNI_2 DEPTH > 1			
THEN PUMP PUMPA_2 STATUS = ON			
RULE 4			
IF NODE CRPNI_2 DEPTH < 0.5			
THEN PUMP PUMPA_2 STATUS = OFF			
RULE 5			
IF NODE CRPNI_3 DEPTH > 0.8			
THEN PUMP PUMPA_3 STATUS = ON			
RULE 6			
IF NODE CRPNI_3 DEPTH < 0.5			
THEN PUMP PUMPA_3 STATUS = OFF			
RULE 7			
IF NODE CRPNI_4 DEPTH > 1			
THEN PUMP PUMPA_4 STATUS = ON			
RULE 8			
IF NODE CRPNI_4 DEPTH < 0.5			
THEN PUMP PUMPA_4 STATUS = OFF			
RULE 9			
IF NODE CRPNI_5 DEPTH > 1.5			
THEN PUMP PUMPA_5 STATUS = ON			
RULE 10			
IF NODE CRPNI_5 DEPTH < 0.5			
THEN PUMP PUMPA_5 STATUS = OFF			
RULE 11			
IF NODE CRPNI_6 DEPTH > 1.3			
THEN PUMP PUMPA_6 STATUS = ON			
RULE 12			
IF NODE CRPNI_6 DEPTH < 0.5			
THEN PUMP PUMPA_6 STATUS = OFF			
RULE 13			
IF NODE CRPNI_7 DEPTH > 1.1			
THEN PUMP PUMPA_7 STATUS = ON			
RULE 14			
IF NODE CRPNI_7 DEPTH < 0.5			
THEN PUMP PUMPA_7 STATUS = OFF			

Slika 4.3.3.2. Režim rada crpnih stanica

4.3.4. CRPNI BAZENI U MODELU SWMM

Model sanitarne odvodnje sadrži 7 crpnih stanica.

U nastavku dane su dimenzije crpnih bazena:

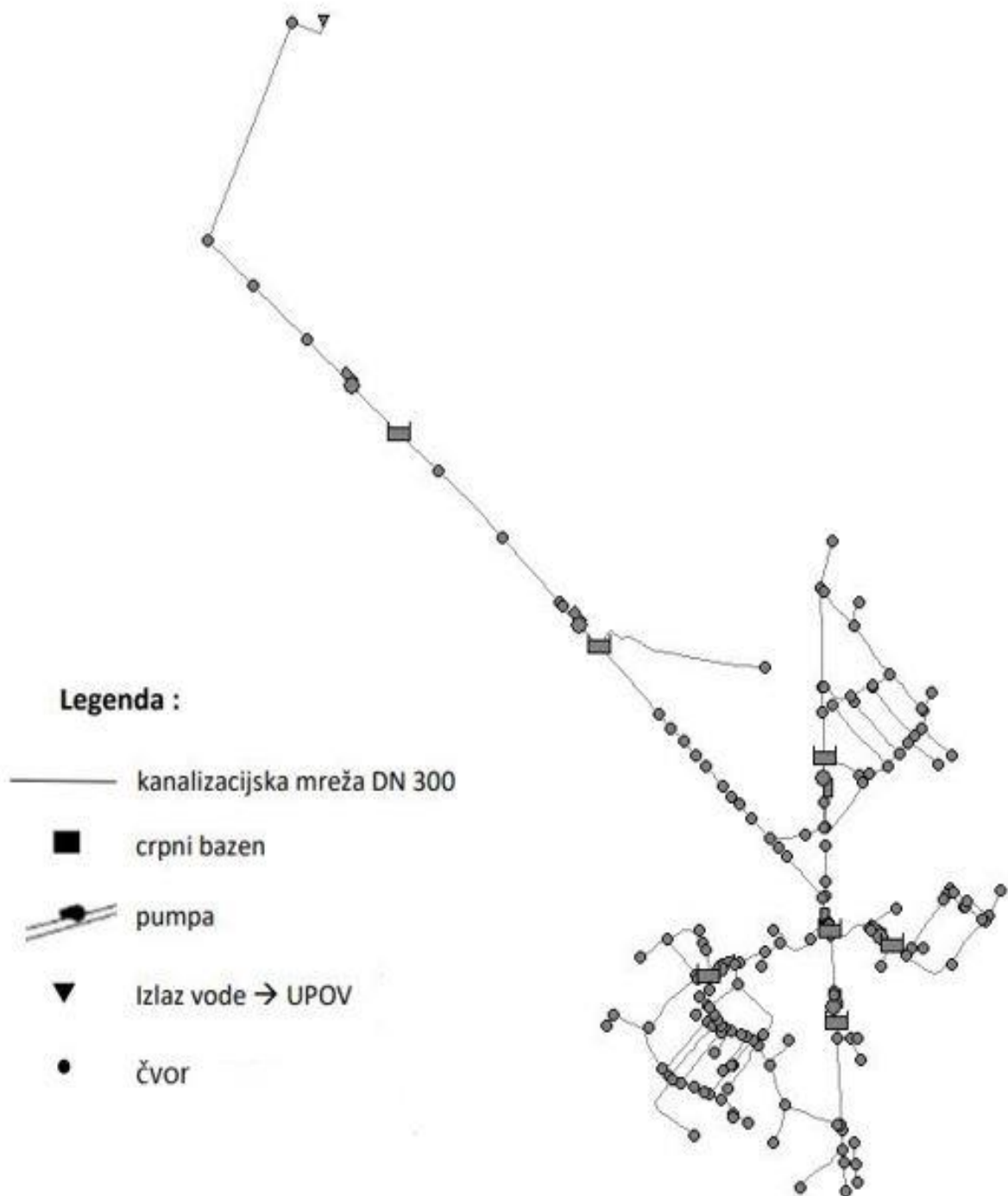
- CRPNI_1 – tlocrtne dimenzije 1.5 x 1.65 [m]; dubina – 3.73 [m]
- CRPNI_2 – tlocrtne dimenzije 1.5 x 1.4 [m]; dubina – 5.12 [m]
- CRPNI_3 – tlocrtne dimenzije 1.5 x 1.65 [m]; dubina – 4.61 [m]
- CRPNI_4 – tlocrtne dimenzije 1.5 x 1.65 [m]; dubina – 6.69 [m]
- CRPNI_5 – tlocrtne dimenzije 1.5 x 1.65 [m]; dubina – 7.12 [m]
- CRPNI_6 – tlocrtne dimenzije 1.5 x 1.65 [m]; dubina – 6.65 [m]
- CRPNI_7 – tlocrtne dimenzije 1.5 x 1.65 [m]; dubina – 6.38 [m]

Na slici 4.3.4.1 prikazan je crpni bazen sa crpnom stanicom.



Slika 4.3.4.1. Crpni bazen sa crpnom stanicom u izgradnji

4.4. MODEL MREŽE U PROGRAMU SWMM



Slika 4.4.1. Mreža sanitarne odvodnje u programu SWMM

4.5. TEHNIČKE KARAKTERISTIKE SUSTAVA

Sustav sanitarne odvodnje projektiran je kao kombinirani gravitacijsko-tlačni sustav odvodnje.

Gravitacijska mreža sastoji se od termoplastičnih cijevi profila DN300 SN8. Gravitacijske kanalizacione cijevi postavljaju se u minimalnom nagibu od 0,3% koji osigurava gravitacijsko tečenje. Hrapavost cijevi definira se kao Manningov koeficijent hrapavosti, tj. apsolutna pogonska hrapavost cijevi, a iznosi 0,013. Na slici 4.5.1. prikazane su termoplastične cijevi.



Slika 4.5.1. Termoplastične kanalizacione cijevi

Revizijska okna postavljaju se na točkama u kojima dolazi do promjena u režimu tečenja. Potrebno ih je ugraditi na mjestima većih potrošača vode te točkama promjene nagiba, tj. lomu trase u horizontalnom smislu te lomu nivelete u vertikalnom smislu. Također, važna su zbog pregleda i održavanja cjevovoda tako da ih je na gušće naseljenim dionicama potrebno postavljati na udaljenosti od 50 metara. Revizijska okna izgrađena su od betona s posebnom aditivima za potpunu vodonepropusnost. Beton zidova i ploča okna armirani je klase C25/30, a podložni beton je klase C12/15. Poklopac stropne ploče debljine 20 cm izvodi se kao lijevano-željezni. Revizijsko okno sadrži ljestve za pristup kako bi se otklonili potencijalni kvarovi, puknuća i slično. Predgotovljeni elementi koji tvore revizijsko okno sadrže već ugrađene ljestve. Dno onka debljine je 25 cm, a sadrži kinetu koja služi za preusmjeravanje toka, odnosno spoj ulazne i izlazne cijevi pod traženim kutom. Predgotovljeni element revizijskog okna s kinetom prikazan je na slici 4.5.2.



Slika 4.5.2. Element revizijskog okna s kinetom

Tlačni dio sustava odnosi se na crpne stanice i tlačne cjevovode. Crpne stanice sadrže pumpe za prepumpavanje vode na višu nadmorsku visinu. Imaju ugrađene protupovratne ventile kako bi se osigurao nepovratni tok vode u tlačnom cjevovodu. Ugrađuju se u paru, jedna kao radna, a druga kao rezervna. Snaga crpki je do 1 kW. Crpna stanica sadrži crpni bazen koji je također izveden od armiranog betona klase C25/30. Tlačni cjevovodi izrađeni su od termoplastičnih cijevi DN80 PN6 te DN150 PN6.

Tehničke karakteristike sustava su:

- | | |
|------------------------------------------------|------------|
| • ukupna duljina svih gravitacijskih kolektora | 19 140 [m] |
| • broj crpnih stanica | 7 [kom] |
| • ukupna duljina tlačnih cjevovoda | 1673 [m] |
| • broj prekidnih okana | 5 [kom] |
| • uređaj za pročišćavanje otpadnih voda | 1 [kom] |

Kanalizacijska mreža projektirana je tako da prati postojeće prometnice. S obzirom na postojeću mrežu instalacija na trasi izvedbe kanalizacije, treba pratiti projekte postojećih instalacija kako bi se izbjegla njihova oštećenja. Na mjestima susreta instalacija potrebno je prisustvo komunalnih poduzeća odgovornih za postojeće instalacije. Na takvim mjestima potrebno je vršiti ručni iskop trase.

Minimalna dubina ukopavanja cijevi određena je razinom smrznutosti tla koja iznosi 80 cm dubine. Tako minimalna dubina ukopavanja za cijevi DN300 iznosi više od 1 m.

Padovi nivelete iznose od 0.30 [%] do 5 [%] te su time zadovoljena ograničenja uzdužnih padova. Manji pad bio bi nepogodan jer ne omogućuje tečenje, a veći nagib uzrokuje povećanje brzina u cijevima, a time i rizik njihovog oštećenja u vidu erozije.

Dubine rovova iznose 1.1. – 5.5 [m]. Veće dubine odnose se na mjesta na kojima se postavljaju crpne stanice.

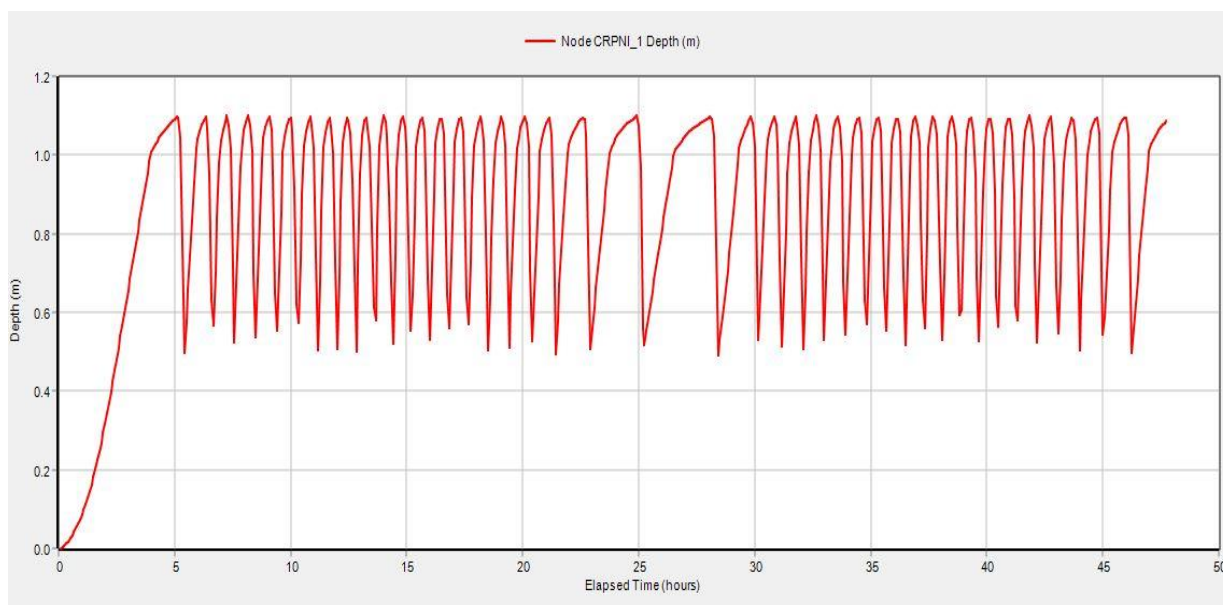
Širina rova, Br [m], određena je uvećanjem promjera cjevovoda za vrijednost definiranu u ovisnosti o promjeru cjevovoda. To je minimalno potrebna širina za razupiranje rova na većim potezima kopanja kako bi se osigurala zaštita radnika. Također, širina je potrebna i zbog radnog prostora prilikom postavljanja cijevi. Gravitacijski cjevovod DN 300 zahtijeva širinu rova određenu izrazom:

$$Br = D + 0.6 = 0.3 + 0.6 = 0.9 \text{ [m]}$$

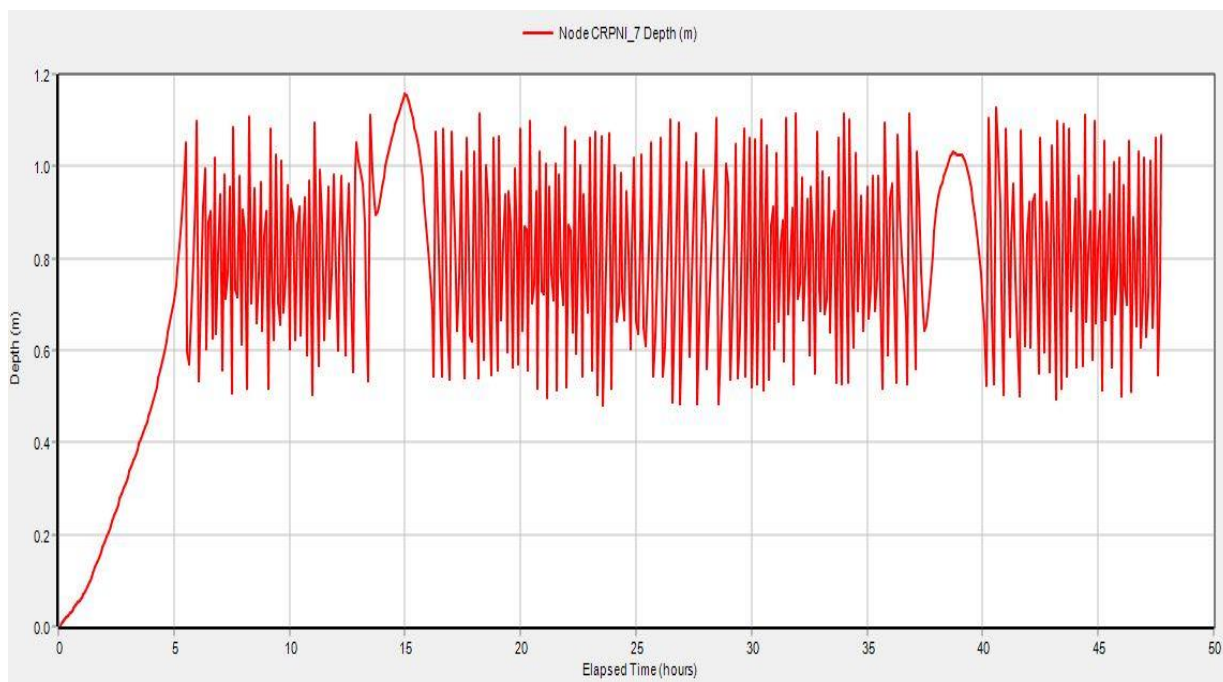
Dno rova izvodi se uz osiguranje jednolikog i neprekidnog nalijeganja kanalizacijskog gravitacijskog cjevovoda. Posteljica koja se postavlja na dno rova izvodi se od pijeska frakcije do 6 mm u sloju debljine 10-20 cm. Potrebno je pravilno zbijanje posteljice kako ne bi došlo do oštećenja cjevovoda. Tako površina posteljice mora biti ravna bez izbočina. Nakon postavljanja cijevi, prvo se zatrpavaju bočne strane cijevi pa se nakon toga zatrpava ostatak rova krupnijim agregatom.

4.6. ANALIZA REZULTATA SWMM MODELA

Na sljedećim slikama 4.6.1. i 4.6.2. prikaz je dubina vode u crpnim bazenima sa intervalima punjenja i pražnjenja.

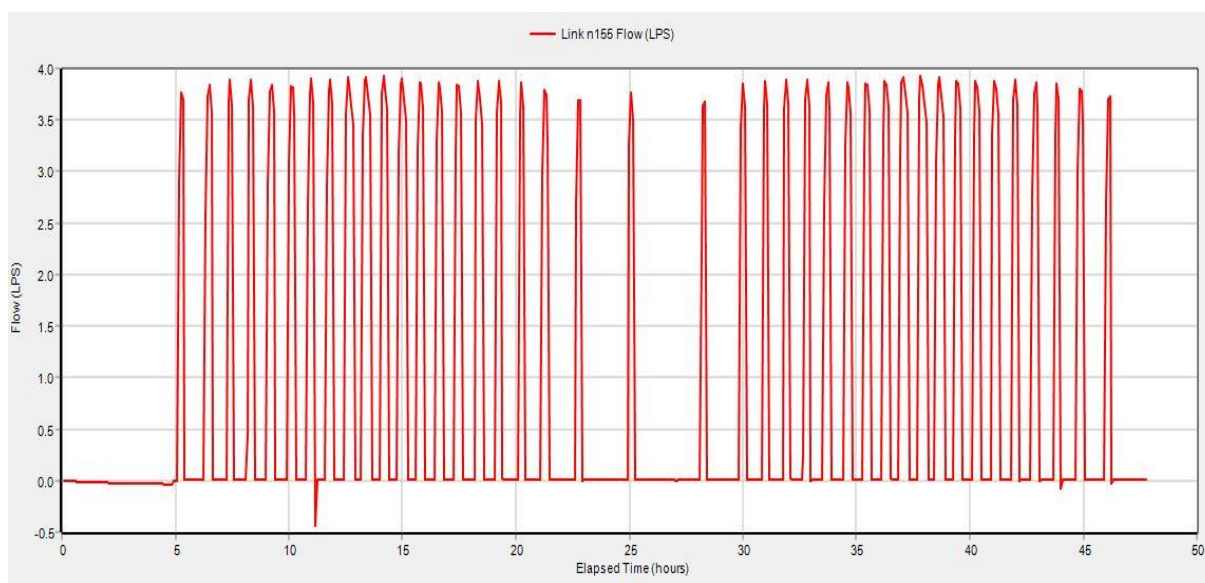


Slika 4.6.1. Dubina vode u crpnom bazenu CRPNI_1

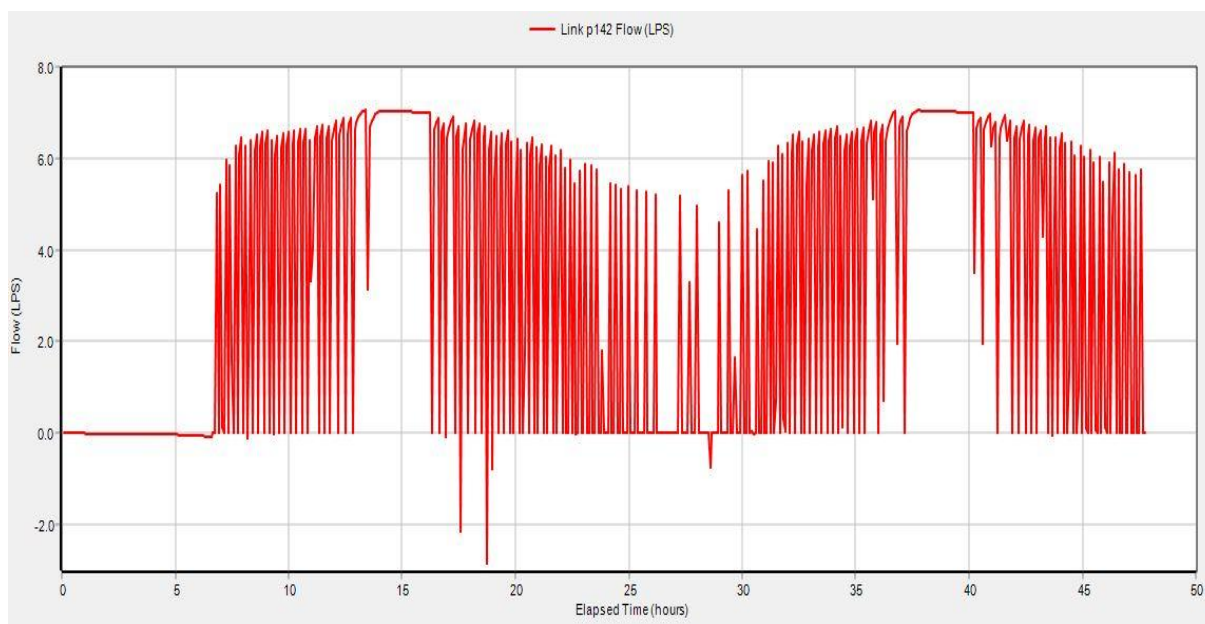


Slika 4.6.2. Dubina vode u crpnom bazenu CRPNI_7

Vidljiva je velika razlika u režimu rada crpne stanica u čvorovima CRPNI_1 i CRPNI_7. Obje stanice imaju jednaku kotu paljenja i gašenja pumpe, tj. 1.1 m i 0.5 m. Crpna stanica CRPNA_7 ima veću manometarsku visinu dizanja nego CRPNA_1. Također, crpna stanica CRPNA_1 opterećena je sa 16,5% ukupne duljine sliva, dok crpnoj stanici CRPNA_7 pripada 70,7% sliva. Zbog toga crpna stanica CRPNA_1 ima režim paljenja i gašenja 20 puta dnevno, a CRPNA_7 do nekoliko puta tijekom jednog sata.

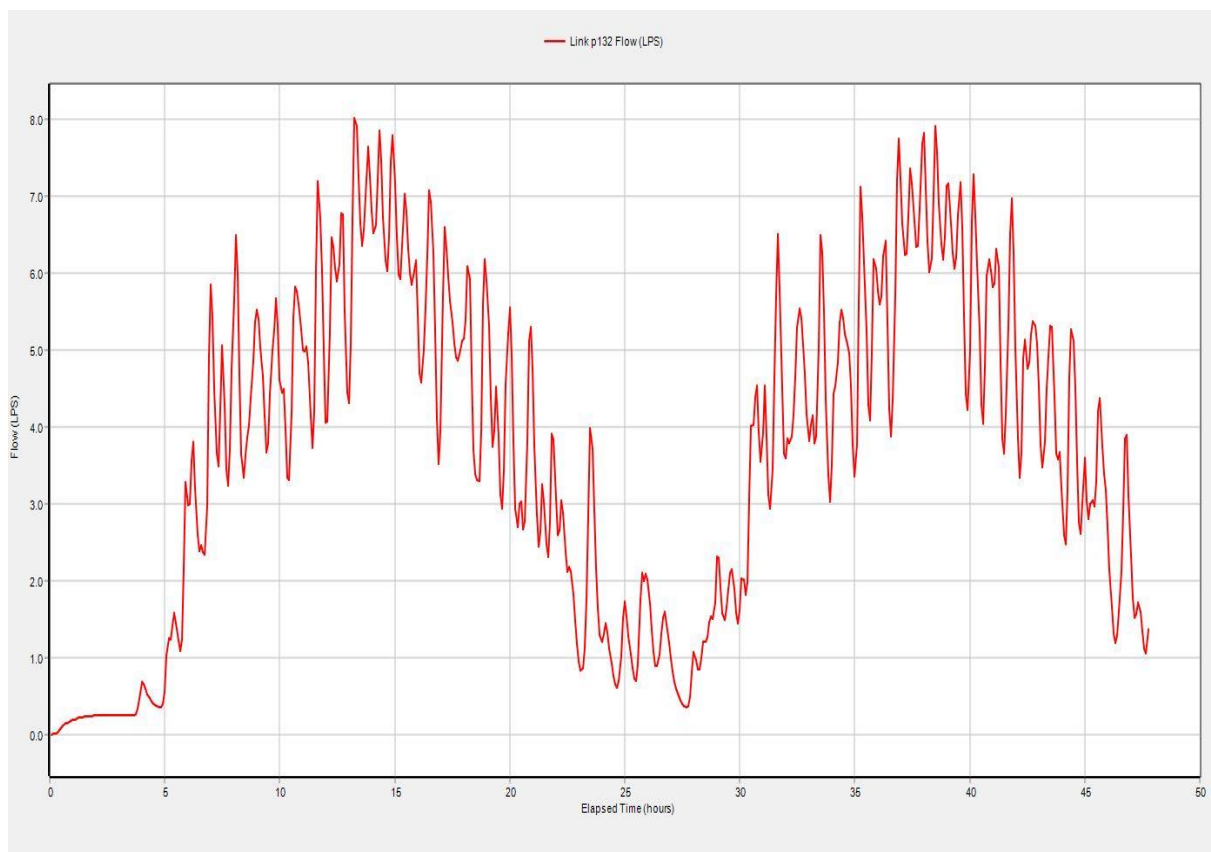


Slika 4.6.3. Protok tlačnim cjevovodom p155 iz crpne stanice CRPNA_1



Slika 4.6.4. Protok tlačnim cjevovodom p142 iz crpne stanice CRPNA_7

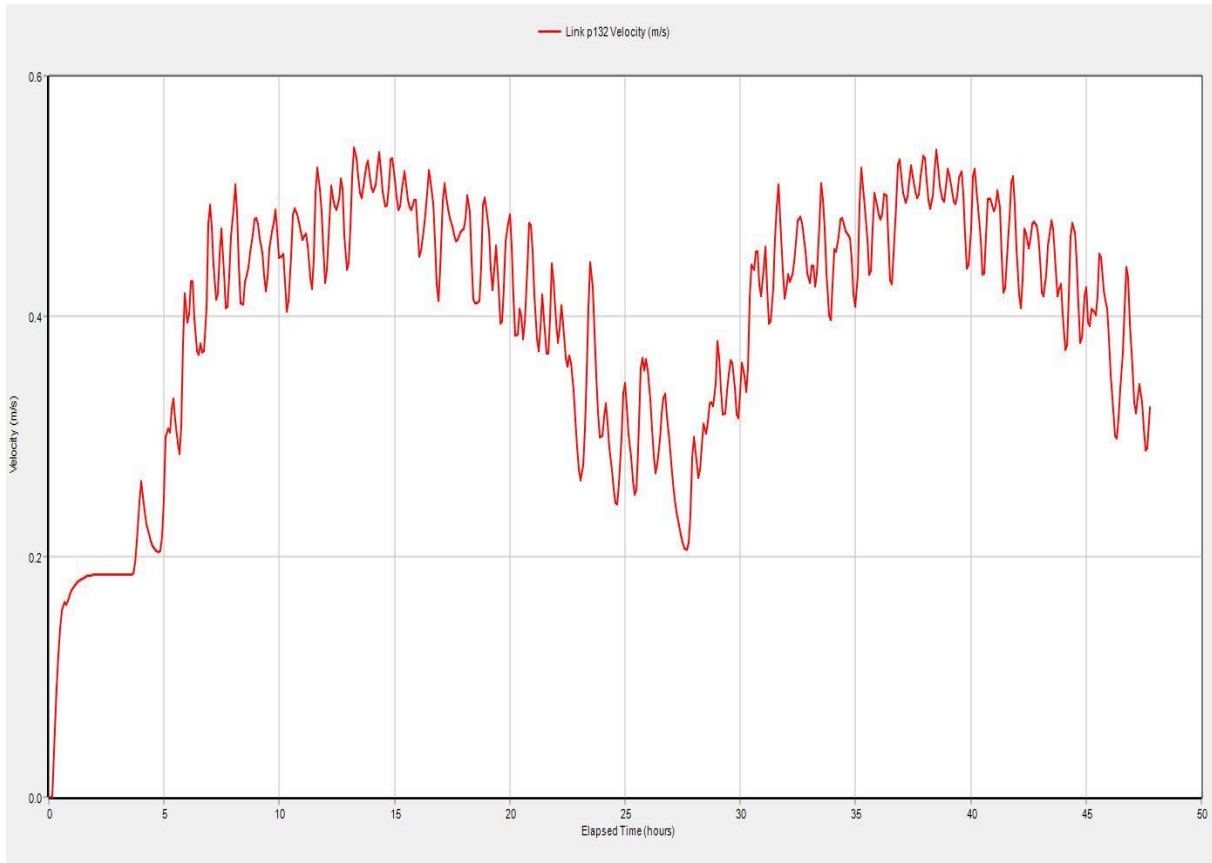
Slike 4.6.3. i 4.6.4. prikazuju dnevne protoke tlačnim cjevovodima za crpne stanice CRPNA_1 i CRPNA_7. Tlačni cjevovod p155 pripada crpnoj stanici u čvoru CRPNI_1, a tlačni cjevovod p142 crpnoj stanici CRPNI_7. Analogno razlici u režimu rada crpnih stanica, vidljiva je i razlika u broju punjenja tlačnih cjevovoda. Tlačni cjevovodi imaju sličan oblik dijagrama kao i crpne stanice kojima pripadaju zato što rad crpne stanice uzrokuje punjenje tlačnog cjevovoda. U oba slučaja, i na dijagramima crpne stanice te dijagramima tlačnih cjevovoda može se primijetiti vremenska odgoda početka rada crpne stanice CRPNA_7 i tlačnog cjevovoda p142 u odnosu na crpnu stanicu CRPNA_1 i tlačni cjevovod p155. To je rezultat geografske razlike crpnih stanica. Crpna stanica CRPNA_1 nalazi se u početnom dijelu mreže, dok je crpna stanica CRPNA_7 u završnom dijelu sustava, nedaleko od uređaja za pročišćavanje otpadnih voda. Crpne stanice međusobno su udaljene 3 kilometra u mreži sanitarne odvodnje. Protok u tlačnom cjevovodu veći je kod pumpe CRPNA_7 zbog većeg većeg promjera tlačnog cjevovoda p142.



Slika 4.6.5. Protok na dionici p132

Na slici 4.6.5. dan je protok u čvoru. Vršno opterećenje javlja se u periodu od 12 h do 15 h i iznosi između 7 - 8 litara po sekundi.

Brzina vode u sustavu trebala bi iznositi oko 1 m/s. Dijagram brzine na dionici n132 sa slike 4.6.6. daje profil brzine. Brzina je do 0.55 m/s, što se zanemaruje kao greška zbog malih količina potrošnje.



Slika 4.6.6. Profil brzine na dionici p132

4.7. UREĐAJ ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA

UPOV ili Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda posljednja je točka, tj. recipijent sustava za sanitarnu odvodnju. UPOV za sustav sanitarne odvodnje naselja Vukovina i Staro Čiče smješten je na rubu grada Velika Gorica. Zadatak UPOV-a prihvat je onečišćene vode, njezina obrada te ispuštanje vode u obližnji vodotok. UPOV je sustav koji se sastoji od više stupnjeva pročišćavanja. To su mehanički dio koji čine gruba rešetka, ulazna crpna stanica, fine rešetke, pjeskolova – mastolova i fekalne stanice. Otpadne vode pročišćavaju se na rešetkama, a zrak na biofiltru. Otpadna voda nakon grube rešetke dolazi do crpne stanice. Pjeskolov – mastolov sastoji se od dvije komore, jedne za taloženje tvari veće gustoće od vode, tj. pijeska koji se nakon obrade odvozi na odlagalište, i druge komore za taloženje ulja i masti koja se obrađuju u digestorima. Biološki dio pročišćavanja započinje smanjenjem organskog opterećenja prethodnim taložnicima. Slijede biospremnici koji pomoću stlačenog zraka miješaju otpadne vode s povratnim muljem. Naknadni taložnici povratni mulj odvođe prema biospremnocima, a višak mulja crpke potiskuju prema zgušnjivačima mulja.



Slika 4.7.1. Interaktivna kontrolna soba UPOV-a

Slika 4.7.1 prikazuje interaktivnu kontrolnu sobu. Ona sadrži legendu Uređaja za pročišćavanje otpadnih voda sa svim njenim elementima. Omogućuje u svakom trenutku praćenje funkcioniranja sustava kroz niz parametara kao što su temperature, količine otpada u pročišćivačima, brzine razgradnje, udjeli pojedinih kemijskih elemenata, pH vrijednosti i slično.

Cilj obrade mulja iz otpadne vode smanjenje je količine i mogućnost kontroliranog praćenja razgradnje otpadnog mulja. Također u postupku anaerobne stabilizacije mulja odvaja se bioplina koji se pretvara u električnu energiju.

Pročišćena otpadna voda odvodi se u obližnji prijemnik. Praćenja kakvoće vode na nizvodnim stanicama pojedinih pročišćivača otpadnih voda dala su rezultate poboljšanja kakvoće vode. Zasićenost otopljenim kisikom u vodi iznosi i više od 90%. Dobar pokazatelj toga je i slika 4.7.2. koja prikazuje prijemnik pročišćene otpadne vode koja je stanište zlatne ribice.



Slika 4.7.2. Prijemnik vode pročišćene na UPOVu

5. APROKSIMATIVNI TROŠKOVNIK

5.1. PRORAČUN TROŠKOVA IZGRADNJE SUSTAVA SANITARNE ODVODNJE

Troškovnik obuhvaća procjenu cjelokupnog troška izgradnje sustava sanitarne odvodnje za naselja Vukovinu i Staro Čiče sa spojem na postojeći Uredaj za pročišćavanje otpadnih voda (UPOV) u Velikoj Gorici.

S obzirom na razinu razrade projekta (Idejni projekt), troškovnik se izrađuje aproksimativno. Vrijednost investicije ovisi o nizu parametara kao što su tržišne cijene proizvoda koji se koriste u projektu, a promjenjive su u kratkim vremenskim periodima. Ovisi i o pogonskim troškovima, prilikama na terenu, korištenoj mehanizaciji itd.

S obzirom na navedeno, dan je okvirni izračun jediničnih cijena koje mogu odstupati od troškova izgradnje.

Izvođenje gravitacijskog sustava sanitarne odvodnje sastoji se od sljedećih stavki:

- iskolčenje trase cjevovoda i objekata s označavanjem važnijih točaka
- pregled trase kanala i lociranje postojećih instalacija
- označavanje lokacije radova prometnim znakovima i signalnim uređajima
- zasijecanje asfaltnih površina na prometnicama
- strojni iskop rova za polaganje kanalske mreže
- strojno - ručni iskop za proširenje rova na poziciji revizijskih okana
- razupiranje rova
- planiranje dna rova
- izvedba posteljice te bočnog i iznad tjemnog zatrpavanja cjevovoda
- odvoz preostalog materijala od iskopa na deponiju
- izvedba kompletnih armiranobetonskih revizijskih okana
- nabava, doprema i montaža termoplastičnih kanalizacijskih cijevi za izvedbu kanalske mreže, DN 300, SN 8
- izvedba gravitacijskih i tlačnih kućnih priključaka

- premještanje postojećih komunalnih instalacija (vode, struje, telefona)
- izvedba nosivog sloja i tampona kolničke konstrukcije
- asfaltiranje kolničkih ploha
- ispitivanje vodonepropusnosti kanalizacijskog sustava
- izrada elaborata katastra izvedenih instalacija
- televizijska inspekcija (CCTV) izvedenih kolektora

Tablica 5.1.1. Obračun po 1 m' izvedenog gravitacijskog cjevovoda

Tip	Količina	Cijena	Ukupna cijena
	[m']	[kn/m']	[kn]
DN 300	19,140	2,600	49,764,000

Izvedba tlačnog kanalizacijskog sustava odnosi se na:

- iskolčenje trase cjevovoda s označavanjem važnijih točaka
- pregled trase kanala i lociranje postojećih instalacija
- označavanje lokacije radova prometnim znakovima i signalnim uređajima
- zasijecanje asfaltnih površina na prometnicama
- strojni iskop rova za polaganje tlačnog cjevovoda
- razupiranje rova
- planiranje dna rova
- izvedba posteljice te bočnog i iznad tjemelog zatrpavanja cjevovoda
- odvoz preostalog materijala od iskopa na deponiju
- betoniranje uporišnih blokova na mjestima izraženih horizontalnih lomova trase tlačnog cjevovoda
- nabava, doprema i montaža termoplastičnih kanalizacijskih cijevi za izvedbu tlačnog cjevovoda, DN 80, PN 6, s potrebnim fazonskim komadima

- nabava, doprema i montaža termoplastičnih kanalizacijskih cijevi za izvedbu tlačnog cjevovoda, DN 150, PN 6, s potrebnim fazonskim komadima
- tlačna proba
- premještanje postojećih komunalnih instalacija (vode, struje, telefona)
- zatrpavanje preostalog dijela rova materijalom iz iskopa
- izvedba nosivog sloja i tampona kolničke konstrukcije
- asfaltiranje kolničkih ploha
- izrada elaborata katastra izvedenih instalacija

Tablica 5.1.2. Obračun po 1 m' izvedenog tlačnog cjevovoda

Tip	Količina	Cijena	Ukupna cijena
	[m']	[kn/m']	[kn]
DN 80	658	2400	1,579,200
DN 150	1,015	2600	2,639,000
UKUPNO:			4,218,200

Izvedba crpne stanice sastoji se od sljedećih stavki:

- iskolčenje objekta i snimak izvedenog stanja
- zasijecanje asfaltnih površina na prometnicama
- strojni iskop građevne jame
- planiranje dna građevne jame
- zatrpavanje građevne jame materijalom od iskopa
- odvoz viška materijala od iskopa na deponiju
- izvedba podložnog betona

- izvedba (armiranje, betoniranje) objekta crpne stanice (dna, zidova, ploča, kineta)
- nabava, doprema i montaža crpnih agregata, lijevano-željeznih fazonskih komada i armatura, izvedba spoja s tlačnim cjevovodom, puštanje u probni rad crpki
- nabava, doprema i montaža poklopaca i stupaljki
- ispitivanje vodonepropusnosti objekta crpne stanice
- dovod električne energije s potrebnim pripadnim radovima i opremom

Tablica 5.1.3. Obračun po 1 kom kompletno izvedene crpne stanice

Tip	Količina	Cijena	Ukupna cijena
	[kom]	[kn/kom]	[kn]
Crpna stanica	7	120,000	840,000

5.2. Rekapitulacija troškova

Gravitacijski cjevovod	49,764,000.00 kn
Kanalizacijski tlačni cjevovod	4,218,200.00 kn
Crpne stanice	840,000.00 kn
UKUPNO:	54,822,200.00 kn

Tablica 5.1 Rekapitulacija troškova

6. ZAKLJUČAK

Idejni projekt sanitarne odvodnje naselja Vukovina i Staro Čiče dimenzioniran je kao gravitacijsko-tlačni sustav. Sastoji se od jednog izraženog kolektora na kojega su spojena 3 sekundarna kolektora s područja Vukovine, Starog Čića i Gornjeg Podotočja. Cijeli sustav spojen je na uređaj za pročišćavanje otpadnih voda (UPOV) u Velikoj Gorici. Korištene termoplastične cijevi tipa DN300 SN8 zadovoljavaju potrebe sustava. Odabrane su kao minimalni promjer koji se u koristi u praksi projektiranja kanalizacije. Zbog malog opterećenja sustava, uglavnom su ispunjene do 30%. Tlačni dio sustava sastoji se od crpnih stanica i tlačnih cjevovoda. Crpni bazeni imaju površinu od 2,475 m, a dubine ovise o dionicama na kojima se ugrađuju. Tlačni cjevovodi izvode se od termoplastičnih cijevi DN80 PN6 te DN150 PN6. 5 tlačnih cjevovoda promjera je 80 mm, a promjer posljednja 2 tlačna cjevovoda iznosi 150 mm. DN150 PN6 korišten je na dionicama većih protoka. DN80 PN6 korišteni su kao minimalni standardi za tlačne cjevovode kod građenja sustava sanitarne odvodnje kako ne bi došlo do začepjenja cijevi. Tlačni cjevovodi korišteni su na dionicama gdje su neophodni ili gdje su praktičnije rješenje od dodatne crpne stanice. Crpke koje pokreću tlačni dio sustava odvodnje minimalnog su propisanog kapaciteta, tj. 4 l/s, a u crpnim stanicama sa tlačnom cjevovodima DN150 PN6 korištene su crpke kapaciteta 8 l/s. Ugrađuju se u paru da bi u svakom trenutku jedna mogla pokriti prekid rada druge ili ljetni maksimum opterećenja sustava. Revizijska okna za pregled te održavanje sustava izvode se u standardnim dimenzijama promjera 1 m.

Zaključno, model pokazuje zadovoljavajuće funkcioniranje sustava sanitarne odvodnje s mogućnošću dodatnog opterećenja uz male promjene ili bez njih. To je bitna činjenica s obzirom na naseljavanje i razvoj industrije u posljednje vrijeme sve atraktivnije Velike Gorice.

7. LITERATURA

- [1] Popis stanovništva 2021.; <https://popis2021.hr/>
- [2] Projekcije stanovništva Republike Hrvatske 2010.– 2061.;
https://podaci.dzs.hr/media/rrtpfgyn/projekcije_stanovnistva_2010-2061.pdf
- [3] Državni Zavod za statistiku; <https://www.dzs.hr/>
- [4] QGIS; <http://geoportal.dgu.hr/wms?layers=DOF>
- [5] Etal – tehnologije fluida; <https://www.etal.hr/>
- [6] Vodoskok - <https://www.vodoskok.hr/prodajni-program/>
- [7] HeplastPipe - <https://heplast-pipe.hr/prodajni-program/okna/>
- [8] Google Earth
<https://earth.google.com/web/@45.94021125,16.03053954,227.19971911a,794555.67293331d,35y,0.23440637h,0.72772477t,0r>
- [8] Halkijević Ivan, *Opskrba vodom i odvodnja 1*, predavanja Građevinski fakultet Zagreb, Sveučilište u Zagrebu, https://www.grad.unizg.hr/predmet/ovio1_a
- [9] Halkijević Ivan, *Opskrba vodom i odvodnja 2*, predavanja Građevinski fakultet Zagreb, Sveučilište u Zagrebu, https://www.grad.unizg.hr/predmet/ovio2_b
- [10] Lewis A. Rossman, *Storm Water Management Model, User's Manual Version 5.1*, Cincinnati:2015.,
https://www.epa.gov/sites/default/files/2019-02/documents/epaswmm5_1_manual_master_8-2-15.pdf
- [11] Engineer decorexpro –
<https://engineer.decorexpro.com/hr/kanaliz/kanal-nasos/nasosnaya-kanalizacionnaya-stanciya.html>
- [12] SAINT-GOBAIN GUSSROHR GmbH & Co. KG – Katalog vodovodne tehnike -
http://aquapromet.hr/wp-content/uploads/2017/01/Katalog_vodovodne_tehnike.pdf
- [13] Centralni uređaj za pročišćavanje otpadnih voda Zagreb – Brošura uređaj Zagreb -
<https://www.pmf.unizg.hr/images/50017753/brosura%20uredjaj%20zagreb.pdf>