

# Kanalizacijski sustav aglomeracije Metković - analiza održivosti

---

**Matić, Tomislav**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2015**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:*

**University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy / Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:123:112320>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-04-01**



*Repository / Repozitorij:*

[FCEAG Repository - Repository of the Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy, University of Split](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

# **DIPLOMSKI RAD**

**Tomislav Matić**

**Split, 2015.**

**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

**Tomislav Matić**

**Kanalizacijski sustav aglomeracije Metković –  
analiza održivosti**

**Diplomski rad**

**Split, 2015.**

# **Kanalizacijski sustav aglomeracije Metković–analiza održivosti**

## ***Sažetak:***

Analizirano je postojeće stanje odvodnje otpadnih i oborinskih voda grada Metkovića, zajedno s naseljima koja administrativno pripadaju gradu Metkoviću. Proučena su planirana rješenja sustava odvodnje i lokacije uređaja za pročišćavanje otpadnih voda aglomeracije Metković. Znatno dio planiranog sustava je trenutno u fazi projektiranja. Predloženi koncept rješenja je analiziran s obzirom na očekivane klimatske promjene, kao i društveno–ekonomski razvoj promatranog područja i nove tehnologije rješavanja sustava u skladu s ciljevima održivog razvoja. S gledišta održivog koncepta, dakle ekonomski, ekološki i društveno, predložene su izmjene planiranih rješenja pojedinih dijelova aglomeracije Metković.

## ***Ključne riječi:***

kanalizacija aglomeracije Metković, uređaj za pročišćavanje otpadnih voda, sustav odvodnje, zeleni koncept, održivi koncept

## **The sewerage system of agglomeration Metković – sustainability analysis**

## ***Abstract:***

It is analyzed the current situation of wastewater and storm water of Metković, along with settlements that administratively belong to the town of Metković. The planned drainage system solutions and location of device for wastewater treatment of agglomeration Metković are examined. A significant part of the planned system is currently in the design stage. The proposed concept of the solution is analyzed with respect to the expected climate change, as well as socio-economic development of the observed areas and new technologies to solve the system in line with the objectives of sustainable development. From the viewpoint of sustainable concept, therefore economically, environmentally and socially, there are proposed amendments of planned solutions of certain parts agglomeration Metković.

## ***Keywords:***

sewerage of the agglomeration Metković, device for wastewater treatment, drainage system, green concept, sustainable concept



**SVEUČILIŠTE U SPLITU**

**FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

**STUDIJ: DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ GRAĐEVINARSTVA**

**KANDIDAT: Tomislav Matić**

**BROJ INDEKSA: 482**

**KATEDRA: Katedra za gospodarenje vodama i zaštitu voda**

**PREDMET: Vodoopskrba i kanalizacija**

### **ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD**

**Tema: Kanalizacijski sustav aglomeracije Metković – analiza održivosti**

Opis zadatka:

Kandidat ima zadatak da na temelju dostupnih informacija definira mogući koncept zelene-održive kanalizacije aglomeracije Metković.

Da bi se ova tema obradila nužno je prikupiti raspoložive podatke i dokumentaciju vezanu uz sadašnje stanje i planove razvoja kanalizacijskog sustava aglomeracije Metković. Temeljem raspoloživih informacija kandidat će prikazati sadašnji koncept rješenja kanalizacijskog sustava (mreža i uređaj), odnosno aglomeracije Metković. Polazeći od strategija i planova održivog razvoja analizirat će se predloženi koncept kanalizacijskog sustava. Utvrdit će se njegova održivost s ekonomskog, tehnološkog, ekološkog i društvenog stanovišta. Na kraju će se predložiti i ukratko opisati koncept zelenog-održivog kanalizacijskog sustava aglomeracije Metković.

U zadatku treba dati i odgovarajuća tumačenja, slike, nacрте i sheme nužne za bolje razumijevanje problema i predloženog plana.

U Splitu, 15.04.2015.

Voditelj Diplomskog rada:

Prof.dr.sc. Jure Margeta

Predsjednik povjerenstva  
za završne i diplomske ispite:

Prof.dr.sc. Ivica Boko

*Zahvaljujem se mentoru prof.dr.sc. Juri Margeti na uloženom trudu i vremenu, te mnogim korisnim savjetima tijekom izrade ovog rada.*

*Također, veliko hvala i gospodinu Mariju Bukmiru na bitnim informacijama i podacima važnim za pisanje ovog rada.*

*Hvala i kolegama i prijateljima uz koje je bilo lakše proći preko svih prepreka tijekom studiranja.*

*Na kraju, najveću zaslugu za ono što sam postigao pripisujem svojoj obitelji, posebno roditeljima, bez čije pomoći i podrške danas ne bi bio tu gdje jesam.*

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2. OPĆI PODACI</b> .....	<b>2</b>
<b>3. POSTOJEĆE STANJE KANALIZACIJE</b> .....	<b>6</b>
<b>4. KARAKTERISTIKE PODRUČJA ODVODNJE</b> .....	<b>7</b>
4.1. Prirodne karakteristike .....	7
4.1.1. Klima .....	7
4.1.2. Vodni resursi .....	8
4.1.3. Podzemne vode.....	11
4.1.4. Topografija .....	13
4.1.5. Geološke i seizmičke značajke.....	14
4.1.6. Prirodni krajobraz i osnovne karakteristike tla.....	16
4.2. Urbanističke i društvene karakteristike.....	17
4.2.1. Izgrađenost .....	18
4.2.2. Stanovništvo .....	19
4.2.3. Industrija.....	20
<b>5. REGULATIVNI OKVIR ZA RJEŠAVANJE KANALIZACIJE</b> .....	<b>21</b>
5.1. Razina pročišćavanja .....	23
5.2. Osjetljivost područja aglomeracije Metković .....	24
<b>6. KARAKTERISTIKE OTPADNIH I OBORINSKIH VODA</b> .....	<b>26</b>
6.1. Kućanske otpadne vode .....	26
6.2. Oborinske vode .....	27
6.3. Mješovite vode.....	28
<b>7. MJERODAVNE KOLIČINE KOMUNALNIH OTPADNIH VODA</b> .....	<b>29</b>
<b>8. BIOLOŠKO OPTEREĆENJE UREĐAJA</b> .....	<b>34</b>
<b>9. PODACI IZ DOKUMENATA PROSTORNOG UREĐENJA</b> .....	<b>38</b>
<b>10. SADAŠNJI KONCEPT AGLOMERACIJE METKOVIĆ</b> .....	<b>41</b>

10.1.	Definiranje konačne aglomeracije Metković .....	43
10.2.	Tip kanalizacije .....	45
10.3.	Planirana rješenja odvodnje .....	46
10.4.	Pročišćavanje otpadnih voda.....	49
10.5.	Analiza recipijenta .....	51
<b>11.</b>	<b>PLANIRANO RJEŠENJE UPOV-a .....</b>	<b>52</b>
11.1.	Mehaničko/prethodno pročišćavanje .....	54
11.1.1.	Uklanjanje otpada.....	55
11.1.2.	Uklanjanje pijeska i masti .....	56
11.1.3.	Prihvat sadržaja septičkih jama .....	57
11.2.	Biološko pročišćavanje .....	58
11.2.1.	Konvencionalna CAS tehnologija .....	59
11.3.	Obrada viška mulja .....	61
11.4.	Upravljanje muljem .....	63
<b>12.</b>	<b>BIOLOŠKI UREĐAJ ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA PRUD.....</b>	<b>66</b>
12.1.	Opći prikaz (situacija).....	66
12.2.	Varijante pročišćavanja.....	70
12.3.	Moguće varijante biljnog uređaja .....	70
<b>13.</b>	<b>ODRŽIVOST.....</b>	<b>71</b>
13.1.	Konferencija u Rio de Janeiru.....	73
13.2.	Konferencija Rio+20.....	74
13.3.	EU i održivost .....	75
13.4.	Održivi i pametni gradovi .....	76
13.4.1.	Pametni gradovi.....	76
13.4.2.	Zeleni gradovi.....	78
13.5.	Zelena urbana vodna infrastruktura .....	79

13.6.	Zelena rješenja odvodnje i pročišćavanja otpadnih i oborinskih voda .....	80
13.7.	Integralni pristup rješavanja oborinske odvodnje .....	81
13.8.	Integralni pristup rješavanja otpadnih voda .....	82
<b>14.</b>	<b>VAKUUMSKA KANALIZACIJA .....</b>	<b>83</b>
<b>15.</b>	<b>ODRŽIVOST AGLOMERACIJE METKOVIĆ .....</b>	<b>86</b>
15.1.	Održivost u predloženom rješenju .....	86
15.1.1.	Ekološke posljedice .....	87
15.1.2.	Ekonomske posljedice .....	89
15.1.3.	Socijalne posljedice .....	90
15.2.	Strateške smjernice za povećanje održivosti sustava .....	91
15.3.	Prijedlozi za povećanje održivosti .....	96
15.4.	Konkretni prijedlozi rješenja pojedinih dijelova aglomeracije Metković..	98
<b>16.</b>	<b>GRAFIČKI PRILOZI.....</b>	<b>102</b>
16.1.	Shema postojećeg stanja kanalizacijske mreže MJ 1:5 000 .....	103
16.2.	Shema planiranog stanja kanalizacijske mreže MJ 1:10 000 .....	104
<b>17.</b>	<b>LITERATURA .....</b>	<b>105</b>

## **1. UVOD**

Predmet diplomskog rada je kanalizacijski sustav općine Metković, odnosno analiza mogućeg održivog rješenja kanalizacije, ekonomski, ekološki i društveno. Općina Metković, odnosno grad Metković i pripadajuća naselja (aglomeracija) smjestio se na rijeci Neretvi na samoj granici s BiH.

Danas je to naselje veličine oko 16000 stanovnika, sa slabo razvijenom industrijom. Stanovništvo se tradicionalno bavi poljoprivredom, trgovinom, a razvijene su i uslužne djelatnosti.

Jedan od infrastrukturnih problema grada je nepostojanje cjelovitog sustava odvodnje otpadnih i oborinskih voda, kao i uređaja za pročišćavanje otpadnih voda. Sve urbane vode se s više zasebnih ispusta ispuštaju direktno u rijeku Neretvu. Projektirano je više rješenja sustava odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda koji do danas nisu u cijelosti realizirani.

Ulaskom u EU Hrvatska je preuzela obveze da izgradi sustav odvodnje naselja i uređaja za pročišćavanje do 2020. godine. Prema sporazumu s EU grad Metković treba izgraditi kanalizaciju i uređaj 3. stupnja pročišćavanja otpadnih voda do 2020. godine. Gradnjom sustava mora se ostvariti priključenost na kanalizaciju od najmanje 80%. U tijeku je izrada studije izvodivosti kao i aplikacije za financiranje od strane EU fondova.

## 2. OPĆI PODACI

Grad Metković smjestio se na brdu Predolac te u dolini rijeke Neretve, i to s obje strane rijeke. Cijelo područje je karakteristično po tome što je dolinom rijeke Neretve otvoreno utjecaju mora tako da ga se svrstava u mediteranske gradove sa svim utjecajima koje mediteranski civilizacijski i klimatski krug donosi. Smješten na samoj granici dvaju nekadašnjih svjetova, Venecije i Osmanskog Carstva, Metković je ipak sačuvao svoju pripadnost hrvatskom nacionalnom biću.

Prvi doseljenici koji su osnovali Metković nisu imali puno izbora za odabir naselja i naseljavanje. Brdo Predolac kao neposredna uzvisina uz korito rijeke pružao je sigurnost od voda rijeke, a lokacija na svojim južnim padinama Predolca davala im je dobar zaklon od bure i cjelodnevnu izloženost suncu. Godina 1422., za sada, smatra se prvom pisanom potvrdom postojanja naselja. Predolac i danas čuva svoje stare kuće, čiji vlasnici imaju privilegiju prekrasnog pogleda na grad i dolinu sve tamo do Pelješca.

Tijekom vremena naselje se širilo. Kada je rijeka Neretva regulirana u vrijeme vladavine Austro-Ugarske monarhije i kada su se stvorili uvjeti za siguran život u nižim zonama terena neposredno uz rijeku i u podnožju brda Predolac naselje se počelo širiti u dolinu. Regulacijom je rijeka postala plovna do Metkovića te se intenzivnije počela razvijati zajedno s gradom. Izgradnjom željezničke pruge od Metkovića do Sarajeva i dalje grad je dobio na važnosti i počeo se intenzivnije razvijati. Kako je tijekom vremena rasla sigurnost naselja od poplava kao i industrija te promet, naselje se sve više širilo u ravničarski kraj uz obale rijeke Neretve. Danas je površina naselja najveća upravo na ovom prostoru i to s obje strane rijeke Neretve.



*Slika 2.1. Pogled na Predolac*

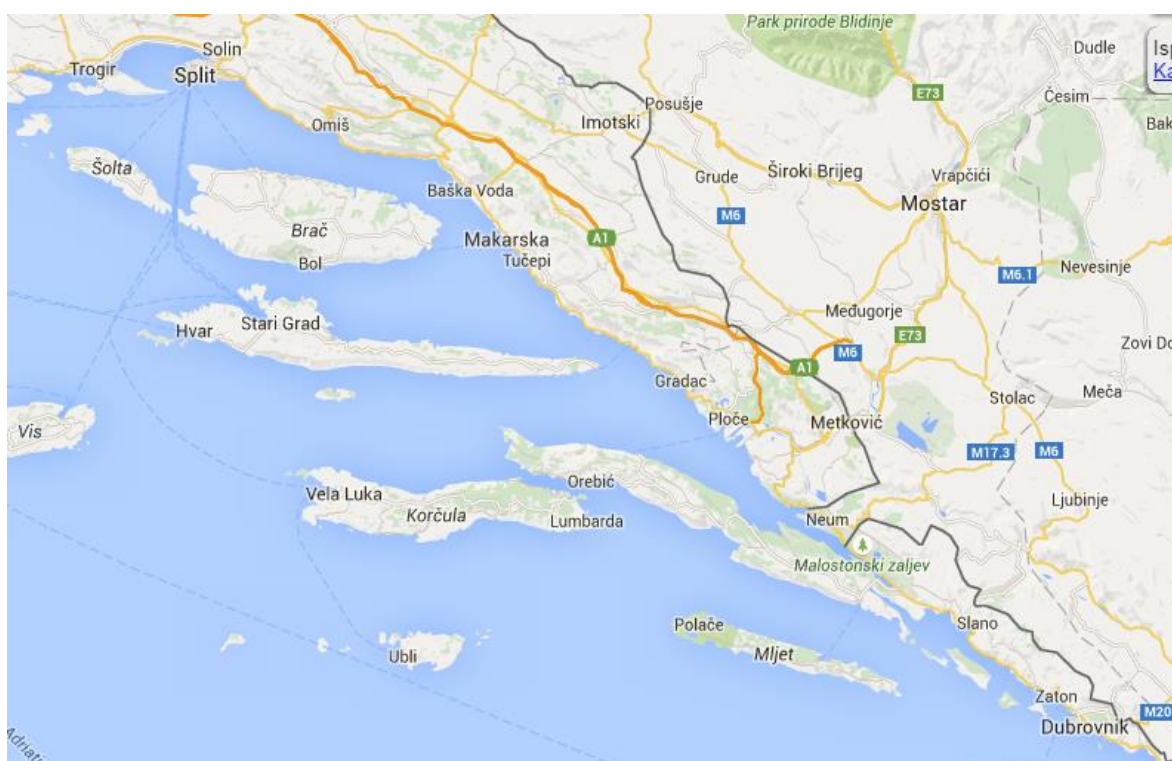
Grad Metković, površinom od 50,82 km<sup>2</sup>, odnosno 2,85 % ukupne površine županije, jedna je od manjih jedinica lokalne samouprave Dubrovačko-neretvanske županije. Smješten je na sjeverozapadnom djelu Dubrovačko-neretvanske županije, između Općine Zažablje s kojom graniči na jugu te Općine Kula Norinska na zapadu kao i susjedne Bosne i Hercegovine na sjevernom i istočnom djelu s kojom dijeli 20 km kopnene državne granice. Ustrojen je kao jedinica lokalne samouprave 1992. godine te uključuje pet samostalnih naselja: Metković, Dubravica, Glušci, Vid i Prud u kojima živi oko 17 tisuća stanovnika. Metković je smješten na obje obale Neretve; na desnoj obali smještena su još naselja Prud i Vid, a na lijevoj naselja Glušci i Dubravica.

Današnji grad predstavlja središnje naselje doline Neretve sa jakim kulturnim i sportskim životom. Nažalost, upravo ono na čemu je grad temeljio svoj razvoj, a to je gospodarstvo, danas još uvijek nije na zadovoljavajućoj razini. To se posebno odnosi na iskorištenost luke Metković kao i željezničke pruge i s tim u svezi prateće industrije. Sadašnji nedostatak Metkovića kao pograničnog grada vjerojatno će u budućnosti ponovno biti njegova prednost.

Osim što je geografski smješten u plodnoj dolini Neretve bogatom s vodom za navodnjavanje pa je tradicionalno okrenut poljoprivredi, u zadnje vrijeme otkrivaju se i turistički potencijali Metkovića. U prigradskom naselju Vid izgrađen je muzej Narone, antičkog grada koji je svoje svijetle trenutke proživljavao u prvim stoljećima prošlog



milena, da bi potonuo u močvaru nakon provala Avara i Slavena početkom velike seobe. Međugorje u susjednoj državi je 35 kilometara od Metkovića, a turističko primorsko naselje Klek te luka Ploče su na dvadesetak kilometara. No, ono što još nije dovoljno iskorišteno jest upravo rijeka Neretva i njezini pritoci, rukavci, jezera. Cijela delta Neretve je sačuvala svoje prirodne i ekološke vrijednosti kao močvarna i vlažna sredina i stanište brojnih vrsta, bez obzira na austrougarsku regulaciju njena toka i kasnije socrealističke melioracije poljoprivrednih površina. To se posebno odnosi na rubna područja doline Neretve koja su sačuvana u svom izvornom prirodnom stanju.



Slika 2.2 Položaj Metkovića u Hrvatskoj



Slika 2.3 Položaj Metkovića u dolini Neretve

### 3. POSTOJEĆE STANJE KANALIZACIJE

Kanalizacija u Metkoviću se razvijala kako se razvijao i grad. Sve vode iz užeg centra grada su se sakupljale i direktno gravitacijski ispuštale u rijeku Neretvu.

Na području grada Metkovića trenutno postoji oko 10 kilometara kanalizacijske mreže mješovitog tipa. To znači da se zajedno odvede oborinske i fekalne vode, i to koristi oko 30% stanovnika. Postojeća kanalizacija obuhvaća uglavnom užu centar grada, uključujući brežuljkasti stari dio grada na Predolcu, i u potpunosti je gravitacijskog tipa. Nepročišćene otpadne vode ispuštaju se u rijeku Neretvu. Na užem području grada postoji više zasebnih kanalizacijskih mreža sa samostalnim ispustom. Na ostalom prostoru grada na kojem je uglavnom individualna gradnja kanalizacija nije građena, a za zbrinjavanje otpadnih voda koriste se sabirne jame koje su uglavnom propusne. Sadržaj jama se prazni u kanalizacijsku mrežu.

Prema rezultatima dosadašnjih ispitivanja kakvoće vode, rijeka Neretva ne zadovoljava u cijelosti zahtjevima kategorizacije voda. Osim fizikalno-kemijskih pokazatelja (otopljene soli) ne zadovoljavaju naročito mikrobiološki pokazatelji, a direktan uzrok je ispuštanje nepročišćene otpadne vode uzvodnih naselja a posebno grada Mostara, kao i u samome Metkoviću. Iz navedenih razloga potreba zbrinjavanja otpadnih voda u gradu Metkoviću je žurna i neodgodiva. Već više godina se problem nastoji riješiti, ali zbog nedostatka novca sve se odvija sporo.

## 4. KARAKTERISTIKE PODRUČJA ODVODNJE

### 4.1. Prirodne karakteristike

#### 4.1.1. Klima

Ovo područje pripada mediteranskoj klimi koju karakterizira topli i sušni ljetni period te hladni i vlažni zimski period.

Delta Neretve od Metkovića do ušća sa sjevera i sjeveroistoka omeđena je ograncima dinarskih planina, a s juga podgradinsko-slivanjskim brdima. Na zapadu je Delta otvorena moru i nalazi se pod njegovim stalnim utjecajem. Zbog toga se na ovom području sudaraju utjecaji s kopna i mora, kontinentalne i mediteranske klime. U jesen se more polagano hladi, oslobađa toplinu i time produžuje ljeto, a u proljeće je obrnuto, ohlađeno more sprječava zagrijavanje zraka iznad kopna. U gornjem području otvorena je prema prodiranju suhих vjetrova ljeti, a hladnih zimi i u proljeće. Ljeta su duga, topla i suha, dok su zime blage i kišovite.

Prosječna godišnja temperatura iznosi 15,7°C, no prosjek devet mjeseci u godini iznosi iznad 10° C. Zimski mjeseci su najhladniji, a kraj siječnja se uzima kao najhladniji period s 2,5°C. U veljači 1947. godine zabilježeno je -11°C. Najtopliji su ljetni mjeseci, a u kolovozu temperatura zraka doseže u pojedinim danima i do 35°C, dok je 1946. godine zabilježeno 40°C. Godišnja količina padalina u prosjeku iznosi oko 1.300 mm, a od toga 65-75% padne u zimskom razdoblju. Snijeg je rijetka pojava, a zimi i u rano proljeće mogu se pojaviti i mrazevi koji mogu biti opasni za vegetaciju. Zimi dominiraju strujanja iz E i SE smjera (35-40%), a vjetrovi iz ostalih smjerova su rijetki. Ljeti u jutarnjim terminima pušu istočni i jugoistočni vjetrovi, a popodne zapadni. Tijekom cijele godine vrijednosti relativne vlažnosti zraka veće su od 60% i ne mijenjaju se značajno tijekom godine.

#### 4.1.2. Vodni resursi

Ovo područje obiluje značajnim vodnim resursima. Postoji veći broj vodotoka, a cijelo područje je bogato podzemnim vodama. Najznačajniji površinski vodotok je rijeka Neretva.

Metković je smješten s lijeve i desne strane rijeke Neretve. To je najduža rijeka jadranskoga sliva, a ima najveće prijelazne vode (estuarij). Rijeka se na više mjesta ulijeva u neretvanski kanal južno od Ploča. Osim glavnoga toka, koji je plovni do Metkovića (21 km), osnovicu tekućica tvori i Mala Neretva. Ona se odvaja od glavnoga toka s lijeve strane kod Opuzena.

Vodotoci su lijevoga zaobalja Neretve Mislina i Jezerača s izvorom u jezeru Kuti, koji nakon sastava prelaze u Prunjak koji se ulijeva u Malu Neretvu kod Opuzena.

Vodotoci su desnoga zaobalja Glibuša, Norin, Matica, Desanka i Crna rijeka. Desne su kotlina koja je izvorska zona gornjih horizonata (Vrgorskoga polja i Rastoka). Niz vrele smješten je na kontaktu doline s kršom, od kojih je najznačajnije Modro oko. Cijeli sliv sakuplja se u središnjem dijelu doline u Desanskom jezeru, a odatle otječe u Neretvu kroz rijeku Desanku i u luku Ploče (jezero Vranjak) kroz Crnu rijeku.

Od većeg broja jezera koja su se nekada nalazila u Delti Neretve, na području Republike Hrvatske, danas su preostala sljedeća: Modro oko, Desansko (jezero Desne), Vlaška, Parila, Jezerce te jezero Kuti (najveće od njih). Ona jezera koja nisu obuhvaćena melioracijom uglavnom su dubine od 4 do 25 m, a vodom se napajaju iz izvora s dna. Dakle, jezera se prihranjuju vodom iz podzemnih izvora, ali također i Neretvom te pripadajućim pritocima. Jezera Modro Oko i Desne pod utjecajem su mora zbog prodora slane vode (preko jezera Vlaška i Crne Rijeke), što posebno dolazi do izražaja tijekom ljeta za vrijeme niskog vodostaja Neretve.





*Slika 4.1.2.1. Hidrografska mreža Delte Neretve*

Protok rijeke Neretve je dosta ujednačen i reguliran izgradnjom akumulacija u slivu Neretve. Najveća protoka se javlja tijekom zime, a najmanja ljeti.



*Slika 4.1.2.2. Vodotoci doline Neretve*

Područje delte Neretve posebno je ugroženo od poplava za vrijeme dužih oborina, čemu smo svjedočili i 2010. godine kada se poplave nanijele veliku materijalnu štetu na području grada Metkovića. Zaštitni i melioracijski sustav još je nedovršen pa su pojedini dijelovi delte koji su se nekontrolirano urbanizirali i dalje nedovoljno zaštićeni. Najugroženiji su desnoobalni niželežeci dijelovi Metkovića, što se postupno rješava dogradnjom sustava zaštite od velikih voda.



*Slika 4.1.2.3. Gradnja nasipa za zaštitu od poplava na desnoj obali Neretve*



### 4.1.3. Podzemne vode

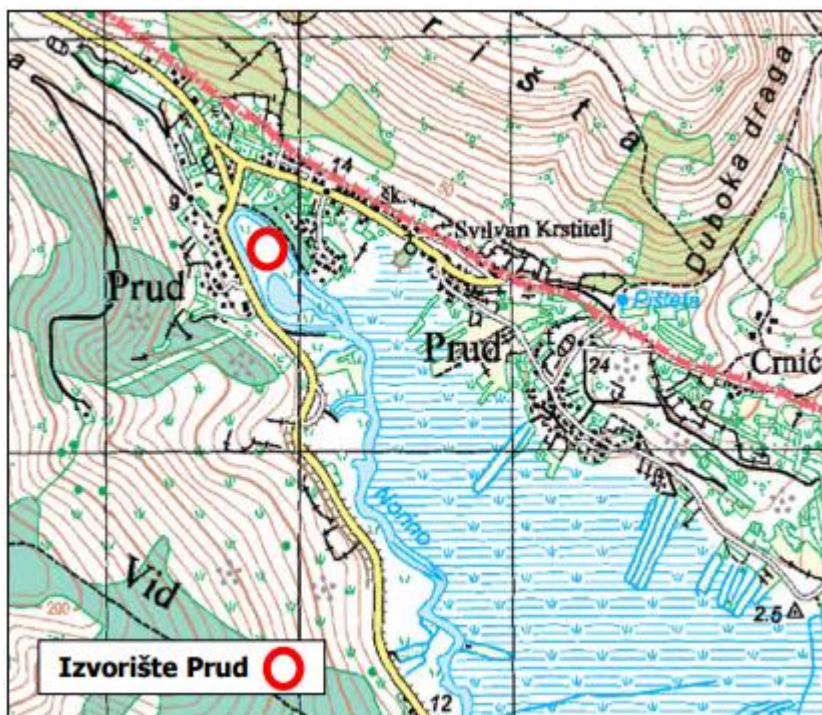
Na cijelom području doline Neretve nalaze se plitke podzemne vode koje su u kontaktu s morem i površinskim vodama. Podzemne vode se hrane direktno iz površinskih voda te cijelim nizom vrela koja se nalaze po rubu doline. Podzemne vode se nalaze na dubini od 2-3 m. Visoka razina podzemnih voda je rezultat utjecaja mora koje se rijekom Neretvom kao i podzemno infiltrira duboko u dolinu i nalazi se ispod slatkih voda na cijelom području doline. Očekivanim klimatskim promjenama i rastom srednje razine mora podzemne vode na cijelom području doline će biti pliće, odnosno razina površinskih i podzemnih voda će rasti. Sve to skupa utječe na podzemne instalacije a posebno kanalizaciju.



Slika 4.1.3.1. Smjer tečenja podzemne vode



Vrela u dolini Neretve dobivaju vodu kroz propusno karbonatno zaleđe iz Popova polja i doline Trebišnjice. Osobito velike količine vode ističu se tijekom vlažnog razdoblja. Vrlo značajno vrelo, koje se koristi za vodoopskrbu Metkovića (uz izvor u Doljanima) je izvor rijeke Norin u Prudu.



Slika 4.1.3.2. Lokacija izvorišta u naselju Prud

#### 4.1.4. Topografija

Šire područje Metkovića karakterizira niska koju čini prostor uz rijeku Neretvu i brdovito vapnenački teren koji se uzdiže po rubu doline. Na brdu Predolac (114,2 m n.m.) koji je najbliže rijeci Neretvi razvio se grad Metković.

Metković se danas smjestio na objema obalama rijeke Neretve. Većina današnjeg urbaniziranog područja je u prošlosti bila močvarno područje ili područje koje je Neretva povremeno plavila. Tek reguliranjem Neretve i premještanjem u novo korito (u periodu Austro-Ugarske) došlo je do širenja grada koji je prvobitno činio samo stari dio, smješten na Predolcu. Većina današnjeg gradskog područja nalazi se na koti terena 2-5 m n.m., dok je veliko područje uz staru Neretvu na koti 1,0 m n.m. Stari dio grada koji je smješten na Predolcu uglavnom se nalazi na koti terena 10-50 m n.m.



*Slika 4.1.4.1. Avionski panoramski snimak područja grada Metkovića*

#### 4.1.5. Geološke i seizmičke značajke

U geološkom pogledu nizinsko područje Metkovića je nastalo sedimentacijom materijala koji je Neretva nosila. Područje oko rijeke Neretve izgrađeno je od aluvijalnih nanosa koje je donosila Neretva. Teren uz rijeku na području grada se nasuo i podigao kako bi se mogla razvijati luka, skladišta i željeznica.

Šire područje Metkovića je u pogledu inženjersko-geoloških uvjeta vrlo složeno. Uvjetno se može analizirati u tri geološke cjeline:

- delta Neretve
- sjeverozapadno vapnenačko područje
- južni i istočni vapnenački prostor

Delta Neretve je, dakle, izgrađena od aluvijalnih nanosa. To su fluvijalni pleistocensko-holocenski sedimenti sastavljeni od dosta poroznih pjeskovitih glinastih šljunaka, najčešće prekriveni prašinastim glinama čiju podlogu tvore fluviglacialne naslage. Visoka razina podzemnih voda uvjetuje da su na velikim površinama još uvijek zastupljene močvare i povremeno plavljeni tereni.

Deltu Neretve ispunjavaju dakle pješčano - glinaste naslage u različitim formacijama (pjeskovita glina s mjestimično tankim slojem potonulog treseta, uz jezera Modrič i uz more na površini prevladavaju pjeskovite ilovače, mulj i srednjezmi pijesak; uglavnom sitnozmi pijesak, u gornjim slojevima često prašinasto muljevit, s mjestimičnim proslojcima pjeskovite ilovače i srednjezrnog pijeska, pretežno na lijevoj obali Neretve, srednja debljina sloja 5-6 m). Važna karakteristika aluvijalne ravnice je raznolikost sastava tla što je važno saznanje za korištenje i određivanje poljoprivredne kulture, posebno trajnih nasada. Raznolikost i neujednačenost tla prati i neujednačenost mikroklimatskih elemenata, pojava slane vode i slično, što također može doprinijeti boljem ili lošijem uspjehu u poljoprivrednoj proizvodnji.

Tereni u dolini Neretve su uglavnom nestabilni, nepovoljnih građevinskih karakteristika s visokom razinom podzemnih voda.

Sjeverozapadni vapnenački prostor izgrađen je uglavnom od jurskih i krednih vapnenaca s razvijenim krškim formama u kojima prevladavaju škrapari obrasli oskudnom vegetacijom šikare i kamenjare. U mekšim manje propusnim stijenama, krednim dolomitima i terciarnom flišu nastala su krška polja Jezero i Jezerac. Na vapnenačkom

prostoru uz škrapare nastale su ponikve i manje krške uvale čija su dna prekrivena crvenicom.

Istočni dio čini također vapnenački prostor izgrađen uglavnom od jurskih vapnenaca s razvijenim elementima krša.

Prostor Metkovića u cijelosti pripada VIII<sup>o</sup> seizmičnosti po MCS ljestvici (Mercalli-Cancani-Siebergova ljestvica). Delta Neretve pripada velikom seizmičkom bloku, s individualnim seizmičkim osobinama, koji obuhvaća prostor donjeg toka Neretve, kanal do poluotoka Pelješca i poluotok Pelješac. Razdoblje seizmičkih pokreta je duže (10 i više godina), a potresi se ističu intenzitetom, a ne učestalošću. Utvrđeno je recentno spuštanje kopna i pozitivno pomicanje obalne linije na što ukazuje i produženje toka Neretve u podmorju Neretvanskog kanala. U proteklih 50 godina u nekoliko navrata su zabilježeni potresi srednje jakosti (VII<sup>o</sup> MCS) koji su izazvali manja rušenja i materijalne štete.

#### 4.1.6. Prirodni krajobraz i osnovne karakteristike tla

Geografska obilježja Grada Metkovića ukazuju na pretežito nizinsko područje s dosta plodnih površina te brdovitim vapnenačkim zaleđem uz granična područja. Na neretvanskom području prisutna su dva tipa reljefa:

- zaravnjeni naplavni tereni delte Neretve – na dijelovima gdje je izvršena melioracija zemljišta stvorene su plodne poljoprivredne površine s prilično poroznim tlom, koje sadrži pijesak i šljunak, te u površinskom dijelu humus;

- brdoviti kraški vapnenački reljef – ističu se strme forme reljefa s razvijenim elementima krša koji su nastali kemijskim djelovanjem atmosferske vode na vapnence (korozija).

Geomorfološke značajke prostora uvjetuju razlike u pedološkoj grani pojedinih geomorfoloških sektora, pa su u brdskom području blažih padina uz crnice i rezidne zastupljena i smeđa tla na vapnencu. Na zaravnjenim krškim terenima nalaze se još i razne forme koluvijalnih tala. U poljima i depresijama ispunjenim zemljišnim materijalom dominantna su duboka antropogena tla nastala od vrlo različitih koluvijalnih, a manjim dijelom i eolskih nanosa.

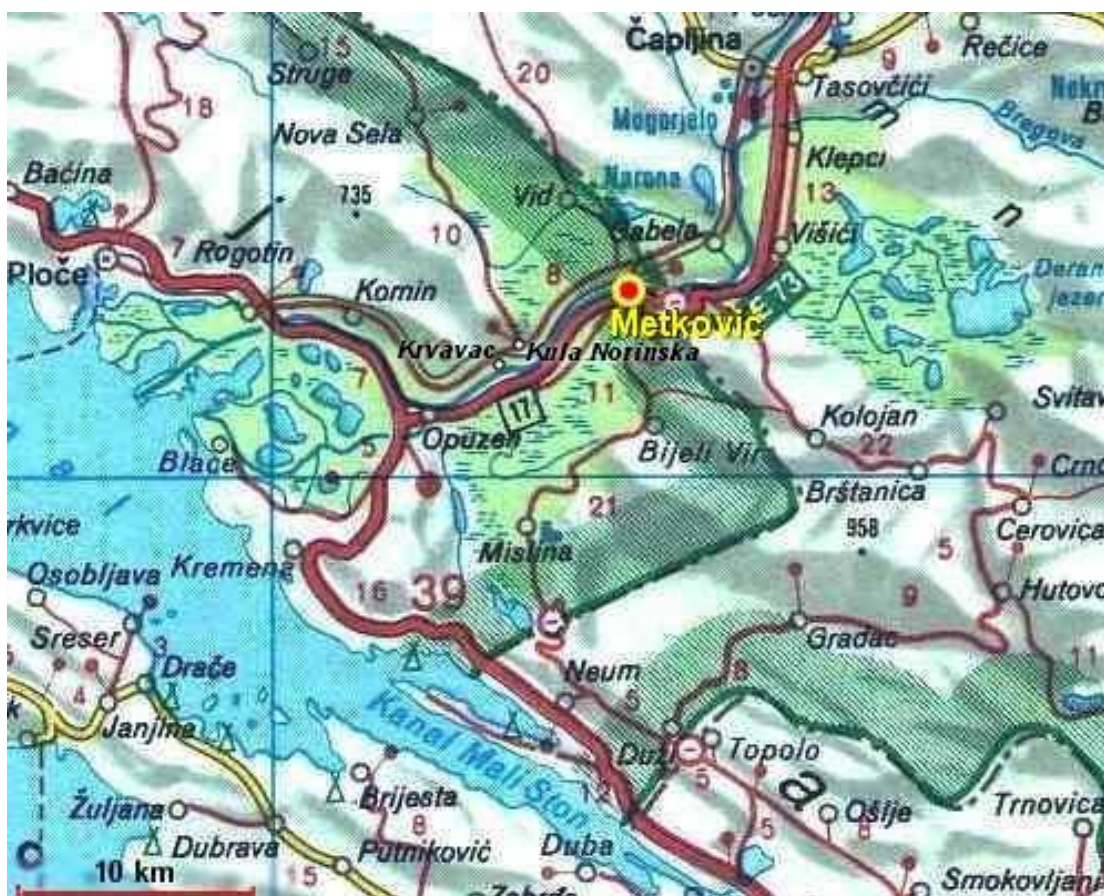
Ugroženost tla na ovom području proizlazi iz pretvaranja melioriranih obradivih površina u građevinsko zemljište, kemijskih onečišćenja, prometnih koridora i zaslanjivanja tla zbog prodora slane vode u unutrašnjost kopna. U ljetnim mjesecima, naročito u fazi plime, jača veličina i prodor slanoga morskog klina, koji je gušći i teži te se podvlači ispod sloja slatke riječne vode i struji uzvodno sve do Metkovića. U tom se razdoblju povećava koncentracija soli i u podzemnim vodama koje se tlačno, odnosno kapilarno uzdižu i zaslanjuju zemljište. Zaslanjene podzemne vode predstavljaju puno veću opasnost za devastaciju tla od samih površinskih tokova čiji se utjecaj koliko-toliko može kontrolirati.



## 4.2. Urbanističke i društvene karakteristike

Grad Metković prostire se na površini od oko 51 km<sup>2</sup>, te predstavlja središnje naselje doline Neretve. Sastoji se od dvije katastarske općine: Metković (28,73 km<sup>2</sup>) i Vid (22,35 km<sup>2</sup>).

Katastarska općina Metković prostire se na 28,73 km<sup>2</sup>, od čega na građevinsko područje otpada oko 5,1 km<sup>2</sup>.



Slika 4.2.1. Dolina Neretve

#### 4.2.1. Izgrađenost

Područje grada karakteriziraju dva područja izgrađenosti, gusta stambena i privredna područja po rubu brda Predolac i uz rijeku Neretvu u užem dijelu grada, te rijetka individualna izgradnja na ostalom prostoru grada.

Dakle, u Metkoviću je zastupljena individualna i kolektivna stambena izgradnja. Prostorno je veća zastupljenost individualne izgradnje (oko 70% stanovništva). Kolektivna izgradnja karakterizira užu centar grada, dok je individualna stambena izgradnja smještena u preostalom dijelu grada.



*Slika 4.2.1.1. Pogled na urbanizirani središnji dio Grada s kolektivnom gradnjom, a u pozadini preko rijeke s individualnom gradnjom*

#### 4.2.2. Stanovništvo

Prema popisu stanovništva iz 2011. godine na području Grada Metkovića živjelo je 16.788 stanovnika u ukupno 5 naselja, odnosno 12,52 % ukupne populacije Dubrovačko-neretvanske županije. Prosječna gustoća naseljenosti područja iznosi 302,71 st/km<sup>2</sup>, pa je iza Grada Dubrovnika najgušće naseljena jedinica lokalne samouprave na području Županije, a oko 4 puta je veća od prosječne gustoće naseljenosti Županije (68,93 st/km<sup>2</sup>) i države (78,48 st/km<sup>2</sup>).

Prostor Grada Metkovića pokazuje izrazito povoljnu demografsku sliku. Prema prvom popisu stanovništva iz 1857. godine na ovom prostoru živjelo je 1.476 stanovnika, a polagani trend rasta trajao je do 1961. godine kada je zabilježeno 6.358 stanovnika. Razdoblja koja su uslijedila ubrzala su trend rasta stanovnika do 16.788 koliko je živjelo 2011. U zadnjih 30 godina broj stanovnika u Dubrovačko-neretvanskoj županiji porastao je za 13 %, a u Metković za približno 75 %. Promatrajući Županiju rijetka su područja koja bilježe kontinuirano rast stanovništva kao Grad Metković. Na ovakvo kretanje broja stanovnika u posljednje vrijeme utjecali su suvremeni politički, društveno - gospodarski i populacijski procesi, koji su se odrazili na prirodnom kretanju stanovništva (povećani natalitet i pozitivni prirodni prirast) i na demografski migracijski saldo (povećano useljavanje iz BIH i brdskih naselja). Metković je godinama istican kao grad sa najvišim natalitetom u Hrvatskoj.

*Tablica 4.2.2.1. Broj stanovnika Grada Metkovića prema naseljima*

NASELJA	GODINE		
	1991.	2001.	2011.
Dubravica	82	106	90
Glušci	97	65	76
Metković	12 026	13 873	15 329
Prud	417	561	497
Vid	748	779	796

Kao što se može vidjeti prirast stanovnika je značajan samo u naselju Metković, dok se u ostalim naseljima ne mijenja značajnije.



Predviđa se da će na kraju planskog perioda (20 godina) izgradnje kanalizacije ukupno opterećenje kanalizacijskog sustava i uređaja biti 20 000 ekvivalentnih stanovnika.

#### **4.2.3. Industrija**

Industrija nije razvijena na području grada Metkovića, kao niti na cijelom neretvanskom području. Privreda je pretežno usmjerena prema djelatnosti poljoprivrede, trgovine, prometa i veza, te uslužnih djelatnosti. Prirodni krajobraz s bogatom florom i faunom, te plodno tlo, vjerojatni su razlozi zbog čega se ovaj kraj nije orijentirao na industrijski razvoj, osim poljoprivrede. Prema smjernicama za planiranje iz Prostornog plana Dubrovačko-neretvanske županije za razvoj gospodarstva u neretvanskom području predviđaju se jedino zone eksploatacije mineralnih sirovina u Metkoviću. Ovo područje ima i velike mogućnosti za razvoj turizma, ali i prometa i trgovine jer se nalazi na granici, ima luku, a željeznicom i cestovno je dobro povezan sa unutrašnjosti, odnosno Bosnom i Hercegovinom i dalje sa središtem Balkana.

## 5. REGULATIVNI OKVIR ZA RJEŠAVANJE KANALIZACIJE

Izgradnja kanalizacije u Hrvatskoj je regulirana s propisima koji su u cijelosti usklađeni s Direktivama EU.

Četiri su osnovna regulativna područja od interesa za kanalizaciju: zaštita okoliša, komunalno gospodarstvo, vodoprivreda i građenje. Kanalizacija se nalazi u urbanoj sredini i kao takva podliježe usklađivanju s potrebama tog prostora. Isto tako, kanalizacija je dio vodoprivrednog sustava tako da mora biti usklađena i s potrebama vodoprivrednog sustava. Kao građevinski objekt mora ispunjavati sve uvjete i zahtjeve vezane za građenje ovakvih pretežito podzemnih elemenata. Također, kanalizacija treba biti u potpunosti usklađena s potrebama javnog zdravstva i zaštitom okoliša. Iz svega ovoga može se zaključiti postojanje niza zakona koji izravno ili neizravno reguliraju problematiku kanalizacijskog sustava.

Prvo područje koje obrađuje problematiku kanalizacije je urbanizam, područje stanovanja i komunalnog gospodarstva. To je područje u kojem se kanalizacija nalazi, odnosno čiji je sastavni dio. Ključni zakoni iz ovog područja su:

- Zakon o komunalnom gospodarstvu (NN 36/95, te njegove izmjene i dopune objavljene u „Narodnim novinama“ br. 70/97., 128/99., 57/00., 129/00. i 59/01. u kojima je naznačeno vrijeme njihova stupanja na snagu)

- Zakon o prostornom uređenju i građenju (NN 76/07)

Kanalizacija je dio vodoprivredne infrastrukture, tako da se na nju odnose i zakoni iz ovog područja. Najvažniji zakon iz ovog područja je:

- Zakon o vodama (NN 107/95), te njegove brojne izmjene 153/09; 63/11; 130/11; 56/13 i 14/14.

- Strategija upravljanja vodama NN 9/08.

Kanalizacija je i građevinski objekt, pa treba zadovoljavati određene uvjete kao i ostali građevinski objekti. Najvažniji je zakon koji regulira ovu problematiku:

- Zakon o prostornom uređenju i građenju (NN 76/07), te njegove novije inačice.

Četvrto područje koje obuhvaća kanalizacijski sustav je zaštita okoliša. Postoji cijeli niz propisa o zaštiti okoliša od kojih su osnovni:

- Ustav
- Deklaracija o zaštiti okoliša u Republici Hrvatskoj (NN 34/92)
- Zakon o zaštiti okoliša (NN 80/13)
- Strategija zaštite okoliša, itd.

Drugi važni propisi se odnose na zbrinjavanje mulja s uređaja za pročišćavanje komunalnih otpadnih voda. To su:

- Direktiva za mulj
- Pravilnik za mulj
- Plan provedbe vodno-komunalnih direktiva (NN 82/13)
- Nacrt Višegodišnje programa gradnje vodno-komunalnih vodnih građevina 2014-2023, Hrvatske vode 2013.
- Odluka o određivanju osjetljivih područja (NN 81/10)
- Pravilnik o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda (NN 80/13)

## 5.1. Razina pročišćavanja

Stupnjevi pročišćavanja definirani su Pravilnikom o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda (NN, br.153/09), odnosno Direktivom o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda 91/271/EEZ i njenih dopuna :

- "Prethodno pročišćavanje" - obrada otpadnih voda u skladu sa zahtjevima za ispuštanje tehnoloških otpadnih voda u sustav javne odvodnje.

- "Prvi stupanj ( I ) pročišćavanja" - obrada komunalnih otpadnih voda fizikalnim i/ili kemijskim postupkom koji obuhvaća taloženje suspendiranih tvari ili druge postupke u kojima se BPK<sub>5</sub> ulaznih otpadnih voda smanjuje za najmanje 20% prije ispuštanja, a ukupne suspendirane tvari ulaznih otpadnih voda za najmanje 50%.

- "Drugi stupanj ( II ) pročišćavanja" - obrada komunalnih otpadnih voda postupkom koji općenito obuhvaća biološku obradu sa sekundarnim taloženjem kojim se uklanja 70 – 90% BPK<sub>5</sub> ulaznih otpadnih voda i 75% KPK ulaznih otpadnih voda.

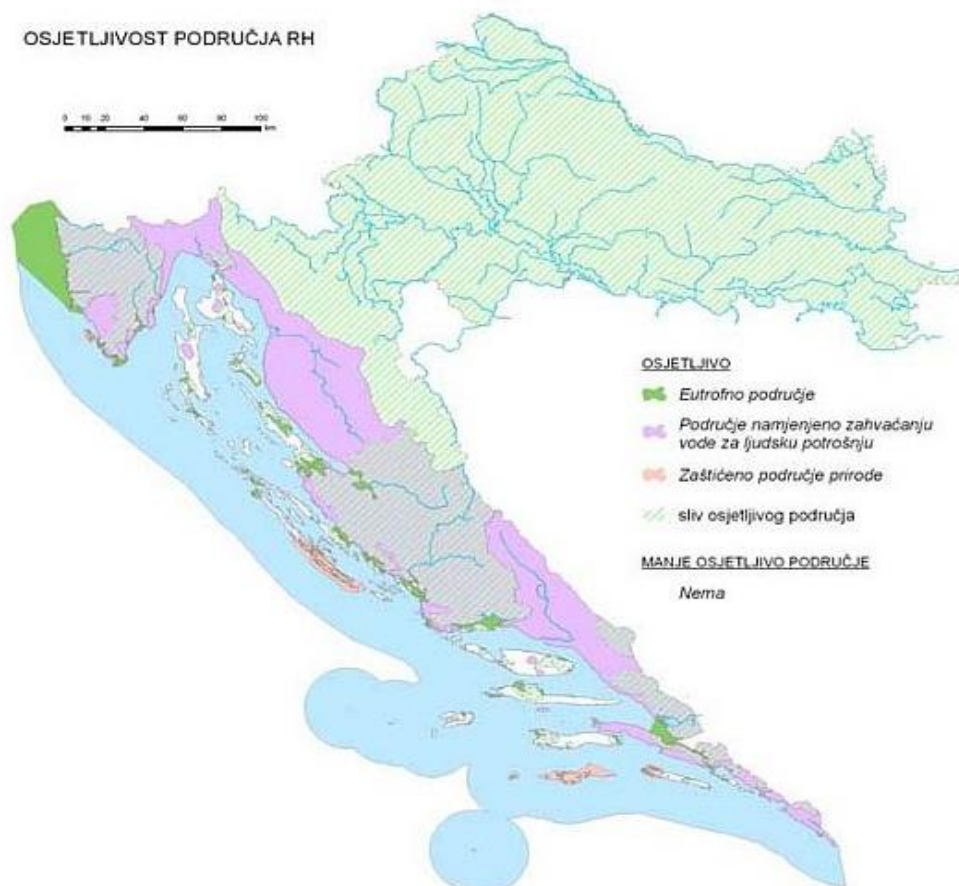
- "Treći stupanj ( III ) pročišćavanja" - obrada komunalnih otpadnih voda postupkom kojim se uz drugi stupanj pročišćavanja još dodatno uklanja fosfor za 80% i/ili dušik za 70 – 80%.

U skladu sa svim propisima i Ugovorom s EU aglomeracija/kanalizacija Metkovića treba imati uređaj s 3. stupnjem pročišćavanja.

## 5.2. Osjetljivost područja aglomeracije Metković

Prethodno navedenim dokumentima određeno je područje aglomeracije grada Metkovića, tip kanalizacije, razina pročišćavanja i rok izgradnje.

Utvrđeno je da se pročišćene vode aglomeracije Metković ispuštaju u osjetljive vode te zbog toga moraju imati treći stupanj pročišćavanja.



Slika 5.2.1. Osjetljivost područja u Republici Hrvatskoj

Tablica 5.2.1. Stupanj pročišćavanja u ovisnosti o osjetljivosti područja

Osjetljivost područja	Veličina aglomeracije	Sustav odvodnje	Stupanj pročišćavanja
MANJE OSJETLIVO	< 2.000 ES	Bez zahtjeva	Odgovarajući (najmanje I. stupanj), za postojeći sustav odvodnje
	2.000 – 10.000 ES	Opremiti sa sustavom odvodnje	Odgovarajući (najmanje I. stupanj)
	> 10.000 ES	Opremiti sa sustavom odvodnje	prvi (I) + drugi (II)
OSJETLIVO	< 2.000 ES	Bez zahtjeva	Odgovarajući (najmanje I. stupanj), za postojeći sustav odvodnje
	2.000 – 10.000 ES	Opremiti sa sustavom odvodnje	Odgovarajući (najmanje II. stupanj)
	> 10.000 ES	Opremiti sa sustavom odvodnje	prvi (I) + drugi (II) + treći (III)

Kanalizacija i pripadajući uređaj sastavni su dio prostornih planova i druge prostorne dokumentacije Županije kao i grada Metkovića.

## 6. KARAKTERISTIKE OTPADNIH I OBORINSKIH VODA

S obzirom na slabu razvijenost industrije na ovom području razlikujemo:

- kućanske/komunalne otpadne vode
- oborinske vode
- mješovite vode

### 6.1. Kućanske otpadne vode

Kućanske otpadne vode zovemo još komunalnim ili gradskim, te fekalnim otpadnim vodama. To su vode iz kućanstva, uslužnih i drugih neproizvodnih djelatnosti, zdravstva. Sastav kućanskih otpadnih voda ovisi o puno čimbenika, ali prvenstveno o načinu života, raspoloživim količinama vode, klimatskim uvjetima, te o izgrađenosti samog vodoopskrbnog sustava. Ove vode su biološki razgradive te se pročišćavaju biološkim postupcima na uređaju za pročišćavanje otpadnih voda. Vode su jako opterećene i bakteriološkim onečišćenjem.

Tablica 6.1.1. Tipičan sastav nepročišćenih kućanskih otpadnih voda  
(J. Margeta – Kanalizacija naselja, 2009.)

<b>Pokazatelj</b>	<b>Veličina</b>
Količina otpadnih tvari $Q_m$	50 - 250 l/stan/dan
Ukupne krutine	300 - 1000 mg/l
Raspršene tvari	100 - 350 mg/l
BPK <sub>5</sub>	100 - 400 mg/l
Ukupni N	20 - 85 mg/l
Organski N	8 - 35 mg/l
N - NH <sub>3</sub>	12 - 50 mg/l
Ukupni P	5 - 15 mg/l
Organski P	1 - 5 mg/l
Anorganski P	4 - 10 mg/l
Ukupni koliformi	10 <sup>6</sup> - 10 <sup>9</sup> /100 ml
Cl-	30 - 100 mg/l
Sulfati	20 - 50 mg/l

## 6.2. Oborinske vode

Oborinske vode su površinske vode urbanih sredina koje se sakupljaju kanalizacijom. Ispiranjem zraka i površina, oborinske vode mijenjaju svoj sastav u skladu sa količinom i sastavom nečistoća u zraku i na površinama preko kojih otječu. Kako zagađenje zraka i površina nije svugdje isto, tako i sastav i zagađenje oborinskih voda nisu isti. U prirodnim sredinama i manjim naseljima bez industrije, područjima grada s individualnom gradnjom oborinske su vode razmjerno čiste, dok u većim gradovima s industrijskim pogonima i intenzivnim prometom ove vode mogu biti vrlo zagađene.

Ključne varijable za upravljanje sustavom oborinskih voda su količina voda i teret zagađenja. Sastav ovih voda i teret zagađenja određuju vrste i količine tvari koje se nalaze na slivnoj površini između dvije kiše, kao i intenzitet i trajanje same kiše. Količine voda određuju parametri: veličina slivne površine, koeficijent otjecanja i intenzitet kiše. Osnovni generator procesa je kiša koja je stohastička varijabla i kao takva generira stohastičke procese na slivnoj površini, pa tako i dvije osnovne varijable: količinu vode i teret zagađenja, odnosno vršni računski protok, volumen vode i koncentraciju otpadnih tvari. To znači da se za opisivanje ovih procesa moraju koristiti i stohastički parametri (vrijeme ponavljanja). Svaka veličina je prosječna očekivana vrijednost za razmatrano vrijeme ponavljanja.

Oborinske vode u pravilu imaju najveći utjecaj na estetske karakteristike prijarnika (mutnoća, plivajuće tvari i masnoće). Međutim, ukoliko su oborinske vode opterećene metalima i drugim štetnim tvarima, tada one imaju i negativne zdravstvene utjecaje na hranidbeni lanac u prirodi, a time i na čovjeka ukoliko je sudionik tog hranidbenog lanca.



### **6.3. Mješovite vode**

Kombinacija otpadnih i oborinskih voda predstavlja mješovite vode. Mješoviti sustav ima dva bitno različita režima rada/stanja: sušni i kišni. Sušni režim je onaj koji je u kanalizaciji otpadnih, a kišni onaj koji je u kanalizaciji oborinskih voda. Bitna je razlika u tome što kišni režim i oborinske vode sadrže i sve otpadne vode, odnosno kakvoća mješovitih voda je značajno različita od oborinskih. Količine su neznatno veće i bez bitnog utjecaja na stanje sustava. Međutim, sanitarni aspekti su bitno drugačiji jer su oborinske vode onečišćene bakteriološkim zagađenjem iz otpadnih voda. To znači da su ove vode izravno opasne za zdravlje ljudi i okoliš.

Druga je razlika u kontroli negativnih utjecaja ovih voda, jer mješovite vode nekontrolirano istječu u okoliš putem ispusta i preljeva. Zbog toga je njihov utjecaj na okoliš veći i prostorno i po jačini i po količini zagađenja.

## 7. MJERODAVNE KOLIČINE KOMUNALNIH OTPADNIH VODA

Kako nema podataka o prodanoj vodi, pretpostavit će se specifična potrošnja na osnovu veličine naselja, odnosno broja stanovnika, i uobičajenih veličina za slična područja.

### Metković

- Broj stanovnika: 15 329 stanovnika
- Specifična potrošnja: 150 l/stan/dan
- Koeficijent dnevne neravnomjernosti: 1.4
- Koeficijent satne neravnomjernosti: 1.6
- Koeficijent umanjenja otpadnih voda:
  - individualna gradnja:  $K_u^{ind}=0.75$
  - kolektivna gradnja:  $K_u^{kol}=0.95$
- Povratni period: 20 godina
- Područje( $K_p$ ): 1.0 (visoka razina podzemne vode)

Specifična količina otpadne vode:

$$q_k = q \cdot K_u = (q \cdot K_u^{ind}) \cdot 0.7 + (q \cdot K_u^{kol}) \cdot 0.3 = (150 \cdot 0.75) \cdot 0.7 + (150 \cdot 0.95) \cdot 0.3 = 121.5 \text{ l/stan/dan}$$

Srednji dnevni dotok:

$$Q_{dne,sred} = q_k \cdot M = 121.5 \cdot 15329 = 1862474 \text{ l / dan} = 1862.5 \text{ m}^3 / \text{dan}$$

Maksimalni dnevni dotok za sušni period:

$$Q_{dne,max,sušni} = Q_{dne,sred} \cdot K_{D,max} = 1862.5 \cdot 1.4 = 2607.5 \text{ m}^3 / \text{dan}$$

Maksimalni satni dotok za sušni period:

$$Q_{sat,max,sušni} = \frac{Q_{dne,max,sušni}}{24} \cdot K_{S,max} = \frac{2607.5}{24} \cdot 1.6 = 173.8 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Maksimalni satni dotok za kišni period:

$$Q_{sat,max,kišni} = Q_{sat,max,sušni} + K_p \cdot \frac{Q_{dne,sre}}{24} = 173.8 + 1.0 \cdot \frac{1862.5}{24} = 251.4 m^3 / h$$

### Prud

- Broj stanovnika: 497 stanovnika
- Specifična potrošnja: 120 l/stan/dan
- Koeficijent dnevne neravnomjernosti: 2.0
- Koeficijent satne neravnomjernosti: 3.0
- Koeficijent umanjenja otpadnih voda:  $K_u=0.75$
- Područje( $K_p$ ): 1.0

Specifična količina otpadne vode:

$$q_k = q \cdot K_u = 120 \cdot 0.75 = 90 \text{ l/stan/dan}$$

Srednji dnevni dotok:

$$Q_{dne,sred} = q_k \cdot M = 90 \cdot 497 = 44730 l / dan = 44.73 m^3 / dan$$

Maksimalni dnevni dotok za sušni period:

$$Q_{dne,max,sušni} = Q_{dne,sred} \cdot K_{D,max} = 44.73 \cdot 2.0 = 89.46 m^3 / dan$$

Maksimalni satni dotok za sušni period:

$$Q_{sat,max,sušni} = \frac{Q_{dne,max,sušni}}{24} \cdot K_{S,max} = \frac{89.46}{24} \cdot 3.0 = 11.18 m^3 / h$$

Maksimalni satni dotok za kišni period:

$$Q_{sat,max,kišni} = Q_{sat,max,sušni} + K_p \cdot \frac{Q_{dne,sre}}{24} = 11.18 + 1.0 \cdot \frac{44.73}{24} = 13.04 m^3 / h$$

**Vid**

- Broj stanovnika: 796 stanovnika
- Specifična potrošnja: 120 l/stan/dan
- Koeficijent dnevne neravnomjernosti: 2.0
- Koeficijent satne neravnomjernosti: 3.0
- Koeficijent umanjenja otpadnih voda:  $K_u=0.75$
- Područje( $K_p$ ): 0.5

Specifična količina otpadne vode:

$$q_k = q \cdot K_u = 120 \cdot 0.75 = 90 \text{ l/stan/dan}$$

Srednji dnevni dotok:

$$Q_{dne,sred} = q_k \cdot M = 90 \cdot 796 = 71640 \text{ l / dan} = 71.64 \text{ m}^3 / \text{ dan}$$

Maksimalni dnevni dotok za sušni period:

$$Q_{dne,max,sušni} = Q_{dne,sred} \cdot K_{D,max} = 71.64 \cdot 2.0 = 143.28 \text{ m}^3 / \text{ dan}$$

Maksimalni satni dotok za sušni period:

$$Q_{sat,max,sušni} = \frac{Q_{dne,max,sušni}}{24} \cdot K_{S,max} = \frac{143.28}{24} \cdot 3.0 = 17.91 \text{ m}^3 / \text{ h}$$

Maksimalni satni dotok za kišni period:

$$Q_{sat,max,kišni} = Q_{sat,max,sušni} + K_p \cdot \frac{Q_{dne,sred}}{24} = 17.91 + 0.5 \cdot \frac{71.64}{24} = 19.4 \text{ m}^3 / \text{ h}$$

**Dubravica**

- Broj stanovnika: 90 stanovnika
- Specifična potrošnja: 120 l/stan/dan
- Koeficijent dnevne neravnomjernosti: 2.0
- Koeficijent satne neravnomjernosti: 3.0
- Koeficijent umanjenja otpadnih voda:  $K_u=0.75$
- Područje( $K_p$ ): 0.5

Specifična količina otpadne vode:

$$q_k = q \cdot K_u = 120 \cdot 0.75 = 90 \text{ l/stan/dan}$$

Srednji dnevni dotok:

$$Q_{dne,sred} = q_k \cdot M = 90 \cdot 90 = 8100 \text{ l / dan} = 8.1 \text{ m}^3 / \text{ dan}$$

Maksimalni dnevni dotok za sušni period:

$$Q_{dne,max,sušni} = Q_{dne,sred} \cdot K_{D,max} = 8.1 \cdot 2.0 = 16.2 \text{ m}^3 / \text{ dan}$$

Maksimalni satni dotok za sušni period:

$$Q_{sat,max,sušni} = \frac{Q_{dne,max,sušni}}{24} \cdot K_{S,max} = \frac{16.2}{24} \cdot 3.0 = 2.03 \text{ m}^3 / \text{ h}$$

Maksimalni satni dotok za kišni period:

$$Q_{sat,max,kišni} = Q_{sat,max,sušni} + K_p \cdot \frac{Q_{dne,sred}}{24} = 2.03 + 0.5 \cdot \frac{8.1}{24} = 2.2 \text{ m}^3 / \text{ h}$$

**Glušci**

- Broj stanovnika: 76 stanovnika
- Specifična potrošnja: 120 l/stan/dan
- Koeficijent dnevne neravnomjernosti: 2.0
- Koeficijent satne neravnomjernosti: 3.0
- Koeficijent umanjenja otpadnih voda:  $K_u=0.75$
- Područje( $K_p$ ): 1.0

Specifična količina otpadne vode:

$$q_k = q \cdot K_u = 120 \cdot 0.75 = 90 \text{ l/stan/dan}$$

Srednji dnevni dotok:

$$Q_{dne,sred} = q_k \cdot M = 90 \cdot 76 = 6840 \text{ l / dan} = 6.84 \text{ m}^3 / \text{ dan}$$

Maksimalni dnevni dotok za sušni period:

$$Q_{dne,max,sušni} = Q_{dne,sred} \cdot K_{D,max} = 6.84 \cdot 2.0 = 13.68 \text{ m}^3 / \text{ dan}$$

Maksimalni satni dotok za sušni period:

$$Q_{sat,max,sušni} = \frac{Q_{dne,max,sušni}}{24} \cdot K_{S,max} = \frac{13.68}{24} \cdot 3.0 = 1.71 \text{ m}^3 / \text{ h}$$

Maksimalni satni dotok za kišni period:

$$Q_{sat,max,kišni} = Q_{sat,max,sušni} + K_p \cdot \frac{Q_{dne,sred}}{24} = 1.71 + 1.0 \cdot \frac{6.84}{24} = 2.0 \text{ m}^3 / \text{ h}$$

Procjena današnjih mjerodavnih količina otpadnih komunalnih voda:

	$Q_{dne,sred}$ ( $\text{m}^3/\text{dan}$ )	$Q_{dne,max,suš}$ ( $\text{m}^3/\text{dan}$ )	$Q_{sat,max,sušno}$ ( $\text{m}^3/\text{h}$ )	$Q_{sat,max,kišno}$ ( $\text{m}^3/\text{h}$ )
Metković	1862.5	2607.5	173.8	251.4
Prud	44.73	89.46	11.18	13.04
Vid	71.64	143.28	17.91	19.4
Dubravica	8.1	16.2	2.03	2.2
Glušci	6.84	13.68	1.71	2.0
<b>Ukupno:</b>	<b>1993.81</b>	<b>2870.12</b>	<b>206.63</b>	<b>288.04 (80 l/s)</b>

## 8. BIOLOŠKO OPTEREĆENJE UREĐAJA

U skladu s direktivom za otpadne vode EU, pretpostavlja se da je teret biološki razgradivog onečišćenja 1 stanovnika jednak veličini od 60 gr BPK<sub>5</sub>/stan/dan. Iz toga proizlazi veličina opterećenja koje generiraju pojedina naselja:

Metković:  $BPK_5=15\,329*60\text{ gr/stan/dan}=919\,714\text{ g/stan/dan}=919.74\text{ kg/stan/dan}$

Prud:  $BPK_5=497*60\text{ gr/stan/dan}=29\,820\text{ g/stan/dan}=29.82\text{ kg/stan/dan}$

Vid:  $BPK_5=796*60\text{ gr/stan/dan}=47\,760\text{ g/stan/dan}=47.76\text{ kg/stan/dan}$

Dubravica:  $BPK_5=90*60\text{ gr/stan/dan}=5\,400\text{ g/stan/dan}=5.4\text{ kg/stan/dan}$

Glušci:  $BPK_5=76*60\text{ gr/stan/dan}=4\,560\text{ g/stan/dan}=4.56\text{ kg/stan/dan}$

Tablica 8.1. Opterećenje uređaja BPK<sub>5</sub>

	Broj stanovnika	Broj ES	Teret BPK <sub>5</sub> kg/dan
Metković	15 329	15 329	919.74
Prud	497	497	29.82
Vid	796	796	47.76
Dubravica	90	90	5.4
Glušci	76	76	4.56
<b>Ukupno:</b>	<b>16 788</b>	<b>16 788</b>	<b>1007.28</b>

Pretpostavlja se da je teret kemijskog onečišćenja 1 stanovnika jednak veličini od 120 gr KPK/stan/dan. Iz toga proizlazi sljedeća veličina opterećenja:

Metković:  $BPK_5=15\,329*120\text{ gr/stan/dan}=1\,839\,480\text{ g/stan/dan}=1839.48\text{ kg/stan/dan}$

Prud:  $BPK_5=497*120\text{ gr/stan/dan}=59\,640\text{ g/stan/dan}=59.64\text{ kg/stan/dan}$

Vid:  $BPK_5=796*120\text{ gr/stan/dan}=95\,520\text{ g/stan/dan}=95.52\text{ kg/stan/dan}$

Dubravica:  $BPK_5=90*120\text{ gr/stan/dan}=10\,800\text{ g/stan/dan}=10.8\text{ kg/stan/dan}$

Glušci:  $BPK_5=76*120\text{ gr/stan/dan}=9\,120\text{ g/stan/dan}=9.12\text{ kg/stan/dan}$

Tablica 8.2. Opterećenje uređaja KPK

	<b>Broj stanovnika</b>	<b>Broj ES</b>	<b>Teret KPK kg/dan</b>
Metković	15 329	15 329	1839.48
Prud	497	497	59.64
Vid	796	796	95.52
Dubravica	90	90	10.8
Glušci	76	76	9.12
<b>Ukupno:</b>	<b>16 788</b>	<b>16 788</b>	<b>2014.56</b>

Veličina suspendirane tvari je 70 gr US/stan/dan. To daje sljedeće veličine opterećenja:

Metković:  $BPK_5 = 15\,329 * 70 \text{ gr/stan/dan} = 1\,073\,030 \text{ g/stan/dan} = 1073.03 \text{ kg/stan/dan}$

Prud:  $BPK_5 = 497 * 70 \text{ gr/stan/dan} = 34\,790 \text{ g/stan/dan} = 34.79 \text{ kg/stan/dan}$

Vid:  $BPK_5 = 796 * 70 \text{ gr/stan/dan} = 55\,720 \text{ g/stan/dan} = 55.72 \text{ kg/stan/dan}$

Dubravica:  $BPK_5 = 90 * 70 \text{ gr/stan/dan} = 6\,300 \text{ g/stan/dan} = 6.3 \text{ kg/stan/dan}$

Glušci:  $BPK_5 = 76 * 70 \text{ gr/stan/dan} = 5\,320 \text{ g/stan/dan} = 5.32 \text{ kg/stan/dan}$

Tablica 8.3. Opterećenje uređaja US

	<b>Broj stanovnika</b>	<b>Broj ES</b>	<b>Teret US kg/dan</b>
Metković	15 329	15 329	1073.03
Prud	497	497	34.79
Vid	796	796	55.72
Dubravica	90	90	6.3
Glušci	76	76	5.32
<b>Ukupno:</b>	<b>16 788</b>	<b>16 788</b>	<b>1175.16</b>



Prosječna količina ukupnog dušika koju 1 stanovnik ispušta u kanalizaciju je 11 gr UN/stan/dan.

Metković:  $BPK_5=15\,329*11\text{ gr/stan/dan}=168\,619\text{ g/stan/dan}=168.62\text{ kg/stan/dan}$

Prud:  $BPK_5=497*11\text{ gr/stan/dan}=5\,467\text{ g/stan/dan}=5.47\text{ kg/stan/dan}$

Vid:  $BPK_5=796*11\text{ gr/stan/dan}=8\,756\text{ g/stan/dan}=8.76\text{ kg/stan/dan}$

Dubravica:  $BPK_5=90*11\text{ gr/stan/dan}=990\text{ g/stan/dan}=0.99\text{ kg/stan/dan}$

Glušci:  $BPK_5=76*11\text{ gr/stan/dan}=836\text{ g/stan/dan}=0.84\text{ kg/stan/dan}$

Tablica 8.4. Opterećenje uređaja UN

	<b>Broj stanovnika</b>	<b>Broj ES</b>	<b>Teret UN kg/dan</b>
Metković	15 329	15 329	168.62
Prud	497	497	5.47
Vid	796	796	8.76
Dubravica	90	90	0.99
Glušci	76	76	0.84
<b>Ukupno:</b>	<b>16 788</b>	<b>16 788</b>	<b>184.68</b>

Prosječna količina ukupnog fosfora koju 1 stanovnik ispušta u kanalizaciju je 2.5 gr UP/stan/dan.

Metković:  $BPK_5=15\ 329*2.5\text{ gr/stan/dan}=38\ 322.5\text{ g/stan/dan}=38.32\text{ kg/stan/dan}$

Prud:  $BPK_5=497*2.5\text{ gr/stan/dan}=1\ 242.5\text{ g/stan/dan}=1.24\text{ kg/stan/dan}$

Vid:  $BPK_5=796*2.5\text{ gr/stan/dan}=1\ 990\text{ g/stan/dan}=1.99\text{ kg/stan/dan}$

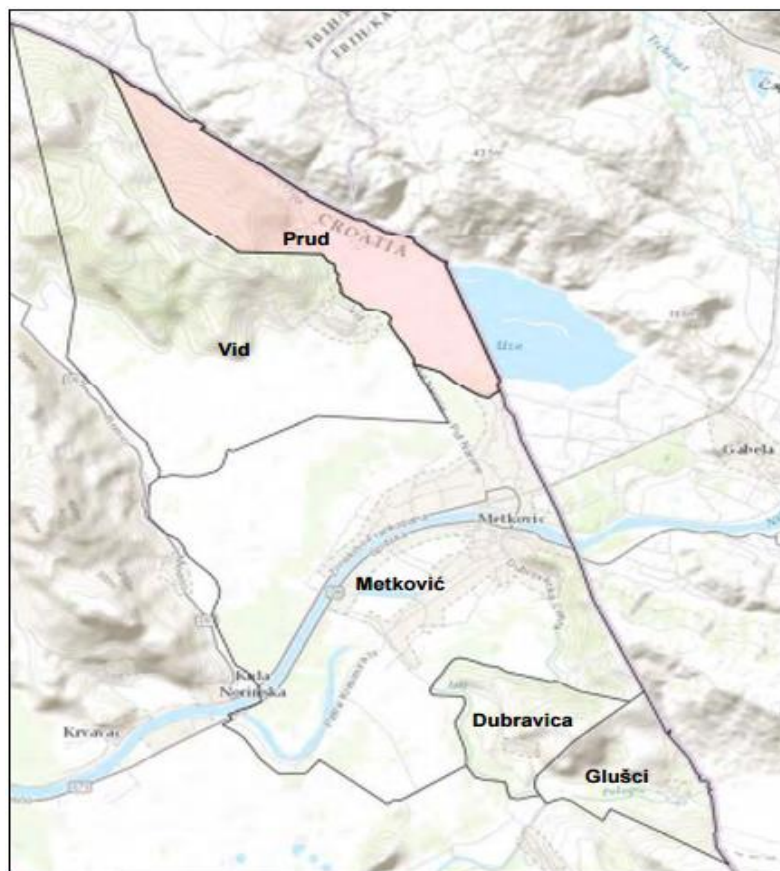
Dubravica:  $BPK_5=90*2.5\text{ gr/stan/dan}=225\text{ g/stan/dan}=0.23\text{ kg/stan/dan}$

Glušci:  $BPK_5=76*2.5\text{ gr/stan/dan}=190\text{ g/stan/dan}=0.19\text{ kg/stan/dan}$

*Tablica 8.5. Opterećenje uređaja UP*

	<b>Broj stanovnika</b>	<b>Broj ES</b>	<b>Teret UP kg/dan</b>
Metković	15 329	15 329	38.32
Prud	497	497	1.24
Vid	796	796	1.99
Dubravica	90	90	0.23
Glušci	76	76	0.19
<b>Ukupno:</b>	<b>16 788</b>	<b>16 788</b>	<b>41.97</b>

## 9. PODACI IZ DOKUMENATA PROSTORNOG UREĐENJA



Slika 9.1 Prostorni raspored naselja na području grada Metkovića

**Prostorni plan Dubrovačko-neretvanske županije** (Službeni glasnik Dubrovačko-neretvanske županije 6/2003, 3/2005 i 3/2006):

Otpadne vode središnjeg dijela grada Metkovića na lijevoj obali Neretve, za koji već postoji kanalizacijska mreža, će se zajedno s otpadnim vodama iz novih dijelova naselja (područje uz državnu cestu Metković – Opuzen, Klada), prihvatiti lijevoobalnim obuhvatnim kolektorom i podvodnim sifonom prebaciti na desnu obalu, odakle će se zajedno s otpadnim vodama naselja s desne obale i industrijsko-trgovačke zone odvesti do uređaja za čišćenje koji bi se izgradio nizvodno od naseljenog područja. Otpadne vode će se nakon obrade na uređaju za čišćenje ispuštati u Neretvu. Na kanalizacijski sustav bi se uključila i naselja Vid i Prud, čije otpadne vode sada ugrožavaju izvor rijeke Norin, koji se koristi za vodoopskrbu.

**Prostorni plan uređenja grada Metkovića** (Neretvanski glasnik 06/2004):

Za gradsko naselje Metković odvodnja otpadnih voda rješava se zajedničkim kanalizacijskim sustavom (sustavom javne odvodnje). Predviđeno je da se postojeća kanalizacijska mreža sa lijeve obale Neretve prihvati novim sakupljačem te podvodnim sifonom otpadne vode prebace na desnu obalu Neretve. Na desnoj obali Neretve novim sakupljačem prihvatile bi se otpadne vode s lijeve obale te naselja s desne obale kao i industrijsko-trgovačke zone te provele do uređaja za čišćenje otpadnih voda.

Uređaj za čišćenje otpadnih voda predviđen je u predjelu Jerkovac - Duvrat, oko 3 km nizvodno od središta Metkovića. Nadmorska visina zemljišta na lokaciji uređaja iznosi od 1,8 do 2,4 m n.m. Lokacija uređaja je u blizini željezničke pruge Metković - Ploče te cestovne prometnice Metković - Kula Norinska.

Također je predviđeno da se i za naselja Prud i Vid izgrade sustavi javne odvodnje. Potrebno je ispitati tehničku i ekonomsku opravdanost izgradnje manjih neovisnih sustava odvodnje ili iste priključiti na sustav odvodnje Metkovića.

Izgradnja uređaja za čišćenje otpadnih voda gradskog naselja Metković te rekonstrukcija i dogradnja kanalizacijskog sustava grada, prioritetna je zbog zaštite voda rijeke Neretve.

Za objekte koji neće biti priključeni na sustav javne odvodnje ili će priključenje biti obavljeno kasnije, obvezna je izgradnja trodijelnih nepropusnih septičkih jama, odnosno gradnja biljnih pročišćivača.

**Izmjene i dopune prostornog plana uređenja grada Metkovića:**

U poglavlju 6. Uvjeti utvrđivanja koridora ili trasa i površina prometnih i drugih infrastrukturnih sustava, 6.6. Vodnogospodarski sustav, potpoglavlje 6.6.7. mijenja se i glasi:

„6.6.7. U naselju Prud kanalizacijski sustav djelomično je izgrađen i postoji uređaj za pročišćavanje koji je nedovoljnog kapaciteta i učinka, te se iz tog razloga planira izgradnja novog uređaja za pročišćavanje otpadnih voda. Novi uređaj planiran je na čestici postojećeg uređaja, a kao alternativno rješenje odabrana je lokacija cca 250 m jugoistočno od postojećeg uređaja za pročišćavanje otpadnih voda. Ispuštanje pročišćenih otpadnih voda planira se u vodotok Norin. Za naselja Vid i Dubravica planom se predviđa izgradnja

kanalizacijskog sustava s pripadajućim odvodnim kanalom (kolektorom), uređajem za pročišćavanje i ispustom otpadnih voda. Za naselje Vid, ispuštanje pročišćenih otpadnih voda planira se u vodotok Norin. Za naselje Dubravica, pročišćene otpadne vode propuštati će se u tlo uz odgovarajući stupanj pročišćavanja.“

## 10. SADAŠNJI KONCEPT AGLOMERACIJE METKOVIĆ

Aglomeraciju Metković čini grad Metković sa susjednim naseljima Prud i Vid na desnoj obali Neretve, uz granicu s Bosnom i Hercegovinom, te Dubravica i Glušci na lijevoj obali, smješteni uz granicu s općinom Zažablje.



*Slika 10.1. Područje aglomeracije Metković*

Promatrajući cjelokupno predmetno područje, uočava se da je sustav odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda samo manjim dijelom izgrađen, te je nužna izgradnja preostalih dijelova sustava kao i rekonstrukcija/dogradnja postojećih, a sve u skladu s Planom provedbe vodno-komunalnih direktiva. Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda nije izgrađen.

Sustav odvodnje otpadnih voda za sada postoji samo u centralnom dijelu grada Metkovića sa starim naseljem na brdu Predolac te dijelu novijih naselja na lijevoj obali i dijelom na desnoj obali Neretve, te manjim dijelom u naselju Prud. Ostali dio grada Metkovića kao i naselja koja administrativno pripadaju gradu Metkoviću (Vid, Dubravica i Glušci) nemaju izrađen sustav javne odvodnje.

Sustav se sastoji od mreže kanala i objekata (kontrolnih okana i slivnih okana). Pored kanala i objekata u sustavu se nalaze i dvije crpne stanice.

Cijevi kanalizacijskog sustava su profila od DN 200 do DN 700. Cijevni materijal je izgrađen od betonskih, AC, PVC i PEHD cijevi. Približna dužina mješovitog kanalizacijskog sustava je 9 500 m.

Postojeći sustav javne odvodnje je isključivo mješoviti gravitacijski sustav sa odvodnjom otpadnih voda u recipijent – rijeku Neretvu preko 4 ispusta, bez pročišćavanja.



Slika 10.2. Prikaz lokacija ispusta otpadnih voda

U sljedećoj tablici prikazane su količine ispuštenih voda na promatranim lokacijama.

Tablica 10.1. Količina ispuštene vode u 2013. godini

ISPUST	Količina ispuštene vode m <sup>3</sup> /god - 2013		
	Sanitarna	Oborinska	Ukupno
Ispust 1 - Unka	28.008	8.393	36.400
Ispust 2 - Put Narone	42.012	12.589	54.601
Ispust 3 - Ulica Kneza Branimira	14.004	4.196	18.200
Ispust 4 - Robna kuća Mercator	196.054	58.749	254.803
Ukupno:			<b>364.004</b>

U sljedećoj tablici prikazan je sastav otpadnih voda na ispustu 4. Izmjerene vrijednosti i na ostalim lokacijama su daleko veće od onih propisanih Pravilnikom o grančnim vrijednostima emisija otpadnih voda (NN 80/13, 43/14 i 27/15) za aglomeraciju Metković koja se sukladno Odluci o određivanju osjetljivih područja (81/10) nalazi u osjetljivom području.

Slika 10.2. Prikaz sastava ispuštenih otpadnih voda na ispustu 4 (2013. godina)

Pokazatelj:	ISPUST 4	SASTAV ISPUŠTENIH OTPADNIH VODA						MDK
		Datum 6.3.2013.	Datum 24.4.2013.	Datum 19.6.2013.	Datum 25.09.2013.	Datum 09.12.2013	Datum 30.12.2013.	
suspendirana tvar	mg/l	284	282	79	9245	12	159	35
BPK5	mgQ2/l	43	476	242	342	379	184	25
KPK	mgQ2/l	1266	6290	431	5450	554	307	125
ukupni fosfor	mg/l	10,4	10,4	37,5	58,2	8,70	7,56	2
ukupni dušik	mg/l	80,5	40,8	7,09	430	290	36,3	15

### 10.1. Definiranje konačne aglomeracije Metković

Ovdje se iznose razmatranja i analize iz elaborata za prijavu projekata sufinanciranih iz EU fondova.

U široj okolici aglomeracije Metković postoje sljedeće aglomeracije:

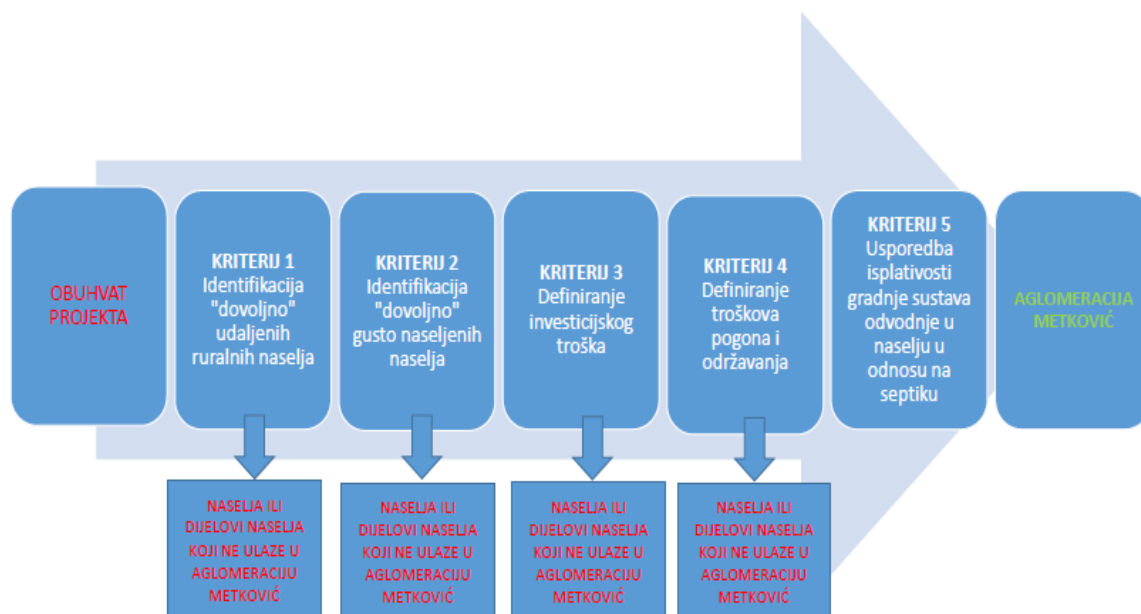
- Aglomeracija Kula Norinska (1.400 ES) – nema izrađen sustav odvodnje
- Aglomeracija Komin (1.600 ES) – nema izrađen sustav odvodnje
- Aglomeracija Opuzen (9.000 ES) – ima izrađen sustav odvodnje i pripadajući UPOV

Izrađivači studije su zaključili da ima smisla razmatrati spajanje aglomeracije Kula Norinska na aglomeraciju Metković. Time je prethodno utvrđena aglomeracija proširena sa dva nova podsustava.

Aglomeracija Komin gravitira aglomeraciji Ploče (udaljenost Komina od Kule Norinske je oko 7 km dok je udaljenost između aglomeracija Komin i Ploče 4 km). Aglomeracija Opuzen ima izgrađen sustav odvodnje i UPOV, te nema potrebe za spajanje sa sustavom Metković. Međutim, ovaj podsustav će se najvjerojatnije integrirati u regionalnu organizaciju zajedno s Metkovićem.

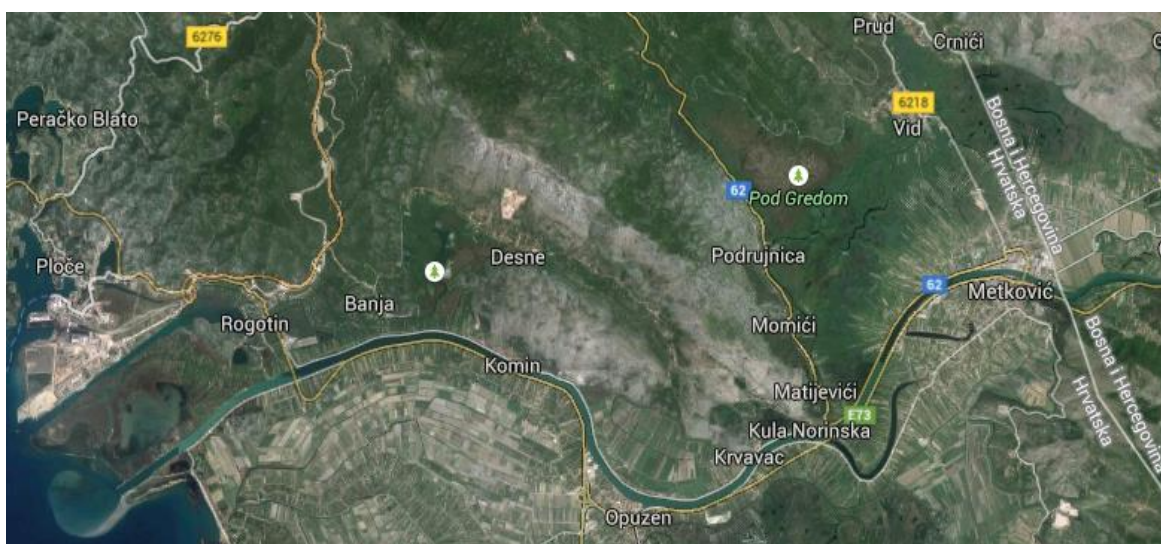
U nastavku su prikazani kriteriji po kojima se analiziralo moguće priključenje susjednih naselja na sustav odvodnje aglomeracije Metković.





*Slika 10.1.1. Shematski prikaz metodologije temeljem koje će se definirati aglomeracija Metković*

Na temelju navedenih kriterija, odlučeno je da je isplativo sustavu odvodnje aglomeracije Metković priključiti i naselja Kula Norinska, Krvavac, Momići, Matijevići i Podrjnjica, koji se nalaze na desnoj obali Neretve, u blizini predviđenog UPOV-a, te naselje Krvavac 2 smješteno uz lijevu obalu Neretve, nizvodno od Metkovića.



*Slika 10.1.2. Prikaz aglomeracije Metković i susjednih naselja*

Glavni razlog za ovakvu odluku izgleda da je blizina planirane lokacije UPOV Metković.

## 10.2. Tip kanalizacije

Pod tipom kanalizacije podrazumijeva se način sakupljanja i odvođenja različitih vrsta urbanih voda (kućanskih, industrijskih i oborinskih).

Razlikujemo dva osnovna tipa kanalizacije:

- mješoviti ili skupni
- razdjelni ili separadni

Mješoviti ili skupni tip kanalizacije sakuplja sve kategorije urbanih voda (kućanske, industrijske i oborinske) i odvodi ih zajedničkim kanalima i kolektorima.

Razdjelni tip kanalizacije sakuplja i odvodi različite vrste urbanih voda zasebnim kanalima i kolektorima.

Prostornim planom grada Metkovića je predviđeno da kanalizacija Metkovića bude razdjelnog tipa. Time će, u odnosu na mješoviti tip kanalizacije, crpne stanice biti manje i jeftinije, a i profili cijevi bi trebali biti manji. Mješoviti tip se ne preporučuje zbog velikih poteškoća (ekonomskih i tehnoloških) kod pročišćavanja mješovitih voda i ispuštanja preljevniha voda. Lakše i povoljnije je pročišćavati kućanske otpadne vode zasebno od oborinskih voda.

Odabirom razdjelnog sustava odvodnje, manji su investicijski i operativni troškovi u sustavu odvodnje i uređaju za pročišćavanje otpadnih voda. Izdvajanjem oborinskih otpadnih voda iz sustava odvodnje i pročišćavanja, smanjuje se opterećenje sustava i UPOV-a što rezultira projektiranjem UPOV-a na manje hidrauličko opterećenje i posljedično manje građevine za pročišćavanje otpadnih voda. Također se na taj način poboljšavaju radne karakteristike uređaja jer nema oscilacija u hidrauličkom i biološkom opterećenju uređaja (pri visokim oborinama u mješovitom sustavu dolazi do povišenja hidrauličkog opterećenja i smanjenja biološkog opterećenja uslijed razrjeđivanja sanitarnih otpadnih voda).

### 10.3. Planirana rješenja odvodnje

Jedna od planiranih varijanti, koja je svrstana i u prostorni plan grada Metkovića i Županije bila je da se otpadne vode središnjeg dijela grada Metkovića na lijevoj obali Neretve, za koji već postoji kanalizacijska mreža, zajedno s otpadnim vodama iz novih dijelova naselja (područje uz državnu cestu Metković-Opuzen, Klada), prihvate lijevoobalnim obuhvatnim kolektorom i podvodnim sifonom prebace na desnu obalu, odakle bi se zajedno s otpadnim vodama naselja s desne obale i industrijsko-trgovačke zone odvele do uređaja za pročišćavanje koji bi se izgradio nizvodno od naseljenog područja, na predjelu Duvrat, uz rječicu Norin.

Novim rješenjem planira se vode s lijeve strane prebaciti na desnu stranu cjevovodom koji će biti smješten ispod Lučkog mosta na rijeci Neretvi. Crpna stanica bila bi smještena u blizini samog mosta i omogućila bi odvodnju otpadnih voda lijeve strane grada na desnu obalu Neretve, odakle bi se zajedno s otpadnim vodama s desne obale odvele do uređaja za pročišćavanje koji će biti izgrađen na području Duvrat.

Uređaj će se dimenzionirati na opterećenje od 20 000 ES. Otpadne vode će se nakon obrade na uređaju s trećim stupnjem pročišćavanja ispuštati u Neretvu.

Područje grada Metkovića je, dakle, razmatrano kao dvije cjeline, međusobno odvojene rijekom Neretvom. Na desnoj strani se planira glavni fekalni kolektor i uz njega glavni oborinski kolektor. Glavnim kolektorom fekalnih voda se vode sve fekalne vode prema centralnom uređaju za pročišćavanje otpadnih voda UPOV Metković na predjelu Duvrat. Oborinske vode se ispuštaju u rijeku Neretvu preko dva već postojeća ispusta, ispust 1 – Unka, te ispust 2 – Put Narone.

Na lijevoj strani planirana je izgradnja glavnog fekalnog kolektora koji će dovesti fekalne vode do crpne stanice smještene u blizini mosta, odakle bi se prebacile na desnu obalu cjevovodom smještenim ispod mosta, te dalje odvele desnom stranom zajedno s otpadnim vodama desnog podsustava do uređaja za pročišćavanje. Oborinske vode s lijeve strane ispuštat će se u Neretvu također preko dva postojeća ispusta, ispust 3 – Ulica kneza Domagoja, te ispust 4 – Robna kuća Mercator.

Oborinske vode će se, dakle, ispuštati u rijeku Neretvu preko 4 postojeća ispusta, bez ikakvog pročišćavanja. Pročišćavanje nije potrebno jer u Metkoviću nije razvijena

industrija, a ni prometnice nisu takve da bi uzrokovale neka veća zagađenja oborinskih voda.

Pretpostavlja se da kakvoća i teret onečišćenja oborinskih voda neće ugrožavati planirano stanje rijeke Neretve.

U dosadašnjim rješenjima nije jasno koje područje naselja će biti priključeno na sustav odvodnje oborinskih voda. Zna se sigurno da je to uži dio grada s gustom izgradnjom, ali nije eksplicitno navedeno što će biti s ostalim dijelovima naselja.

Isto tako se pretpostavlja da će najmanje 80 % stanovništva biti priključeno na kanalizaciju otpadnih voda.

Radila su se snimanja postojećeg stanja kanalizacije i uočeno je da je potrebna zamjena postojećih cijevi na većem dijelu dionica. Gubici u kanalizacijskom sustavu kreću se i do 60 %.

Zamijenjeni i rekonstruirani kolektori koristit će se za oborinsku odvodnju, a za fekalnu odvodnju će se graditi novi kolektori uz već postojeće.

Za naselja Prud i Vid predviđena je izgradnja neovisnih i manjih sustava javne odvodnje.



*Slika 10.3.1. Panorama Pruda*



U Prudu već postoji razdjelni sustav odvodnje s uređajem za pročišćavanje, većim dijelom izgrađen 1981. godine, s ciljem očuvanja kvalitete pitke vode. Postojeće stanje ne zadovoljava trenutne potrebe pa se uskoro planira izgradnja biološkog uređaja za pročišćavanje otpadnih voda, o čemu će više govora biti u kasnijem tekstu.

Rješenje odvodnje otpadnih voda u Vidu se zasad ne razmatra zbog arheoloških nalazišta. Vid je smješten na mjestu nekadašnjeg rimskog grada Narone. Na nekadašnjem antičkom forumu danas se nalazi arheološki muzej Narona sagrađen na samim ostacima hrama.

Trenutno u Vidu postoje samo septičke jame kao individualna rješenja za ispuštanje otpadnih voda. U budućnosti se planira izgradnja zasebnog sustava odvodnje naselja Vid, koji bi se mogao priključiti na sustav odvodnje grada Metkovića.



*Slika 10.3.2. Panorama Vida*

U Dubravici i Glušcima planira se izgradnja zasebnog sustava fekalne odvodnje s malim pročišćivačima koji bi bili vrlo povoljni jer im za rad nije potrebna električna energija.

Za naselja Kula Norinska, Krvavac, Momići, Matijevići i Podravnica predviđena je izgradnja sustava odvodnje otpadnih voda koji će se priključiti na UPOV Metković. Detaljnom analizom je zaključeno da je sustav odvodnje u tim naseljima isplativiji od septičkih jama, baš zbog blizine UPOV-a.

U naselju Krvavac 2, također je analizom dokazana isplativost gradnje sustava odvodnje otpadnih voda, koji će se priključiti na kolektor u ulici Petra Krešimira IV.

#### 10.4. Pročišćavanje otpadnih voda

Kako je već rečeno u regulativnom okviru za rješavanje kanalizacije, osjetljivost područja, stupanj pročišćavanja komunalnih otpadnih voda, te kriteriji za ispuštanje otpadnih voda u Hrvatskom zakonodavstvu definirani su putem sljedećih odluka:

- **Odluka o određivanju osjetljivih područja (81/10)**, kojom su određena osjetljiva područja u Republici Hrvatskoj na vodnom području rijeke Dunav i jadranskom vodnom području.
- **Pravilnik o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda (NN 80/13, 43/14 i 27/15)**, koji predstavlja temeljni provedbeni dokument Direktive 91/271/EEZ. Propisuju se granične vrijednosti emisija u tehnološkim otpadnim vodama, prije ispuštanja u sustav javne odvodnje ili recipijent, kao i način prikupljanja, odvodnje i pročišćavanja (granične vrijednosti emisija) svih komunalnih otpadnih voda koje se ispuštaju u recipijent, obzirom na osjetljivost područja i veličinu aglomeracija. Osim toga, propisuje zbrinjavanje otpadnog mulja te obavezu ispitivanja otpadnih voda (uzorkovanje).

Sukladno Odluci o određivanju osjetljivih područja (81/10) grad Metković se nalazi u osjetljivom području.

Granične vrijednosti pokazatelja u efluentu na uređajima različitog stupnja pročišćavanja prikazani su u sljedećoj tablici.

Tablica 10.4.1. Granične vrijednosti pokazatelja u efluentu na uređajima različitog stupnja pročišćavanja

Stupanj pročišćavanja	Pokazatelj	Granična vrijednost	Najmanje smanjenje ulaznog opterećenja
I. (prvi stupanj pročišćavanja)	Suspendirane tvari	-	50%
	BPK5 Biokemijska potrošnja kisika	-	20%
II. (drugi stupanj pročišćavanja > 10.000 ES)	Suspendirane tvari	35 mg/l	90 %
	Biokemijska potrošnja kisika BPK5	25 mg/l	70 %
	Kemijska potrošnja kisika – KPK	125 mg/l	75 %
III. (treći stupanj pročišćavanja od 10.000 do 100.000 ES)	Ukupni fosfor	2 mg/l	80 %
	Ukupni dušik	15 mg/l	70%

Najbitniji zahtjevi Direktive o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda (91/271/EEZ od 21. svibnja 1991.) odnose se na uspostavljanje sustava odvodnje i stupnja pročišćavanja, ovisno o osjetljivosti područja za aglomeracije >2.000 ES, pri čemu su kriteriji i rokovi gradnje različiti za aglomeracije < 10.000 ES, odnosno za > 10.000 ES.

Tablica 10.4.2. Zahtjevi Direktive 91/271/EEZ

Osjetljivost područja	Veličina aglomeracije	Sustav odvodnje	Stupanj pročišćavanja
MANJE OSJETLJIVO	< 2.000 ES	Bez zahtjeva	Odgovarajući (najmanje I. stupanj), za postojeći sustav odvodnje
	2.000 – 10.000 ES	Opremiti sa sustavom odvodnje	Odgovarajući (najmanje I. stupanj)
	> 10.000 ES	Opremiti sa sustavom odvodnje	prvi (I) + drugi (II)
OSJETLJIVO	< 2.000 ES	Bez zahtjeva	Odgovarajući (najmanje I. stupanj), za postojeći sustav odvodnje
	2.000 – 10.000 ES	Opremiti sa sustavom odvodnje	Odgovarajući (najmanje II. stupanj)
	> 10.000 ES	Opremiti sa sustavom odvodnje	prvi (I) + drugi (II) + treći (III)

Sukladno svemu navedenome, aglomeracija Metković nalazi se na osjetljivom području i veća je od 10 000 ES, iz čega se može zaključiti da je potreban uređaj s 3. stupnjem pročišćavanja otpadnih voda.



## 10.5. Analiza recipijenta

Minimalni protok Neretve koji su investitori HE Mostar dužni osigurati je  $50 \text{ m}^3/\text{s}$ , dok je prema prijedlogu pravilnika o radu hidroelektrana maksimalni protok  $2700 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Obzirom na minimalni protok koji je definiran sporazumom može se zaključiti da je rijeka Neretva vodotok zadovoljavajuće protočnosti tokom cijele godine što ju čini prihvatljivim izborom za dispoziciju pročišćenih otpadnih voda grada Metkovića.

Lokacija UPOV-a će biti nasuta na razinu 2.5 m.n.m. što će ju zaštititi od manjih zaobalnih poplavnih voda, ali samo cjeloviti sustav obrane od poplave na promatranom području može lokaciji uređaja pružiti zadovoljavajuću mjeru zaštite od poplavnih voda.

Lokacija je vrlo nepovoljna u geostatičkom smislu zbog slabe nosivosti močvarnog terena i stalnog slijeganja.

Nije jasno da li će se pročišćene vode prepumpavati u rijeku Neretvu putem crpne stanice ili gravitacijski.

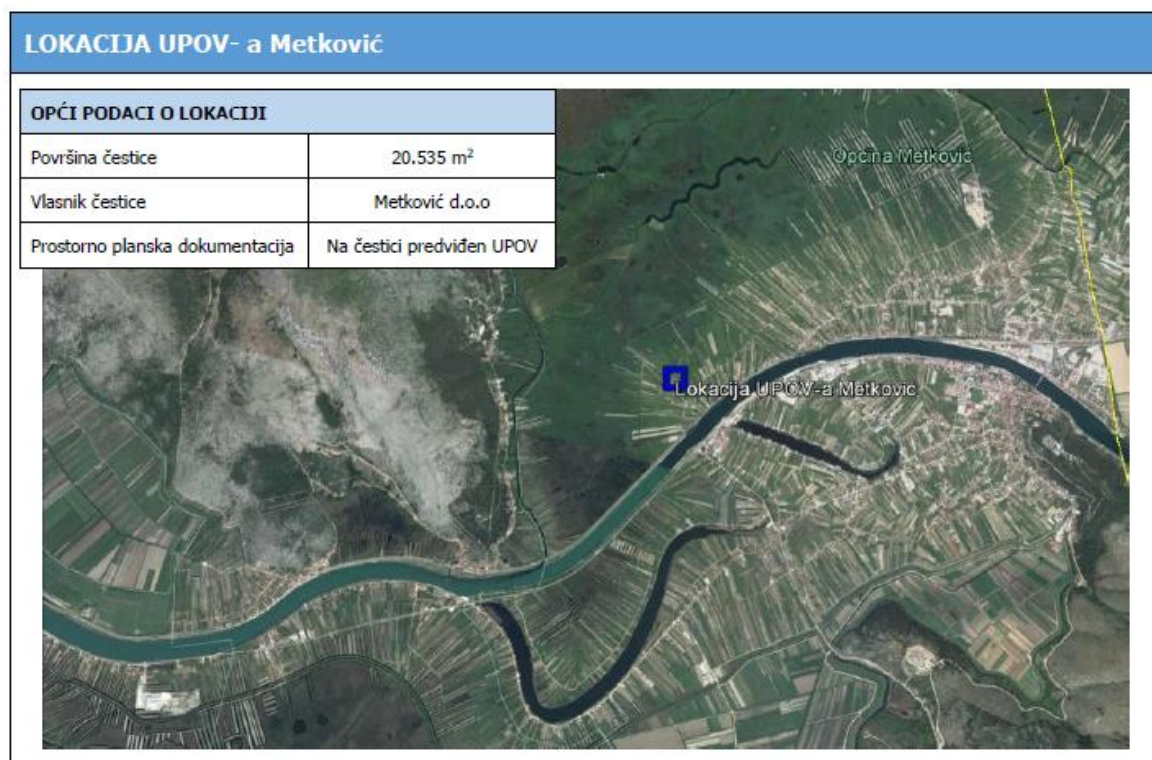
Sukladno Pravilniku o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda (80/13, 43/14 i 27/15) efluent ispušten iz uređaja za pročišćavanje komunalnih voda mora ispunjavati slijedeće parametre:

Tablica 10.5.1. Parametri efluenta ispuštenog iz UPOV-a

Pokazatelj	Koncentracija
Kemijska potrošnja kisika (KPK)	125 mg/l
Biokemijska potrošnja kisika (BPK)	25 mg/l
Ukupno suspendirane tvari (UST)	35 mg/l
Ukupni dušik (N-uk)	15 mg/l
Ukupni fosfor (P-uk)	2 mg/l

## 11. PLANIRANO RJEŠENJE UPOV-a

Za lokaciju uređaja odabrana je lokacija smještena u blizini rijeke Neretve, van izgrađenog dijela grada Metkovića. Na toj lokaciji riješeni su imovinsko pravni odnosi i ona je ucrtana u prostorni plan.



Slika 11.1. Lokacija UPOV-a Metković

Za lokaciju na kojoj će biti smješten UPOV karakteristično je to da se nalazi na aluvijalnom terenu, te da je planirani uređaj potrebno izdići cca 1,5 m iznad kote postojećeg terena (kote nasipa) koji je na 1,0 m n.m. Upravo te dvije činjenice znatno povećavaju cijenu izgradnje UPOV-a (investicijski trošak građevinskih radova).

Od ukupnih investicijskih troškova udio građevinskih radova čini gotovo 70% (za slične UPOV-e udio građevinskih radova je oko 50%). Visoki udio građevinskih radova je zbog potrebe stabilizacije temeljnog tla (šljunčani piloti ili zamjena tla) te činjenice da je uređaj potrebno nasipom štititi od poplave sukladno uvjetima Hrvatskih voda.



Slika 11.2. Prikaz nasipa u izgradnji

**Glavne komponente odabrane varijante UPOV-a Metković:**

UPOV Metković 20.000 ES (3. stupanj pročišćavanja + solarno sušenje mulja):

Investicija: 46.728.743 kn

Pogon i održavanje: 3.499.748 kn/god.

Sustav odvodnje:

Rekonstrukcija 8.100 m postojećeg sustava

Sanacija 2.200 m postojećeg sustava

Izgradnja 44.900 m novog sustava odvodnje

Izgradnja 2.651 kućnih priključaka

Izgradnja 20 crpnih stanica (3 veće i 17 manjih)

Investicija: 134.378.237 kn

Pogon i održavanje: 355.869 kn/god.

Sustav vodoopskrbe:

Rekonstrukcija 17.700 m postojećeg sustava

Investicija: 8.850.000 kn

Pogon i održavanje: 44.250 kn/god.

Kao što je uobičajeno za uređaje III. stupnja pročišćavanja komunalnih otpadnih voda, predviđene su četiri zasebne cjeline:

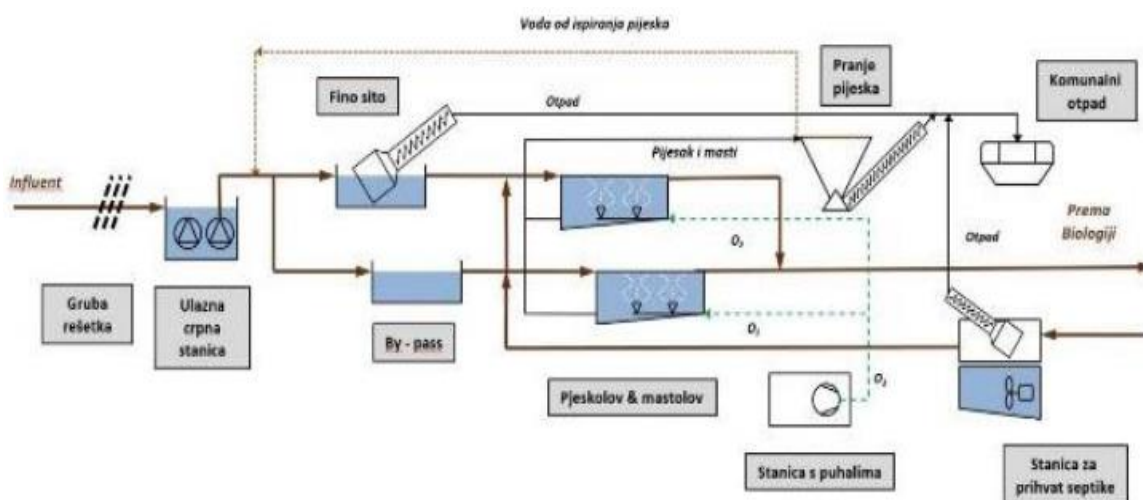
- Mehaničko pročišćavanje otpadnih voda
- Biološko pročišćavanje otpadnih voda
- Obrada viška mulja
- Kontrola procesa

### **11.1. Mehaničko/prethodno pročišćavanje**

Svrha mehaničkog, odnosno prethodnog pročišćavanja je odstraniti iz otpadnih voda kruti otpad različitih veličina te pijesak i masti, koji bi mogli raditi probleme u daljnjim procesima pročišćavanja otpadnih voda. To se odvija temeljem fizikalnih zakona odvajanja krutih i tekućih čestica na posebnim napravama, tzv. rešetkama odnosno sitima, te dalje putem taloženja mineralnih tvari koristeći se silom gravitacije u pjeskolovu, odnosno izdvajanjem masti i ulja u mastolovu. Ovi postupci dakle uključuju uklanjanje različitih vrsta i veličina krupnijeg otpada pomoću grube rešetke, finim sitima uklanjanje sitnijeg otpada koji je zajedno s otpadom vodom prošao kroz grube rešetke, te uklanjanje pijeska i masti s pjeskolovom i mastolovom.

Na uređaju za pročišćavanje otpadnih voda predviđeno je izgraditi i stanicu za prihvat sadržaja septičkih jama. Otpadnu vodu nužno je pročistiti od spomenutog otpada kako bi se spriječila moguća šteta na ugrađenoj opremi UPOV-a i problemi s taloženjem u bazenima za biološko pročišćavanje.

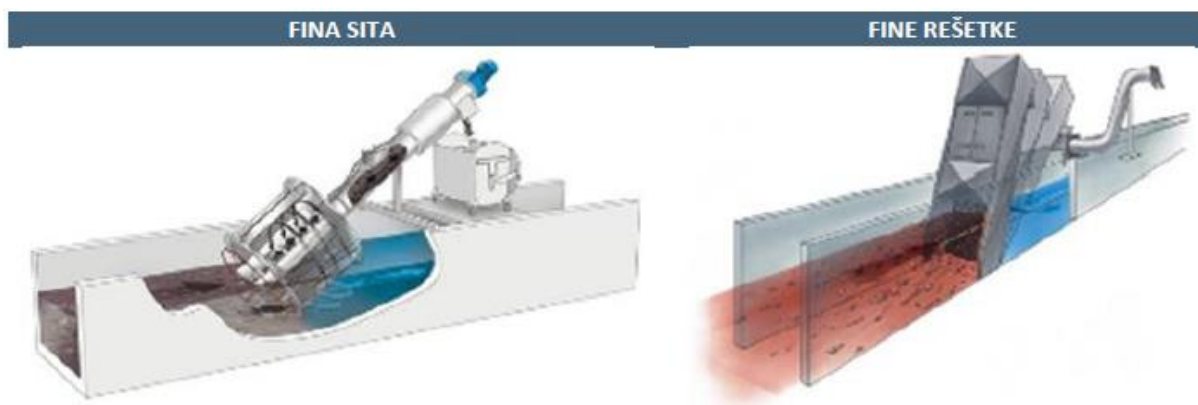
Na slici ispod shematski je prikazan predloženi mehanički predtretman.



Slika 11.1.1. Shematski prikaz mehaničkog pročišćavanja

### 11.1.1. Uklanjanje otpada

Otpad, koji završi u kanalizacijskom sustavu zbog različitih razloga treba odstraniti da bi se spriječila moguća šteta na ugrađenoj opremi UPOV-a. Krupni otpad može se odstraniti ugradnjom grube rešetke prije ulaza u crpnu stanicu UPOV-a. Moguće su različite varijante čišćenja takve rešetke (od jednostavnog ručnog čišćenja do sofisticiranog automatskog koji radi kontinuirano).



Slika 11.1.1.1. Mogućnosti za uklanjanje otpada manjih dimenzija

Sa grubom rešetkom uklanja se samo otpad većih dimenzija (da bi se spriječila šteta na pumpama), dok otpad manjih dimenzije još uvijek prolazi. Zato je praksa da se iza crpne stanice ugradi još dodatna oprema za uklanjanje otpada manjih dimenzija.

To se može postići ugradnjom fine rešetke ili finog rotacijskog sita. Obje varijante mogu odstraniti većinu otpada manjih dimenzija i rade s automatskim čišćenjem rešetke odnosno sita.

### 11.1.2. Uklanjanje pijeska i masti

Poslije uklanjanja krutog otpada slijedi uklanjanje po specifičnoj težini težih tvari od vode koje su sklone taloženju (pijesak), te po specifičnoj težini lakših tvari od vode, koje se mogu akumulirati na površini vode u bazenima za biološko pročišćavanje (masti). Predlaže se upotreba pjeskolova uzdužnog tipa, koji se može jednostavno ujediniti sa mastolovom.

Pjeskolov-mastolov uzdužnog tipa normalno se sastoji od dvije paralelne radne linije, opremljen je s mostom zgrtača koji prikuplja istaloženi pijesak s dna pomoću uronjenih pumpi izravno priključenih na most. Konstatno se vrši aeracija sadržaja pjeskolova-mastolova. Dovod zraka u pjeskolov-mastolov osiguravaju puhala manjih kapaciteta. Obično je jedno od njih radno, a drugo pričuvno. No, u slučaju većih dotoka, obje linije mogu raditi istodobno. Cijevi za razvod zraka opremljene su ručnim ventilima za reguliranje dovoda zraka ili čak zatvaranje jedne ili više linija dovoda zraka.



*Slika 11.1.2.1. Uređaj za ispiranje pijeska*

Pijesak će se putem sabirnih kanala transportirati izravno u uređaj za ispiranje pijeska opremljen miješalicom, gdje se pijesak ispiru vodom i zatim transportira pomoću transportera u prijenosni spremnik (kontejner). Voda od ispiranja prikuplja se u sifon i vraća u ulaznu crpnu stanicu.



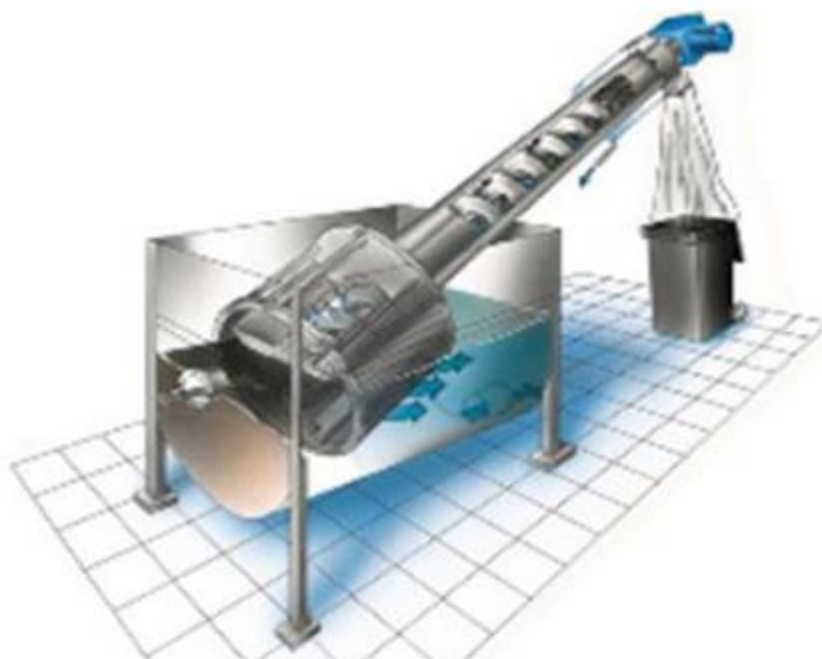
Masti i drugi otpad uklanjaju se iz mastolova pomoću motorne zapornice (jedna u svakoj liniji). Otpad gravitacijski otječe u ulaznu crpnu stanicu zajedno s vodom iz uređaja za ispiranje pijeska ili se prepumpava direktno u kontejner.

### 11.1.3. Prihvat sadržaja septičkih jama

Osim otpadne vode prikupljene sustavom odvodnje, UPOV kapaciteta većeg od 10.000 ES treba biti prilagođen također za prijem i pročišćavanje sadržaja septičkih i sabirnih jama kućanstva, koja neće biti spojena na sustav odvodnje.

Prije biološkog pročišćavanja, sadržaj septičkih jama također je potrebno provesti kroz mehanički tretman. Mehanički predtretman i stanica za prihvat septike izvest će se kao jedinstveni objekt. Vozila za prikupljanje sadržaja septičkih jama izravno se crijevom spajaju na kompaktnu prihvatnu stanicu smještenu u građevini, gdje se mjeri i bilježi protok.

Stanica ima integrirano fino sito opremljeno transporterom za uklanjanje izdvojenog materijala, koji se odlaže u prijenosni spremnik. Transportirani materijal raspršivači ispiru vodom tijekom transporta na transporteru, te se potom odlaže u spremnik zajedno s otpadnom vodom iz septičkih jama. Spremnik je opremljen uronjenom miješalicom i uronjenom potisnom pumpom koja transportira sadržaj septičkih jama nizvodno od finih sita. Sva oprema za prihvat sadržaja septičkih jama treba biti ugrađena u izoliranu prostoriju i zaštićena je od eksplozije.



Slika 11.1.3.1. Stanica za prihvat sadržaja septičkih jama



U projektu nije navedeno koliko se taloga septičkih jama dnevno smije prazniti na uređaj niti je prikazana bilanca jama.

## 11.2. Biološko pročišćavanje

Biološko pročišćavanje namijenjeno je uklanjanju biološki razgradivih organskih tvari iz otpadne vode, kao i hranjivih soli (dušika i fosfora) – takozvani treći stupanj pročišćavanja.

Postoje dvije vrste tehnologije:

- s fiksiranom biomasom
- sa suspendiranom biomasom

Najčešće se za komunalne UPOV-e upotrebljava tehnologija na osnovu suspendirane biomase (postupci sa aktivnim muljem). Razlikujemo dvije osnovne varijante:

- protočni sistemi (gdje se različite faze biološkog pročišćavanja i taloženje viška mulja provodi u zasebnim bazenima)
- šaržni sistemi (gdje se svi procesi, uključujući taloženje mulja, odvijaju u jednom bazenu)

Radi se o ključnom dijelu pročišćavanja komunalnih otpadnih voda, zato je potrebno pažljivo analizirati postojeće tehnološke mogućnosti biološkog pročišćavanja sa aktivnim muljem.

Postoji više varijanti koje je moguće analizirati:

- Konvencionalna - CAS tehnologija (klasični aerobni sistem) sa zasebnim bazenom za taloženje, kao primjer protočnog sistema
- Membranska tehnologija - MBR, također kao primjer protočnog sistema, ali se kod nje uklanja suspendirane tvari pomoću membrana
- SBR tehnologija, kao primjer šaržnog sistema

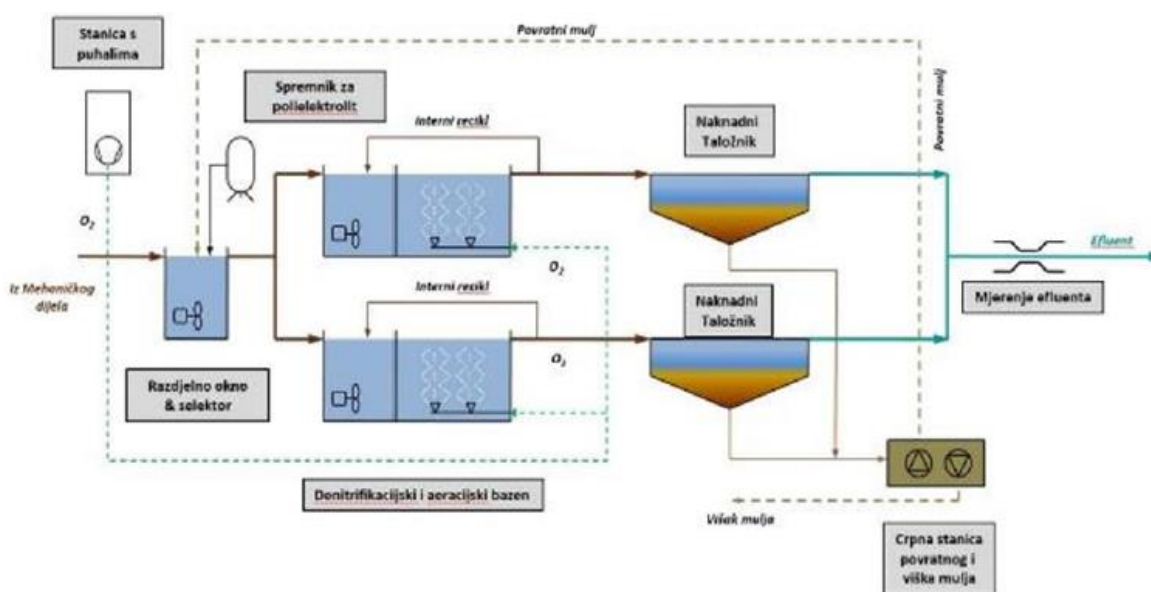
U studiji je kao najoptimalnija varijanta odabrana CAS tehnologija s produženom aeracijom, koja se u analizama pokazala malo povoljnija od SBR tehnologije. U skladu s tim nije predviđen primarni taložnik niti odvojena stabilizacija mulja.

### 11.2.1. Konvencionalna CAS tehnologija

Glavna karakteristika konvencionalnog biološkog uređaja (postupka s aktivnim muljem) je miješanje ulazne otpadne vode s povratnim aktivnim muljem, te provođenje otpadne vode kroz različite zone za uklanjanje dušika i fosfora prije aeracije u bioaeracijskim bazenima (za uklanjanje glavnog dijela biološkog opterećenja). Tom procesu slijedi taloženje viška mulja te konačno odvajanje tekuće od krute faze u naknadnim taložnicima.

Predloženi konvencionalni sustav sastoji se od sljedećih dijelova nužnih za provođenje biološkog pročišćavanja otpadnih voda:

- selektor
- anoksični (denitrifikacijski) spremnici
- aeracijski (nitrifikacijski) spremnik



Slika 11.2.1.1. Shematski prikaz konvencionalnog biološkog postupka s aktivnim muljem

Otpadna voda gravitacijski otječe u selektor, gdje se miješa s povratnim aktivnim muljem. Miješana voda zatim se dijeli u dva jednaka protoka, koji utječu u dva zasebna anaerobna spremnika. U selektor je ugrađena uronjena miješalica koja održava sirovi i recirkulirani aktivni mulj u suspenziji.

U selektoru se vrši i uklanjanje fosfora. Fosfor se uklanja kemijskim obaranjem (precipitacijom), doziranjem otopine željezov(III)-klorida ( $\text{FeCl}_3$ ). Otopina željezov(III)-klorida ( $\text{FeCl}_3$ ) za taloženje fosfora pohranjena je u spremniku odgovarajućeg volumena.

Otopina se dozira pomoću dvije crpke (jedna radna i jedna pričuvena). Doziranje se kontrolira sukladno protoku ulazne otpadne vode na ulazu i izmjerene koncentracije fosfora na izlazu iz UPOV-a.

Mješovita voda zatim se dijeli u dva protočno jednaka dijela, koja se sastoje od denitrifikacijskog (anoksičnog) i nitrifikacijskog (aeracijskog) bazena. Otpadna voda iz selektora ulazi u denitrifikacijski bazen gdje se nitrati iz nitrifikacijskog (aeracijskog) bazena vraćaju recirkulacijom u denitrifikacijski bazen i miješaju s otpadnom vodom koja dolazi iz selektora. Recirkulirana voda bogata je nitratima, dok je otpadna voda koja dolazi iz selektora bogata organskim ugljikom. U tim uvjetima, zbog velikog opterećenja otpadne vode organskim tvarima, nedostatka kisika (postižu se anaerobni uvjeti) i prisustva nitrata događa se denitrifikacija, tj. nitrati se pretvaraju u plinoviti dušik. Opisanom procedurom u denitrifikacijskom bazenu iz otpadne vode vrši se uklanjanje dušika.

Za potrebe denitrifikacije dovoljna starost mulja bila bi 16 dana, ali djelomična aerobna stabilizacija mulja traži starost 20 dana. Da se osigura količina organske tvari u mulju ispod 60 % potrebno je da mulj bude dehidriran 22-23 %.

Kao što je već spomenuto nakon denitrifikacijskog (anoksičnog) bazena slijedi nitrifikacijski (aeracijski) bazen gdje se odvija oksidacija preostalog organskog zagađivala i pretvaranje amonijaka u nitrata (nitrifikacija). Svaki bazen opremljen je uronjenom miješalicom. Interno recirkuliranje iz aeracijskog bazena nadzire se motornom centrifugalnom crpkom za recirkulaciju (RCP).

Zrak dovode dva puhalo (i treće rezervno) kroz membranske difuzore s finim mjehurićima, koji su ugrađeni na dnu aeracijskog spremnika. Dovod zraka kontrolira se različitim brzinama rada puhalo na temelju mjerenja koncentracije otopljenog kisika. Puhala su smještena u zgradi tehnologije u zasebnoj prostoriji za puhalo, zajedno s dva puhalo za aerirani pjeskolov-mastolov. Svako puhalo opremljeno je kućištem nepropusnim za zvuk i promjenjivom brzinom rada. Zgrada je izolirana kako bi se spriječila emisija buke. Dostatno hlađenje prostorije osigurano je prisilnom ventilacijom. Svaki cjevovod za dobavu zraka bit će opremljen elektromotornom zapornicom za regulaciju dovoda zraka.

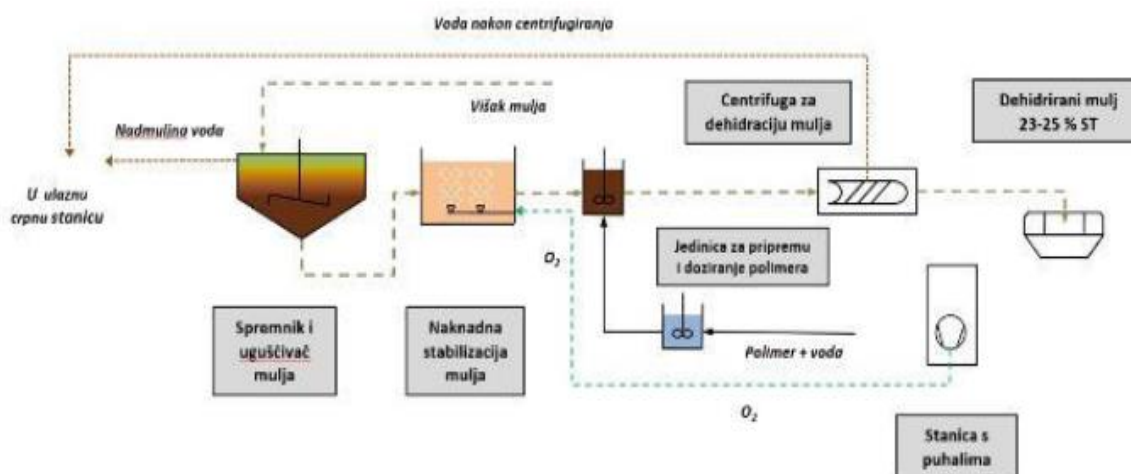
Pročišćena otpadna voda iz aeracijskih bazena otječe u naknadne taložnike, gdje se aktivni mulj izdvaja iz pročišćene otpadne vode. Taložnici su kružne AB građevine, a otpadne vode uvode se u taložnicu kroz sredinu spremnika, koji također služi kao komora za flokulaciju i distribuciju protoka. Taložnici su i opremljeni mostom zgrtača. Površinski

zgrtač kreće se zajedno s mostom. Plutajuće tvari uklanjaju se s površine u muljnu udubljenje i gravitacijski otječu u zdenac, a iz zdenca u ulaznu crpnu stanicu. Cjevovod je opremljen ručnim ventilom, kako bi operater mogao otvoriti ventil u slučaju pojave plutajućih tvari. Istaloženi mulj prikuplja se u udubljenje na dnu. Preljev za efluent montiran je oko taložnika. Ispred preljeva nalaze se brane za plutajuće tvari.

Istaloženi mulj iz taložnica gravitacijski otječe u crpnu stanicu za povratni i višak mulja. Ugrađuju se ukupno tri potopljene pumpe za recirkulaciju aktivnog mulja s promjenjivom brzinom rada kako bi se recirkulacija regulirala prema potrebama. Recirkulirani mulj tlači se u razdjelno okno i selektor. Protok se mjeri magnetskim mjerjačem protoka na tlačnom cjevovodu, koji nadzire brzinu rada pumpi za recirkulaciju mulja. Protok recirkuliranog mulja prilagođuje se prema dotoku otpadnih voda mjerenom venturi mjerjačem protoka na ulazu u UPOV. Ugrađuju se i pumpe za višak aktivnog mulja (jedna radna i jedna pričuvna) za crpljenje viška mulja u spremnik i ugušćivač mulja.

### 11.3. Obrada viška mulja

Tijekom biološkog pročišćavanja, mulj nastaje iz tri različita izvora – primarni mulj prisutan u samoj otpadnoj vodi, aktivni mulj nastao kao rezultat različitih postupaka biološkog pročišćavanja, te istaloženi mulj nastao kao rezultat taloženja fosfora pomoću željeznog klorida.



Slika 11.3.1. Shematski prikaz postupka dehidracije suvišnog mulja

Višak mulja, koji je već djelomično stabiliziran zbog produžene aeracije (starost mulja je 20 dana), tlači se iz crpne stanice za mulj (konvencionalna CAS tehnologija) u spremnik za pohranu i zgušćivanje mulja, čiji je kapacitet dostatan za otprilike dva dana. Spremnik je opremljen površinskom miješalicom sa šipkama i mjeračem razine. U zgušnjivaču se mulj zgušnjava s ulazne koncentracije od 8 g/l na 25 g/l. Nadmuljna voda otječe u ulaznu crpnu stanicu, dok se ugušćeni mulj otprema u spremnik za naknadnu aerobnu stabilizaciju od dodatnih 5 dana. Tako je postignuta ukupna starost mulja od 25 dana.. Iz spremnika se mulj tlači muljnom crpkom u postrojenje za dehidraciju mulja.

Dehidracija mulja provodi se pomoću centrifuge. Zgušćeni mulj transportira se u centrifugu ekscentričnom pužnom crpkom putem tlačnog cjevovoda na kojem je ugrađen elektromagnetski mjerač protoka kako bi se pomoću pretvarača frekvencija omogućio konstantan dotok u centrifugu. Ovo također omogućuje doziranje polimera.

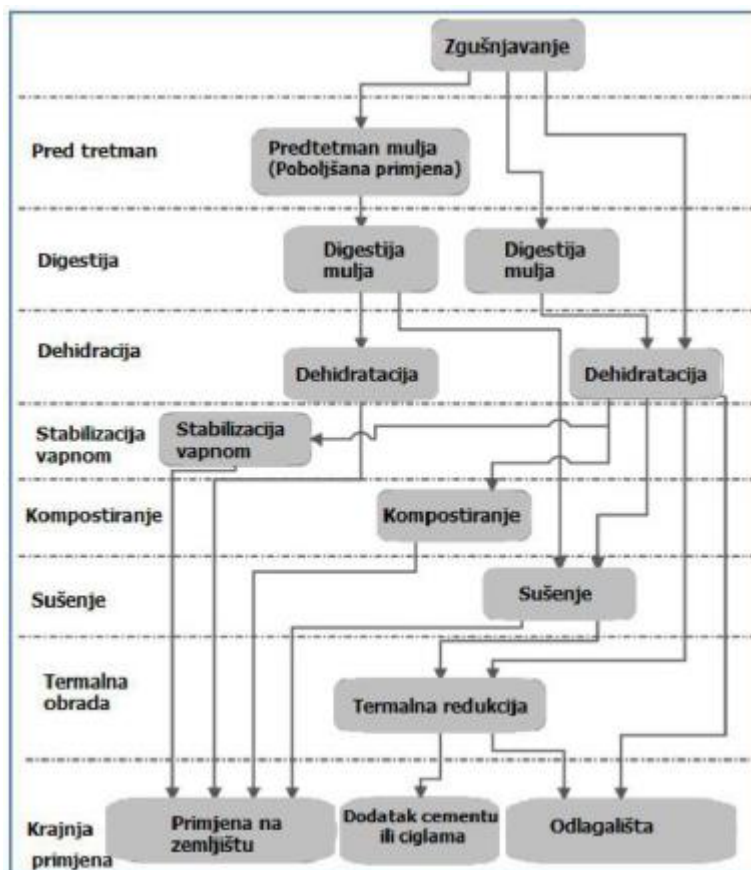
Otopina polimera priprema se u automatiziranoj stanici zapremine 1000 litara. Postrojenje se sastoji od tri spremnika opremljena miješalicama kako bi se osiguralo ravnomjerno i potpuno otapanje polimera. Polimer u prahu dozira se automatski iz ljevka u spremnik pomoću spiralnog transporter. Otopina koncentracije oko 0,1-0,2 % dozira se pomoću ekscentrične pužne pumpe i kontrolira prema količini ulaznog mulja izmjenjenog elektromagnetskim mjeračem protoka.

Dehidrirani mulj iz centrifuge ispušta se na niz pužnih transporter koji prenose dehidrirani mulj u spremnik zapremine 5 m<sup>3</sup>. Procjedna voda iz centrifuge ispušta se u ulaznu crpnu stanicu.

Na lokaciji UPOV-a rezervirano je i mjesto za plato za mulj, predviđen za privremeno deponiranje dehidriranog mulja. Plato za mulj mora biti natkriven, te dovoljnih gabarita za prihvatanje mulja tijekom minimalno 6 mjeseci.

## 11.4. Upravljanje muljem

U nastavku su prikazani neki od procesa konačnog zbrinjavanja mulja u Europi, te su isti u određenoj mjeri raspoloživi i za RH.



Slika 11.4.1. Procesu tretmana i opcije odlaganja mulja

Mulj se planira sušiti, nakon dehidratacije na UPOV-u, u svrhu smanjenja njegovog volumena i težine kako bi se smanjili troškovi daljnje obrade i transporta pri zbrinjavanju i konačnom odlaganju, te negativni utjecaji na okoliš sveli na najmanju moguću mjeru.

Na tržištu danas postoji nekoliko različitih tehnologija koje se primjenjuju za sušenje mulja:

- biološko sušenje mulja kompostiranjem
- termalno sušenje korištenjem primarne energije
- termalno sušenje otpadnom topline
- solarno sušenje

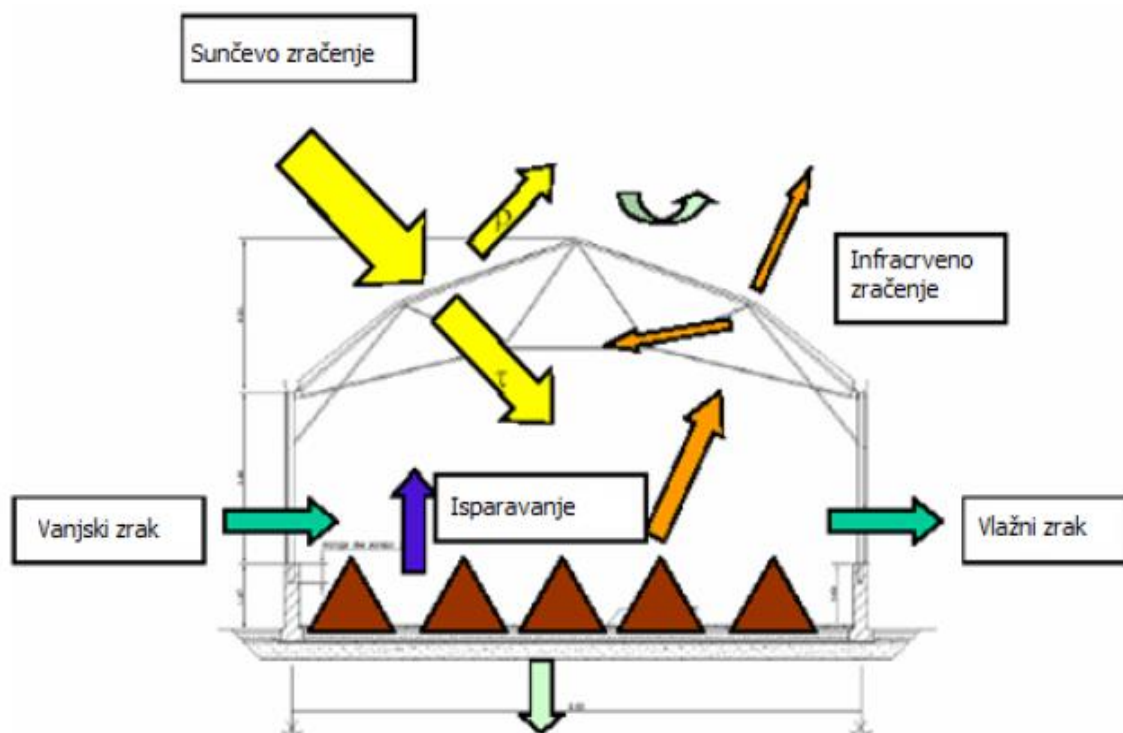
Za planirani zahvat predviđa se solarno sušenje mulja. Solarno sušenje je prirodni ekološki proces koji se odvija unutar staklenika u kojem se dovodi obnovljeni zrak i odvija stalno preokretanje mulja dok sustav za ventilaciju izvlači iz mulja zrak zasićen vodenom parom. Grijanje unutar staklenika može biti isključivo prirodno ili opcionalno se može instalirati i pomoćni sustav za grijanje (podno grijanje, sistem s upuhivanjem toplog zraka, infracrvene grijalice). Sustav za miješanje zraka i ventilaciju odvodi vlažni zrak izvan staklenika. Na tržištu postoji niz različitih tehnoloških rješenja koji se temelje na istim prirodnim načelima ali se razlikuju u tipu opreme za okretanje, upravljanjem muljem i neugodnim mirisima. Nakon dovršetka solarnog sušenja, sadržaj suhe tvari se kreće od 75 % do 90 %. Predviđeni sadržaj suhe tvari nakon sušenja u postrojenju Metković je 75 %.

Postrojenje za solarno sušenje se sastoji od staklenika sa obodnim armiranobetonskim zidovima (1 m visine) i pokrovom od stakla ili plastične mase (PTFE) koja je otporna na UV zračenje i dobro propušta vidljivu svjetlost (min. 80 %). Podloga u postrojenju za sušenje je betonska ili asfaltna. U procesu sušenja mulj se okreće kako bi se osiguralo provjetravanje i otpuštanje topline proizvedene uglavnom u obliku vodene pare. Sustav za okretanje i miješanje se može ovisno o izboru tehnologije izvesti po cijeloj širini hale za sušenje i pritom još i izvoditi neke druge aktivnosti poput homogeniziranja mulja i obnavljanja površine za izmjenu i sušenje (sustavi SOLIA, Huber Solar Active, Wendewolff), ili može imati manji stroj koji se slobodno (na automatski pogon) kreće po hali i površini za sušenje i miješa mulj s muljem koji se trenutno suši (sustav Thermosystem). Ono što je bitno osigurati je da uređaj za miješanje mora imati sposobnost za rad sa dehidriranim i suhim muljem visine 80 cm.

Sustav za solarno sušenje će raditi kontinuirano i imati dvije, četiri ili pet paralelnih linija - hala (u ovisnosti od odabrane varijante) na koje će se rasprostirati dehidrirani mulj. Dopremanje mulja sa lokacija pojedinačnih UPOV-a će se odvijati kamionima. Dopremljeni istovareni mulj koji neće biti odmah obrađen skladištit će se unutar hale za sušenje.

Sav zrak koji izlazi iz postrojenja za solarno sušenje mulja mora zadovoljavati uvjete propisane Zakonom o zaštiti zraka (NN 130/11), Uredbom o graničnim vrijednostima emisija onečišćujućih tvari u zrak iz nepokretnih izvora (NN 117/12) i Uredbom o razinama onečišćujućih tvari u zraku (NN 117/12). Ukoliko bi emisije bile veće od

dopuštenih, što bi bilo potvrđeno pokusnim radom, izvest će se sustav pročišćavanja otpadnog zraka u vidu biofiltera.



Slika 11.4.2. Mehanizam solarnog sušenja



Slika 11.4.3. Postrojenje za solarno sušenje Main-Mud (Njemačka), 3.000 m<sup>2</sup>, 4.000t, mulj s 22 % ST/god

Iz dostupnih analiza nije poznato što se planira s distribucijom mulja nakon solarnog sušenja.



## **12. BIOLOŠKI UREĐAJ ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA PRUD**

Vlada Republike Hrvatske namjerava podnijeti zahtjev, putem Svjetske banke, za dodjelu darovnice Globalnog fonda za okoliš (GEF) u svrhu poboljšanja pročišćavanja otpadnih voda u naselju Prud. Pojedine sastavnice GEF projekta planiraju se provesti u okviru Programa zaštite od onečišćenja obalnih voda - APL 2 koji financira Svjetska banka.

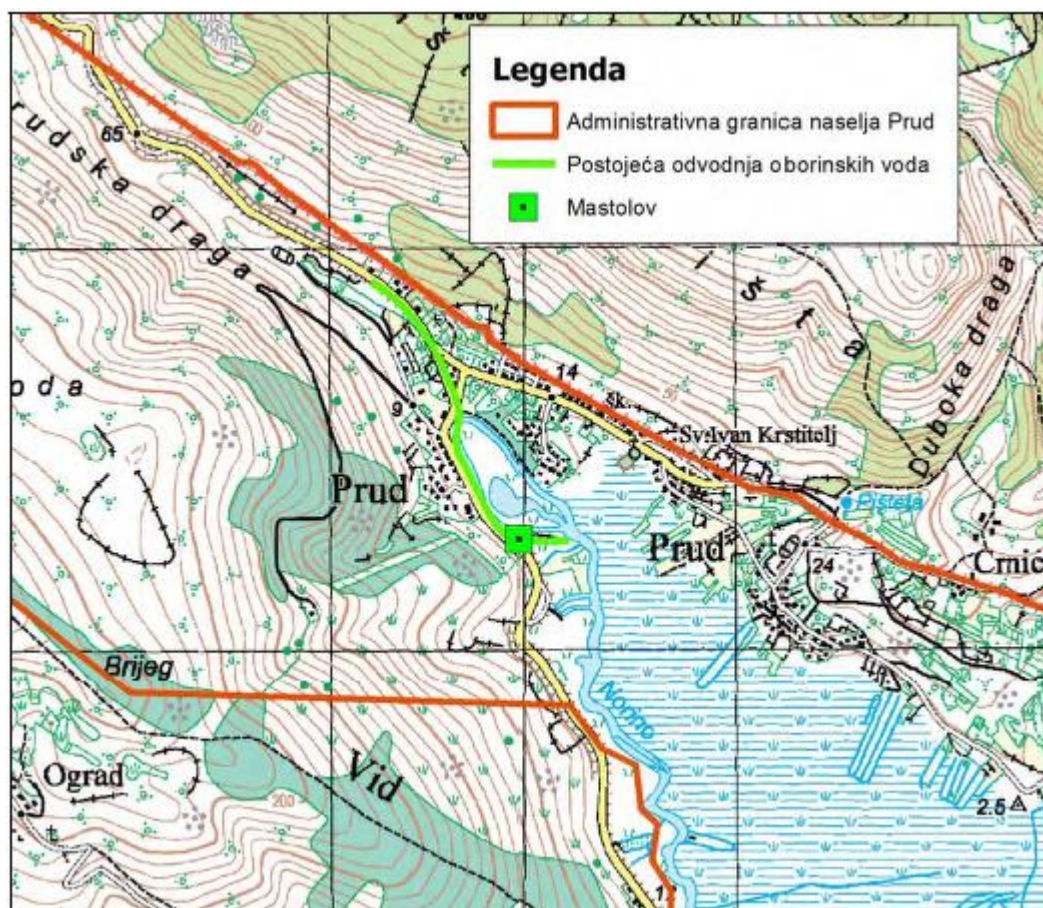
Naselje Prud nalazi se 6 km zapadno od Metkovića uz samu granicu sa BiH te administrativno pripada području Grada Metkovića.

Zahvat se nalazi u delti Neretve, na području posebnog ornitološkog rezervata Prud. Delta rijeke je specifičan oblik riječnog ušća, na kojem se iz njenih uzvodnih dijelova taloži na njenom ušću velika količina sedimenta (pijeska, mulja i šljunka). Poljoprivredne kulture i ostaci močvarnih prostranstava daju danas tom prostoru dominantni zeleni vizualni identitet koji ga čini drugačijim od ostatka hrvatskog obalnog krškog područja, a valja napomenuti da je dio poljoprivrednog zemljišta nastao jendečenjem (probijanje, prokopavanje, iskopavanje i kopanje jendeka (kanala), kako bi se od močvare stvorilo plodno tlo).

### **12.1. Opći prikaz (situacija)**

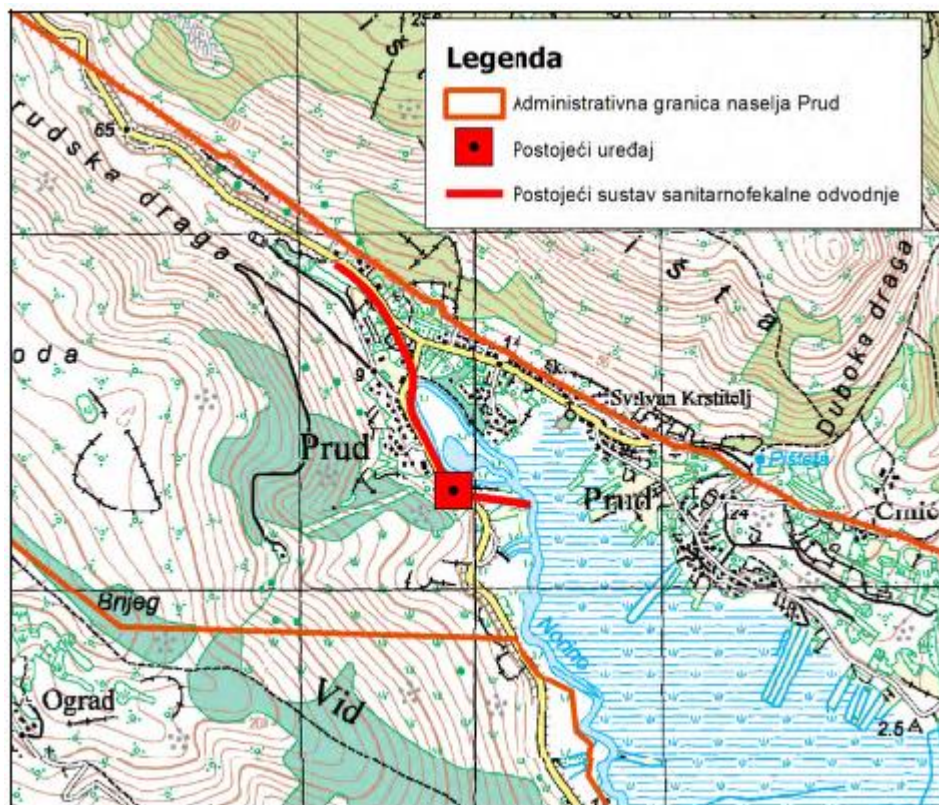
Postojeći sustav odvodnje u naselju Prud je razdjelni. Većina postojećeg sustav odvodnje izgrađena je 1981. godine sa ciljem čuvanja kvalitete pitke vode. Sve oborinske vode koje dotječu na površinu ceste se sustavom slivnika i kanala skupljaju i odvede na postojeći uređaj za pročišćavanje, mastolov (pjeskolov/mastolov), u kojem se nakon tretmana ispuštaju u recipijent – rijeku Norin.

Sustav oborinske odvodnje izgrađen je u duljini od oko 900 m u sklopu državne ceste ŽC 6218. Oborinske vode se odvede sa oko 30 % naselja Prud.



Slika 12.1.1. Prikaz postojećeg sustava odvodnje oborinskih voda

U naselju danas postoji dijelom izgrađena kanalizacijska mreža (Slika 12.1.2.). Ista je izgrađena u svrhu zone sanitarne zaštite izvorišta Prud. Postojeća kanalizacijska mreža duga je oko 1.670 m. Jedan dio mreže izgrađen je još 1981. godine, a drugi kraći dio izgrađen je 2005. godine prilikom rekonstrukcije županijske ceste ŽC 6218 (Metković – BiH).



Slika 12.1.2. Prikaz postojećeg sustava odvodnje sanitarno fekalnih voda

Postojeća kanalizacijska mreža je spojena na UPOV Prud. Uređaj je kapaciteta 400 ES i izgrađen je 1981. godine. Otpadne vode dovode se na uređaj preko okna s grubom rešetkom. Projektom je bilo zamišljeno biološko pročišćavanje i to postupkom s aktivnim muljem, no trenutno postoji samo mehanički predtretman (gruba rešetka + taložnik koji nije u funkciji). Ispuštanje pročišćene otpadne vode vrši se ispustom (PVC cijev) u otvoreni vodotok rječice Norin, nizvodno od izvorišta u dužini od 279 m.





*Slika 12.1.3. Postojeće stanje UPOV-a Prud*

Naselje Prud u potpunosti je pokriveno sustavom vodoopskrbe. Sustav vodoopskrbe u naselju Prud dio je vodoopskrbnog sustava Neretva-Pelješac-Korčula-Lastovo-Mljet. Regionalni vodovodni sustav Neretva- Pelješac-Korčula-Lastovo opskrbljuje se s izvora Prud.

Izgradnja novog uređaja potrebna je zbog:

- Nedovoljnog kapacitet postojećeg uređaja koji ne dozvoljava daljnje širenje sustava odvodnje naselja Prud.
- Veliki troškovi rekonstrukcije postojećeg uređaja, kao i kasnijeg održavanja.
- Cilj izgradnje uređaja 1981. godine bilo je čuvanje kvalitete pitke vode sa izvorišta Prud kojom se ljeti opskrbljuje cca 50.000 ljudi te uređaj u današnjem stanju ne zadovoljava ciljeve zbog kojih je izgrađen (taložnik koji nije u funkciji).

Također, realizacijom ovog projekta pozitivno se utječe na čuvanje kakvoće izvora Prud koji je glavni zahvat za Regionalni vodovod NPKLM (Neretvansko – Pelješko – Korčulansko – Lastovski – Mljetski Vodovod).

## 12.2. Varijante pročišćavanja

U sklopu Studije izvedivosti analizirane su tri varijante pročišćavanja.

1. Produljeno prozračivanje,
2. Imhoffov spremnik + faza denitrifikacije aktivnog mulja + prokapnik za nitrifikaciju, 'hladna' digestija svog mulja u Imhoffov spremniku,
3. Biljni uređaj u dvije faze. Sustavi vodoravnog nasuprot okomitog tečenja ili njihove različite kombinacije.

Višekriterijskom analizom (tehnički, ekološki i financijski aspekti) odabrana je treća varijanta – Biljni uređaj u dvije faze.

## 12.3. Moguće varijante biljnog uređaja

Varijante koje su se mogle odabrati za promatrano područje su sljedeće:

1. Postojeći uređaj za pročišćavanje + biljni uređaj
2. Biljni uređaj sa vertikalnim protokom
3. Biljni uređaj sa horizontalnim protokom
4. Biljni uređaj sa vertikalnim i horizontalnim protokom

Predviđen teren za implementaciju biljnog uređaja zahtijeva crpljenje vode iz taložnika na nivo prvog polja, zato je najefikasnija varijanta da se nedostatak terena iskoristi i voda distribuira vertikalno na sustav, što ima prednosti u cilju sprječavanja začepljenja i potencijalnog uklanjanja fosfora i dušika.

Na temelju domaćih i međunarodnih iskustva te karakteristika terena zaključeno je da je biljni uređaj sa vertikalnim i horizontalnim protokom najoptimalnija tehnologija za dostizanje zahtjeva po projektom zadatku.

### 13. ODRŽIVOST

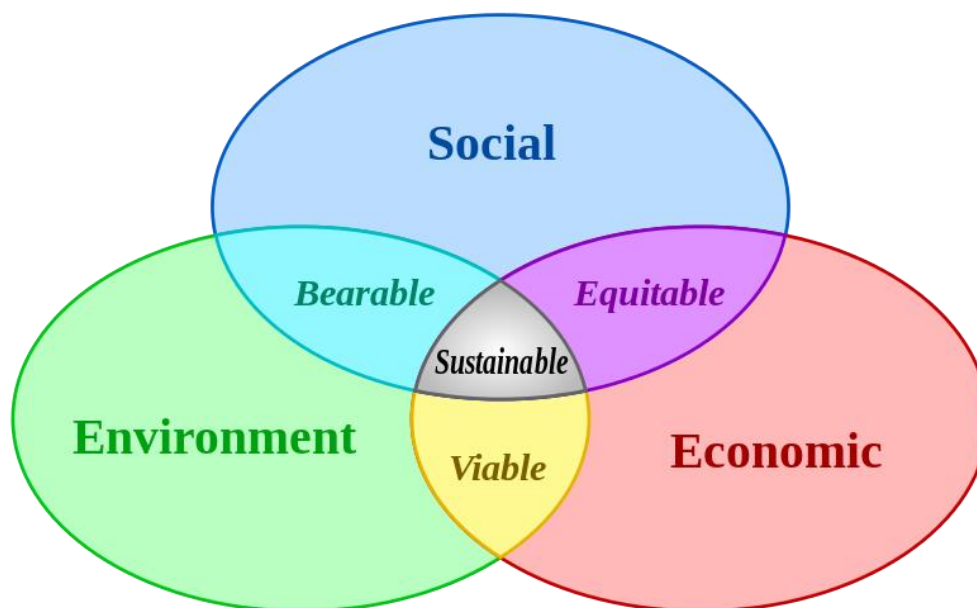
Održivost je sposobnost održavanja ravnoteže određenih procesa ili stanja u nekom sustavu. Danas se najčešće koristi u vezi s biološkim i ljudskim sustavima, ali vrijedi i za urbane sustave i njihovu infrastrukturu. Za ljude je ekološka održivost osnova za dugoročno održavanje blagostanja koje pak ovisi o blagostanju prirodnog svijeta i odgovornoj uporabi prirodnih resursa. Grad je sustav koji u značajnoj mjeri troši prirodne resurse za život ljudi i proizvodnju te je jedan od dominantnih pokretača negativnih ekoloških promjena u prostoru. Elementi pokretača negativnih utjecaja su između ostalog tekući i kruti otpad kojeg naseljena mjesta generiraju i zbog čega je iste nužno zbrinuti na način da se ne ugrozi održivost okoliša i čovjeka. Stoga je važno razumjeti ciljeve i kriterije održivosti, kao i čimbenike kojima se održivost definira.

Održivost je postao širok termin koji se može primijeniti na gotovo sve oblike života na Zemlji, od lokalne do globalne razine i kroz različite vremenske periode. Dugoživuće i zdrave močvare i šume primjeri su održivih bioloških sustava.

Danas postoji obilje znanstvenih dokaza kako čovječanstvo živi na neodrživ način, te je nužno taj trend preokrenuti. Povratak čovjekove uporabe prirodnih resursa unutar održivih granica zahtijevat će veće kolektivne napore. Jedan od razloga za sve većim potrebama održivijeg življenja je i sve zahtjevnija problematika vezana uz zbrinjavanje tekućeg i krutog otpada.

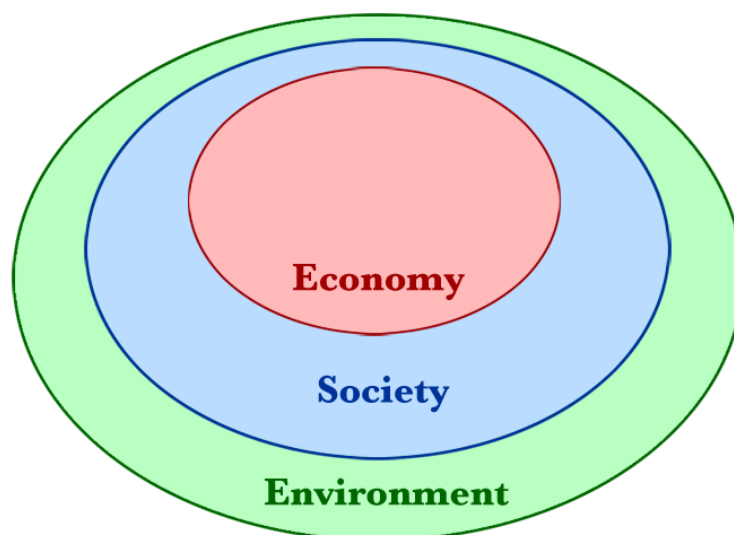
Definicije održivosti često se odnose na „tri stupa/čimbenika“, odnosno na socijalnu, okolišnu i ekonomsku održivost u kojoj svaki čimbenik ima jednaku važnost za održivost čovjeka i društva u cjelini.

Održivost se od 1980-ih koristi u smislu čovjekove održivosti na planetu Zemlji, pa je to rezultiralo najčešće citiranom definicijom održivosti i održivog razvoja koju je donijela Brundtlandska komisija Ujedinjenih naroda: „*održivi razvoj je razvoj koji zadovoljava potrebe sadašnjosti bez ugrožavanja mogućnosti budućih generacija da zadovolje vlastite potrebe*“. Može se zamijetiti kako to zahtijeva pomirbu okolišnih, socijalnih i ekonomskih potreba – „tri stupa“ održivosti. Ovo shvaćanje prikazuje se slikom s tri preklapajuće elipse koje označavaju tri stupa održivosti koja nisu uzajamno isključiva te mogu biti uzajamno učvršćujuća (slika 13.1).



Slika 13.1. Osnovni elementi održivosti i njihova mjerila [3]

UN-ova definicija nije univerzalno prihvaćena i prošla je kroz mnoge interpretacije. Ekološki ekonomist Herman Daly upitao je: „čemu služi pilana bez šume?“ Iz ove perspektive, ekonomija je podsustav ljudskog društva koje je samo podsustav biosfere, pa je dobitak u jednom sektoru gubitak u drugome. Ovo se može ilustrirati kao tri koncentrična kruga. (slika 13.2)



Slika 13.2. Alternativan prikaz održivosti pokazuje kako su ekonomija i društvo ograničeni prirodnim granicama [3]

Svjetska komisija za okoliš i razvoj Ujedinjenih naroda (Brundtlandska komisija) objavila je 1987. godine izvješće „Our Common Future“ (Naša zajednička budućnost) u kojem stoji kako je održivi razvoj potreban radi zadovoljenja čovjekovih potreba, a da istovremeno ne povećava ekološke probleme. Gotovo sve zemlje na svijetu imale su 1961. godine više nego dovoljno kapaciteta za zadovoljenje svojih vlastitih potreba, ali se takva situacija do 2005. godine radikalno izmijenila, te su mnoge zemlje radi zadovoljenja svojih potreba morale uvoziti resurse iz ostalih država. Kao posljedica toga pojavio se pokret prema održivijem življenju temeljen na podizanju javne svijesti i usvajanju recikliranja i obnovljivih energija. Razvoj obnovljivih izvora energije tijekom 1970-ih i 1980-ih, prvenstveno vjetro-turbina i foto ćelija, te povećana uporaba hidroelektrana predstavljao je jednu od prvih održivih alternativa u odnosu na fosilna goriva i nuklearnu energiju.

### **13.1. Konferencija u Rio de Janeiru**

U Rio de Janeiru je 1992. godine održana velika svjetska konferencija, na kojoj su se po prvi put na razini najviših predstavnika država pokrenula pitanja o klimatskim promjenama, obnovljivim izvorima energije i održivom razvoju.

Na Konferenciji o okolišu i razvoju 1992. godine usvojeni su važni dokumenti:

- Agenda 21 – skup akcija koje se na globalnoj, nacionalnoj i lokalnoj razini trebaju poduzeti u svim područjima održivog razvoja,
- Deklaracija o okolišu i razvoju – skup načela o pravima i obvezama država, i
- Šumarska načela – skup načela o upravljanju, očuvanju i održivom upravljanju šumama diljem svijeta

te obvezujući međunarodni ugovori:

- Konvencija o biološkoj raznolikosti i
- Okvirna konvencija UN-a o promjeni klime

Najvažniji rezultat te konferencije jest nacrt sporazuma pod nazivom „Agenda 21“ koji je predstavljen kao globalni plan djelovanja za 21. stoljeće. Sadržava akcije i planove koji bi omogućili da razvoj bude gospodarski, društveno i prije svega ekološki održiv. Agenda posebno ističe važnost lokalne uprave i zajednica u ostvarivanju održivog razvoja;



njima je upućen poziv da izrade svoje lokalne Agende koje bi omogućile provođenje načela održivog razvoja na lokalnoj razini. Prepoznato je da je održivi razvoj ponajprije obveza vlada, ali važna je i uloga drugih sudionika i društvenih skupina.

Između ostalog preporučuje se politika obnovljivih izvora energije koji će pridonijeti energetske učinkovitosti i racionalnijem iskorištavanju energije. Jedan od ciljeva je i razvoj i poticanje financijski opravdanih politika i programa za smanjenje, ograničavanje ili kontrolu emisije stakleničkih plinova i drugih štetnih učinaka prometa na okoliš.

### **13.2. Konferencija Rio+20**

Konferencija Rio+20 nastavak je na prethodne inicijative i odnosi se na održivi razvoj, zeleno gospodarstvo i smanjenje siromaštva. Konferencija u Riju trebala je označiti prijelomnu točku transformacije prema zelenom gospodarstvu koje kreira rast, razvoj, stvara nova radna mjesta i smanjuje siromaštvo. Rio+20 dao je općenite smjernice kako za svjetsku populaciju od deset milijardi ljudi osigurati dovoljne količine hrane, vode, energije i radna mjesta.

Protekla desetljeća rezultirala su nizom pozitivnih trendova; velik broj zemalja koje su donedavno bile zemlje u razvoju sada su vodeće na svjetskim tržištima. Međutim, broj ljudi koji živi u uvjetima ekstremnog siromaštva i dalje je oko milijardu i pol, a mnoga pitanja vezana za okoliš koja su postavljena još 1992. ostaju neriješena. Neobvezujući dokument predstavljen pod nazivom „*Budućnost kakvu želimo*“ jasno prikazuje probleme s kojima se svijet suočava i traži hitnu akciju. Najvažnija je odluka donesena na konferenciji u Riju postavljanje „ciljeva održivog razvoja“. Međutim, definiranje tih ciljeva prepušteno je radnoj skupini te se njihova provedba ne očekuje prije 2015. godine.

### 13.3. EU i održivost

Brojne direktive, strategije i slično nalažu da se u rješavanju svakodnevnih problema mora voditi računa o ostvarenju ciljeva održivosti, pa i kod rješavanja odvodnje i pročišćavanja komunalnih otpadnih voda.

Održivi razvoj znači stvaranje konkurentne, ali i održive ekonomije. Europska unija bila je rani lider u razvoju »zelenih« tehnologija. Međutim, njezinu prevlast ugrožavaju Sjeverna Amerika i Kina. Stoga su potrebni dodatni naponi kako bi Europa zadržala prvenstvo u zelenim tehnologijama, koje su ključne ukoliko Europljani žele zadržati visoki standard života uz sve oskudnije prirodne resurse. Zelene tehnologije imat će ključnu ulogu u smanjenju stakleničkih plinova u sljedećem desetljeću za 20 posto u odnosu na 1990. Međutim, EU od svojih članica očekuje da smanje ispuštanje stakleničkih plinova neovisno o razvoju zelenih tehnologija. Zbog toga polaže velike nade u korištenje obnovljivih izvora energije. Cilj je da do 2020. čak 20 posto europske energije treba dolaziti od obnovljivih izvora. EU također očekuje uštede u energetske sektoru zbog daljnje integracije europskog energetskeg tržišta.

Druga važna inicijativa EU je „Recycling economy“, odnosno obnovljiva ekonomija. Ovom inicijativom se aktivno potiče ponovno korištenje svih materijala i resursa uključujući i pročišćene komunalne vode kao i mulj s uređaja za pročišćavanje otpadnih voda.

### 13.4. Održivi i pametni gradovi

Posljedica navedenih deklaracija i inicijativa je razvoj pametnih gradova. Održivi grad je prije svega jedan otvoreni sustav koji ne može biti sam sebi dovoljan, već ima ulogu u širem kontekstu. To znači da grad ne može postojati i funkcionirati neovisno od okruženja, nego mora biti integriran u okoliš. Stalno se nastoji da grad bude ugodan za življenje bez ugrožavanja svog okoliša s kojim je integriran, ali s različitim rezultatima. Da bi se postiglo takvo okruženje potreban je složen sustav planiranja grada te upravljanja njegovim unutrašnjim i prekograničnim tokovima resursa, roba i otpada. Planiranje i razvoj mora se zasnivati na uspostavi ravnoteže između ekonomskih, društvenih i ekoloških ciljeva. Plan se mora dogovarati i donositi uz punu participaciju građana i svih urbanih sudionika.

Različite su definicije i viđenja održivih gradova. Kao naziv se koristi zeleni grad, ekološki grad, pametni grad, plavi grad itd. Smatra se da je grad održiv ako npr. stalno privlači stanovnike da borave na otvorenom osim nužnog boravka u domaćinstvu i radnom mjestu (arhitektonski pristup). Postoje i drugi pristupi, a u osnovi se sve svodi na to da grad treba biti ekonomski produktivan, društveno pravedan i ekološki prihvatljiv. Kako to ostvariti, nema jedinstvenog recepta za sve, jer svaka naseljena sredina ima svoje ekonomske, društvene, kulturne i ekološke okvire unutar kojih egzistira i razvija se.

Jedan od ključnih mjerila ostvarenja održivosti je uspješno upravljanje tekućim i krutim otpadom, odnosno otpadom u cjelini, te oborinskim i drugim vodama u gradu.

#### 13.4.1. Pametni gradovi

Održivi gradovi su prije svega pametni gradovi. To je jedno od rješenja za ostvarenje održivosti gradova i življenja u njima. Pametni gradovi imaju širi kontekst od održivih gradova jer se u njima naglašava uloga komunikacijske tehnologije i mreža (ICT – Information and Communication Technologies) kao sredstva za ostvarenje dobrog i sigurnijeg življenja.

Učinkovitost urbanih sredina danas ne ovisi samo o gradskoj „čvrstoj infrastrukturi“ (fizikalnom kapitalu) nego i o dostupnosti i kvaliteti komunikacije i društvene infrastrukture (znanstveni i društveni kapital). Ovaj drugi nematerijalni kapital je od suštinske važnosti za konkurentnost gradova. Koncept „pametnog grada“ je uveden kao

strategijski alat koji prati moderne proizvodne čimbenike gradova s ciljem da naglasi rastuću važnost informacijskih i komunikacijskih tehnologija, društvenog i okolišnog kapitala u profiliranju konkurentnosti gradova. Značenje ova dva čimbenika – društveni i okolišni kapital, naglašavaju se kako bi se naglasila razlika između „pametnih gradova“ i njihovih konkurenata sličnih naziva koji se javljaju pod imenom „digitalni gradovi“ ili „inteligentni gradovi“.

Pametni grad, kao i održivi grad ima svoje posljedice vezane uz stvaranje i zbrinjavanje tekućeg i krutog otpada, te gospodarenje s ostalim vodama u urbanoj sredini.

Pametni grad podrazumijeva šest čimbenika:

- pametna ekonomija
- pametna mobilnost
- pametni okoliš
- pametni ljudi
- pametno življenje
- pametno rukovođenje

Posebno se naglašava, da se čimbenici odnose i zasnivaju na regionalnoj konkurentnosti, transportu, informacijskoj i komunikacijskoj tehnologiji, ekonomiji, prirodnim resursima, ljudskom i društvenom kapitalu, kvaliteti življenja i sudjelovanju građana u upravljanju gradom.

Grad se može smatrati „pametnan“ kada investicije u ljudske i društvene kapitale i tradicionalan transport i modernu (ICT) komunikacijsku infrastrukturu doprinose održivom ekonomskom razvoju i kvaliteti života, uz mudro upravljanje prirodnim resursima kroz upravljanje u kojem uvijek sudjeluju građani.

Koncept pametnog grada kao naredna etapa urbanizacije je u modi zadnjih godina s ciljem da se napravi razlika u odnosu na izraze „digitalni gradovi“ i „inteligentni gradovi“. To znači da je još uvijek naglasak na ICT infrastrukturi, ali se sve više naglašava uloga ljudskih vrijednosti dobara, društva i uz društvo vezanih dobara, te interes u odnosu na okoliš kao glavnim pokretačima urbanog rasta. Europska unija stalno nastoji unaprijediti strategiju urbanog rasta u pametnom smislu. I druge internacionalne institucije smatraju da se razvoj gradova u značajnijoj mjeri treba zasnivati na ICT infrastrukturi i održivosti življenja.

Dostupnost i kvaliteta ICT infrastrukture nije jedina presudna za definiranje pametnog ili inteligentnog grada. Naglasak je i na ljudskom kapitalu, te školovanju i učenju u urbanom okolišu. Dokazano je da je najbrži urbani rast ostvaren upravo u gradovima gdje je u velikom postotku zastupljena školovana radna snaga.

### 13.4.2. Zeleni gradovi

Zeleni gradovi su budućnost za održivi razvoj. Stoljećima čovjek mijenja krajolik u kojem živi i urbanizacijom od krajolika stvara nepropusnu membranu koja ne dopušta vodi da odradi svoj normalni prirodni proces u okolišu.

Zeleni gradovi zahtijevaju pristup planiranju zemljišta i inženjering koji integrira ciklus urbane vode, uključujući oborinske, podzemne, otpadne vode i vodoopskrbu, kako bi se smanjilo uništavanje okoliša i poboljšali estetski i rekreativni uvjeti, te održivost prirodnog okoliša.

Prednosti zelenog grada:

- proizvodnja kisika
- pretvorba i smanjenje štetnih CO<sub>2</sub> emisija
- smanjenje ambijentalne temperature
- apsorpcija i transformacija sunčevog svjetla
- smanjenje topline zgrada
- stvaranje velikih površina koje zadržavaju vodu
- prikupljanje, zadržavanje i infiltracija oborinskih voda
- smanjenje gubitka oborinskih voda i drenaža
- smanjenje troškova za energiju
- stvaranje uvjeta za prirodan okoliš

Normalna posljedica zelenih gradova je i zelena urbana infrastruktura, a time i vodna infrastruktura, vodovod, odvodnja i pročišćavanje otpadnih voda te zbrinjavanje oborinskih voda.

### 13.5. Zelena urbana vodna infrastruktura

Fizička su obilježja koja pridonose zelenoj infrastrukturi raznolika, specifična za svaku lokaciju ili mjesto i izrazito ovisna o razmjerima. Na lokalnoj razini biološkom raznolikošću bogati parkovi, vrtovi, zeleni krovovi, ribnjaci, potoci, šume, živice, livade, obnovljena napuštena industrijska područja i obalne pješčane dine mogu pridonijeti zelenoj infrastrukturi ako omogućuju više usluga ekosustava. Spojni su elementi prijelazi za divlje životinje i riblje staze. Na regionalnoj ili nacionalnoj razini velika zaštićena prirodna područja, velika jezera, riječni slivovi, šume visoke prirodne vrijednosti, prostrani pašnjaci, područja poljoprivrede niskog intenziteta, veliki sustavi dina i obalne lagune samo su neki od brojnih primjera. Na razini EU-a prekogranični elementi kao što su međunarodni riječni slivovi, šume i planinski lanci primjeri su nadnacionalne zelene infrastrukture EU-a. Oni imaju važnu funkciju: pružati mnogostruke koristi ili spajati ekosustave te tako omogućivati njihove usluge.

Aktivnosti EU-a u vezi sa zelenom infrastrukturom:

- uključivanje zelene infrastrukture u politike EU-a i njihovu provedbu
- uključivanje zelene infrastrukture u mehanizme financiranja EU-a i pristup alternativnim izvorima
- istraživanje vrijednosti biološke raznolikosti i usluga ekosustava
- prikupljanje inicijativa za zelenu infrastrukturu – analiza utjecaja, troškova i koristi
- strateški ciljevi i pokazatelji zelene infrastrukture
- komunikacija, sudjelovanje, obrazovanje

### 13.6. Zelena rješenja odvodnje i pročišćavanja otpadnih i oborinskih voda

Neka od mogućih rješenja za zelene gradove:

- održiv razvoj stanogradnje
- održiv razvoj cestogradnje
- održiv razvoj podzemnih kanala
- propusne površine za parkirališta i propusne ceste
- prikupljanje vode uključujući kišnicu, oborinske vode i ponovno korištenje prikupljene vode
- sustavi za iskorištavanje pročišćene otpadne vode

Zelena rješenja mijenjaju klasični pristup rješavanja problema otpadnih i oborinskih voda u urbanim sredinama. Baziraju se na specifičnim integralnim rješenjima kojima se nastoji unutar urbanih sredina održavati ciklus kruženja vode te minimizirati zahvaćanje vode i mijenjanje vodnih resursa.

### 13.7. Integralni pristup rješavanja oborinske odvodnje

Integralni pristup rješavanja oborinske odvodnje je inovativan pristup upravljanja površinskim i oborinskim vodama koji se oslanja na načelu da treba planirati i projektirati odvodnju po prirodnom načinu otjecanja, odnosno upravljati oborinama na izvoru ravnomjernim usmjeravanjem na decentralizirane mikro-sustave odvodnje, koristeći se tehnikama projektiranja koje predviđaju retencioniranje, infiltraciju u podzemlje, evaporaciju i filtraciju.

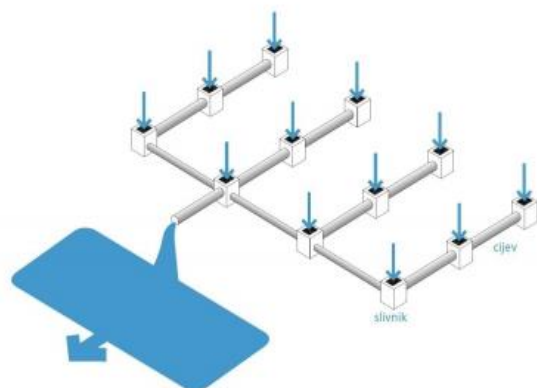
Integralnim pristupom smanjuje se negativno djelovanje površinskih i oborinskih voda na gradski prostor, povećava se ambijentalna vrijednost pojedinih dijelova grada uz optimalnu ekonomsku učinkovitost i zaštitu prostora u cjelini.

*Tablica 13.7.1. Usporedba tradicionalnog i integralnog pristupa*

<b>Tradicionalan pristup</b>	<b>Integralni pristup</b>
Uže opredjeljenje rada orijentirano isključivo na kanalizacijski sustav	Širi vidik rada na nivou cjelovitog ekosustava
Rješavanje problema kad se oni već dese ili postanu gorući	Prevenција problema u prostoru
Isključivo inženjerski pristup	Multidisciplinarnost tima koji će rješavati cjelovit sustav
Zaštita vlasništva, odvesti što brži i dalje od parcela	Zaštita ne samo vlasništva već i prostornih resursa, usporavanjem otjecanja
Isključivo vođenje u cijev	Oborinske i površinske vode integrirati u namjenu datog prostora
Povećanje cijevi nekorištenjem lokalno	Smanjenje cijevi, povećanjem korištenja lokalno

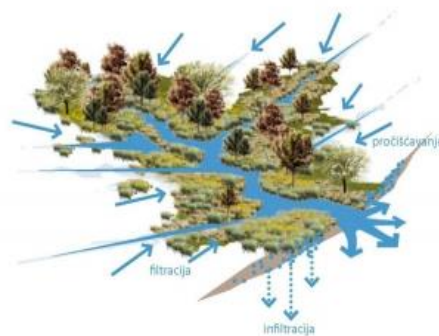


tradicionalni pristup  
... cijevima odvodi zagađenje  
s jednog mjesta na drugo



tradicionalno upravljanje oborinske odvodnje:  
"oborinska odvodnja = cijev" - što dalje što brže

integralni pristup  
... pročišćava oborinsku  
vodu zelenim površinama  
na izvoru - parkovima, ne cijevima !



integralno upravljanje oborinama: slivni pristup  
uspóri, rastereti, infiltriraj

Slika 13.7.1. Prikaz tradicionalnog i integralnog pristupa

### 13.8. Integralni pristup rješavanja otpadnih voda

Integralni pristup rješavanja otpadnih voda ne razlikuje se bitno od pristupa rješavanju oborinskih voda. Ciljevi su vrlo slični kod oba promatrana tipa voda.

Širi je vidik rada na nivou cjelovitog sustava, nastoji se prevencijom spriječiti nastajanje problema ili ih svesti na minimum, zahtjeva se multidisciplinarnost tima koji će rješavati cjelovit sustav. Teži se otpadne vode integrirati u namjenu datog prostora pa i šire, za lokalno navodnjavanje, urbanu poljoprivredu, poljoprivredu na rubu grada...

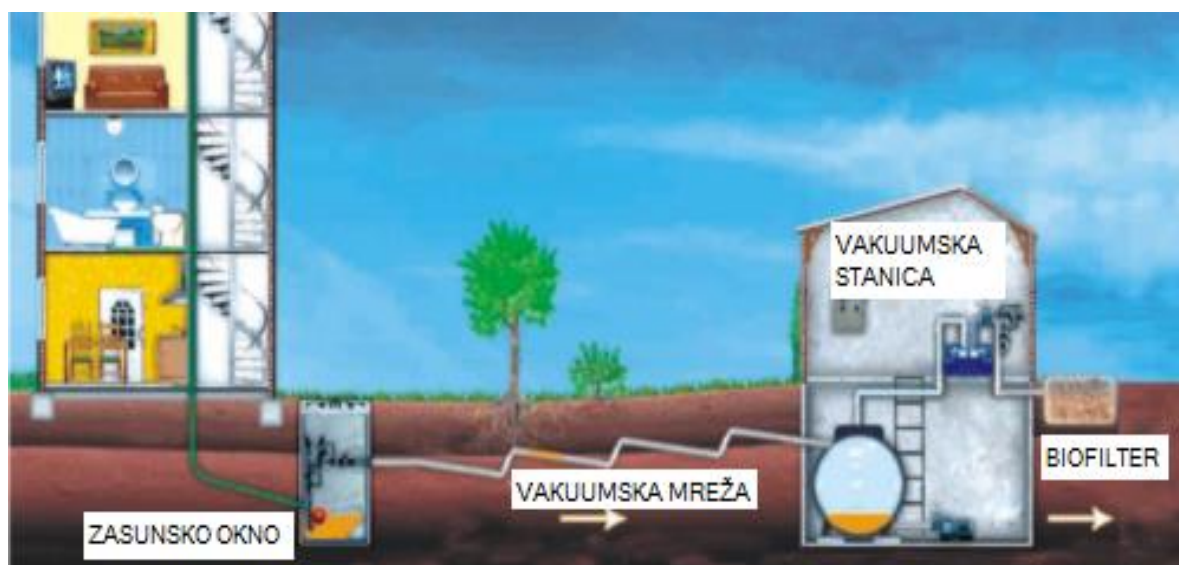
Integralnim pristupom se mulj s uređaja za pročišćavanje nastoji reciklirati, a ne odlagati. Teži se što manjoj potrošnji električne energije na uređaju, te što manjem broju crpnih stanica u sustavu odvodnje otpadnih voda. U rijetko naseljenim područjima rade se individualni sustavi odvodnje otpadnih voda.

## 14. VAKUUMSKA KANALIZACIJA

Sustav vakuumske kanalizacije sastoji se od zatvorene kanalizacijske mreže s tlakom manjim od atmosferskog, posebno oblikovanog vakuumnog okna (zasunskog okna) na koji se priključuju korisnici (kućni priključci) i vakuumske stanice. Mreža je na jednom kraju priključena na zasunsko okno kućnih priključaka, a na drugom na vakuumsku stanicu (sabirni kotao). Čitav sustav ovisi o radu vakuumske stanice koja stvara podtlak (najveći na samoj stanici) i na taj način usisava svu otpadnu vodu koja se ulijeva u mrežu. Vakuumska stanica neprekidno održava podtlak od 0,2 – 0,8 bara. To je jedino mjesto koje troši električnu energiju za rad vakuumske stanice i crpki. Sakupljene otpadne vode se iz vakuumske stanice crpe na uređaj za pročišćavanje ili neko drugo sabirno mjesto.

Otpadna voda iz kuća gravitacijski dotječe do zasunskog okna, odnosno spremnika, koji se nalazi u oknu. Na jedno okno može se priključiti do 5 kućnih priključaka. U vakuuskom se oknu nalazi usisni zasun kojim se razdvajaju unutrašnji podtlak u mreži i vanjski atmosferski tlak. Kada se napuni spremnik u oknu, odgovarajućim se mehanizmom otvara zasun i sakupljena voda zajedno sa zrakom iz okna uvlači se u kanalsku mrežu putem koje dotječe na vakuumsku stanicu.

Brzina tečenja mješavine vode i zraka je velika (4-6 m/s). Ova brzina sprječava taloženje suspenzija u cjevovodima, a mješavina uvučenog svježeg zraka i otpadne vode čini vodu svježom sprječavajući tako stvaranje velikih količina sumporovodika.



Slika 14.1. Prikaz vakuumnog tipa kanalizacije s temeljnim elementima

Učinkovitost funkcioniranja sustava ovisi o omjeru zraka i vode koja se kreće sustavom. Cijevi nikada ne smiju biti pune do vrha. Odgovarajući omjer zraka i vode održava se u sustavu putem posebnih membranskih vakuumskih usisnih zasuna.

S obzirom da je uzrok tečenju podtlak u sustavu koji se ostvaruje na vakuumskoj stanici, vakuumski se cjevovodi mogu polagati horizontalno, odnosno s malim prosječnim padom u smjeru tečenja. Cijevi se polažu plitko (40-120 cm), tako da su troškovi zemljanih radova vrlo mali. Dozvoljeni pad tlaka u sustavu je 0,5 bara, zbog čega je duljina mreže ograničena na oko 4 km. Ako je područje sakupljanja veće, gradi se više podsustava (svaki sa svojom vakuumskom stanicom) međusobno povezanih crpnim stanicama i tlačnim cjevovodima.

Svi elementi sustava su gotovi proizvodi, a izgradnja je u cjelini montažna. Na licu mjesta izvode se samo zemljani radovi i građevinski radovi za smještaj vakuumske stanice i pratećih objekata.

Glavne prednosti ovog tipa kanalizacije su:

- nepropusnost i potpuna zaštita okoliša, a posebno podzemnih voda jer sustav nema istjecanja
- sustav je stalno pod tlakom, zbog čega u naselju ne ispušta plinove u okoliš (osim na vakuumskoj stanici gdje se gradi uređaj za pročišćavanje zraka, najčešće biološki filter)
- zbog aeracije otpadne vode tijekom tečenja u cijevima, razvijaju se male količine štetnih plinova, čime se sprječava korozija materijala i opreme
- velike brzine tečenja mješavine vode i zraka sprječavaju taloženje i kod povremenog otjecanja
- jednostavno upravljanje i kontrola rada i propusnosti
- mali profili cjevovoda, a time i manji troškovi
- plitko polaganje cjevovoda, a time i manji troškovi zemljanih radova
- trase cijevi mogu imati skretanja
- mogu se polagati blizu vodovodnih cijevi jer nema istjecanja
- sustav ne zahtjeva intervencije unutar objekata i kućnih priključaka
- lako se kombinira s gravitacijskim sustavom

Sustav ima i svojih nedostataka i ograničenja:

- sustav je u cijelosti montažni i gradi se od gotovih proizvoda, tako da cijena i kvaliteta tih proizvoda bitno utječe na isplativost primjene, trajnost i kvalitetu pogona
- najveća udaljenost priključka do vakuumske stanice je oko 4 km
- nije moguće svladavanje visina većih od 3-4 m, stoga se primjenjuju samo u ravničarskim krajevima
- nužan je trajni izvor energije da bi sustav radio i sakupljao otpadne vode
- nužno je pročišćavanje zraka na vakuumskoj stanici
- sustav je osjetljiv u odnosu na ispuštanje krupnih krutih tvari u kućnu kanalizaciju, koje mogu dovesti do poremećaja i blokade rada vakuumskih zasuna
- sustav zahtjeva stalno i dobro održavanje

## 15. ODRŽIVOST AGLOMERACIJE METKOVIĆ

### 15.1. Održivost u predloženom rješenju

Područje grada Metkovića smješteno je u nizinskom, močvarnom dijelu, zbog čega nije prikladno voditi se samo klasičnim pristupom u projektiranju. Mnoga područja grada su vrlo specifična, pa im je potrebno pristupiti s velikom pažnjom i pomnim planiranjem. Specifičnosti koje mogu značajnije utjecati na održivost kanalizacijskog sustava su:

- veliko područje odvodnje i mala gustoća stanovanja u nekim, a posebno rubnim dijelovima aglomeracije (Dubravica, Glušci, Momići, Matijevići, Podravnica, Bočina, dio Klade...)
- ravan teren i male mogućnosti prirodnog gravitacijskog otjecanja (većina terena je na koti 1,5 m n.m. do 2,5 m n.m., osim brda Predolac i ulice Petra Krešimira IV na lijevoj obali koja je nešto viša (2,7 m n.m. do 4,3 m n.m.), te dijela desne obale uz samu Neretvu (oko 4,0 m n.m.))
- visoke podzemne vode (1,5 m do 3 m ispod kote terena)
- ugroženost od poplava
- klimatske promjene, pojave ekstremnih kiša i vodostaja rijeka, te podizanje srednje razine mora, a time podzemnih i površinskih voda na području aglomeracije

U većem rubnom dijelu urbaniziranog područja gustoća gradnje je vrlo mala pa time i priključenost po kilometru kanalizacijske mreže. Sustav i kanali će u ovim rubnim dijelovima aglomeracije biti slabo opterećeni, bit će mala ispunjenost cijevi i time male brzine tečenja otpadnih voda. Isto će dovesti do taloženja otpadnih tvari u cijevima, njihovoj intenzivnoj razgradnji, pojavi smrada i plinova te problema u transportu voda prema uređaju.

Područje odvodnje je vrlo veliko, a teren je ravan tako da će sakupljanje voda biti moguće jedino izgradnjom velikog broja crpnih stanica. Vrijeme putovanja vode do uređaja će biti dugačko, a time i vrijeme zadržavanja vode u sustavu odvodnje.

Podzemna voda je vrlo visoka, 2-3 m ispod površine a na nekim lokacijama i manje, tako da će i prilikom izvođenja na pojedinim dionicama biti puno problema i nepredviđenih situacija. Troškovi izvođenja će biti veliki. Veliki dio sustava odvodnje bit

će položen u podzemnoj vodi, pa se javlja opasnost od infiltracije podzemnih voda u kanalizacijski sustav (ukoliko s vremenom dođe do pukotina u sustavu ili popuštanja na spojevima) i time crpljenja i transporta podzemne vode prema uređaju. To će opteretiti sustav i rad crpnih stanica, te povećati troškove rada i održavanja.

Značajan dio prostora aglomeracije Metković je podložan poplavama kako zbog niskog terena tako i zbog nedovoljne izgrađenosti sustava obrane od poplava. Poplave su česte u rubnim nižim dijelovima područja. Poplave su posljedica velikih voda iz pripadajućeg lokalnog i regionalnog sliva i voda rijeke Neretve. Plavljenja su također uzrokovana i nedovoljnom izgrađenošću lokalnog sustava odvodnje vlastitih unutrašnjih voda. Sve ovo će dovesti do plavljenja i sustava odvodnje otpadnih i oborinskih voda, nekontroliranog širenja onečišćenja i velikih troškova rada i održavanja sustava.

Prognozirane klimatske promjene, a posebno varijabilnosti oborina i povećanje ekstremnih oborina te podizanje srednje razine mora za 50 do 100 cm će ugrožavati održivost kanalizacijskog sustava. Veći intenziteti kiša će dovesti do većih lokalnih i regionalnih površinskih i podzemnih voda i time veće ugroze od poplava. Podizanje srednje razine mora će rezultirati podizanjem površinskih i podzemnih voda na cijelom području doline Neretve i to za 50 do 100 cm. U ekstremnim olujnim vremenima ta podizanja će biti značajno veća. To znači da će sustav odvodnje biti daleko više ugrožen od podzemnih i površinskih voda.

Gledano s gledišta održivosti planirani sustav odvodnje otpadnih i oborinskih voda grada Metkovića ima nedostataka. Zbog specifičnosti područja, teško je potpuno zadovoljiti sve ekonomske, ekološke i socijalne kriterije, ali mora se nastojati izvesti održiv sustav koliko god je to moguće.

### **15.1.1. Ekološke posljedice**

Sa ekološkog stajališta ističe se nekoliko problema, a jedan od njih je utjecaj na klimu, odnosno ispuštanje stakleničkih plinova kao što je CO<sub>2</sub> i metan.

Ispuštanje stakleničkih plinova je vezano uz potrošnju električne energije koja se uglavnom proizvodi korištenjem fosilnih goriva. Kanalizacijski sustavi koji troše više električne energije ujedno posredno utječu na veće ispuštanje stakleničkih plinova. Planirani sustav Metkovića je centraliziran, područje odvodnje vrlo široko, a sve se otpadne vode odvođe na jedno mjesto, centralni uređaj za pročišćavanje otpadnih voda.

Predviđen je veliki broj crpnih stanica, pa će se trošiti velike količine električne energije. U sadašnjoj studijskoj dokumentaciji predviđeno je 20 većih crpnih stanica, ali za očekivati je da će se njihov broj možda i udvostručiti kad se krene u fazu detaljnijeg projektiranja. To se može zaključiti zbog dugih trasa kanalizacijskih cijevi, te nizinskog područja i visokog položaja podzemne vode, zbog čega cijevi ne mogu biti postavljane previše duboko. Udaljenost rubnih točaka kanalizacijskog sustava od centralnog uređaja za pročišćavanje otpadnih voda je vrlo velika:

- istočni rubni dijelovi (od Ulice Marka Marulića do UPOV-a predviđena dužina kolektora je oko 6,3 km)
- zapadni dio (od Krvavca 2 do UPOV-a dužina kolektora je oko 12 km)
- južni dijelovi (udaljenost do uređaja 6-7 km)
- sjeverni (najkraća udaljenost do UPOV-a, 1 do 2 km)

Zbog velikog broja crpnih stanica bit će velika potrošnja energije, a samim time i značajno ispuštanje CO<sub>2</sub>.

Dugo vrijeme putovanja otpadnih voda kroz kanalizacijski sustav do uređaja dovodi do intenzivne anaerobne razgradnje otpadnih voda i time intenzivnog ispuštanja sumporovodika te metana. Metan je 20 puta jači staklenički plin od CO<sub>2</sub>. Negativne posljedice će biti po globalni okoliš ali i lokalni, jer će se značajne količine ovih plinova ispuštati unutar urbanih sredina.

Kako će veliki dio položenih kanalizacijskih cjevovoda biti smješten u podzemnoj vodi, može doći do problema zbog istjecanja fekalnih voda u podzemlje, kroz pukotine i na mjestima spojeva.

U slučaju poplava, koje nisu rijetke na ovom području, javlja se opasnost od onečišćenja uslijed istjecanja otpadnih voda. Kad se pojavi poplava, dolazi do ispiranja kanalizacije i izbijanja zagađenih voda na površinu.

Uslijed plavljenja, javljaju se i problemi u radu uređaja. Dolazi do pojave velikih voda i do razrjeđenja vode.



### 15.1.2. Ekonomske posljedice

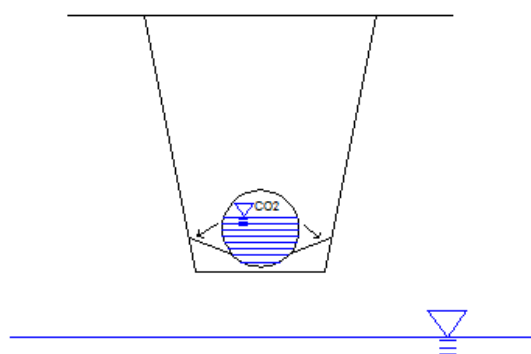
Veliki troškovi pumpanja otpadnih voda radi objedinjavanja na centralnom uređaju predstavljaju najveću manu promatranog sustava.

Veliki su i troškovi izvođenja zbog visoke podzemne vode te dubokih kanala u koje će se polagati kanalizacijske cijevi. Smještaj kanalizacijskih cijevi u podzemnu vodu dosta poskupljuje izvedbu.

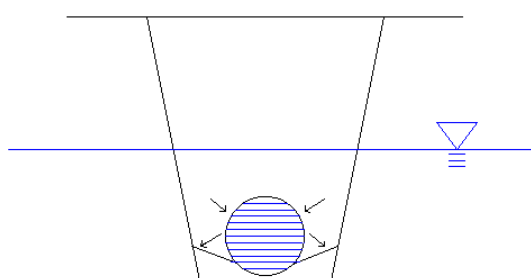
Tlačni cjevovodi su dugački pa će biti problema izmjene vode u njima. Može se očekivati pojava smrada na prekidnim oknima, te dosta problema u održavanju.

Teren u dolini Neretve je vrlo nepovoljan, pa je moguće da dođe do propadanja kanalizacijskih cijevi, koje su vrlo masivne.

Ako je kanalizacijska cijev u podzemnoj vodi, velika je opasnost od procjeđivanja podzemne vode u cijev. Tada se povećava protok  $Q$  u cijevi pa je potrebna veća energija za pumpanje i duži je rad crpki. Povećanjem protoka, cijevi se mogu potpuno zapuniti vodom, pa nema zraka u cijevi. Neće biti aeracije, odnosno oslobađanja plinova  $CO_2$  i metana.



- samo problem eventualnog istjecanja fekalnih voda u podzemlje



- problem istjecanja fekalnih voda u podzemlje, ali i utjecanja podzemne vode u kanalizacijsku cijev i mogućeg zapunjenja cijevi

Mogu se očekivati i povećani troškovi održavanja zbog malih protoka u rijetko naseljenim dijelovima aglomeracije. Ako se na 100 metara dužine javlja prosječno jedan ili dva priključka, protok u cijevi će biti jako malen. Minimalni profil je  $\Phi 250$ , pa će u tim slučajevima doći do taloženja otpadnih tvari u cijevima i problema u transportu fekalnih voda do uređaja.

### **15.1.3. Socijalne posljedice**

Izgradnja samog sustava je vrlo skupa, a za očekivati je značajne troškove održavanja. Cijena usluge odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda te zbrinjavanja mulja bit će vrlo skupa. Može se očekivati značajnije povećanje komunalnih naknada u gradu Metkoviću, što će utjecati na standard življenja. Tu dolazi do problema zbog nejednakosti među stanovništvom. Neki će moći priuštiti tu uslugu, dok neki neće. Zbog toga treba graditi što jeftiniji cjelokupan sustav.

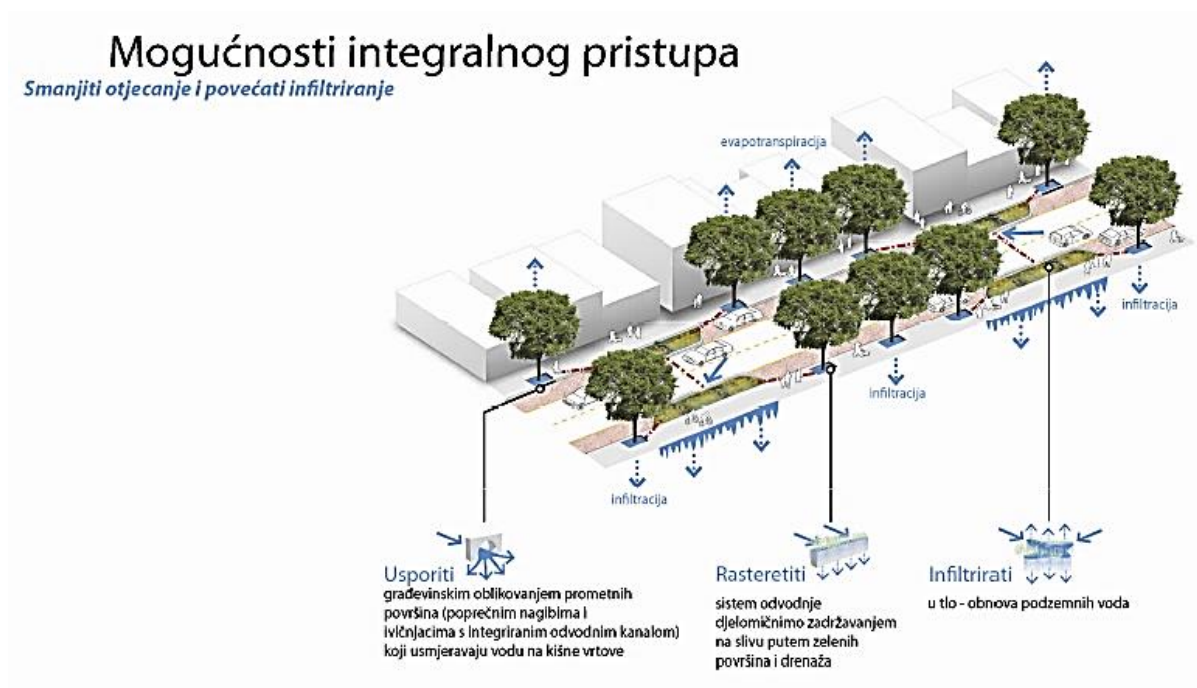
## 15.2. Strateške smjernice za povećanje održivosti sustava

### a) Integralna odvodnja oborinskih i otpadnih voda

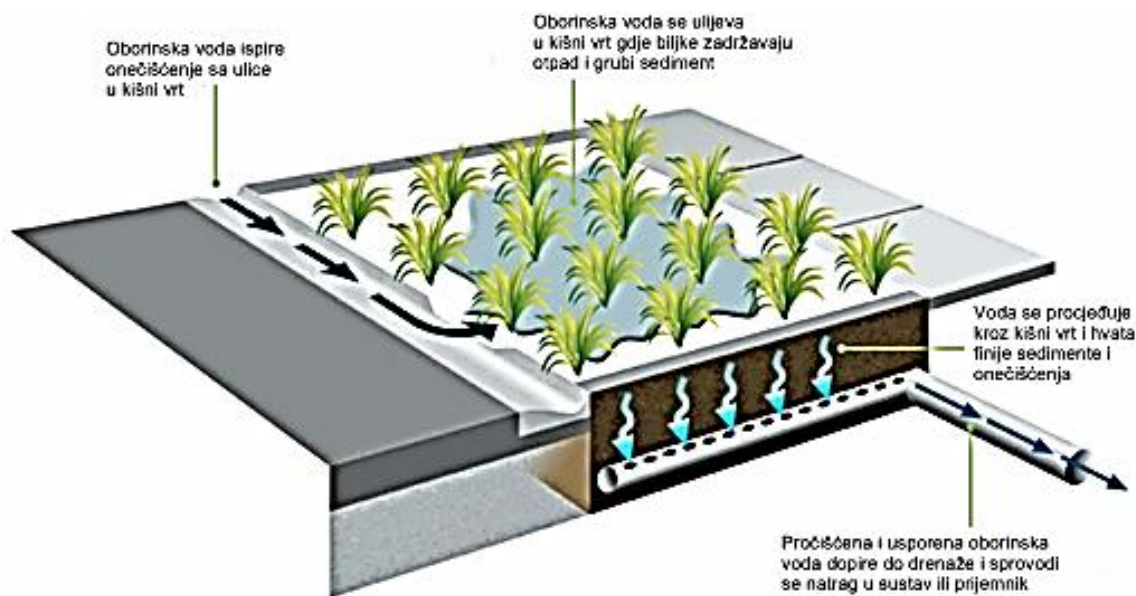
Oborinska odvodnja predviđena je samo za uži centar grada. Postojeći mješoviti sustav odvodnje koristit će se za oborinsku odvodnju. Neće biti pročišćavanja oborinske vode prije ispuštanja u Neretvu, no to nije ni potrebno jer ne bi trebalo doći do značajnijih onečišćenja oborinske vode zbog slabo razvijene industrije i ne previše gustog prometa.

Predviđen je, dakle, klasičan pristup odvodnje oborinskih voda koje će se ispuštati u rijeku Neretvu. Nije se planiralo integralno rješenje zbrinjavanja oborinskih voda, odnosno nikakvo lokalno skupljanje i zbrinjavanje oborinskih voda niti zadržavanje voda radi smanjenja vršnih otjecanja. Nisu planirani sustavi s kojima bi došlo do infiltracije, evapotranspiracije i slični sustavi lokalnog zbrinjavanja oborinskih voda bez izgradnje kanala.

Primjenom integralnog koncepta odvodnje i zbrinjavanja oborinskih voda smanjuje se negativno djelovanje površinskih i oborinskih voda na gradski prostor, povećava se ambijentalna vrijednost pojedinih dijelova grada uz optimalnu ekonomsku učinkovitost. Integralnim pristupom cilj je smanjiti otjecanje i povećati infiltriranje, kako bi došlo do obnavljanja podzemne vode.



Slika 15.2.1. *Mogućnosti integralnog pristupa*

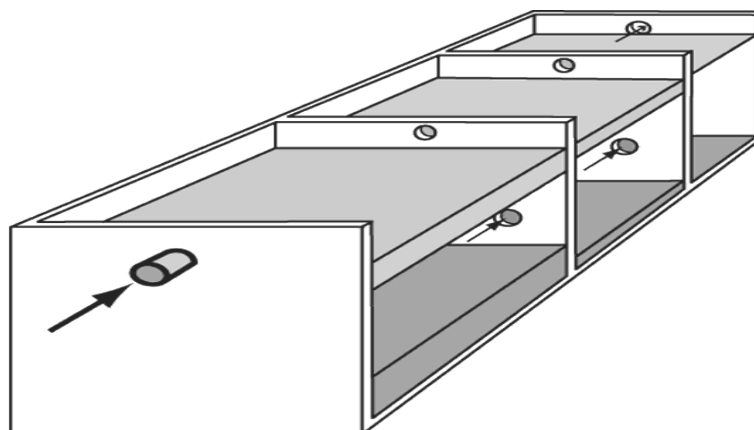


Slika 15.2.2. Princip rada kišnog vrta

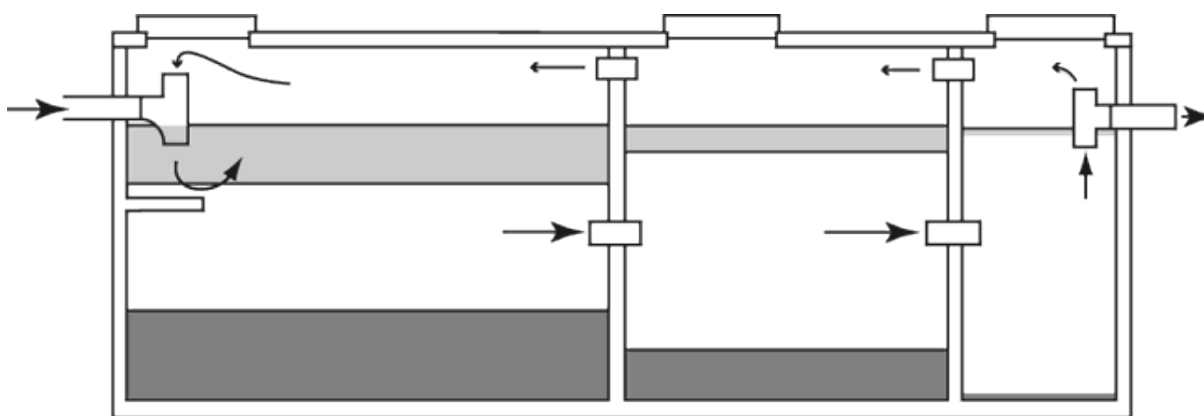


Slika 15.2.3. Mogućnosti odvodnje ulica i parkinga

Odvodnja otpadnih voda podrazumijeva kombinaciju primjene individualnih i centralnih sustava odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda. Individualni sustavi trebali bi se koristiti u područjima rijetke izgradnje, a za područja guste izgradnje i velike koncentracije stanovništva potrebni su centralizirani sustavi odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda.



Slika 15.2.4. 3D prikaz trodjelne septičke jame



Slika 15.2.5. Presjek trodjelne septičke jame

Septičke jame su tradicionalni uređaji za pročišćavanje otpadnih voda iz individualnih stambenih objekata ili manje grupe objekata. To je mali anaerobni reaktor u kojem se voda zadržava 3 – 7 dana. Rade se u dvije ili tri komore. Mulj se dugo zadržava u komori, tako da se u cijelosti stabilizira. Septičke jame eliminiraju oko 60 % suspendiranih tvari, oko 60 % BPK<sub>5</sub> (jame s 3 komore) i oko 80 % masti i ulja. Ukoliko je nužan veći stupanj pročišćavanja u odnosu na BPK<sub>5</sub>, ovom se uređaju dodaju sustavi pročišćavanja na tlu ili u tlu (infiltracija i slični procesi). Samostalno su jame uređaji I. stupnja pročišćavanja, a u kombinaciji s tretmanom na tlu ili u tlu uređaji III. stupnja pročišćavanja s uklanjanjem bakterija.

**b) Održiva/zelena rješenja zbrinjavanja otpadnih voda**

Predviđeni uređaj za pročišćavanje otpadnih voda je klasičan biološki uređaj aktivnog mulja, s produženom aeracijom. Takvi uređaji troše najviše energije, te proizvode velike količine mulja. Kako se mulj stabilizira tijekom procesa nitrifikacije aerobnim postupkom ne dolazi do proizvodnje bioplina te se sva energija za rad uređaja mora dovesti iz regionalnog energetskog sustava, odnosno kupiti i platiti.

Primjenom drugih rješenja moguće je proizvoditi vlastitu zelenu energiju. Jedna od mogućnosti je anaerobni postupak umjesto produžene aeracije. Anaerobni postupci se odvijaju bez kisika, najčešće u zatvorenim betonskim ili čeličnim tankovima, digesterima. To je spori biološki proces koji se odvija u dvije etape: etapa kiselog vrenja (tekuća faza) koja rezultira kiselinama, potom metanska fermentacija (plinska faza) u kojoj se kiseline transformiraju u plinove: CO<sub>2</sub> (25 - 30% volumena), CH<sub>4</sub> (65 – 70% volumena), te manji dio drugih plinova.

Anaerobni reaktori postižu dobre učinke u izdvajanju organskih tvari (C), te daju dobre karakteristike mulja. Osim toga, proizvode i bioplin koji se može korisno upotrijebiti. Ovim postupkom proizvodi se metan koji se može koristiti za proizvodnju energije i zagrijavanje spremnika. Postupak eliminira značajno više patogenih organizama nego klasični aerobni postupak, što je razumljivo s obzirom na znatno vrijeme zadržavanja.

Primjenom sporih procesa moguće je pročistiti otpadne vode i stabilizirati mulj bez korištenja električne energije. U te procese spadaju lagune. Ova metoda uglavnom ne zahtjeva primjenu prethodnog taložnika, tako da se koristi samo naknadni taložnik poslije aeracije. U ovoj metodi, otpadna voda dolazi u lagunu, plitki u zemlji iskopani spremnik, gdje se zadržava i ozračuje. Vrijeme zadržavanja u laguni je višestruko duže nego u aeracijskom bazenu. Voda iz lagune otječe u taložnik koji također može biti jednostavne zemljane izvedbe, gdje se bistri i gdje se iz pročišćene vode izdvaja organski mulj koji se odvodi na daljnju obradu.

Lagune se koriste za sve veličine uređaja. Najveća mana je veliki prostor potreban za gradnju ovakvog uređaja. Ako je teren jeftin tada je ovaj postupak povoljniji od aktivnog mulja na malim prostorima u betonskim bazenima.

**c) Održiva/zelena rješenja zbrinjavanja mulja s uređaja**

Nije poznato što će se raditi s muljem s uređaja za pročišćavanje, nakon solarnog sušenja. To je također bitna stavka cjelokupnog sustava koju treba analizirati i odabrati najbolje rješenje. Hoće li to biti recikliranje pa ponovna upotreba u neke svrhe ili samo odlaganje na predviđenu lokaciju, treba pokazati kvalitetna analiza. Ako se mulj ne koristi tada su troškovi njegovog zbrinjavanja vrlo veliki.

Moguća su rješenja u kojima se ovi troškovi smanjuju. Jedno od rješenja je kompostiranje mulja. Kompostiranje je aerobni proces u kojem se biološki razgradive tvari pretvaraju u stabilni proizvod. Ako je kompostiranje potpuno, tada je konačni proizvod potpuno stabilan, ne uzrokuje pojavu smrada i može se koristiti u poljoprivredi za poboljšanje značajki tla.

Još jedna mogućnost je spaljivanje mulja, koje se koristi ako je mulj nepovoljan za korištenje u poljoprivredi zbog opasnog sastava, ili ako se ne raspolaže s prostorom za njegovo odlaganje na deponije. Mulj se može spaljivati u zasebnoj spalionici ili zajedno s krutim otpadom.

Može se koristiti i pasterizacija mulja. Taj postupak se dosta koristi u Njemačkoj i Švicarskoj. Mulj se zagrijava na temperaturu od 65 °C u trajanju od 30 minuta. Iza pasterizacije slijedi hlađenje i anaerobna stabilizacija mulja. To je vrlo učinkovit proces za eliminaciju patogenih organizama, parazita i cista.



### 15.3. Prijedlozi za povećanje održivosti

Polazeći od navedenih strateških smjernica dolazi se do ciljeva kojima se želi povećati održivost sustava.

Ciljevi su sljedeći:

- a) Sakupiti i pročistiti što više otpadnih voda.
- b) Minimizarati kanaliziranu odvodnju oborinskih voda.
- c) Eliminirati mješoviti sustav.
- d) Minimizarati troškove građenja i rada.

Time se:

- sve otpadne vode čiste i maksimalno se štiti okoliš
- minimiziraju troškovi investicije i pogona sustava
- eliminiraju incidentna onečišćenja, prekid rada te povećava pouzdanost rada sustava, a time i zaštite ljudi i okoliša

a) U centru grada s obje strane rijeke Neretve, gdje je gusta izgradnja i koncentracija stanovništva treba raditi sustav sakupljanja otpadnih voda i odvoza na centralni uređaj.

Na područjima na kojima je rijetka izgradnja i mala koncentracija stanovnika treba koristiti individualne sustave. Ključna je stvar koliko ima kućnih priključaka na 100 metara. Ako je na 100 metara prosječno jedan ili dva priključka nije isplativo raditi kanalizacijski kolektor.

Na pojedinim područjima u obzir bi trebala doći samo vakuum kanalizacija. Vakuumska kanalizacija se u pravilu primjenjuje u sljedećim slučajevima:

- kod malih naselja do 1500 priključaka i 4-8 km mreže
- ako je gustoća izgrađenosti mala, pa je duljina kanalizacijske mreže veća od 4 m po stanovniku
- ako je teren ravan i gravitacijski sustav zahtijeva izgradnju većeg broja malih crpnih stanica te duboko polaganje kanala (a time i velike zemljane radove)
- ako je prostor za izvođenje gravitacijske kanalizacije ograničen (uske ulice sa starim zgradama uz ulicu)

Zbog specifičnosti područja koje je smješteno na nizinskom terenu i visoke razine podzemne vode, koja je na pojedinim mjestima na dubini od 1.5 m, moralo bi se na nekim područjima raditi vakuumsku kanalizaciju.

b) Minimiziranjem kanalizirane odvodnje oborinskih voda smanjuju se troškovi investicije. Potrebno je koristiti integralni pristup odvodnje, koliko je to moguće. Integralnim pristupom, koji je puno jeftiniji, nastoji se planirati i projektirati odvodnju po prirodnom načinu otjecanja. Integralnim pristupom dozvoljava se vodi da obnavlja hidrološki ciklus. Korištenjem integralnog pristupa nema izgradnje crpnih stanica, nisu potrebni retencijski bazeni, nema dugačkih oborinskih cjevovoda niti zadržavanja vode.

Uz prometnice je potrebno graditi zelene površine u koje će otjecati voda i infiltrirati se u podzemlje. Za odvodnju oborinske vode s parkinga dobro rješenje su infiltracijski jarci. Za prihvata voda s prometnica i okolnih ulica kvalitetna rješenja su kišni vrtovi.

c) Postojeći mješoviti sustav se planira eliminirati i to je jedna od bitnih stavki održivosti sustava. Odabrano rješenje je najpovoljnije u postojećim okolnostima. Dakle, postojeći mješoviti sustav će se zamijeniti ili sanirati i koristiti samo za oborinsku odvodnju, a uz njega će se graditi novi kolektor manjeg profila za odvodnju fekalnih voda.

d) Jedna od ključnih stvari održivosti sustava je minimizirati troškove izvedbe i rada sustava, te održavanja sustava. To će se postići već navedenim primjerima.

Dakle, treba izbjegavati skupe duboke zemljane radove, u rijetko naseljenim područjima graditi individualne sustave, u jako nizinskim područjima s visokom podzemnom vodom raditi vakuum kanalizaciju. Treba odabrati najbolje rješenje uređaja za pročišćavanje otpadnih voda i zbrinjavanja mulja s uređaja.

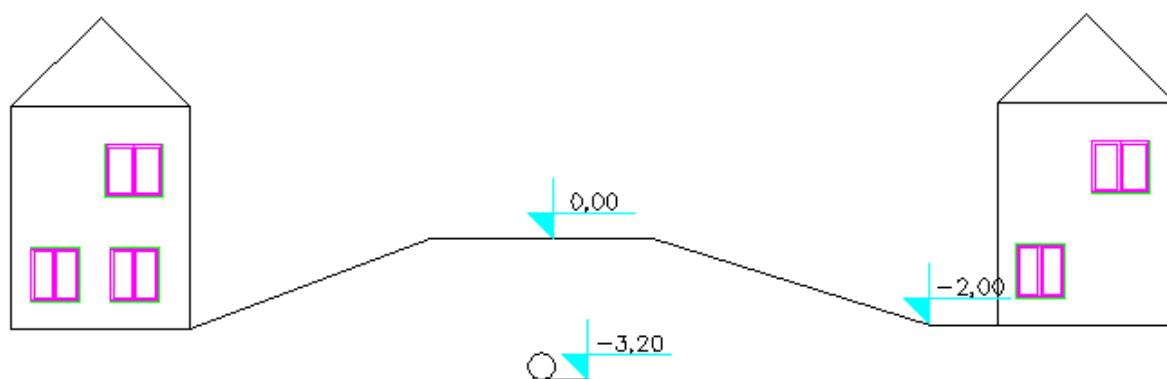
Troškovi odvodnje oborinske vode smanjit će se ako se izbjegnu crpne stanice i cjevovodi, a koristi integralni pristup odvodnje oborinskih voda, tamo gdje je to moguće.

#### 15.4. Konkretni prijedlozi rješenja pojedinih dijelova aglomeracije Metković

U nastavku se kao primjer navodi nekoliko konkretnih situacija s mogućim drugačijim pristupom rješavanja problema odvodnje otpadnih i oborinskih voda.

Ulica Petra Krešimira IV:

Cijelo područje Klade odnosno Ulice Petra Krešimira IV, a posebno rijetka izgradnja u polju na niskom terenu nije prikladna za gravitacijski sustav. Treba provjeriti u razradi druge mogućnosti, prije svega vakuumsku kanalizaciju.



Slika 15.4.1. Specifični način građenja u ulici Petra Krešimira IV

Na slici 15.4.1. prikazan je presjek ulice Petra Krešimira IV na kojem je vidljiv specifičan način građenja promatrane ulice. Većina objekata je ispod kote ceste prosječno 1,5 m do 2,0 m. Ukoliko se izvodi gravitacijski kolektor, morat će biti smješten na dubinu oko 3 metra. Udaljenost između dvije crpne stanice na promatranom području je oko 1600 m. Uzdužni nagib cjevovoda bi trebao biti barem 0,3%.

- udaljenost između 2 crpne stanice: 1600 m
- uzdužni nagib cjevovoda: 0,3%

$$1600m \cdot 0.003 = 4.8m$$

$$4.8m + 3.2m = 8.0m$$

Iz prikazanog je vidljivo da će dubina postavljanja kolektora rasti do 8 metara, što će uzrokovati velike troškove zemljanih radova i dosta problema pri izvođenju. Podzemna voda se na ovom području nalazi na dubini 3 - 4 metra tako da je upitna održivost ovakvog sustava. Zbog navedenih problema, treba razmotriti gradnju vakuum kanalizacije na ovom području.

Bočina:

U Bočini ima desetak kuća tako da tu nije potreban sustav odvodnje. Najefikasnije bi bilo izgraditi trodijelne septičke jame, kod kojih bi se dobar dio otpadne vode, nakon postupnog pročišćavanja u jami i odvodnom kanalu, infiltrirao u podzemlje, dok bi mulj ostajao u jami i odvezio se na UPOV jednom u godinu ili dvije.

U drugoj fazi može se eventualno razmišljati o drugim rješenjima, ukoliko bi s vremenom došlo do veće napučenosti te ulice.

Ulica Lovre Matića:

Ulica se nalazi na jako niskom terenu s vrlo visokim položajem podzemne vode. Najbolje rješenje bi trebala biti vakuumska kanalizacija.

Ulica Ive Lole Ribara i Slatine:

Ulica Ive Lole Ribara i Slatine nalaze se na koti terena 1,1 do 2,5 m n.m. Na cijelom tom području trebalo bi raditi vakuum kanalizaciju, koja bi se kod Platana spajala na klasičnu gravitacijsku kanalizaciju.

Od početka ulice Jeovci do crpne stanice koja je predviđena u Ulici Ive Lole Ribara dužina kolektora je oko 1100 metara. Ako je uzdužni nagib kolektora 0.3 %, do crpne stanice se ide u dubinu 3.3 m, što znači da bi kolektor na nekim dijelovima trase bio smješten preko 2,5 metra u podzemnoj vodi. Javile bi se velike teškoće prilikom izvođenja i upitna je održivost tog sustava.

Ulica Ljudevita Gaja i dio ulice Jeovci:

U Ulici Ljudevita Gaja i dijelu ulice Jeovci također se predlaže vakuum kanalizacija koja bi se spojila na vakuumski kolektor u Ulici Ive Lole Ribara i vodila do vakuumske stanice smještene kod Platana gdje bi se priključila na gravitacijski kolektor.

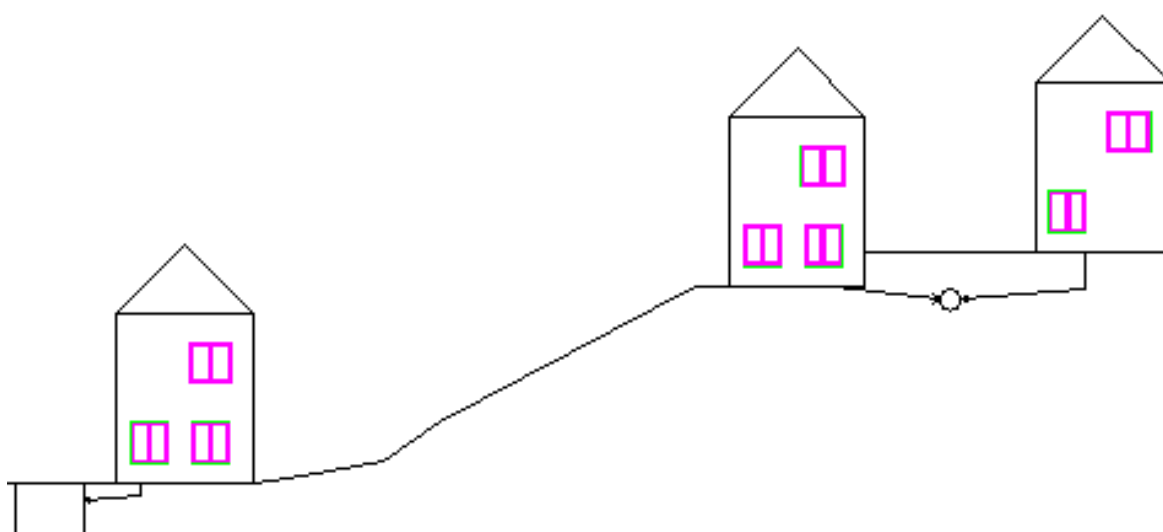
Ulica Molizarskih Hrvata:

Za ovu ulicu karakteristična je rijetka izgradnja, zbog čega nije prikladno graditi gravitacijski kolektor niti iz ekonomskih niti ekoloških razloga. Na ovom području najbolja mogućnost bi trebali biti individualni sustavi.

Dubrovačka ulica:

U Dubrovačkoj ulici je dobar dio kuća s donje strane ceste na koti terena puno nižoj od kote terena ceste. Zbog toga će u slučaju gravitacijskog kolektora biti potrebne manje crpne stanice koje će podizati vodu do glavnog kolektora vođenog po trasi ceste.

Prijedlog za ovu trasu je gravitacijski kolektor kroz cestu koji kupi otpadne vode objekata uz cestu, a za objekte ispod ceste smještene na koti terena puno nižoj od kote ceste trebalo bi graditi individualne sustave, odnosno trodijelne septičke jame sa infiltracijom pročišćene vode u tlo.



*Slika 15.4.2. Karakteristični presjek Dubrovačke ulice*

Dubravica:

Zbog vrlo lošeg terena i izrazito nepovoljnih uvjeta za centraliziranu odvodnju, te stagnacije broja stanovnika, predlaže se gradnja individualnih sustava.

Glušci:

Za Glušce je zbog položaja u zaravni dobro rješenje centralizirani sustav s biološkim uređajem za pročišćavanje otpadnih voda, ukoliko se pokaže da je povoljniji od gradnje individualnih sustava. No, zbog trenda stagnacije, pa čak i opadanja broja stanovnika, upitna je održivost centraliziranog sustava odvodnje.

**Prud:**

U Prudu je zbog relativno ravnog terena moguć centralizirani sustav i planirano rješenje s biološkim uređajem za pročišćavanje otpadnih voda je dobro. Ukoliko bi se razmatrala odvodnja oborinske vode, osim već postojećeg stanja, trebalo bi koristiti integralni pristup odvodnje.

**Vid:**


U Vidu je primjetan blagi porast broja stanovnika u zadnjih 20 godina, pa u obzir dolazi gradnja centraliziranog sustava. Naselje je smješteno na brdovitom terenu pa je gravitacijski sustav najpovoljnije rješenje. Spajanje na sustav odvodnje u Metkoviću je dobro rješenje.

## **16. GRAFIČKI PRILOZI**

**16.1. Shema postojećeg stanja kanalizacijske mreže MJ 1:5 000**



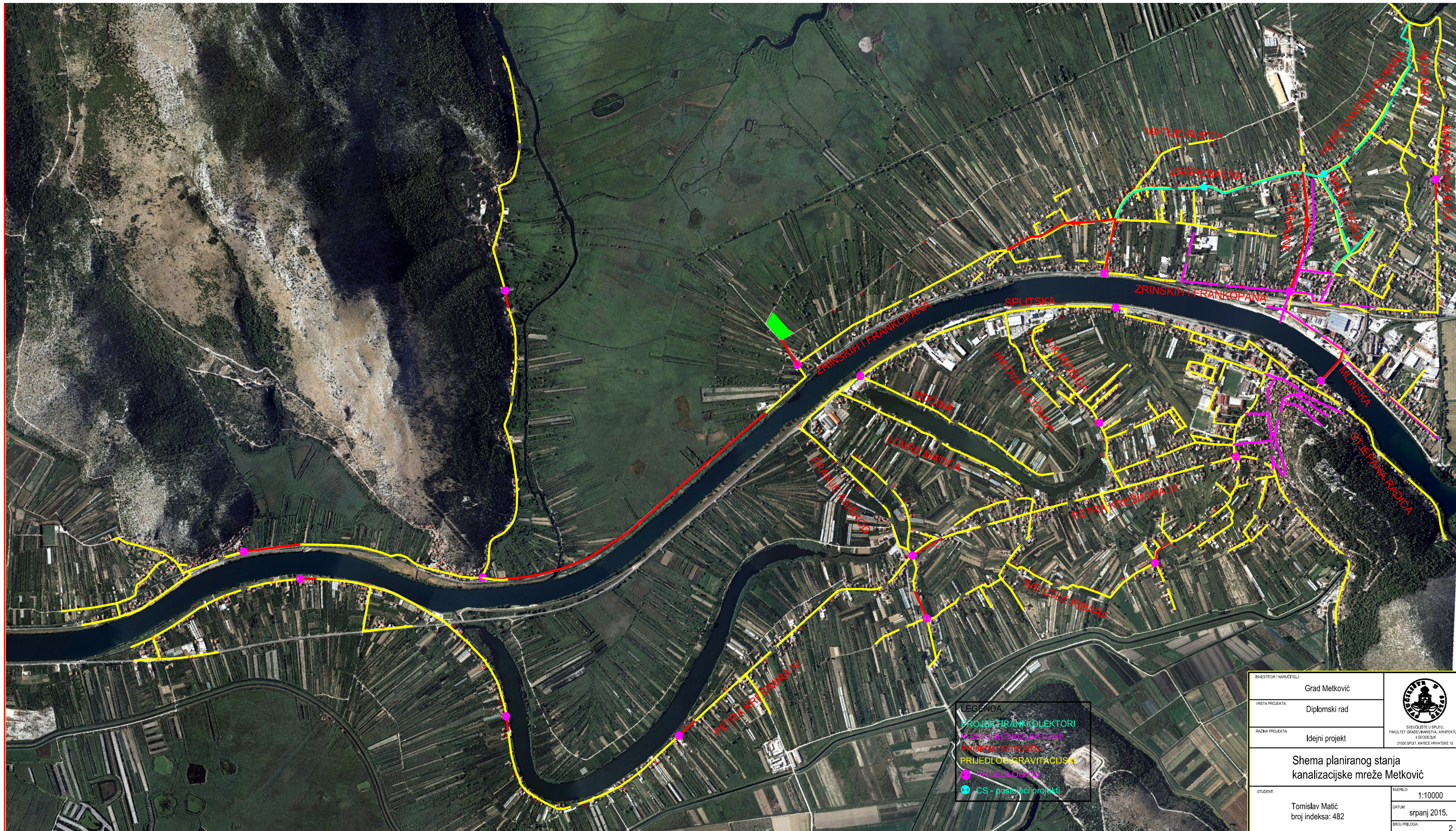


INVESTITOR / NARUČITELJ:	Grad Metković	 <small>SVEUČILIŠTE U SPLITU,          FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE          I GEODEZIJE          21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15</small>
VISTA PROJEKTA:	Diplomski rad	
FAZINA PROJEKTA:	Idejni projekt	
<b>Shema postojećeg stanja          kanalizacijske mreže Metković</b>		
STUDENT:	Tomislav Matić broj indeksa: 482	<small>MJERILO:</small> 1:5000 <small>DATUM:</small> srpanj 2015. <small>BROJ PRILOGA:</small> 1




## **16.2. Shema planiranog stanja kanalizacijske mreže MJ 1:10 000**





**LEGENDA:**  
 PROJEKTI RAN KOLEKTORI  
 POSREDENI KOLEKTORI  
 PRIJEDLOG TRASE  
 PRIJEDLOG GRAVITACIJSKI  
 PRIJEDLOG CS  
 CS - posređeni projekti

INVESTITOR / NARUČITELJ:	Grad Metković	 <small>SVEUČILIŠTE U SPLITU        FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE        I URBANIZACIJE        21000 SPLIT, MATIĆE HRVATSKOJE 15</small>
VRSTA PROJEKTA:	Diplomski rad	
RAZINA PROJEKTA:	Idejni projekt	
<b>Shema planiranog stanja kanalizacijske mreže Metković</b>		
STUDENT:	Tomislav Matić broj indeksa: 482	<small>MJERNO:</small> 1:10000 <small>DATUM:</small> srpanj 2015. <small>BROJ PRILOGA:</small> 2



## 17. LITERATURA

- [1] Prof.dr.sc. Jure Margeta: „KANALIZACIJA NASELJA: odvodnja i zbrinjavanje otpadnih i oborinskih voda“, Građevinsko-arhitektonski fakultet Sveučilišta u Splitu, 2009.
- [2] Prof.dr.sc. Jure Margeta: „Oborinske i otpadne vode: teret onečišćenja, mjere zaštite“, Građevinsko-arhitektonski fakultet Sveučilišta u Splitu, 2007.
- [3] Grad Metković: Prostorni plan Metkovića, 2004.
- [4] Institut IGH d.d. / IGH Urbanizam d.o.o. / ecoplan d.o.o. : Izmjene i dopune prostornog plana uređenja grada Metkovića, 2013.
- [5] Grad Metković, Strateški plan grada Metkovića 2014.-2016.
- [6] DNŽ: Prostorni plan Dubrovačko – neretvanske županije
- [7] DNŽ: Razvojna strategija Dubrovačko – neretvanske županije 2011.-2013.
- [8] DVOKUT ECRO, „Zahtjev za ocjenu o potrebi procjene utjecaja na okoliš sustava odvodnje otpadnih voda grada Metkovića“, 2014.
- [9] HRVATSKE VODE, „Studija o utjecaju na okoliš-sažetak, Sustav javne odvodnje Metković“, Split, 2008.
- [10] WYG International / Akvedukt: RAZVOJ SUSTAVA VODOOPSKRBE I ODVODNJE – Izrada studijsko-projektne dokumentacije potrebne za prijavu projekata sufinanciranih iz EU fondova – Podprojekt Metković, južno priobalno područje, 2015.
- [11] IRES / WYG savjetovanje d.o.o.: Biljni uređaj za pročišćavanje otpadnih voda naselja
- [12] Prud – Zahtjev za ocjenu o potrebi procjene utjecaja zahvata na okoliš, 2015.
- [13] Grad Pula: „Sustav odvodnje oborinskih voda grada Pule“, 2011.
- [14] Funda d.o.o.: Rješenja za projektiranje zelenih gradova
- [15] Vlada Republike Hrvatske: Plan provedbe vodno-komunalnih direktiva, Zagreb, 2010.
- [16] Dipl.ing.građ. Tatjana Uzelac: Integralni pristup odvodnji oborinskih i površinskih voda, Građevinski fakultet Rijeka, 2012.
- [17] Akvedukt d.o.o.: Shema planiranog stanja kanalizacijske mreže Metković, 2015.

## Internet izvori:

- [1] <http://geoportal.dgu.hr/viewer/>
- [2] <http://www.katastar.hr/dgu/home>
- [3] <https://hr.wikipedia.org/wiki/Odr%C5%BEivost>
- [4] <http://www.metkovic.hr/>
- [5] [http://hr.worldmapz.com/photo/5921\\_pt.htm](http://hr.worldmapz.com/photo/5921_pt.htm)
- [6] [https://hr.wikipedia.org/wiki/Vid\\_\(Metkovi%C4%87\)](https://hr.wikipedia.org/wiki/Vid_(Metkovi%C4%87))
- [7] <https://www.google.hr/maps>
- [8] [http://www.gfmo.ba/e-zbornik/e\\_zbornik\\_05\\_01.pdf](http://www.gfmo.ba/e-zbornik/e_zbornik_05_01.pdf)
- [9] [http://www.korakpokorak.hr/upload/Dijete\\_vrtic\\_obitelj/dijete\\_vrtic\\_obitelj\\_74.pdf](http://www.korakpokorak.hr/upload/Dijete_vrtic_obitelj/dijete_vrtic_obitelj_74.pdf)
- [10] [http://www.starum.hr/media/medialibrary/2012/10/integralna\\_odvodnja\\_gf\\_2012\\_1.pdf](http://www.starum.hr/media/medialibrary/2012/10/integralna_odvodnja_gf_2012_1.pdf)
- [11] <http://varcevanje-energije.si/komunalna-energetika/vakuumska-kanalizacija.html>
- [12] <http://www.starum.hr/hr/aktualno/>