

PLANIRANJE RJEŠENJA SUSTAVA ODVODNJE SANITARNIH OTPADNIH VODA NASELJA DRIVENIK

PLANNING A SANITARY WASTEWATER DRAINAGE SYSTEM FOR DRIVENIK SETTLEMENT

Stjepan Šimić*, Goran Volf*

Sažetak

Naselje Drivenik smješteno je u zaleđu grada Crikvenice, unutar administrativnih granica Vinodolske općine. Trenutno na tom području ne postoji sustavno rješenje za odvodnju otpadnih voda; umjesto toga, otpadne se vode zbrinjavaju individualno, putem septičkih jama, što dugoročno nije održivo s aspekta zaštite okoliša i javnog zdravlja. U sklopu ovog rada predloženo je idejno rješenje sustava odvodnje sanitarnih otpadnih voda naselja Drivenik. Cilj predloženog rješenja je zadovoljiti tehničke zahtjeve vezane uz izvedbu priključaka i savladavanje prepreka na terenu duž trase kanalizacijske mreže uz istodobnu optimizaciju duljine i profila kanalizacijskih kolektora te minimiziranje potrebe za izgradnjom dodatnih objekata. Sukladno prijedlogu Prostornog plana Vinodolske općine, otpadne vode naselja Drivenik predviđeno je odvoditi do centralnog uređaja za pročišćavanje otpadnih voda grada Crikvenice. Implementacijom predloženog sustava odvodnje omogućilo bi se učinkovito i ekološki prihvatljivo prikupljanje, transport, obrada i ispuštanje otpadnih voda, uz racionalizaciju troškova izgradnje i održavanja sustava. U okviru rada izrađena je situacijska shema sustava odvodnje sanitarnih otpadnih voda naselja Drivenik, svi relevantni hidraulički i statički proračuni kolektora te proračuni crpnih stanica. Također, sastavljen je i pripadajući aproksimativni troškovnik planiranih radova za implementaciju predloženog sustava.

Ključne riječi: sustavi odvodnje, horizontalno vođenje kanalizacijske mreže, sanitarne otpadne vode, idejno rješenje, hidraulički proračun, statički proračun kolektora, crpne stanice, naselje Drivenik

* Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet, Radmile Matejčić 3, 51000 Rijeka

E-mail: ssimic1@student.uniri.hr, goran.volf@gradri.uniri.hr

Abstract

The settlement of Drivenik is located in the hinterland of the City of Crikvenica, within the administrative boundaries of the Vinodol Municipality. Currently, there is no systematic solution for sanitary wastewater drainage system in this area; instead, wastewater is managed individually through septic tanks, which is not sustainable in the long term from the perspective of environmental protection and public health. As part of this study, a conceptual design for a sanitary wastewater drainage system for the settlement of Drivenik has been proposed. The objective of the proposed solution is to meet the technical requirements related to the construction of connections, as well as overcoming of terrain obstacles along the planned collectors route, while simultaneously optimizing the length of the sewer collectors, reducing pipe diameters, and minimizing the need for construction of additional installations. In accordance with the Spatial Plan of the Vinodol Municipality proposal, the sanitary wastewater from Drivenik is intended to be conveyed to the central wastewater treatment plant serving the City of Crikvenica. Implementation of the proposed sewage system would enable efficient and environmentally acceptable collection, transport, treatment, and discharge of wastewater, while maintaining cost-effectiveness in terms of construction and maintenance. As part of the study, a layout scheme of the sanitary wastewater drainage system for the settlement of Drivenik, all relevant hydraulic and structural calculations for the collectors, as well as calculations for the pumping stations were developed. Additionally, a corresponding approximate bill of quantities for the planned works required for the implementation of the system was prepared.

Key words: wastewater sewage systems, horizontal management of the sewer network, sanitary wastewater, conceptual design, hydraulic design, structural calculations of pipes, pump stations, settlement of Drivenik

1. Uvod

Sustavi odvodnje predstavljaju važnu komponentu komunalne infrastrukture svakog urbanog i ruralnog naselja. Njihova primarna funkcija je učinkovito prikupljanje, transport i obrada otpadnih i oborinskih voda, čime se osigurava zaštita zdravlja stanovništva, očuvanje okoliša te sprječavanje plavljenja i erozije tla. Pravilno planiran i izveden sustav odvodnje značajno doprinosi održivom razvoju zajednice te dugoročnom očuvanju kvalitete površinskih i podzemnih voda [1,2].

Sanitarne otpadne vode, koje nastaju u kućanstvima, školama, javnim ustanovama i poslovnim objektima, predstavljaju značajan izvor onečišćenja ukoliko se ne prikupljaju, odvede i obrađuju na pravilan način. One sadrže visoke koncentracije organskih tvari, dušika, fosfora i patogena, koji u kontaktu s površinskim i podzemnim vodama mogu izazvati ozbiljne posljedice za ljudsko zdravlje i okoliš. Sustavi za odvodnju

sanitarnih otpadnih voda stoga imaju presudnu ulogu u očuvanju javnog zdravlja, zaštiti prirodnih resursa i postizanju održivosti samog naselja [2].

U suvremenom planiranju komunalne infrastrukture posebna se pažnja posvećuje razdvajanju sanitarne i oborinske odvodnje, pri čemu se sanitarne vode odvođe zatvorenim cjevovodima do uređaja za pročišćavanje otpadnih voda (UPOV-a), a oborinske vode se najčešće zbrinjavaju lokalno ili posebnim sustavom [2].

U mnogim manjim naseljima, poput Drivenika, još uvijek ne postoji sustavno riješena sanitarna odvodnja, što dovodi do neadekvatnog zbrinjavanja otpadnih voda, i to najčešće putem septičkih i sabirnih jama, koje često nisu tehnički ispravne niti redovito održavane. Takav pristup ne zadovoljava današnje zakonske, tehnološke i sanitarno-ekološke zahtjeve [3].

Planiranje sustava za odvodnju sanitarnih otpadnih voda u naselju Drivenik nužno je sagledati kroz više aspekata: topografske uvjete terena, gustoću naseljenosti, dostupnost postojećih vodnih i infrastrukturnih resursa te zakonski okvir koji definira minimalne tehničke uvjete. Prema Zakonu o vodama [NN 66/19, 84/21, 47/2023] [4], jedinice lokalne samouprave dužne su osigurati pristup sustavu odvodnje i pročišćavanja za sva stalno nastanjena naselja, čime se osigurava usklađenost s europskom Direktivom o odvodnji i pročišćavanju komunalnih otpadnih voda [2024/3019] [5].

Posebno je važno naglasiti da sanitarne otpadne vode moraju biti odvedene do UPOV-a prije ispuštanja u prirodni recipijent (vodotok, more, tlo). To podrazumijeva ne samo izgradnju mreže kolektora, već i dodatne objekte sustava poput crpnih stanica, revizijskih okana, priključaka i UPOV-a, čije dimenzioniranje ovisi o količini i karakteristikama otpadnih voda te o konfiguraciji terena [2].

Cilj ovog rada je analizirati trenutno stanje u naselju Drivenik i izraditi adekvatni prijedlog za sustavnu odvodnju sanitarnih otpadnih voda, koje će zadovoljiti sve tehničke i zakonske kriterije, a također biti i ekonomski najprihvatljivije. Planirano rješenje omogućit će zaštitu podzemnih i površinskih voda te doprinijeti poboljšanju kvalitete života stanovništva.

Zbog pozicije naselja te ostalih karakteristika unutar predviđenog obuhvata, zbrinjavanje oborinskih voda planirat će se primjenom alternativnih metoda, odnosno integralnim pristupom.

Planirano rješenje sustava odvodnje sanitarnih otpadnih voda naselja Drivenik, koje je predloženo u ovom radu, temelji se na važećim tehničkim smjernicama, zakonodavnom okviru te načelima održivog gospodarenja

vodama, uz korištenje važećih pravila za projektiranje kanalizacijskih sustava [2].

2. Materijali i metode

2.1 Naselje Drivenik-Prostorni plan Vinodolske općine

Naselje Drivenik nalazi se u zaleđu Crikvenice, u Vinodolskoj općini. Naselje nema adekvatnog rješenja odvodnje otpadnih voda, već se otpadne vode individualno zbrinjavaju u septičkim i sabirnim jamama koje su u znatnoj mjeri propusne, pa se otpadne vode uglavnom prelijevaju u podzemlje i nisu dobro ekološko rješenje.

Prostornim planom uređenja Vinodolske općine [3] planira se izgradnja aglomeracije koja bi činila kanalizacijsku mrežu naselja Drivenik, Tribalj i Grižane s centralnim UPOV-om smještenim u Crikvenici, koji bi pročišćenu otpadnu vodu ispuštao u kanal, a zatim prema moru. Zbrinjavanje oborinskih voda s većih parkirališnih ili manipulativnih površina vršit će se preko odgovarajućih uređaja za pročišćavanje oborinskih voda. Također, odvodnja oborinskih voda će se rješavati lokalno, upuštanjem u teren ili u korito najbližeg vodotoka. Zbog mogućnosti pristupa mehanizacijom za održavanje sustava odvodnje, kao i za oborinsku odvodnju cesta i ulica, preporuča se vođenje trase u cestovnom pojasu (na mjestu odvodnog jarka, nogostupa ili po potrebi u trupu ceste). Sve aktivnosti na izgradnji ovoga sustava odvodnje vršit će se u skladu s odredbama Zakona o vodama [NN 66/19, 84/21, 47/2023] [4], Višegodišnjih programa gradnje Hrvatskih voda za razdoblje do 2030. godine [6] te drugih legislativnih i planskih dokumenata [3].

2.2 Smjernice za postavljanje kanalizacijske mreže

U izvedbi kanalizacije, zemljani radovi čine najčešće više od 50 % ukupnih troškova izvedbe, pa zato racionalan izbor dubine polaganja može bitno smanjiti troškove izgradnje kanalizacijskog sustava. Zbog minimalizacije troškova teži se kanalizacijske cijevi (niveletu) voditi paralelno s terenom vodeći pritom računa o ograničenjima projektnih parametara. Određivanje nivelete treba zadovoljiti sve tehničke zahtjeve vezane za priključke i savladavanje prepreka koje se mogu javiti na trasi kanala, a pritom biti ekonomski najprihvatljivije [1,2].

Kvaliteta rješenja u velikoj mjeri ovisi o kvaliteti podataka i podloga na kojima se samo rješenje sustava odvodnje određuje. Zbog toga je važno prikupiti i analizirati sve potrebne podloge koje utječu na horizontalno i vertikalno vođenje trase kolektora [2].

Prilikom horizontalnog, odnosno tlocrtnog vođenja trase kanala, situacijski trasa se treba polagati na najekonomičniji mogući način, tako da je ukupna duljina kanala najkraća, profili najmanji, izgradnja objekata minimalna te pogonski troškovi minimalni [2]. Zbog navedenog postoje određena pravila (smjernice) kojih se treba pridržavati prilikom horizontalnog vođenja trase kolektora [2]:

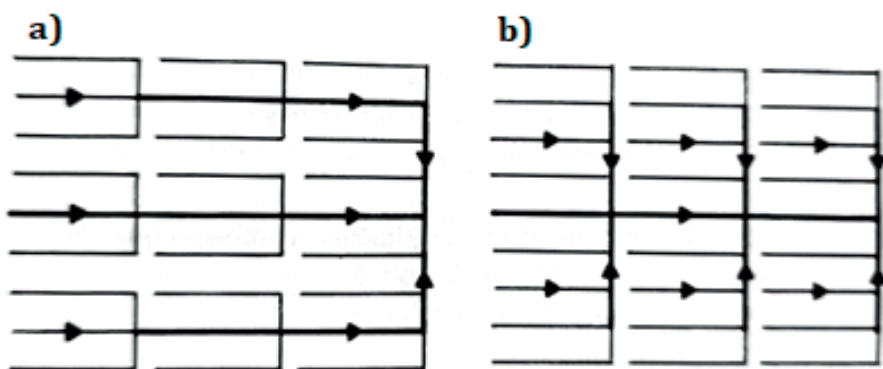
- Kanali se uvijek vode što bliže korisnicima (potrošačima), kako bi priključci pojedinih objekata bili što kraći.
- Kanali se vode tako da se na što kraćim dionicama priključi što više potrošača (racionalno).
- Kanali se trebaju voditi po prometnicama ili prostorima na koje se može pristupiti prometnim sredstvima i mehanizacijom.
- Izbjegava se polaganje kanala po privatnim površinama.
- Konfiguracija mreže mora biti takva da izbjegne, koliko je to moguće, križanje kanala s preprekama (željeznice, magistralne prometnice, vodotoci, magistralni vodovodi, arheološki lokaliteti, podzemne vode, zaštitne zone izvorišta, vojni objekti ili druga zaštićena područja).
- Rješenje kanalizacije mora se uklapati u urbanističko rješenje područja (prostorni planovi).
- Posebno je važno dobro izabrati lokaciju UPOV-a (zbog utjecaja na okoliš te okolno stanovništvo). Za svaku potencijalnu lokaciju treba analizirati utjecaj na okoliš, povezane troškove izgradnje, pogona i održavanja te primijeniti postupak višekriterijskog odlučivanja s ciljem optimizacije rješenja.

Optimalno situacijsko rješenje nije moguće jednoznačno odrediti primjenom unaprijed definiranih normi i pravila. Na Slici 1 prikazano je hipotetsko područje odvodnje na blago nagnutom terenu, koje se može projektirati na dva sasvim različita, a opet ispravna načina [2].

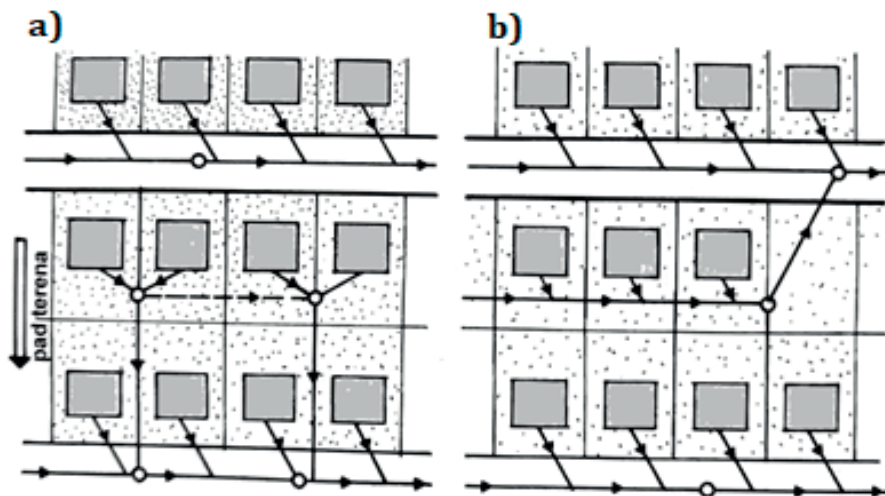
Također, rješenje priključaka pojedinih objekata može biti različito. Primjer jednog takvog rješenja za priključke stambenih objekata na blagoj padini prikazan je na Slici 2. Prema Slici 2a i 2b, oba rješenja su ispravna, a sam odabir rješenja prvenstveno ovisi o lokalnim prilikama i zahtjevima na konkretnom slučaju [2].

Da bi se došlo do veličina potrebnih za uspoređivanje pojedinih koncepata sustava odvodnje, odnosno kanalizacijske mreže, potrebno je razraditi osnovni koncept mreže, kojeg čini postavljanje osnovnog koncepta odvodnje s obzirom na osobine područja i uvjete ispuštanja voda, gdje se u pravilu radi osnovna shema odvodnje na kartama u mjerilu

1:5000. Na temelju izrađenog koncepta odvodnje utvrđuju se osnovne veličine pojedinih kriterija kojima će se usporediti pojedina alternativna rješenja, kao što su duljina kanalizacijske mreže, veličina osnovnih objekata, visine pumpanja otpadne vode i drugo. Na temelju odabranih kriterija i njihovih veličina odlučuje se o odabiru najpovoljnijeg rješenja odvodnje, gdje se u jednostavnijim situacijama odabir može izvršiti pojednostavljenom analizom bez korištenja višekriterijskih metoda optimizacije rješenja [2].



Slika 1. Primjer dvije moguće sheme a) i b) hipotetskog sustava odvodnje (prerađeno prema [2])

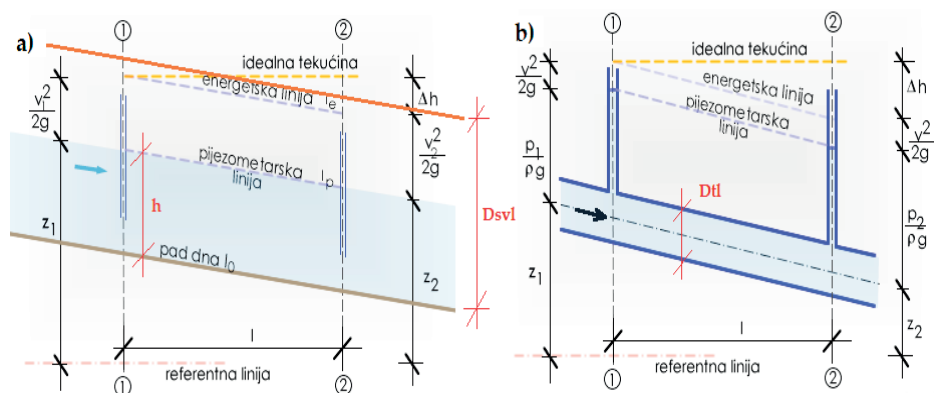


Slika 2. Primjeri mogućih rješenja priključaka stambenih objekata na kanalizacijski sustav (prerađeno prema [2])

2.3 Hidraulički proračun kanalizacijske mreže

Kanalizacijska mreža mora biti dimenzionirana na način da u svakom trenutku omogućava nesmetanu odvodnju otpadnih voda. Hidrauličko dimenzioniranje (proračun) kanalizacijske mreže provodi se na maksimalnu satnu količinu otpadnih voda po pripadajućim dionicama mreže. S obzirom na režim tečenja u kanalizacijskoj mreži, odnosno njenom pojedinom dijelu, moguće su dvije vrste proračuna [2]:

- Hidraulički proračun tečenja sa slobodnim vodnim licem (Slika 3a) te
- Hidraulički proračun tečenja pod tlakom (Slika 3b).



Slika 3. Režimi tečenja u kanalizacijskoj mreži (prerađeno prema [1,2,7])

Hidraulički proračun tečenja sa slobodnim vodnim licem najčešće je zbog pojednostavljenja baziran pod pretpostavkom jednolikog stacionarnog tečenja u djelomično ispunjenoj okrugloj kanalizacijskoj cijevi. Pri takvom tečenju linija energije paralelna je s linijom vodnog lica (prijemna linija) te padom dna kanala. Gubitak energije u cijevi proračunava se prema Darcy-Weisbachovom izrazu za potpuno ispunjenu kanalizacijsku cijev. Za pojednostavljenje i jednostavnost proračuna najčešće se koriste nomogrami i tablice u funkciji profila, brzine, protoka, hidrauličkog gradijenta te hrapavosti za potpuno ispunjene kanalizacijske cijevi prema Colebrook-Whiteovoj formuli. Za djelomično ispunjene kanalizacijske cijevi uvode se funkcije omjera potpuno i djelomično ispunjene cijevi za brzine, protoke i visinu vode u kanalizacijskoj cijevi. Također, prilikom dimenzioniranja kanalizacijske mreže, kako bi se osigurala nesmetana odvodnja otpadne vode, uvode se ograničenja projektnih parametara; ograničenje brzina, ograničenje uzdužnih padova, ograničenje minimalnih profila, ograničenje visine punjena kanala te ograničenje dubine ugradnje kanala [1,2]. Za hidraulički proračun

planiranog sustava odvodnje sanitarnih otpadnih voda te tečenja sa slobodnim vodnim licem korištena su sljedeća ograničenja projektnih parametara u radu [1,2]:

- Ograničenje minimalnih brzina od $v_{\min}=0,5$ m/s za sanitarne otpadne vode te maksimalnih brzina od $v_{\max}=2,0$ m/s (prema uvaženoj projektantskoj praksi).
- Ograničenje uzdužnih padova; minimalni padovi računati su kao $I_{\min}=1/DN$ u mm, a maksimalni padovi kao $I_{\max}=1/DN$ u cm.
- Radi sprječavanja začepjenja, za kolektor sanitarnih otpadnih voda primijenjeno je ograničenje minimalnih profila, pri čemu je za glavni kolektor (mrežu) predviđen profil DN 250 mm, dok je za sekundarnu mrežu (rubni ogranci) predviđen minimalni promjer DN 200 mm.
- Ograničenje visine punjenja kanala; zbog upotrebe maksimalne veličine profila od DN 250 mm uzimano je da ograničenje iznosi $0.6 \cdot DN$.
- Ograničenje dubine ugradnje kolektora definirano je u rasponu od minimalne dubine $h_{\min}=1,5$ m do dna rova, odnosno $h_{\min}=1,0$ m do tjemena cijevi, što osigurava mehaničku zaštitu cjevovoda i sprječava djelovanje mraza. Maksimalna dozvoljena dubina ugradnje određena je uvjetom $h_{\max}=6,0$ m, uzimajući u obzir statičke zahtjeve, izvedivost iskopa i mogućnosti održavanja planiranog sustava.

Prilikom provjere ograničenja projektnih parametara potrebno je korigirati hidraulički proračun kako bi svi parametri ograničenja zadovoljili. Visinsko vođenje trase prilagođava se uvjetima na terenu na način da se kolektor ne polaže na prevelikim dubinama, a da se uvažava ograničenje minimalnih i maksimalnih dubina ugradnje kolektora te da se omogući što jednostavniji priključak korisnika na kolektor.

Za tečenje pod tlakom, u kanalizacijskim sustavima otpadne vode tlačne se u transportne cjevovode pomoću pumpi putem kojih voda otječe do UPOV-a ili na spojno okno gravitacijske kanalizacije. Proračun promjera tlačne cijevi bazira se na jednadžbi kontinuiteta, uz uvjet da brzine u tlačnoj cijevi iznose približno 1-2 m/s [1,2].

Osim toga, u kanalizacijskim crpkama vrlo je važan slobodan prolaz. Što je prolaz veći, manja je mogućnost začepjenja. Većina malih i srednjih crpki se najčešće proizvodi sa slobodnim prolazom veličine DN 80 mm, dok veće crpke imaju uglavnom slobodni prolaz od DN 100 mm ili veći. Kod malih crpki, koje se mogu koristiti kod manjih kućnih stanica ili u posebnim uvjetima (mali protoci) moguće je koristiti crpke s usitnjivačem

(grinder crpke), gdje ograničenje veličine profila tlačnog cjevovoda iznosi od DN 40-80 mm [2]. Proračun crpki bazira se na proračunu protoka crpljenja i manometarske visine dizanja pumpe, na temelju kojih se zatim vrši odabir crpnog agregata [1,2,7].

3.Rezultati i diskusija

3.1 Postavljanje mreže sustava odvodnje sanitarnih otpadnih voda

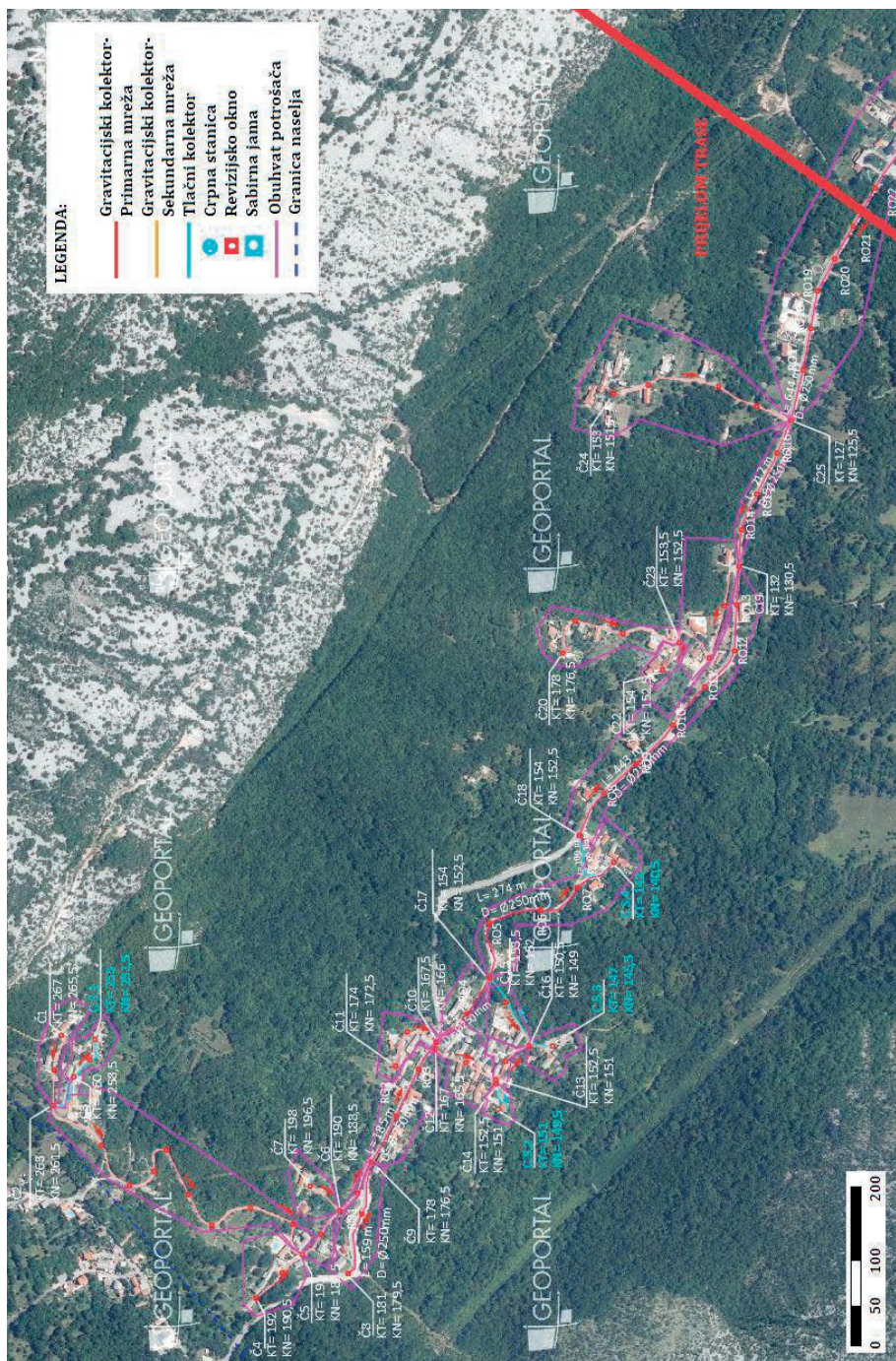
Prema smjernicama iz Prostornog plana Vinodolske općine [3] odabran je razdjelni sustav odvodnje, gdje će se sanitarne otpadne vode naselja Drivenik odvoditi prema centralnom UPOV-u u Crikvenici. Mreža oborinske odvodnje nije rješavana, već su za njezino zbrinjavanje predviđene primjene alternativnih metoda, odnosno integralnog upravljanja oborinskim vodama.

Koristeći smjernice za postavljanje kanalizacijske mreže (Poglavlje 2.2) postavljena je kanalizacijska mreža za odvodnju sanitarnih otpadnih voda naselja Drivenik (Slika 4 i Slika 5). Za optimalno vođenje trase sustava odvodnje sanitarnih otpadnih voda korištene su podloge digitalni ortofoto (DOF) i hrvatska osnovna karta (HOK) u mjerilu 1:5000.

Kanalizacijska mreža je vođena po prometnicama pazeći da se ne ulazi u prostor privatnih katastarskih čestica. Ukupna dužina sanitarnog kanalizacijskog kolektora iznosi 7,558 m, od čega se 7,155 m odnosi na gravitacijske kolektore, a 403 m na tlačne kolektore. Planirani sustav odvodnje sanitarnih otpadnih voda sastoji se od ukupno 42 računske dionice, od čega su 4 tlačne dionice. Na mreži odvodnje sanitarnih otpadnih voda planirana je ugradnja ukupno 226 komada revizijskih i kaskadnih okana za pravilno funkcioniranje sustava odvodnje.

Državnom cestom (D99) prolazi primarna mreža koja odvodi sanitarne otpadne vode prema centralnom UPOV-u smještenom u Crikvenici. Na primarnoj dionici mreže, zbog savladavanja visinskih razlika predviđena je jedna tlačna dionica (CS4-Č18), dok su preostale tri tlačne dionice smještene na sekundarnoj mreži (CS1-Č2, CS2-Č14 i CS3-Č17). Za tlačne dionice sustava korištene su potopne grinder crpke smještene unutar revizijskih okana.

Zbog velike dislociranosti dijela naselja, a samim time neisplativosti postavljanja crpnih stanica, na dionici Č39-Č40 predviđeno je sakupljanje sanitarne otpadne vode u zajedničku sabirnu jamu koju će prazniti komunalno društvo (Slika 3). Izradom troškovnika i analizama dobiveno je da je izrada tlačne dionice sa pripadajućom crpnom stanicom tog dijela sustava te održavanje iste neisplativo, odnosno neadekvatno.



Slika 4. Situacijski prikaz sustava odvodnje (DOF) sanitarnih otpadnih voda naselja Drivenik – dio 1

3.2 Hidraulički proračun kanalizacijske mreže

Hidraulički proračun kanalizacijske mreže proveden je na maksimalni satni protok raspodijeljen na pojedine dionice kanalizacijske mreže [8]. Maksimalni satni protok za cjelokupno naselje Drivenik iznosi 6,73 l/s, a odnosi se na stalno stanovništvo te turiste u privatnom smještaju. Posebno su dimenzionirane gravitacijske, a posebno tlačne dionice planiranog sustava odvodnje. Također, za svaku tlačnu dionicu sustava izrađen je proračun crpne stanice, dok je za tri mjerodavne dionice sustava izrađen statički proračun kolektora. Za dio naselja na dionici Č39-Č40 izrađen je proračun zajedničke sabirne jame.

Provedenim hidrauličkim proračunom, zbog malih protoka sanitarnih otpadnih voda, te kako bi se udovoljilo ograničenjima projektnih parametara, korištene su polietilenske cijevi visoke gustoće (PEHD) za gravitacijsku odvodnju promjera DN 250 mm za primarnu mrežu, dok je za sekundarnu mrežu odabran promjer DN 200 mm. Iako prema ograničenjima projektnih parametara minimalni profil za sanitarnu otpadnu vodu iznosi DN 250 mm [2], za sekundarnu mrežu (rubni ogranci mreže) zbog jako malih protoka, te kako bi se povećale minimalne brzine, a samim time i visina ispunjenosti kolektora, odabrani su minimalni profili DN 200 mm [2]. Za tlačne dionice sustava, a kako bi se osigurale optimalne brzine u tlačnim cijevima, odabrane su PEHD cijevi za tlačnu kanalizaciju promjera DN 63 mm i DN 100 mm.

Za tlačne dionice sustava, dimenzionirane su četiri crpne stanice. Za svaku crpnu stanicu izračunati su izlazni protoci i manometarske visine dizanja na temelju kojih su odabrani crpni agregati. Odabir crpnih agregata vršio se putem web aplikacije [9] s obzirom na što veći stupanj iskorištenja crpke, a na temelju izračunatih izlaznih protoka (Q_{izl}), te manometarske visine dizanja (H_{man}). Za dionice sustava CS1-Č2, i CS2-Č13 odabrana je potopna grinder crpka s maksimalnim protokom (Q_{max}) od 19,4 l/s, maksimalnom visinom dizanja (H_{max}) od 21,2 m, te izlazom iz crpke DN 63 mm. Spomenute dionice su male duljine i nalaze se na sekundarnoj mreži (rubni ogranci) s malim brojem potrošača. Za dionice sustava CS3-Č17 i CS4-Č18 odabrana je također potopna grinder crpka s Q_{max} od 25 l/s, H_{max} od 16,7 m, te izlazom iz crpke DN 100 mm. Za svaku crpnu stanicu izračunati su volumeni crpnih i retencijskih bazena, gdje je zbog malih protoka bio dovoljan volumen unutar revizijskih okana u koje su smješteni crpni agregati. Primjer crpke smještene unutar revizijskog okna prikazan je na Slici 6.

Statički proračun kolektora izrađen je za tri karakteristične dionice sustava Č1-Č2, Č27-Č29 i Č39-Č40 koje imaju različite karakteristike (promjer cijevi, dubina ugradnje, i drugo). Statički proračun proveden je

Tablica 1. *Rekapitulacija planiranih radova na sustavu odvodnje sanitarnih otpadnih voda naselja Drivenik*

R. br.	Vrsta radova	Cijena (EUR)	Cijena (%)
0	Pripremni radovi	23.520,04	1,00
I	Zemljani radovi	935.894,11	40,00
II	Betonski i armirački radovi	39.530,00	1,70
II	Asfalterški radovi	457.296,95	19,30
IV	Montažni radovi	897.119,55	38,00
	Rekapitulacija	2.353.360,65	100,00

Aproksimativnim troškovnikom planiranih radova na sustavu odvodnje sanitarnih otpadnih voda naselja Drivenik dobivena je ukupna cijena svih radova u iznosu od 2.353.360,65 eura, od čega najveći postotak zauzimaju zemljani (40 %) te montažni radovi (38 %).

4. Zaključak

Sustavno i stručno planiranje sustava odvodnje sanitarnih otpadnih voda predstavlja važan korak u unaprjeđenju komunalne infrastrukture naselja Drivenik. Analizom postojećeg stanja uočeni su značajni nedostaci u zbrinjavanju otpadnih voda, koji negativno utječu na okoliš i javno zdravlje. Predloženim idejnim rješenjem definiran je učinkovit, tehnički izvediv i ekološki prihvatljiv sustav odvodnje koji će osigurati sigurno prikupljanje i transport otpadnih voda prema centralnom UPOV-u u Crikvenici, sve u skladu s važećim zakonodavnim i tehničkim standardima te odredbama Prostornog plana.

Rješenjem su obrađene sve relevantne komponente sustava odvodnje, od definiranja trase kolektora, hidrauličkog dimenzioniranja gravitacijskih i tlačnih dionica, statičkog proračuna kolektora te analize potreba za crpnim stanicama s izradom pripadajućeg aproksimativnog troškovnika. Posebna pažnja posvećena je optimizaciji duljine kolektora i racionalizaciji troškova izgradnje i održavanja, čime se dodatno doprinosi ekonomskoj održivosti sustava odvodnje.

Implementacijom predloženog rješenja znatno će se smanjiti rizik od onečišćenja podzemnih i površinskih voda, poboljšat će se kvaliteta života stanovništva te će se omogućiti buduće regionalno povezivanje s okolnim naseljima. Ovo rješenje predstavlja doprinos održivom razvoju šireg područja Vinodolske općine te može poslužiti kao model za slična naselja koja se suočavaju s problemom neadekvatnog zbrinjavanja sanitarnih otpadnih voda.

Zahvala. Ovaj je članak rezultat rada u okviru projekta, projektne linije ZIP UNIRI Sveučilišta u Rijeci, za projekt ZIP-UNIRI-1500-3-22 i UNIRI Institucionalnog istraživačkog projekta „Izazovi upravljanja vodnim resursima u vrijeme klimatskih promjena s obzirom na proizvodnju pitke vode“ (uniri-iz-25-18). Članak je proizašao iz završnog rada studenta prijediplomskog stručnog studija Stjepana Šimića pod naslovom „Idejno rješenje kanalizacijskog sustava naselja Drivenik“ obranjenog 17. srpnja 2025. godine.

Literatura

- [1] Vuković, Ž. (1995): Osnove hidrotehnike, Prvi dio, druga knjiga. Zagreb, Akvamarine.
- [2] Margeta, J. (2009): Kanalizacija naselja, odvodnja i zbrinjavanje otpadnih voda, Sveučilište u Splitu, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Split.
- [3] Prostorni plan uređenja Vinodolske općine (PPUO, 2020-30, U izradi), III. Izmjene i dopune prostornog plana uređenja Vinodolske općine. (2020). Dostupno na URL: <https://vinodol.hr/odluka-o-zapocinjaju-postupka-strateske-procjene-utjecaja-iii-izmjena-i-dopuna-prostornog-plana-uredenja-opcine-vinodolske-na-okolis/> (pristupljeno: 25. 4. 2025.).
- [4] Zakon o vodama [NN 66/19, 84/21, 47/2023]. (2023). Dostupno na URL: <https://www.zakon.hr/z/124/zakon-o-vodama> (pristupljeno: 28. 5. 2025.).
- [5] EU Direktiva o odvodnji i pročišćavanju komunalnih otpadnih voda [2024/3019]. (2024). Dostupno na URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/?uri=LEGISSUM:l28008> (pristupljeno: 28. 5. 2025.).
- [6] Hrvatske vode (2021): Višegodišnji program gradnje komunalnih vodnih građevina za razdoblje do 2030. godine. Dostupno na URL: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.voda.hr/sites/default/files/dokumenti/visegodisnji_program_gradnje_komunalnih_vodnih_gradevina_za_razdoblje_do_2030._godine.pdf (pristupljeno: 26. 8. 2025.).
- [7] Jović, V. (2006): Osnove hidromehanike, Zagreb, Element.
- [8] Košuta, M. i Volf, G. (2024): Usporedba proračuna protoka metodom koeficijenta opterećenja stanovništvom te raspodjele stanovništva po pojedinim dionicama vodoopskrbne mreže. Zbornik radova (Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci), XXVII, str. 11-24. <https://doi.org/10.32762/zr.27.1.1>
- [9] Grundfos. Web aplikacija za odabir crpke. Dostupno na URL: <https://product-selection.grundfos.com/hr> (pristupljeno: 30. 4. 2025.).
- [10] Vargon. Aplikacija za statički proračun Vargokor PEHD cijevi. (dostupno interno).
- [11] Hrvatske vode, Građevinski fakultet u Zagrebu (2022): Standardna kalkulacija radova u vodnom gospodarstvu, Bilten III 2022. Zagreb.