

Održivi sustavi odvodnje u urbanim područjima na Mediteranu

Peranić, Lovre

Master's thesis / Diplomski rad

2019

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:204:816596>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-19**



Repository / Repozitorij:

[Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb](#)





Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture



Održivi sustavi odvodnje u urbanim područjima na Mediteranu

DIPLOMSKI RAD

Lovre Peranić

Zagreb, rujan, 2019.



Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture



Diplomski studij:

Krajobrazna arhitektura

Održivi sustavi odvodnje u urbanim područjima na Mediteranu

DIPLOMSKI RAD

Lovre Peranić

Mentor:

doc. dr. sc. Ines Hrdalo

Zagreb, rujan, 2019.



Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture



IZJAVA STUDENTA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, **Lovre Peranić**, JMBAG 3009993370051, rođen/a 30.09.1993 u Zagrebu,
izjavljujem da sam samostalno izradila/izradio diplomski rad pod naslovom:

Održivi sustavi odvodnje u urbanim područjima na Mediteranu

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedina autorica/jedini autor ovoga diplomskog rada;
- da su svi korišteni izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, adekvatno citirani ili parafrazirani, te popisani u literaturi na kraju rada;
- da ovaj diplomski rad ne sadrži dijelove radova predanih na Agronomskom fakultetu ili drugim ustanovama visokog obrazovanja radi završetka sveučilišnog ili stručnog studija;
- da je elektronička verzija ovoga diplomskog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor;
- da sam upoznata/upoznat s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana _____

Potpis studenta / studentice



Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture



IZVJEŠĆE

O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studenta/ice **Lovre Peranić**, JMBAG 3009993370051, naslova

Održivi sustavi odvodnje u urbanim područjima na Mediteranu

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____, dana

_____.

Povjerenstvo:

potpisi:

1. doc. dr. sc. Ines Hrdalo mentor

2. doc. dr. sc. Petra Pereković član

3. doc. art. Monika Kamenečki član

Zahvala

Ovime zahvaljujem svojoj majci, pri potpori tijekom studiranja.

Sadržaj

1. Uvod	1
2. Problem i cilj rada	3
2.1. 2.1 Problem.....	3
2.2. 2.2 Cilj	3
3. Materijali i metode rada.....	3
4. Zelena i plava infrastruktura.....	4
4.1. Održivost i zeleno plava infrastruktura	5
5. Tradicionalna odvodnja.....	7
5.1. Suvremena odvodnja – održiva odvodnja	8
6. Podijela sustava održive odvodnje	11
6.1. Biljne vrste unutar sustava održive odvodnje	12
7. Tehnike održive odvodnje.....	13
7.1. Zeleni krovovi.....	13
7.2. Propusna opločenja	17
7.3. Biljni uređaji – <i>Bioswale</i>	19
7.4. Kišni vrt	20
7.5. Biljni uređaji – Obliokvane močvare	22
8. Specifičnosti Mediterana i njegove hidrologije.....	28
8.1. Ranjivost krških voda	30
8.2. Zeleno plava infrastruktura i održiva odvodnja na krškim područjima ...	31
8.3. SWOT analiza tehnika održive odvodnje	32
9. Prijedlozi integriranja održive odvodnje na Mediteranu sa primjerom u Novalji, otok Pag	37
9.1. Osnovni podaci	37
9.1.1. Prirodni resursi	37

9.1.2.	Klima	37
9.1.3.	Tlo	38
9.1.4.	Vegetacija.....	38
9.2.	Stanje okoliša – voda.....	39
9.2.1.	Izvori onečišćenja vode	39
9.3.	Prijedlog rješenja integracije tehnika održive odvodnje u Novalji.....	41
9.3.1.	Oblikovanje kanala na zelenoj površini u Novalji.....	41
9.3.2.	Sakupljanje kišnice u kućanstvima	47
9.3.3.	Implementiranje tehnika održive odvodnje u centar grada	48
9.3.4.	Implementacija oblikovane močvare i biljnih pročišćivača u Novaljskom polju.....	50
10.	Zaključak.....	52
11.	Popis literature.....	53
12.	Popis priloga.....	55
13.	Životopis.....	57

Sažetak

Diplomskog rada studenta/ice **Lovre Peranića**, naslova

Održivi sustavi odvodnje u urbanim područjima na Mediteranu

Nagle klimatske promjene, uzrokovane različitim aspektima čovjekovog razvoja predstavljaju sve veći problem na globalnoj razini. Način života uzrokovao je i promjene u hidrološkom ciklusu vode, u vidu izmjene kišnih i suhih razdoblja. Zeleno plava infrastruktura predstavlja sustav pogodan za implementaciju tehnika i praksi održive odvodnje, stvarajući ekološki prihvatljive, održive i ugodne prostore. Sustavi održive odvodnje svojim fizikalnim i biološkim procesima utječu na pročišćavanje vode i omogućavaju njeno ponovno korištenje ili infiltraciju u ostala vodna tijela ili tlo. Mediteran u ovom kontekstu predstavlja jedinstveni ekološki sustav, koji je zbog svoje geomorfologije jako osjetljiv na hidrološke promjene. U ovom radu istražuju se tehnike sustava održive odvodnje: zeleni krovovi, kišni vrtovi, biljni pročišćivači i propusna opločenja, te kroz uspješne primjere u svijetu, opisuje se njihovo korištenje u urbanim područjima. Analizom prednosti i mana odabranih tehnika predlaže se njihova moguća primjena u gradu Novalji, na otoku Pagu.

Ključne riječi: održiva odvodnja, kišni vrt, oborinske vode, Mediteran

Summary

Of the master's thesis – student **Lovre Peranić**, entitled

Sustainable drainage systems in urban areas in the Mediterranean

Sudden climate change, caused by various aspects of human development, is a growing problem globally. The lifestyle also caused changes in the hydrological cycle of the water, in the form of changes in the rainy and dry periods. Green-blue infrastructure is a system suitable for the implementation of sustainable drainage techniques and practices, creating environmentally friendly, sustainable and comfortable recreational spaces. Sustainable drainage systems, through their physical and biological processes, treat the water and allow its reuse or infiltration into other water bodies or soil. In this context, the Mediterranean is a unique ecological system, which, due to its geomorphology, is very sensitive to hydrological changes. This paper explores the techniques of sustainable drainage systems such as green roofs, rain gardens, constructed wetlands and permeable pavements, and through successful examples in the world, describes their use in urban areas. The analysis of the advantages and disadvantages of the selected techniques suggests their possible application in the City of Novalja on Island of Pag.

Keywords: sustainable drainage, rain gardens, stormwater, Mediterranean

1. Uvod

Čovjekov razvoj uz brojne prednosti sa sobom dovodi i mane. Povećanjem broja stanovnika, javlja se potreba za životnim prostorom, što uzrokuje urbanizaciju. Širenje gradova, povećava i broj nepropusnih površina u njima. Klimatske promjene na globalnoj razini postale su zabrinjavajuće, jer imaju snažan utjecaj na hidrološki ciklus vode u prirodi. Oborine postaju rjeđe, ali se njihov intenzitet pojačava te stvaraju probleme u odvodnji unutar urbanih područja. Uslijed sve većih onečišćenja atmosfere mnogi zagađivači ulaze u ciklus kruženja vode već u početnom stadiju. Slijevanjem kišnice kroz nepropusne površine u urbanim područjima ona u sebe preuzima dodatna onečišćenja kao što su sedimenti, teški metali, ulja, masti, dušik, fosfor, herbicidi, pesticidi, plastika i ljudski patogeni (Ružinski i Anić, 2010.). Principi unutar tradicionalnih sistema odvodnje nisu se promijenili stoljećima. Oni za cilj imaju odvesti vodu što je prije moguće iz urbanih područja u ostala vodna tijela kao što su potoci, rijeke, jezera i mora. Ubrzani prijenos oborinske vode u kanalizaciju, smanjuje njenu mogućnost infiltracije u tlo ili evapotranspiracije kroz zelene površine. Posljednjih desetljeća postaje sve jasnije od strane različitih aktera, kako bi trebalo doći do promjene u konstrukciji urbanih sustava odvodnje. Velike količine vode prilikom oborinskog vremena dovode do neefikasnosti postojećih sistema da prihvate potrebne količine vode, što dovodi do poplava. Rastući trend javlja se u vidu upravljanja vodom na održivi način. Održiva odvodnja za cilj ima oponašati prirodne procese unutar vodenog ciklusa i integrirati ove sustave unutar urbanog krajobraza.

Zelene površine unutar grada smatraju se zelenom infrastrukturom, odnosno mrežom prirodnih područja koje imaju brojne pozitivne ekološke funkcije. Uključujući i vodene tokove unutar grada ili plava infrastrukturu koja je bitan čimbenik unutar vodenog ciklusa u urbanim sredinama, jer predstavljaju potencijal za implementaciju praksi i tehnika održive odvodnje. Također, kako globalno pa tako i u Hrvatskoj javlja se svijet o potrebi rješavanja odvodnje oborina lokalno, odnosno na mjestu njenog nastanka. Održivo upravljanje oborinama podrazumijeva različite tehnike, primjerice retencije vode. Iz određenog urbanog područja voda se slijeva u sustav, koji je projektiran tako da zaprimi određenu količinu vode, te zatim kroz različite biološke i fizičke procese ona se pročišćuje. Filtracija vode može se odvijati kroz određene hidrofilne biljne vrste koje na sebe vežu štetne tvari ili kroz slojeve šljunka različitih granulacija. Ovisno o funkciji sustava pročišćena voda se može ponovno koristiti primjerice za navodnjavanje ili joj dopustiti infiltraciju u tlo i na taj način puniti podzemne tokove.

Naglasak na održivom razvoju treba biti na svim razinama, od manjih urbanih sredina do velikih urbanih konglomeracija, jer tako pozitivno doprinosimo globalnim ciljevima održivosti. Voda je važan resurs, koji postaje sve više ograničen, a oborinske vode počinju se smatrati dragocjenim resursom umjesto otpadnim produktom ili problemom. Održivim upravljanjem utječemo na brojne ciljeve sa socijalnog, ekološkog i ekonomskog aspekta.

Područje Mediterana predstavlja posebnu biocenuzu. Zbog svojih geomorfoloških značajki, područje na kršu, ima veliki porozitet tla i većina vode se nalazi ispod površine. Oborinska voda prolazi kroz različite pukotine te vapnenačke strukture, otapajući stijene i nastavlja u podzemlje, gdje podzemnim tokovima može otjecati do mora ili ponovno izaći na površinu putem različitih izvora. Stoga je voda na kršu jako osjetljiva na zagađenja i naglasak se stavlja na pročišćavanje i ponovno korištenje vode, što se može postići tehnikama održive odvodnje. Sagledavajući specifične datosti prostora oborinska voda može se sakupljati na lokalnoj razini unutar kućanstava i ponovno koristiti, za navodnjavanje. U urbanim sredinama kroz zelene površine možemo omogućiti pročišćavanje i infiltraciju vode, te na taj način smanjiti njeno otjecanje kanalizacijskim sustavima, a ponovno puniti vodonosnike.

2. Problem i cilj rada

2.1. 2.1 Problem

Promjena klime za sobom povlači niz problema pa tako i promjena u hidrologiji i ciklusu vode. Oborine su postale periodične i ekstremnije, s dugačkim suhim razdobljima i naglim kišnim razdobljima, što utječe na sustave odvodnje. Taj problem posebice je istaknut u Mediteranskim gradovima koji zbog svojih specifičnih karakteristika, kao što su jaka propusnost tla, mali broj nepropusnih površina i visoko vodno lice, često poplavljuju. Nadalje u Hrvatskoj je problem neupoznatosti šire javnosti sa sustavima zeleno plave infrastrukture, koji su idealni za primjenu načela i tehnika održive odvodnje. Također problem predstavlja zagađena voda i odvodnja kišnice u kombinirane sustave odvodnje zajedno s komunalnim otpadnim vodama. Potreba za svjesnošću i edukacijom kako se oborinska voda može ponovno koristiti, postaje sve više naglašena.

2.2. 2.2 Cilj

Prvi cilj ovog rada je istražiti tehnike i modele održivih sustava odvodnje, kao što su kišni vrtovi, biljni uređaji i zeleni krovovi. Opisom svake od odabranih tehnika, potpomognutim primjerima iz svijeta, predložit će se najoptimalniji od njih kao mogućnost implementacije na određenim lokacijama na Mediteranu.

3. Materijali i metode rada

U izradi ovog diplomskog rada odrađeno je kabinetsko istraživanje gdje su korišteni literaturni i mrežni izvori koji obrađuju tematiku oborinskih voda, održive odvodnje i Mediterana, odnosno krša kao geomorfološke pojave. Nakon istraživanja i opisa tehnika održive odvodnje izrađena je SWOT analiza kako bi se napravio pregled njihovih snaga, slabosti, prilika i prijetnji. Provedeno je terensko istraživanje, odabrane lokacije u Novalji na otoku Pagu, gdje se prikupila fotodokumentacija. Provedena je analiza prostora, te se kroz koncept rješenje i prostorne prikaze prikazala implementacija i mogućnosti tehnika sustava održive odvodnje.

4. Zelena i plava infrastruktura

Europska komisija prihvatila je Strategiju o zelenoj infrastrukturi 2013. godine i navodi kako se zelenom infrastrukturu može doprinijeti u implementaciji različitih politika i ciljeva baziranih na rješavanju problema kroz prirodnu. Navodi kako je ulaganje u zelenu infrastrukturu dugoročno isplativo te projekti obnove ili implementacije kroz tehnike zelene infrastrukture imaju omjer povratka uloga 3 do 75 puta. Dobro planirana i dizajnirana zelena infrastruktura može doprinijeti u adaptaciji okoliša i ljudi na promjenu klime i poboljšanje uvjeta života na tim područjima.

Komisija definira zelenu infrastrukturu kao strateški planiranu prostornu strukturu prirodnih i poluprirodnih područja s ostalim ekološkim značajkama koji imaju različite pogodnosti za korisnike prostora. Zelena infrastruktura kao mreža područja može utjecati na pročišćenje zraka i vode, povećanju bioraznolikosti područja i stvaranju prostora za rekreaciju. Zajedno s plavom infrastrukturu, koja se odnosi na vodna tijela, utječe na dobrobit ljudi i kvalitetu života. Ekološka mreža Natura 2000 predstavlja temeljnu okosnicu zelene infrastrukture u Europskoj Uniji (Zelena infrastruktura, EC, 2013.). Zelena infrastruktura predstavlja uspješan alat koji ukazuje na ekološke, ekonomske i socijalne beneficije kroz prirodna rješenja koja mogu pomoći u smanjenju ovisnosti o sivoj infrastrukturi (umjetni sustavi odvodnje) koja je često skuplja za izradu i održavanje. Preko strategije o zelenoj infrastrukturi Europska komisija za cilj ima osigurati zaštitu, obnovu i stvaranje novih područja zelene infrastrukture te ju uključiti kao sastavni dio prostornog planiranja.

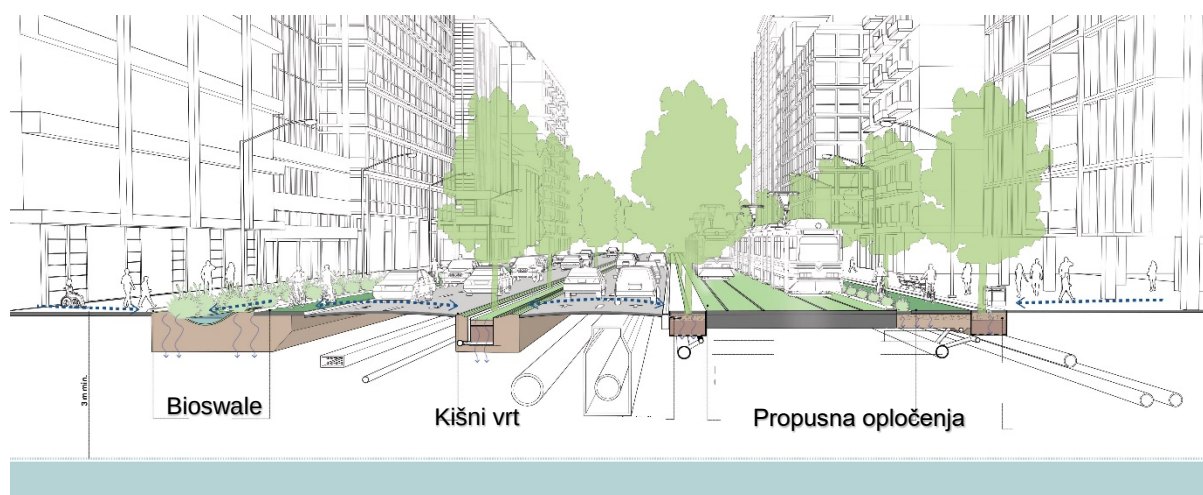
Plava infrastruktura odnosi se na vodu i elemente vezane uz nju kao što su rijeke, potoci, jezera, močvarna područja te obala mora. Voda je dinamična, teče, isparava, filtrira se u tlo. Zato je potrebno planirati plavu i zelenu infrastrukturu kako bi se stvorila mreža područja koji mogu sprječavati poplave ili suše, ali također i utjecati na kvalitetu vode. (H. Gehrels i sur., Designing green and blue infrastructure to support healthy urban living, 2016). Različitim elementima i tehnikama zeleno plave infrastrukture kao što su kišni vrtovi, biljni uređaji, zeleni krovovi moguće je smanjiti otjecanje vode prema nepropusnim površinama te preopterećenim tradicionalnim sustavima odvodnje. Istraživanje na Sveučilištu u Manchesteru ukazalo je na pozitivan učinak zelenila i njihove sposobnosti upijanja padalina. Stabla mogu smanjiti oticanje za 60% na datom području iako prekrivaju 35% njega, dok travnate površine mogu smanjiti otjecanje za 98% što ukazuje na važnost zelenila kao alata u sustavima odvodnje. Također sposobnosti biljaka da filtriraju vodu otklanjajući onečišćivače daje mogućnost prikupljanja kišnice i njenog daljnjeg korištenja, primjerice za navodnjavanje ili korištenja u kućanstvu kao sanitarna voda. Infiltracija vode u tlo može napuniti podzemne vodotoke koje su važan izvor vode diljem Europe (Spatial analysis of green infrastructure in Europe, 2014.).

4.1. Održivost i zeleno plava infrastruktura

Godine 1987. izvješće Svjetske komisije za okoliš i razvoj (UN, 1987.) definira održivi razvoj kao "razvoj koji zadovoljava potrebe sadašnjosti bez ugrožavanja sposobnosti budućih generacija da zadovolje vlastite potrebe".

Izazov je uključivanje osnovnih koncepata održivosti u društvene i ekonomske sustave. Oborinska voda u urbanim područjima tradicionalno se promatrala kao nešto što negativno utječe na ljude, prvenstveno kroz poplave. Tradicionalni sustavi oborinskih voda dizajnirani su za ispuštanje oborinskih voda u najbližu prijemnu vodu što je brže moguće. Rezultat je bila dramatična promjena u urbanoj hidrologiji, povećani broj poplava nizvodno, smanjena kvaliteta vode i gubitak staništa.

Naglašava se održivost korištenjem oborinskih voda kao resursa, koja će pozitivno utjecati na kvantitetu i kvalitetu vode.



Slika 1. Prikaz ulice sa elementima zelene infrastrukture (Izvor:

<https://globaldesigningcities.org/publication/global-street-design-guide/utilities-and-infrastructure/green-infrastructure-stormwater-management/>)

Zeleno plava infrastruktura pristupa upravljanju urbanim utjecajima tijekom oborinskog vremena na način da oponaša, obnavlja ili održava prirodnu hidrologiju. Zeleno plava infrastruktura uključuje širok niz fizioloških pojava, uključujući infiltraciju, isparavanje ili sakupljanje i korištenje oborinske vode. Slika 1. prikazuje presjek ulice s implementiranim elementima zelene infrastrukture, koji bi pomogli u urbanoj odvodnji. Na regionalnoj razini, zeleno plava infrastruktura je očuvanje i obnova prirodnih krajobraznih značajki, poput šuma, poplavnih nizina i močvarnih područja. Na lokalnoj razini, zeleno plava infrastruktura sastoji se od postupaka specifičnih za lokaciju i susjedstvo, poput bioretencija, drvoreda, zelenih krovova, propusnih oploćenja i cisterni kao nekih od tehnika upravljanja oborinskim vodama. Zeleno plava infrastruktura važan je dio održivih urbanih zajednica. Ona pomaže u održavanju „usluga“ ekosustava na sljedeće načine:

- Regulacija kvalitete zraka – potencijal ekosustava pri uklanjanju zagađivača zraka u donjoj atmosferi

- Zaštita od erozije: potencijal ekosustava da zadrži tlo i da spriječi eroziju i klizišta
- Regulacija protoka vode: Utjecaj ekosustava na količinu protoka voda
- Oprašivanje: potencijal životinjskih vektora (pčele su dominantni takson) za transport polena između dijelova biljaka
- Održavanje strukture tla i kvaliteta tla: Ekosustavi imaju uloge u održavanju biološke aktivnosti tla, fizičke strukture, sastava, raznolikosti i produktivnosti tla.
- Pročišćavanje vode: Uloga biota u biokemijskim i fizikalno-kemijskim procesima koji su uključeni u uklanjanje otpadaka i onečišćujućih tvari iz vodenog okoliša
- Obnavljanje vodenih tokova: otjecanja vode i punjenje vodonosnika pročišćenom vodom, osobito u pogledu potencijala za skladištenje vode.
- Klimatska regulacija: Utjecaj ekosustava na globalnu klimu reguliranjem stakleničkih i klimatskih aktivnih plinova (osobito ugljičnog dioksida) iz atmosfere (The Minnesota stormwater manual, 2005.).

5. Tradicionalna odvodnja

Upravljanje vodama i prvi sustavi odvodnje pronađeni su već u drevnim civilizacijama, koji su ih pretežito koristili za navodnjavanje polja, smanjenje šteta od lokalnih poplava i odvodnju štetnih voda. Gradovi u Starom Rimu također su koristili sustave odvodnje kako bi zaštitili nizinska područja i gradove od prekomjerne kiše. Kad su graditelji počeli graditi akvadukte za dopremanje svjež vode u gradove, gradski su se sustavi za odvodnju prvi put integrirali u vodoopskrbnu infrastrukturu kao jedinstveni urbani ciklus vode. Moderni sustavi odvodnje pojavili su se tek u 19. stoljeću u zapadnoj Europi. Većina je tih sustava prvenstveno izgrađena za rješavanje problema kanalizacije koji proizlaze iz brze urbanizacije. Jedan takav primjer je londonski kanalizacijski sustav gdje se većina otpadnih voda odvodila u rijeku Temzu što je uzrokovalo nekoliko epidemija. Zabrinutost za javno zdravlje i kvalitetu života pokrenula je nekoliko inicijativa koje su na kraju dovele do stvaranja modernog londonskog kanalizacijskog sustava. Ovaj novi sustav izričito je imao za cilj osigurati da se otpadna voda preusmjeri što dalje od izvora opskrbe vodom kako bi se smanjila mogućnost od ponovnih zaraza. Razvijanjem kanalizacijske infrastrukture odvodnja se prebacila pod zemlju kroz sustav cijevi.

Sustav javne odvodnje u Hrvatskoj obuhvaća skupljanje otpadnih voda, njihovo dovođenje do uređaja za pročišćavanje, pročišćavanje i izravno ili neizravno ispuštanje u površinske vode ili iznimno u podzemne vode. U sustav spada i zbrinjavanje mulja koji nastaje prilikom pročišćavanja.

Sustav odvodnje čine sljedeće glavne grupe objekata:

- kanalizacijska mreža, odnosno sporedna (sekundarna) i glavna (primarna) kanalska ili kolektorska mreža, kojom se oborinske vode prikupljaju i ispuštaju u prijemnik,
- građevine kanalizacijske mreže (crpne stanice, ulazna i prekidna okna, prelivne građevine, retencije, ispusti, itd.), kojima se omogućuje ispravno funkcioniranje, upravljanje i održavanje mreže,
- uređaji za pročišćavanje oborinskih voda, kojima se oborinske vode pročišćavaju na stupanj koji je u skladu s propisanim standardima,
- ispusti, kojima se pročišćene (ili nepročišćene) oborinske vode ispuštaju u prijemnik (H. Penić, 2016.).

Komunalne vode i nepročišćene oborinske vode jedan su od značajnijih izvora nekontroliranog zagađenja vodnih resursa. Ukupne količine otpadnih tvari koje se ispiru oborinskom vodom ovise o nizu činitelja, a naročito: o veličini atmosferskog taloga; veličini onečišćenja koje se nalazi na slivnim površinama, o vremenu suhog razdoblja između dviju oborina (dulje razdoblje - veće onečišćenje); učestalosti čišćenja površine u suhom razdoblju (češće čišćenje manje zagađenje), o obujmu i intenzitetu oborinske vode kojom se obavlja ispiranje zemljišta, itd. Količine i koncentracija zagađenja u oborinskim su vodama promjenljivi. Najveće su koncentracije, ali i količine otpadnih tvari, u početku otjecanja (početna kiša), a s trajanjem otjecanja smanjuju se kao rezultat sve manjeg ispiranja taloga sa slivnih

površina. Na režim ispiranja, odnosno transporta zagađenja, bitno utječu značajke slivne površine. Kad je propusnost tla manja ili su posrijedi površine poput prometnica, smanjena je mogućnost tokovi vode koji lakše i brže odnose otpadne tvari s površine tla.

Oborinske vode osim što površinski otječu u prijamnike jednim se dijelom infiltriraju i u podzemlje. Procjeđivanjem vode kroz podzemlje dolazi do otapanja tvari u tlu u skladu sa sastavom tla (prirodnim ili onečišćenim) i dijelom transporta zagađenja s površine. Međutim, istodobno, prolazom kroz tlo, voda se filtrira i u njoj dolazi do biokemijskih procesa, tako da se dio zagađenja u podzemnim vodama pročišćava i mijenja. Kod tala malog poroziteta uglavnom sve suspendirane tvari bivaju zadržane, dok samo otopljene ostaju u vodi i zbog dugog zadržavanja u podzemlju mogu dijelom biti preuzete od biosfere i tako izdvojene iz vode. Manje i nepovezane pukotine koje malo pridonose protoku vode također pridonose zadržavanju i eventualno smanjenju zagađenja koje voda sadrži, a u slučaju njihove povezanosti predstavljaju značajne putanje za tok vode i prijenos zagađenja. Zone gdje su pukotine koncentrirane i povezane, su zone brze izmjene podzemne vode zajedno sa zagađenjem (J. Margeta i sur., 2001.).

Danas kada imamo veće količine vode, tradicionalni sustavi odvodnje postaju preopterećeni, jer su projektirani unazad 100 godina kada je bilo manje ljudi i klimatska situacija je bila stabilnija. Održiva odvodnja javlja se kao ekološki prihvatljivo rješenje tradicionalnom sustavu odvodnje, gdje se oborinsku vodu sagledava kao obnovljivu sirovinu i ponovno iskorištava za punjenje vodenih izvora određenog mjesta. Primjerice, ako se određena lokacija nalazi iznad vodonosnika, sustav održive odvodnje ima za cilj usmjeriti kišnicu prema propusnim slojevima kako bi se mogla filtrirati u tlo u čemu se koriste različiti slojevi tla i vegetacija. Održivi sustavi odvoje trebali bi biti jednostavni za upravljanje koji zahtijevju mali ili nikakav unos energije, ekološki prihvatljivi i pritom stvarati estetski atraktivne prostore. Primjeri ovih vrsta sustava su retencijski bazeni, kišni vrtovi, biljni uređaji, suhi kanali itd.

5.1. Suvremena odvodnja – održiva odvodnja

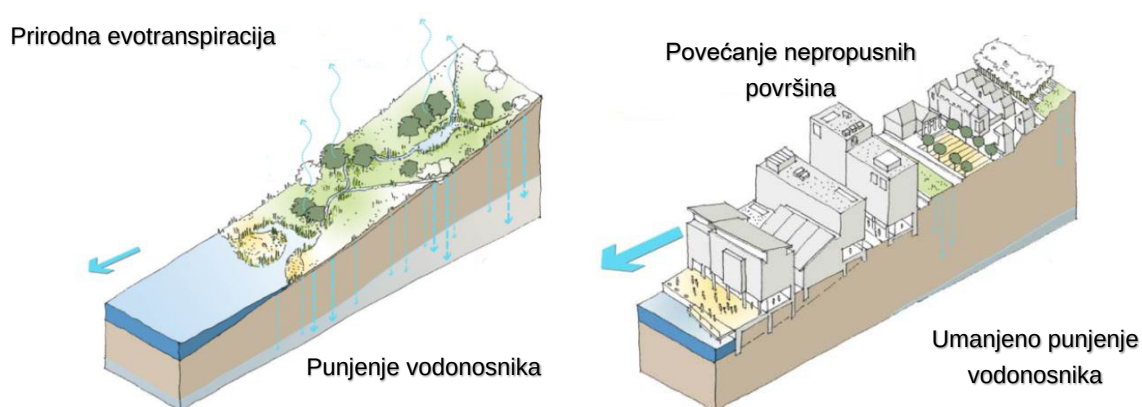
Sustavi održive odvodnje mogu pridonijeti održivom razvoju i unaprijediti prostore u kojem živimo, uravnotežujući različite mogućnosti i izazove koji utječu na urbane prostore i razvoj zajednica. Održivo upravljanje vodama uzima u obzir njenu količinu u vidu plavljenja, kvalitetu koja se odnosi na različite onečišćivače u vodi i bioraznolikost flore i faune stvaranjem novih ekosustava.

Održivi sustavi odvodnje zbirka je praksi i tehnika upravljanja vodama koje imaju za cilj uskladiti moderne sustave odvodnje s prirodnim vodnim procesima. Za cilj ima da gradske sustave odvodnje učini kompatibilnijima s komponentama prirodnog vodenog ciklusa kao što su ekstremne oborine, propusnost tla i biofiltracija.

Od ovih se napora očekuje da će se ublažiti učinak koji je ljudski razvoj imao ili mogao imati na prirodni vodeni ciklus, posebno površinski odljev i trendove onečišćenja vode. Održiva odvodnja je postala popularna posljednjih desetljeća kako se povećalo naše razumijevanje o tome kako urbani razvoj utječe na prirodno okruženje, kao i briga za klimatske promjene i održivost. Održivi sustavi odvodnje oponašaju prirodu i uglavnom rješavaju odvodnju kišnice na samoj lokaciji. Sustave je moguće oblikovati kako bi transportirali površinsku vodu, usporili njeno otjecanje prije nego što oteče u ostala vodna tijela, stvorili prostor za skladištenje vode ili omogućiti njenu infiltraciju u tlo ili evaporaciju.

Održiva odvodnja je koncept koji uključuje dugoročne okolišne i društvene čimbenike u odlučivanju o odvodnji. Uzima u obzir količinu i kvalitetu otjecanja, te pogodnost i estetsku vrijednost površinskih voda u gradskom okruženju. Mnogi postojeći urbani sustavi za odvodnju mogu uzrokovati probleme poplave, zagađenja ili štetu okolišu i nisu se pokazali održivima u kontekstu širih izazova klimatskih promjena i urbanizacije (CIRIA & Susdrain, 2018.).

Slika 2. prikazuje utjecaj urbanizacije na otjecanje vode, povećanjem nepropusnih površina smanjuje se mogućnost propusnosti vode u tlo i povećalo se njeno površinsko otjecanje, čime se smanjuje smanjuju prilike za održivim upravljanjem vode, veže mogućnosti zagađenja i preopterećenja tradicionalnog sustava odvodnje.



Slika 2. Prikaz utjecaja urbanizacije na kruženje vode (Izvor: www.susdrain.org)

Održivim načinom odvodnje odmiče se od tradicionalnog mišljenja kako je kišnicu potrebno odvesti s prostora, već kako je ta površinaska voda važan resurs i trebalo bi ju se iskoristiti.

Usporedba tradicionalnih i održivih sustava odvodnje:

	Tradicionalni pristup: Oborinske vode kao „smetnja“	Održivi pristup: Oborinska voda kao sirovina
Količina oborinske vode	Oborinska voda odvodi se što dalje i što brže iz urbanih područja	Oborinska voda se razvodi i zadržava na urbanim područjima gdje i nastaje
Kakvoća oborinske vode	Oborinske vode obrađuju se zajedno s otpadnim vodama ili se netretirane vraćaju u vodotoke	Oborinske vode tretiraju se što bliže mjestu nastanka koristeći se postojećim prirodnim sistemima kao zemljano tlo, vegetacija i vodotoci
Rekreacija i područja zabave, sporta	Ne razmatra se	Dizajn infrastrukture povećava prirodni krajolik i omogućava rekreaciju, sport, zabavu
Bioraznolikost	Ne razmatra se	Urbani ekosistemi se obnavljaju i zaštićuju
Oborinska voda kao potencijalni resurs	Eventualno se koristi, ako je u sklopu odvođenja otpadnih i oborinskih voda uređaj za pročišćavanje	Oborinske vode sakupljaju se za ponovnu upotrebu (ne za piće) i vraćaju u vodonosnike

Tablica 1. Usporedba tradicionalnih i održivih sustava odvodnje
(Izvor: <https://drainforlife.eu/attachments/article/64/DFL%20SUDS%20Handbook%20final.pdf>)

6. Podijela sustava održive odvodnje

Unutar praksi i tehnika održive odvodnje, sustave možemo podijeliti s obzirom na način na koji tretiraju vodu, Shaw i Schmidt (2003.) navode 5 kategorija u upravljanju oborinskim vodama:

Retencijski sustavi (*retention*) projektirani su za zadržavanje oborinske vode i prekriveni su vodom tijekom cijele godine. Ovi sustavi služe za preusmjeravanje viška površinskog otjecanja vode s okolnog područja i kao tehnika prevencije od poplava. Prednost zadržavanja vode je u tome što omogućuju njeno pročišćavanje putem sedimentacije te se kroz drenažni sustav voda se može prenijeti na šira područja odnosno sustave bazena s većom mogućnošću infiltracije. Također ozelenjivanjem sustava omogućuje se još jedna razina pročišćavanja vode putem biljaka i stvaraju se atraktivniji prostori za moguću rekreaciju.

Detencijski sustavi zadržavanja vode (*detention*) projektirani za filtriranje i usporavanje oborinske vode. Ovaj sustav vrlo je sličan retencijskom, osnovna razlika je da detencijski sustavi zadržavaju vodu kratko vrijeme prije nego što je ona infiltrirana u tlo ili puštena u određeno vodno tijelo. Uglavnom se koriste tehnike poput suhih udolina s prozračnim granuliranim slojevima tla, ako se koriste biljke u suhim udolinama one moraju biti u stanju podnijeti periode pod vodom te suhe periode.

Infiltracijski sustavi privremeno zadržavaju vodu te potom omogućavaju upijanje vode u tlo. Uporabom biljnog materijala pruža se filtracija i evapotranspiracija vode, a korištenjem propusnih slojeva kao što su propusna opločenja i rastresitog, granuliranog tla, voda infiltrira i puni podzemne vodonosnike. Moguće je korištenje tehnika poput kišnih vrtova, infiltracijskih bazena i jaraka.

Močvarni sustavi mogu biti prirodna ili umjetna područja zasađena biljnim materijalom. Kroz različite procese kao što su sedimentacija, apsorpcija putem biljaka pročišćavaju oborinsku vodu. Također oborinska voda s ostalih većih područja može se preusmjeriti u močvarne sisteme.

Filtracijski sustavi su suhi između kišnih razdoblja i namijenjeni su pročišćavanju vode. Svim tehnikama održive odvodnje zajedničko je filtriranje vode putem propusnih supstrata kao što su šljunak, pijesak ili treset. Usto mogu biti zasađeni vegetacijom poput bioretencijskih bazena gdje biljke igraju važnu ulogu u usporavanju toka vode, zadržavanju sedimenata i pročišćavanju vode.

6.1. Biljne vrste unutar sustava održive odvodnje

Važnu ulogu u radu svih tipova biljnih uređaja unutar sustava održive odvodnje, posebno biljni uređaji s podpovršinskim tokom, ima močvarna vegetacija. Dio tijela ovakvih uređaja prekriven je biljkama čije stabljike i korijenje rastu kroz supstrat, a dio stabljike s listovima raste iznad površine. Biljke koje se najčešće sade i siju u sklopu močvarnih sustava za pročišćavanje oborinskih voda su trska (lat. *Phragmites australis*), rogoz (lat. *Typha latifolia*), uspravni ježinac (lat. *Sparganium erectum*), obični oblič (lat. *Scirpus lacustris*), žuta perunika (lat. *Iris pseudacorus*), šaš (lat. *Carex sp.*), blještac (lat. *Phalaris arundinacea*) i dr. Glavne su karakteristike navedenoga bilja njihova široka rasprostranjenost i prilagođenost različitim uvjetima, uključujući i relativno niske temperature (ispod 0°C). Preporučuje se odabir autohtone močvarne vegetacije. Uloga je močvarne vegetacije višestruka:

- sustav korijenja sa stabljikom povećava površinu raspoloživu za razvoj mikroorganizama, koji imaju ulogu pročišćivača
 - struktura biljaka je takva da je omogućen prijenos kisika preko listova i stabljike do korijenja, odnosno, vrši se prijenos kisika u zonu korijenja,
 - vegetacija na sebe veže i dio otpadnih tvari iz otpadne vode (dušik i fosfor), pridonoseći visokoj učinkovitosti pročišćavanja otpadnih voda,
 - stabljike se pod utjecajem vjetra njišu i na taj način rahle supstrat održavajući hidrauličku provodljivost. Time se ujedno sprječava mogućnost začepjenja tijela ispune, a dodatno se osigurava i prijenos kisika unutar ispune otapanjem iz atmosfere,
 - uginula vegetacija osigurava hranjivo za rast i razvoj mikroorganizama koji sudjeluju u pročišćavanju otpadne vode,
 - tijekom zimskih mjeseci močvarna vegetacija djeluje kao toplinski izolator koji sprječava značajnije sniženje temperature vode unutar ispune i njezino smrzavanje, što se pozitivno odražava na odvijanje bioloških procesa razgradnje organske tvari,
 - vegetacija pridonosi povećanju estetske vrijednosti biljnih uređaja
- (Malus i Vouk, 2012.).

7. Tehnike održive odvodnje

7.1. Zeleni krovovi

Zeleni krovovi dio su tehnologiju u zelenoj gradnji i predstavljaju ozelenjeni sloj krova. Sastoje se od nekoliko slojeva: zaštitni vodootporni sloj, drenažni sloj, filterski sloj, supstrat i sloj biljaka odabranih za sadnju. Osnovna podjela krovnih vrtova je na ekstenzivne i intenzivne, o čemu će ovisiti izgradnja krovnog vrta ovisno o tipu vegetacije, količini supstrata i ostalim slojevima.

Ekstenzivnim zeleni krovovima smatraju se oni koji imaju sloj supstrata manje debljine do 12 cm, što podrazumijeva ograničeno korištenje biljnih vrsta. Najčešće se koriste vrste poput seduma, livadnog bilja i aromatičnog bilja budući da su to vrste otporne na sušu i visoku temperaturu, a održavanje krova svedeno je na minimum. Potrebno je češće zalijevanje u periodu nakon izgradnje dok se biljke ne razviju, a kasnije je dovoljno održavanje jednom godišnje.

Izgradnja intenzivnog krovnog vrta uglavnom je na ravnim površinama i slojevi supstrata puno su deblji te sama konstrukcija krova mora biti jača. Minimalna debljina supstrata od barem 20 cm omogućava projektiranje vrta na krovu, koji osim estetske ima i rekreacijsku funkciju. Dobro projektiran sloj s dovoljno nutrijenta i vode može biljkama pružiti jednake uvjete kao rast u tlu, što pruža korištenje vrsta visine do 2 metra. Također intenzivni krovovi omogućavaju projektiranje boravišnih zona i staza na krovu stvarajući nove zelene prostore u urbanoj sredini (Drain for life, Handbook on sustainable urban drainage systems ,2013.).

Intenzivni krovni vrtovi vizualno mogu biti poput vrtova na tlu, no njihova je izvedba nešto složenija. S obzirom na to da se ne formiraju na prirodnom tlu, potrebno je stvoriti uvjete za normalan rast biljaka. Na krovu mogu rasti različite biljne vrste od grmlja do nekih vrsta stabala. Mogu se izraditi svi željeni vrtni elementi – fontane, jezerca, staze, pergola. Već pri građevinskom projektu objekata potrebno je znati kakav krovni vrt želimo kako bi se statički osigurala nosivost za željenu debljinu supstrata, a građevinski omogućila njegova postava. Ponekad je potrebno koristiti module za nadvišenje kako se bi se smanjila količina potrebnog materijala, posebno kad je riječ o teško dostupnim lokacijama ili ukoliko želimo smanjiti opterećenja na krovu. Nakon postave modula koje je potrebno međusobno dobro povezati, slijedi njihova ispunjena šljunkom. Na mjestima predviđenima za sadnju biljaka, gdje je potrebna veća dubina supstrata, umjesto modula postavljaju se drenažno-akumulirajuće PVC kadice (visine 6 cm) koje se ispunjavaju mineralnim supstratom (granulat lave, ekspandirane gline), na koji se polaže filterski geotekstil. Na geotekstil se doprema supstrat, a debljina supstrata ovisi o vrsti biljaka koje želimo zasaditi (primjerice 20 – 30 cm za nisko grmlje i biljke pokrivače tla, 30 – 60 cm za veće grmlje). Nakon dopreme, razastiranja i finog planiranja supstrata, slijedi sadnja biljaka prema projektu. Nakon sadnje se na šljunčanoj površini razastire završni dekorativni sloj šljunka. Izvedba vrtnih elemenata izvodi se nešto kompliciranije

nego u običnim vrtovima, i to zbog teže dostupnosti te ograničene visine za konstrukciju.

Ekstenzivni krovni vrtovi traže minimalno održavanje, a ipak pružaju ugodu vrta. Obično se izvode na nedostupnim mjestima ili mjestima koja želimo da su zelena i vizualno ugodna, ali ih ne koristimo aktivno. Zbog ograničene debljine supstrata od 8 do 12 cm, izbor biljaka koje možemo saditi je sužen. Tako se za ekstenzivne krovne vrtove koriste uglavnom neke od brojnih vrsta sukulenata, najčešće sedumi, livadne trave, začinske biljke ili mahovina. Održavanje takvih vrtova je jednostavno, nije ih potrebno redovito zalijevati, plijeviti, najčešće biljke ostavljene prirodnim uvjetima. Na izvedenu hidroizolaciju polaže se zaštitni geotekstil te se na njega postavljaju drenažno-akumulirajuće kadice od stiropora. Na kadice se zatim polaže filterski geotekstil i doprema posebno pripremljena mješavina supstrata za sadnju biljaka. Za ekstenzivni krovni vrt dovoljan je sloj od 8 do 12 cm supstrata u slegnutom stanju. Uz rubove krova najčešće se formira pojas šljunka, odijeljen od supstrata geotekstilom. Nakon planiranja supstrata slijedi sadnja biljaka, u ovom slučaju nekoliko različitih vrsta seduma (*Sedum sp.*). U prvih nekoliko mjeseci nakon sadnje potrebno je povremeno zaliti biljke, dok kasnije zalijevanje nije nužno. (Dionea vrtovi)

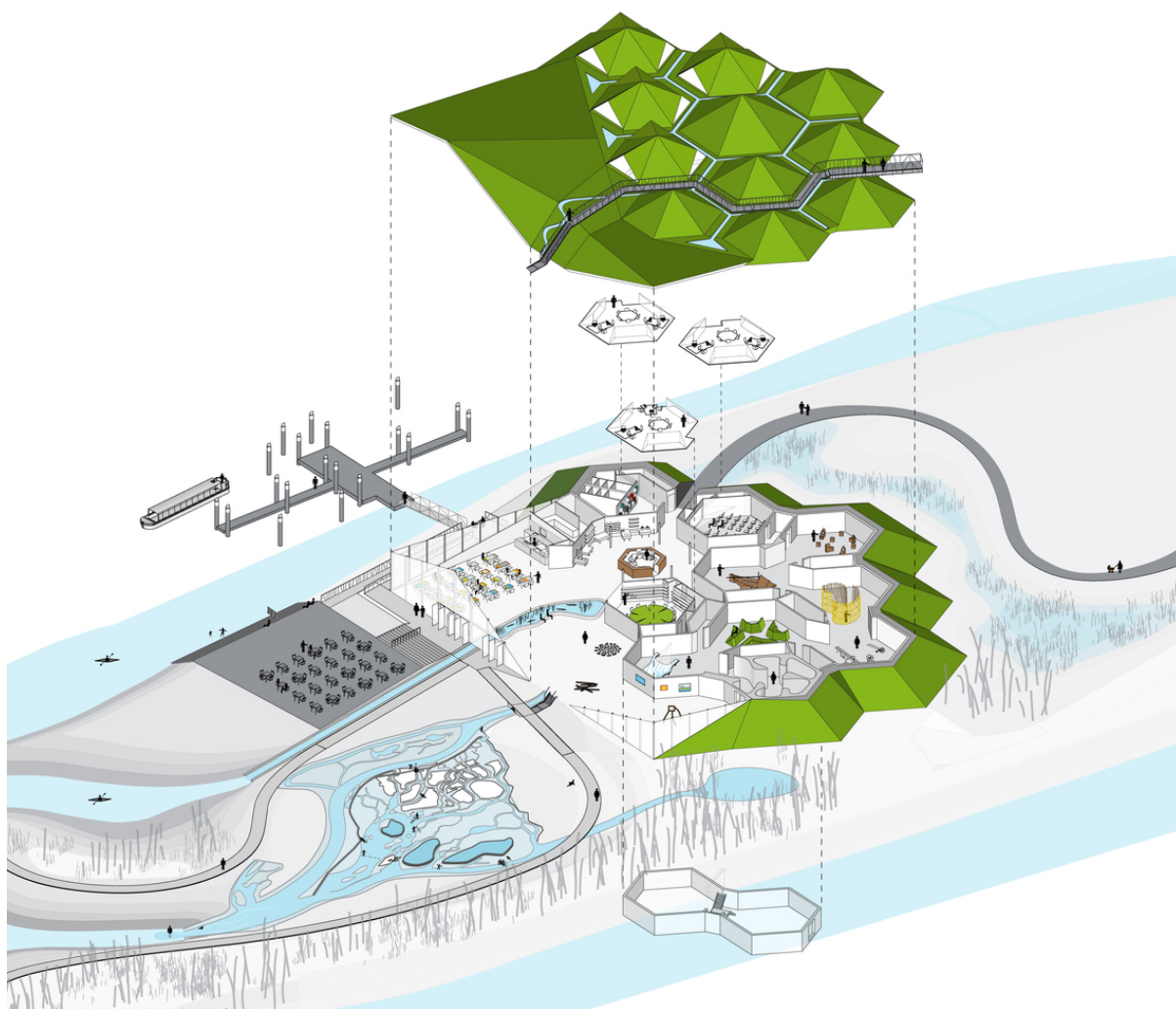
S pogleda održive odvodnje zeleni krovovi pružaju opciju decentralizacije količine vode koja otječe s krovova u sustav odvodnje grada. Osim usporavanja oticanja vode mogu u sebi zadržati određenu količinu vode i smanjiti količinu onečišćivača u njoj. Implementacija zelenih krovova ne zahtijeva dodatna zemljišta za gradnju s toga je prigodna za korištenje u urbanim područjima s gustom izgrađenošću. Nadalje popravlja kvalitetu života, a pristupačni krovni vrtovi stvaraju prostore za rekreaciju korisnika. Iako je početna investicijska cijena izgradnje zelenih tehnologija veća od tradicionalnih krovova, ona je opravdana dugoročnim prednostima koje zeleni krovovi pružaju (BalticFlows, 2016.).

Primjer Krovnog vrta

Biesbosch Museum Island, Nizozemska, 2015

Autor - Studio Marco Vermeulen

Muzej je obnovljen i ponovno otvoren 2015. godine, predstavljajući u svom postavu povijest područja u kojem se nalazi i njegov razvitak. Prilikom oblikovanja prostora naglasak se stavio na okolna vodna tijela pošto se muzej nalazi na umjetnom otoku. Prilikom projektiranja muzeja kako bi se izbjeglo prekomjerno iskorištavanje materijala i energije, postojeća heksagonalna struktura muzeja je zadržana. Nadodano je novo krilo muzeja s restoranom koji ima pogled na vrtove muzeja, vodu i krajobraz.



Slika 3. Prikaz prostora muzeja

(Izvor: https://www.archdaily.com/777852/biesbosch-museum-island-studio-marco-vermeulen?ad_medium=gallery)

Krovná konstrukcija muzeja prekrivena je zelenim krovom, koji dodaje ekološkoj vrijednosti projekta te uzima u obzir duh prostora uklapajući se s okolnim krajobrazom. Na krovu su projektirane staze i vidikovci. Oba krila muzeja projektirana su na energetski učinkovit način. Stakla su otporna na vrućinu, što miče potrebu za roletama. Zemljani radovi na krovu uz vegetaciju služe kao dodatna izolacija.



Slika 4. Potok i zeleni krov muzeja

(Izvor: https://www.archdaily.com/777852/biesbosch-museum-island-studio-marco-vermeulen?ad_medium=gallery)

Voda iz muzeja pročišćava se kroz vrbe, koji je prvi takav filter u Nizozemskoj. Vrbe upijaju otpadne vode pročišćavajući je od sedimenata, nitroгена i patogena. Pročišćena se voda potom odvodi do obližnjeg močvarnog područja gdje se ispušta i dalje teče u rijeku. Nadalje biomasa biljaka na području se koristi za grijanje muzeja, dok se okolna voda cijevima pumpa kroz muzej radi hlađenja.



Slika 5. Šira situacija oko muzeja

(Izvor: https://www.archdaily.com/777852/biesbosch-museum-island-studio-marco-vermeulen?ad_medium=gallery)

Okolni prostor muzeja projektiran je tako da se mogu predvidjeti promjene u količini vode, obalna je projektirana u laganom nagibu, područje predstavlja važno stanište bogate bioraznolikosti.

7.2. Propusna opločenja

Propusna opločenja su one vrste opločenja koje omogućuju infiltraciju vode kroz njih. Medij koji se koristi za temelj propusne pločice može biti porozan, kako bi se omogućilo da tekućina teče kroz njega, ili neporozni mediji koji su razmaknuti tako da tekućina može ući između praznina. Osim smanjenja površinskog otjecanja, propusna opločenja mogu zarobiti suspendirane krute tvari, čime filtriraju zagađivače iz oborinskih voda, što se postiže granuliranim slojevima ispod samog opločenja kao što su šljunak i drobljeni kamen. Mogu se koristiti na prometnicama sa slabijim prometom, stambenim prometnicama, parkiralištima, pješačkim kolnicima. Porozna opločenja također imaju veći investicijski trošak od standardnih neporoznih opločenja, međutim njihova sveukupna cijena može biti puno manja uzimajući u obzir dodatnu cijenu tradicionalne infrastrukturne odvodnje za standardna opločenja. Najčešći tipovi propusnih opločenja koji se koriste u tehnikama održive odvodnje su:

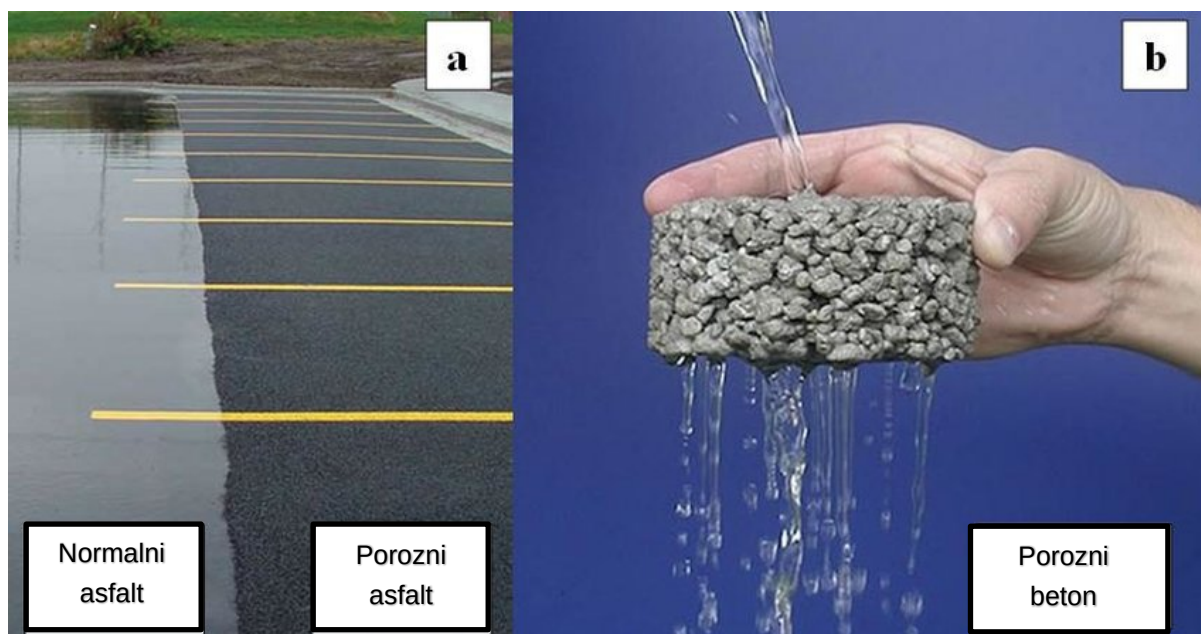
Betonske travnate ploče – blokovi opločenja napravljeni su od betona, oni se međusobno povezuju te ostavljaju prazan prostor između blokova kako bi omogućili da voda infiltrira u tlo kroz podslojeve. Debljina tih slojeva odnosno podloga od šljunka određuje količinu infiltracije vode u tlo. Tipični primjeri ovakvih opločenja sastoje se od podloge postojećeg tla, sloja šljunka ili drobljenog kamena, iznad kojeg može biti sloj pijeska te betonskih blokova. Prazni prostor između pločnika, odnosno blokova može biti ispunjen šljunkom, zemljom ili travom.



Slika 6. Prikaz betonske travnate rešetke

(Izvor: <https://www.semmelrock.rs/proizvod/behaton/travna-resetka/>)

Vodopropusni materijali – porozan asfalt i beton vrlo su slični klasičnima, razlika je u tome što propusni nisu pomiješani sa sitnim česticama i dopuštaju protjecanje oborinske vode kroz površinu. Nakon što voda prođe kroz poroznu površinu, privremeno se skladišti u podsloju šljunka ili drobljenog kamena i polako otpušta u podzemno tlo. Zbog svoje slabije nosivosti preporučuju se za prometnice sa slabim prometom, biciklističke staze i pješačke kolnike.



Slika 7. Usporedba normalnog i propusnog asfalta i prikaz propusnog betona
(Izvor: <https://drainforlife.eu/attachments/article/64/DFL%20SUDS%20Handbook%20final.pdf>)

Travnate rešetke – ova vrsta opločenja pretežito je napravljena od reciklirane plastike. Rešetke mogu biti ispunjene travnom ili nekim drugim materijalom poput sitnog pijeska ili šljunka. Zbog svoje fleksibilnosti, plastične rešetke se mogu postaviti i na neravne terene, ali nemaju unutarnju čvrstoću poput betonskih opločnika. Ne zahtijevaju odvodnju ali pravilno postavljanje i održavanje su ključni za sveukupni uspjeh podloge. Nadalje važno je napomenuti kako bi se trebalo izbjegavati usmjeravanje velike količine odvodnje s nepropusnih površina na rešetke zbog mogućnosti začepjenja (Drain for life, Handbook on sustainable urban drainage systems ,2013.).



Slika 8. Prikaz travnate rešetke sa podzemnim slojevima (Izvor: <https://drainforlife.eu/attachments/article/64/DFL%20SUDS%20Handbook%20final.pdf>)

7.3. Biljni uređaji – *Bioswale*

Bioswale je široki plitki kanal, zasađen vegetacijom s obje strane kanala te u koritu. *Bioswales* primaju vodu s bočnih strana te omogućuju oticanje vode nizvodno što omogućuje uzdužni nagib korita koji je tipično manji od 5%. Smatraju se jednim od najjednostavnijih i isplativih tehnika u održivoj odvodnji jer usporavaju oticanje vode koja dolazi s nepropusnih površina. Posebice ozelenjeni nagib korita usporava vodu i omogućuje njenu infiltraciju u tlo, zaustavljajući i filtrirajući zagađivače te omogućavaju korijenovom sustavu biljaka da upiju nutrijente. Postoje dva tipa *swalesa*, zasađen gustom vegetacijom s prirodnim tlom ispod ili kanali s filter medijima ili propusnim tlom koji infiltriraju vodu. Primjena zelenih kanala ovisi o specifičnim uvjetima na lokaciji projekta kao što su tlo, nagib, način korištenja zemljišta, dubina podzemnih voda te dubina kamena temeljca. Moguće je korištenje s drugim sistemima održive odvodnje kao što su retencijski bazeni, infiltracijske jame što povećava učinkovitost u pročišćavanju zagađivača iz vode (Baltic Flow, 2016.).

Primjena biljnih uređaja bit će specifična za svaku lokaciju ovisno o njenim pedološkim svojstvima, proračunu količine kiše i klimatskim uvjetima. Potrebno je odrediti dužinu, širinu i nagib *bioswalea*, te omogućiti prolazak ili infiltraciju oborinske vode unutar 24 sata. Gledano u poprečnom presjeku mogu biti u obliku slova U, V koji su češći kod prirodnih te u obliku trapeza kod umjetnih koji je najefikasniji. Optimalni uzdužni nagib je 1-2% , manji nagibi ograničavaju eroziju tla, smanjuju brzinu vode te povećavaju uklanjanje onečišćivača. Ako je nagib manji od 1% potrebno je uzeti u obzir infiltracijske slojeve pijeska i šljunka te postaviti drenažnu cijev kako bi se prekomjerne količine vode odvele dalje. U slučajevima ako je nagib veći od 6% potrebno je izraditi brane svakih 30 metara kako bi se usporio tok vode. Izgradnja započinje kopanjem kanala unaprijed određenih dimenzija, a njegovo dno trebalo bi biti široko minimalno 60 cm kako bi se osigurao prijenos ili infiltracija vode. Dubina kanala ovisi o proračunu oborinske vode, a potrebno je imati dublje dijelove kanala u slučaju prelijevanja. Biljni uređaji mogu imati i perforiranu drenažnu cijev koja također može pomoći u odvodnji prekomjerne količine vode. Preko cijevi postavljaju se različiti granulirani slojevi šljunka i pijeska koji omogućuju infiltraciju vode u tlo. Gornji sloj sastoji se od odabranih biljaka i supstrata za sadnju. Prilikom sadnje potrebno je osigurati dobro korijenjenje biljaka kao zaštitu od erozije (D. Jurries, 2003.).

Primjer Biljnih pročišćivača – *Bioswale*

High Point susjednostvo, Seattle, Washington, Sjedinjene Američke Države, 2009
Autori - Mithun, SvR Design Company, Nakano Associates

High Point predstavlja pozitivan primjer suradnje različitih aktera kako bi gusto izgrađena urbana naselja učinili ugodnijim za život. The High Point Public Natural Drainage Systems kako ga nazivaju sustav je zelenih površina koji za cilj imaju na održivi i prirodan način upravljati oborinama. Sastoji se od biljnih pročišćivača odnosno *bioswalea* uz cestu, pomoću kojih se odvajaju pješački kolnici, koji su napravljeni od propusnih materijala, osim pločnika poroznim materijalima opločena su parkirališta, prilazi do građevina i sportsko rekreacijski prostori unutar naselja.



Slika 9. i slika 10. Prikaz bioswalea u naselju High Point (Izvor: <http://mithun.com/project/high-point/>)

U *bioswaleima* su zasađene autohtone vrste koje su prilagođene na promjenu suhih i vlažnih uvjeta. S ceste i kolnika voda otječe kanalima koji se filtriraju kroz sloj šljunka te perforiranim cijevima odvođe do obližnjeg jezera. Osim pozitivnog utjecaja na odvodnju i bioraznolikost područja, značajna je i estetska te rekreacijska vrijednost koje zelene površine pružaju za svoje korisnike.

7.4. Kišni vrt

Kišni vrt je biljem zasađena depresija koja omogućuje da se oborinska voda s nepropusnih površina kao što su krovovi, pješačke i kolne površine upije u tlo. Kao i u ostalim biljnim uređajima naglasak se stavlja na lokalnom rješavanju oborinskih voda, njenom filtriranju i daljnjem punjenju ostalih vodnih tijela ili vodonosnika. Prilikom izgradnje kišnih vrtova prvotno je potrebno biti upoznat s lokacijom te njenim pedološkim svojstvima, o čemu će ovisiti kameni slojevi različitih granulacija koji omogućuje propuštanje vode. Veličina kišnog vrta ovisi o količini vode koju je potrebno smjestiti, a najčešće se koriste na manjim lokacijama kao što su kućni vrtovi ili uz parkirališta. Kišni vrtovi koriste kemijska, biološka i fizikalna svojstva tla, biljaka i mikroba kako bi uklonili zagađivače iz oborinskih voda.

Najučestaliji tip kišnog vrta je zasađena depresija koja je smještena u području gdje voda na terenu prirodno otiče. Pretežito se koristi u kućnim vrtovima za prikupljanje kišnice s krovova i tip kada se postojeće tlo zamjeni sa slojem visoko propuštajućeg tla poput šljunka i mulcha u kombinaciji sa zasađenim hidrofilnim biljem. Moguće je postavljanje drenažne cijevi iznad sloja šljunka. Ovaj tip prigodan je za glinena tla, parkirališta te područja uz prometnice.

Prilikom odabira lokacije kišnog vrta mora se uzeti u obzir postojeće korištenje zemljišta, vegetacija, nagib, blizina temelja zgrade te estetska vrijednost lokacije. Kišni vrt prigodniji su za prikupljanje kišnice s manjih lokacija, jer velika oticanja oborinske vode mogu uzrokovati eroziju. Ako se kišni vrt postavlja uz parkiralište preporučuje se da ga se zamjeni s dijelom opločene površine, a ne travnate pošto

ona već filtrira dio kišnice. Također sigurnije je smjestiti kišni vrt uz rub lokacije ne preblizu građevine kako ne bi došlo do oštećenja.

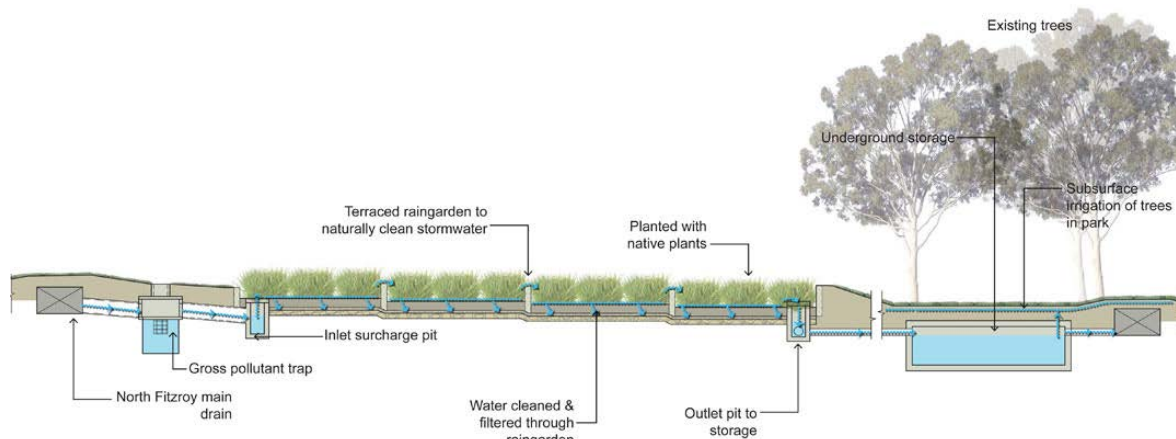
Sama konstrukcija započinje iskopavanjem rupe unaprijed određenih dimenzija, svaka lokacija ima svoje specifične uvijete i koraci se mogu razlikovati. Nasipava se sloj šljunka na koji se postavlja perforirana drenažna cijev, zbog odvodnje viška vode te se nju nasipava s još šljunka te pokrije filer materijalom. Zatim se nasipava tlo za sadnju, u slučaju da je tlo u svojem sastavu ima više gline potrebno ga je pomiješati s pjeskovitim kako bi se razrahlilo i omogućilo infiltraciju u donje slojeve dok se dio vode zadržava za rast biljaka. Kod bioretencijskih sustava kao što je kišni vrt koriste se hidrofilne biljke u kombinaciji s autohtonim vrstama (F. Jaber, Stormwater Management: Rain Gardens. 2013.).

Primjer kišnog vrta

The Edinburgh Gardens Rain Garden, Melbourne, Australija, 2012

Autor - GHD

Melbourn je doživio nekoliko velikih suša tijekom godina i ovaj projekt je realiziran zbog potrebe za navodnjavanjem vrtova i parkova. Kišni vrtovi unutar parka pružaju održivi izvor pročišćene oborinske vode za navodnjavanje odraslih stabla i sportskih površina unutar Edinburgh Gardena. Sam dizajn kišnog vrta sastoji se od pumpe koja dovodi vodu iz obližnjeg susjedstva koja se potom otpušta u terasirane kišne vrtove.



Slika 11. Prikaz rada kišnih vrtova u Edinburgh Garden

(Izvor: <http://www.landezine.com/index.php/2012/10/edinburgh-gardens-raingarden-by-ghd-pty-ltd/>)

Oni su zapunjeni filterskim medijom i zasađeni primjerenim biljnim vrstama koji u sebe preuzimaju nutrijente i filtriraju sedimente. Sustav terasiranih kišnih vrtova je pod laganim nagibom što omogućuje prelijevanje vode i povezani su s podzemnim spremnikom iz kojeg se kasnije ispumpava voda za navodnjavanje.

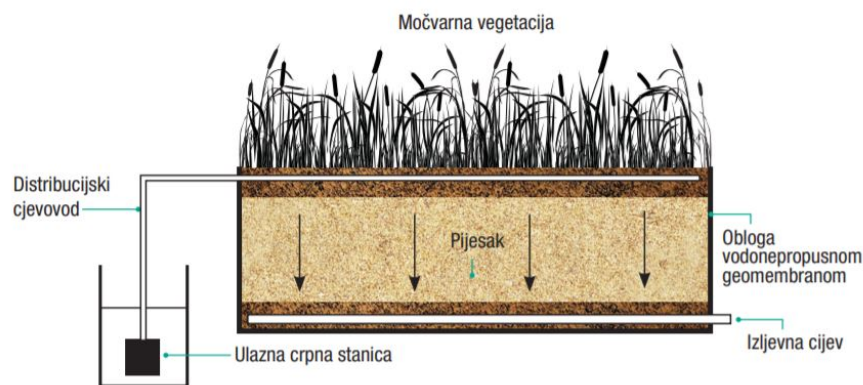


Slika 12. Sistem kišnih vrtova

(Izvor: <http://www.landezine.com/index.php/2012/10/edinburgh-gardens-raingarden-by-ghd-pty-ltd/>)

7.5. Biljni uređaji – Obliokvane močvare

Biljni uređaji predstavlja kanal ili depresiju u prostoru koja je zasađena biljem. Prema Ružinskom i Aniću (2010.), one se dijele prema postanku na prirodne odnosno postojeće močvarne sustave i umjetno izvedene. Također dijelimo ih na površinske i potpovršinske biljne uređaje. Površinski biljni uređaji su oni su sustavi kod kojih je vodeni medij koji prolazi kroz sustav izložen atmosferi i u njemu su zasađene biljne vrste, on se dalje dijeli s obzirom na tip vegetacije koji je zasađen. U potpovršinskim biljnim uređajima, voda prolazi kroz granulirani medij, bez dodira s atmosferom. Ti uređaji sastoje se od jednog ili više bazena napunjenih supstratom različite granulacije. Dno bazena prekriveno je nepropusnim slojem, a površina, koja može biti suha ili mokra, prekrivena je odabranim biljkama čije korijenje prodire kroz supstrat i time sudjeluje u obradi otpadne vode.

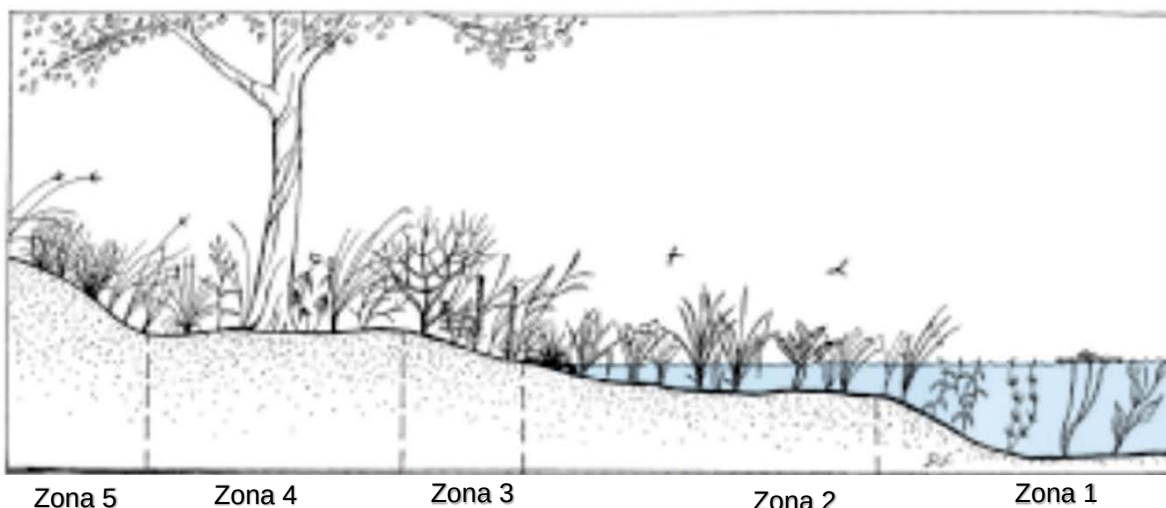


Slika 13. Shematski prikaz biljnog pročišćivača
(Izvor: http://www.constructedwetlands.net/Prirucnik_Malus-Vouk_print.pdf)

Međutim u Europi, a i u Hrvatskoj pretežito se primjenjuju biljni uređaji s potpovršinskim tokom, a ovisno o smjeru tečenja razlikuje se vertikalni i horizontalni tok. Pri svim tipovima biljnih uređaja plitki spremnik ispunjen određenim filtarskim materijalom, obično pijesak ili šljunak u kojemu su posađene močvarne biljke. Otpadna voda ulazi u tijelo biljnog uređaja i teče iznad površine supstrata (biljni uređaj sa slobodnim vodnim licem) ili kroz supstrat (biljni uređaji s potpovršinskim tokom). Na kraju se obrađena otpadna voda ispušta kroz konstrukciju pomoću koje se može kontrolirati dubina otpadne vode u uređaju. U svim tipovima i podtipovima biljnih uređaja otpadna voda u pravilu mora biti podvrgnuta prethodnom pročišćavanju. Takvo pročišćavanje otpadnih voda usmjereno je na što učinkovitije uklanjanje suspendiranih tvari te ulja i masti, jer se u protivnom javljaju različite poteškoće u radu uređaja.

Glavni odnosno bitni dijelovi biljnih uređaja za pročišćavanje otpadnih voda (dakle cjelovitog uređaja za pročišćavanje otpadnih voda) jesu objekti prethodnog pročišćavanja (koji pretežitim dijelom predstavlja mehanički stupanj pročišćavanja) te sam biljni uređaj (kao pretežito biološki stupanj pročišćavanja). Na koncept cjelovitog uređaja kao i dimenzioniranje pojedinih dijelova u najvećoj mjeri utječu karakteristike otpadne vode i željeni učinak pročišćavanja, te lokalni uvjeti (D. Stanković, 2017.).

U koliko se oblikovana močvara radi kao oblikovni element u prostoru, a ne sistem biljnog uređaja Shaw i Schmidt (2003.) navode biljne vrste koje su prigodne za sadnju u oblikovane močvare mogu se grupirati po zonama koje razlikuje promjena u visini odnosno u dubini vode. Zone se također nazivaju „biljnim zajednicama“ jer su sastavljene od vrsta koje su prilagođene za zajednički rast.



Slika 14. Prikaz vegetacijskih zona u oblikovanim močvarama
(Izvor: <https://www.pca.state.mn.us/sites/default/files/pfsd-section1.pdf>)

Potopljena zona (Zona 1) – smatra se područje močvare dubine 1 do 2 metra. U ovoj zoni nalazimo podvodnu vegetaciju jer te vrste uglavnom ne rastu u dubinama većima od 1 metra. Biljne vrste u potopljenoj zoni mogu slobodno plutati na površini vode ili se ukorijeniti na dnu, dok im je stabljika i listovi pretežito ispod vodene površine. Podvodne vrste važne su za podvodna staništa, te uklanjaju onečišćivača kao što su nitrati i fosfor. Uglavnom se razvijaju samostalno, a često ih je teško naći u rasadnicima. Neke od prikladnih vrsti za sadnju u ovoj zoni su *Nelumbo lutea*, *Nymphaea odorata*, *Potamogeton pectinatus*.

Zona iznad površine vode (Zona 2) – obuhvaća područje močvare dubine od 0 do 45 cm. U ovoj zoni često se rade iskopi i zaravnava dio površine kako bi se optimizirao prostor za sadnju biljka, kojima je dio vegetativnih organa iznad površine vode. One su značajne zbog evapotranspiracije te stvaraju staništa za fitoplanktone koji su ključni u uklanjanju nutrijenata iz vode. Vrste za sadnju u ovoj zoni su *Caltha palustris*, *Polygonum amphibium*, *Carex aquatilis*, *Juncus balticus*, *Scirpus fluviatilis*.

Zona vlažne livade (Zona 3) – ova zona je konstantno vlažna, a za vrijeme veće količine vode može poplaviti. Prijelaz između zone vode i obale je sklon eroziji, s toga je važno da se u toj zoni uspostavi vegetacija. Osim trava u zoni vlažne livade dobro uspijevaju šaševi, cvijeće i grmlje. Moguće vrste za sadnju u ovoj zoni su *Salix nigra*, *Aster lucidulus*, *Eupatorium maculatum*, *Thalictrum dasycarpum*, *Carex hystericina*, *Juncus torreyi*, *Scirpus fluviatilis*.

Zona poplavnog područja (Zona 4) – u normalnim uvjetima ova zona je suha, ali je moguće plavljenje prilikom topljenja snijega ili nakon jačih oborinskih razdoblja. Plavna područja su u prirodi pretežno zaravnjene terase koji pronalazimo uz rijeke ili potoke. Ako oblikovana močvara ima prestrmu obalu može se dogoditi promjena zona primjerice iz zone vlažne livade do brdske zone, bez zone poplavne ravnice. Biljne vrste u ovoj zoni moraju biti prilagođene ekstremnim uvjetima u hidrologiji, zato što mogu biti poplavljene u dužim periodima tijekom proljeća te suhe ljeti. Neke od vrsti prikladnih za sadnju u ovoj zoni su *Acer saccharinum*, *Betula nigra*, *Cornus*

amomum, *Salix discolor*, *Lobelia siphilitica*, *Scutellaria lateriflora*, *Carex comosa*, *Spartina pectinata*.

Brdska zona (Zona 5) – ova zona rijetko ili nikad nije poplavljena, te je veliki broj vrsti dobro prilagođen životu u ovoj zoni. Odabir vrste više ovisi o uvjetima na odabranoj lokaciji. Moguće vrste za sadnju u ovoj zoni su *Populus tremuloides*, *Viburnum trilobum*, *Asclepias tuberosa*, *Solidago flexicaulis*, *Panicum virgatum*, *Sorghastrum nutans*.

Primjer biljnih pročišćivača - Oblikovana močvara

Tanner Springs Park, Portland, Oregon, Sjedinjene Američke Države, 2005

Autor - Peter Walker & Partners

Park je smješten u The Pearl susjedstvu u blizini rijeke Willamete u Portlandu. Lokacija je prije bila močvarno područje potoka Tanner, te je kasnije postalo industrijska zona. S padom industrijskog sektora grad Portland je područje odlučio prenamijeniti u komercijalnu i stambenu namjenu. Zbog svoje industrijske prošlosti i ostataka infrastrukture, susjedstvo nije imalo mnogo zelenila, potom je izvedeno idejno rješenje za ozelenjavanje susjedstva, s naglaskom na ekološkoj revitalizaciji cjelokupnog grada. Također su htjeli zadržati nekadašnji duh prostora, odnosno močvarnog područja. Park je okružen stambenim zgradama, a njega karakterizira nepravilna vodena površina, koja je ključna u upravljanju kišnicom ovog područja.

U Tanner Spring park otpušta se oborinska voda sa susjednih pješačkih kolnika, te na taj način doprinose kruženju vode. Uski kanali sakupljaju vodu i odvođe je do jezera koji višak vode ispumpava dalje. Usto dio vode se filtrira u tlo i tako osigurava dovoljno vode za biljke, dok jezero kroz evaporaciju popravljiva mikroklimu područja.

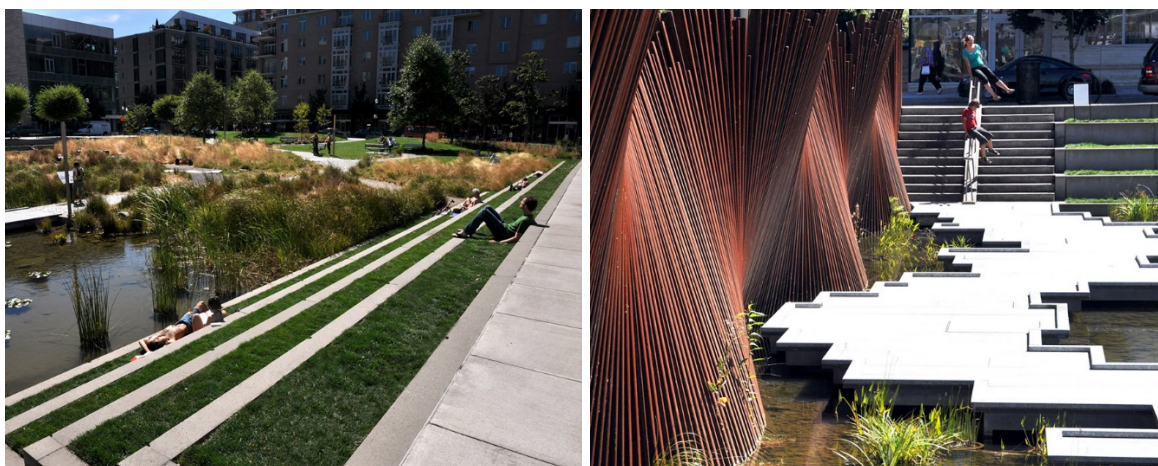


Slika 15. Kruženje vode u Tanner Springs Parku

(Izvor: <http://www.landezine.com/index.php/2013/03/tanner-springs-park-by-atelier-dreiseitl/>)

Park predstavlja dobar potencijal za prikupljanje kišnice i čak bi se u njega moglo otpuštati još površinskog otjecanja, primjerice s krovova okolnih zgrada. Korištenjem materijala poput betona i metala park se uklapa u okolni prostor, te također predstavlja dio Portlandove zelene infrastrukture spajajući susjedstvo The Pearl s obližnjom rijekom.

Upravljanje kišnicom u Tanner Springs parku namijenjeno je lokalnim uvjetima, jer je infiltracija u tlo loša i sva voda se nakuplja u jezero. Kako bi se spriječilo prekomjerno zadržavanje ili prelijevanje, voda iz jezera regularno pumpa u potok u obližnjem parku koji kasnije otječe u rijeku. Voda se pročišćava kroz zasađeno autohtono bilje.



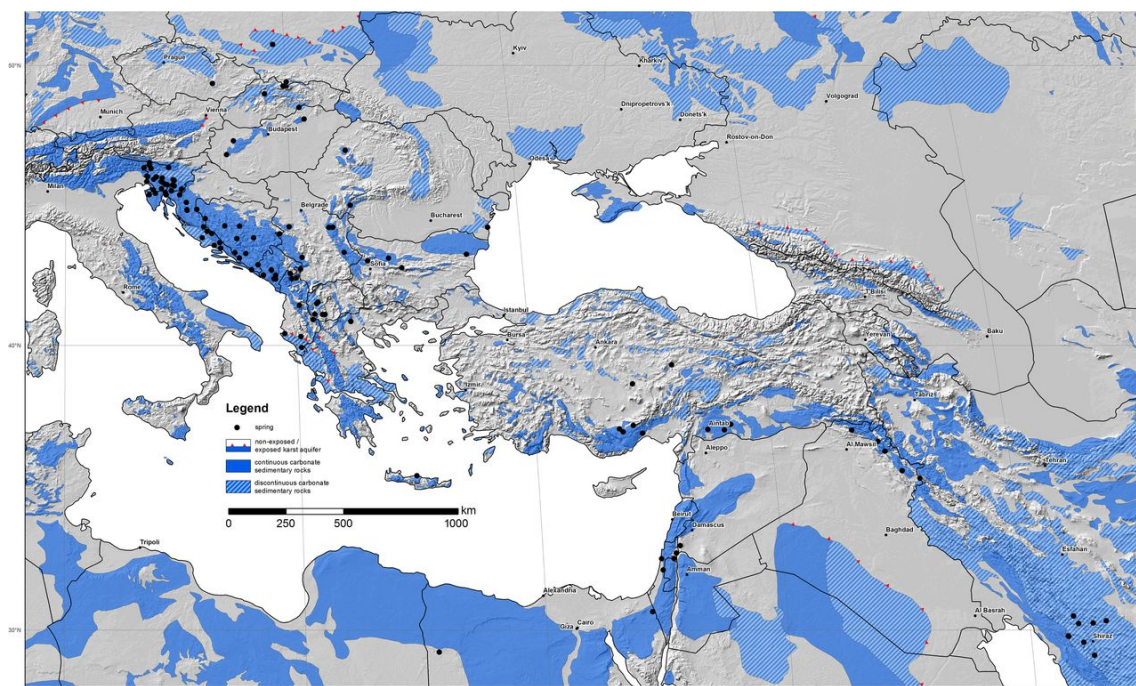
Slika 16. i slika 17. Prikaz Tanner Spring Parka

(Izvor: <http://www.landezine.com/index.php/2013/03/tanner-springs-park-by-atelier-dreiseitl/>)

Od kako je projekt realiziran, park je u dobrom stanju i zahtijeva povremeno održavanje travnjaka, održavanje vodenog bilja i ispumpavanje viška vode. Tanner Springs park je uspješno urbano mjesto kako za dokolicu ljudi tako i za razvoj bioraznolikosti staništa za životinje i biljke.

8. Specifičnosti Mediterana i njegove hidrologije

Mediteranski bazen u biogeografskom smislu predstavlja područje oko Sredozemnog mora i njemu orijentirane površine sa zajedničkim klimatsko-vegetacijskim i kulturno-povijesnim obilježjima. Mediteranska regija predstavlja ekološki sustav karakteriziran blagim vlažnim zimama i toplim suhim ljetima. Regija je okružena planinskim lancima, a na sjevernom Europskom dijelu nalaze se tri velike regije Južno Europski poluotok, Iberski poluotok, Talijanski poluotok i Balkanski poluotok. Niz planina koji uključuje Pirineje koji dijele Španjolsku i Francusku, Alpe koje odvajaju Italiju od Centralne Europe i Dinaridi uz istočni Jadran i planinski masiv Rodopi odvajaju Mediteran od klimatskih regija Istočne i Centralne Europe. Geomorfološki na Mediteranu prevladava krš, teren s karakterističnom hidrologijom i reljefnim oblicima koji proizlaze iz visoke topljivosti stijena i dobro razvijene sekundarne poroznosti.



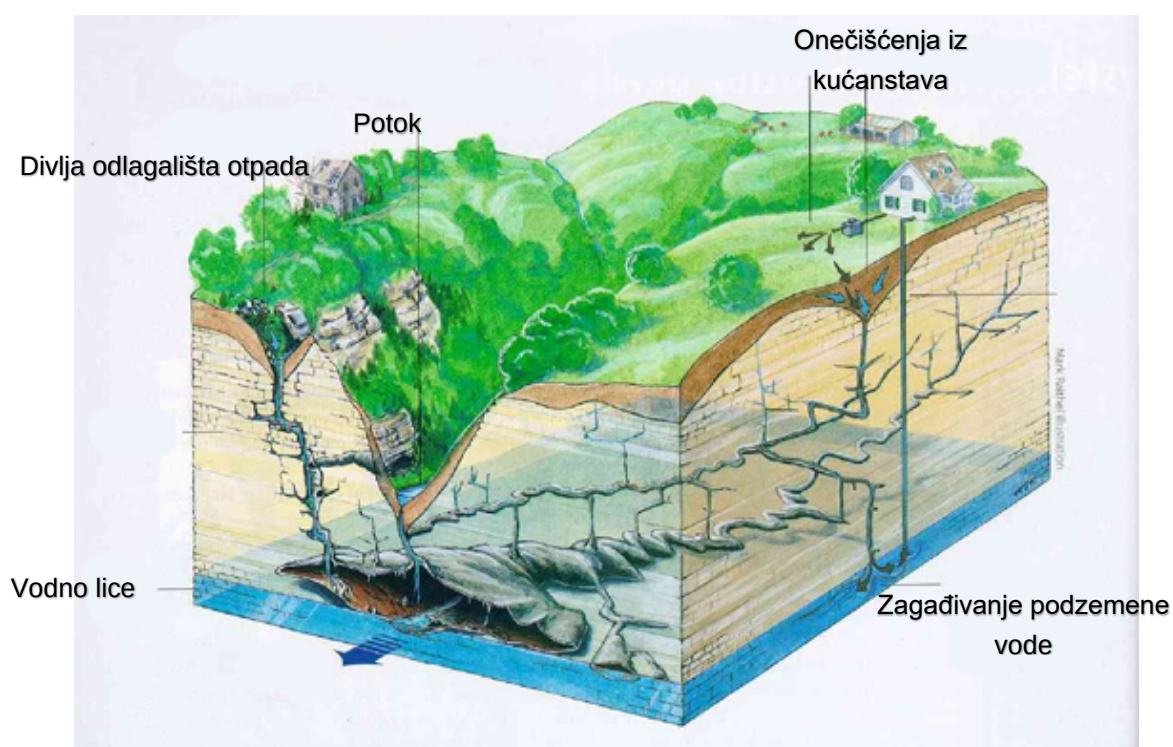
Slika 18. Prikaz područja Mediterana i vodenih izvora
(Izvor: <https://sp.lyellcollection.org/content/466/1/217/tab-figures-data>)

Krška područja sa stalnim tokovima vode na površini su rijetka. Padaline brzo nestaju u podzemlje kroz okršen teren gdje teče kroz tlo prema krškim izvorima gdje opet izlazi na površinu, često na područjima spoja krških i ne krških područja. Zajedno s vodom različiti onečišćivači mogu se brzo proširiti i predstavljaju sve veću prijetnju kvaliteti vode na kršu. Izvori na kršu važni su jer prema nekim procjenama više od četvrtine svjetske populacije opskrbljuje se s vodom s krša.

Zbog trošenja krških kamenja uglavnom vapnenac i dolomit te oskudnog pokrova tla, kišnica brzo procjeđuje pod zemlju i puni podzemne tokove. Koje karakterizira velika raznolikost u toku i zadržavanju vode te zbog poroznosti stijena često se ne zna

smjer u kojem podzemna voda teče i može izaći na površinu kilometrima daleko. Vodonosnici na kršu podijeljeni su u nekoliko dijelova različitih dimenzija, a kao rezultat toga dolazi do privremenog skladištenja vode posebno nakon obilnih kiša koje dalje otječu u dijelove s manje vode. Ovaj proces paralelan je s klimatskim promjenama one se odražavaju u globalnim promjenama razine mora, koja predstavlja najnižu erozionalnu točku toka podzemnih voda (Life and water on karst, 2015.).

Također važno je naglasiti važnost zaštite izvora vode na kršu u pogledu klimatskih promjena koje su osobito prisutne na području Mediterana i očekuje se da će se intenzivirati u budućnosti. Visoke temperature i neujednačenost padalina diljem regije odražavaju se u vidu smanjenja toka podzemne vode i smanjenja vodnih rezervi. Kako problem kvantitete i kvalitete vode postaje sve ozbiljniji stavlja se naglasak na upravljanje vodama. Krški vodonosnici obično se tretiraju kao statični sustavi s karakteristikama koje su imali u prošlosti i imaju ih i danas. Međutim, da bismo razumjeli funkcioniranje i zaštitu vodnih izvora i predvidjeli njihovo ponašanje u izvanrednim uvjetima, potrebno ih je na konceptualnoj razini analizirati kao dinamične sustave u stalnom evoluciji klimatskih i hidroloških uvjeta i s njima povezanih promjena. Hidrološka komponenta operativnog upravljanja izvorima vode u stvarnom vremenu pomoću matematičkih modela koji nam omogućuju procjenu protoka vode u kršu i također se mijenja u svojoj kvaliteti, postaje sve važnija. Ovdje je ključno da se prilikom analiziranja koriste kvalitetni podaci dobiveni dobro planiranim i točno provedenim praćenjima klimatskih i hidroloških procesa u krškim izvorima i njihovim slivovima (Life and water on karst, 2015.).



Slika 19. Prikaz mogućih zagađenja voda na kršu (Izvor: <https://www.pca.state.mn.us/karst-outreach>)

Čovjekov utjecaj može rezultirati različitim vrstama onečišćenja, prirodnim opasnostima, degradacijom ekosustava i gubitka bioraznolikosti. Također mogu uzrokovati promjene drugih prirodnih krških procesa, poput korozije i ciklusa okršavanja. Podzemlje je posebno osjetljivo na ove promjene, jer ga karakteriziraju relativno stalne temperature i vlaga tijekom cijele godine. Jednom oštećena, krška površinska i podzemna okolina često trebaju dugo vremena da se oporave. Proces oporavka može biti vrlo težak ili čak nemoguć. U posljednjih nekoliko desetljeća došlo je do pojačanog pritiska na kraške krajobraze, intenzivnim i neodrživim širenjem naselja, infrastrukture i industrije, razvojem turizma i intenzivnim korištenjem agrarnog zemljišta. Iscrpne promjene i degradacija krajolika uvelike su se proširile, uglavnom kao rezultat tehnološkog razvoja i mehanizacije. Promjena prirodnih uvjeta može pojačati prirodnu osjetljivost kontaminacije i degradacije različite vrste opasnosti koje dolaze iz različitih ljudskih aktivnosti prijete krškom krajoliku. Najveće onečišćenje uglavnom proizlazi iz gradskih otpadnih voda, gdje kanalizacija nije dobro regulirana ili uopće nije regulirana, onečišćenje iz neprikladnih transportnih sustava, opasno izlijevanje opasnih tvari i odlaganje. Neke ozbiljne opasnosti mogu proizaći i iz industrijskih, poljoprivrednih, turističkih, sportskih i građevinskih aktivnosti (N. Z. Hajna i sur., 2015.).

8.1. Ranjivost krških voda

Postupci samočišćenja krških voda često su manje učinkoviti zbog brze infiltracije, smanjene filtracije, brzog protoka i prijenosa dalje od mjesta ulaska. Stupanj razbijanja i karstifikacije podzemnih putova i odgovarajući hidrološki uvjeti određuju procese podzemnog transporta. Protok podzemnih voda u krškim vodonosnicima često karakterizira snažna varijabilnost dinamike protoka kao odgovor na različite hidrološke uvjete u kratkom vremenskom razdoblju. Slijedom toga, fluktuacije u vodostaju često su deseci metara, a razlike u brzini protoka između uvjeta niskog i visokog protoka mogu doseći deset ili čak više puta. Ovisnost o hidrološkim uvjetima također rezultira promjenom smjera toka, a time i doprinosom različitih dijelova vodonosnika određenom izvoru.

Hidrološka varijabilnost ima brojne posljedice na transport onečišćujućih tvari, dostupnost podzemnih voda i ranjivost. Rast razine podzemne vode smanjuje debljinu nezasićene zone i smanjuje zaštitnu sposobnost nadzemnih slojeva. Veće brzine protoka vode smanjuju podzemno zadržavanje. Za vrijeme velikih protoka obično postoji veći površinski protok i, stoga, koncentrirana infiltracija pod zemljom. Može doći do promjene s laminarnog na turbulentni tok što rezultira većom brzinom prijevoza, kraćim vremenom tranzita, učinkovitijim transportom sedimenata i bakterija, mobilizacijom.

Osim problema s kvalitetom podzemnih voda, najveća stvarna briga, posebno s gledišta upravljanja krškim vodama, su promjene u velikom hidrološkom ciklusu izazvane globalnim zagrijavanjem. Kao što se očekuje, klimatski stres može imati utjecaja na količinu i kvalitetu vode u mnogim područjima i utjecati na ekosustave ovisne o slatkoj vodi i nekoliko društveno-ekonomskih aktivnosti. Budući da su krški vodonosni sustavi pod visokom kontrolom heterogene propusnosti, imaju vrlo nizak kapacitet zadržavanja, ograničeni na matricu male propusnosti. Ti su vodonosnici u velikoj mjeri ovisni o hidrološkim uvjetima i mogu biti pod velikim utjecajem slatkovodnih nedostataka i poplava (N. Ravbar i sur., 2015.).

8.2. Zeleno plava infrastruktura i održiva odvodnja na krškim područjima

Očuvanje i daljnje razvijanje zelene infrastrukture jedan je od osnovnih koraka u pravilnom upravljanju oborinskim vodama, kako bi se one sakupile i filtrirale te spriječilo zagađivanje podzemne vode. Različite intervencije u prostoru poput zelenih površina, kišnih vrtova, zelenih krovova i drugih vodnih područja moguće je na više održiv način koristiti tu vodu. Dok se u tradicionalnom načinu odvodnje voda tretira kao otpadni produkt, u zelenoj infrastrukturi voda je resurs koji se zadržava i infiltrira na lokaciji.

Prilikom kišnih razdoblja voda s nepropusnih površina kao što su krovovi, ceste i parkirališta brzo otječe u okolne kanale, noseći sa sobom čestice teških metala, toksina ulja i ostale zagađivače. Održivi sustavi odvodnje pružaju mnoge prednosti od tradicionalnog, preuzimanjem i pročišćavanjem dijela vode. Različite tehnike kao što su biljni pročišćivači i infiltracija vode, smanjuju mogućnosti od poplava, puneći podzemne vodonosnike. Dok zeleni krovovi upijaju velike količine vode i smanjuju temperature u urbanim područjima. Korištenjem tehnika održive odvodnje moguće je riješiti problema odvodnje na samoj lokaciji (W. Hewes, American Rivers).

Karbonatne stijene na kršu, uglavnom vapnenac i dolomit visoke su poroznosti i tope se u dodiru s vodom, jer sadrže velike koncentracije kalcita. Kiša koja pada je djelomično kisela zbog apsorpcije ugljikovog dioksida. Dok prolazi kroz tlo kišnica na sebe sakuplja još više CO₂ i postaje kiselija. Vodina kiselost stvara kemijsku reakciju kad dođe u kontakt s kalcitnom stijenom, uzrokujući topljenje i raspadanje. Podzemna voda prolazi kroz pukotine u stijenama šireći ih stvarajući ponore koji mogu dovesti do erozijskih problema tla. Ponori također omogućuju zagađenim padalinama direktno otpuštanje u vodonosnik bez koja bi se normalno dogodila prilikom infiltracije kroz slojeve tla.

Sama topografija krških područja podrazumijeva da urbani razvoj na tim lokacijama mora upravljanje padalinama i vodom uzeti u obzir kao važan čimbenik. Urbani razvoj i širenje nepropusnih površina u osjetljivim područjima, znači da većina

zagađenih padalina otječe u nekoliko određenih područja umjesto da se ravnomjerno razdjeli kroz zelene površine.

Očuvanjem i unaprijed planiranom odvodnjom, održavanjem zelenih zona mogu smanjiti onečišćenje podzemne vode i smanjiti mogućnosti poplava. Tehnike održive odvodnje kroz zelenu infrastrukturu mogu pridonijeti rješavanju problema zagađenja i poplava na krškim područjima te očuvanja ekosistema. Međutim te tehnike ne mogu se primijeniti na svim krškim područjima, tehnike koje se fokusiraju na infiltraciju mogu destabilizirati kamen temelj. Iako to izvlači onečišćivače iz vode, putem različitih granulacija šljunka i odabrane vegetacije, velike količine vode mogu stvoriti problem. Krški teren je ne ravnomjerne i različite kamene podloge imaju različitu poroznost.

Uspješan pristup upravljanju padalina na krškim područjima ovisi o načelima zelene infrastrukture - smanjenje nepropusnih površina, zadržavanje i preusmjeravanje vode i iskorištavanje ekosistema. Mjesta s bogatom raznolikom vegetacijom mogu usporiti i infiltrirati višak otjecaja vode bez erodiranja kamena temeljca i zagađenja vode. Također potrebno je oko ponora napraviti zaštitne zone zelenila, koje mogu usporiti otjecanje i u sebe primiti onečišćivače prije nego što oni dospiju u vodonosnik.

Zelenom infrastrukturu možemo utjecati na očuvanje prirodnih ekosistema te i ublažiti utjecaj padalina. Prikupljanje kišnice, cisterne i zeleni krovovi neke su od tehnika koje se mogu koristiti u krškim područjima kako bi zadržali dio kišnice i tako smanjili otjecanje zagađene vode u podzemlje, a pružajući mnoge ekološke prednosti (W. Hewes, American Rivers).

8.3. SWOT analiza tehnika održive odvodnje

Nakon istraživačkog dijela i opisa tehnika održive odvodnje te specifičnih karakteristika koje nalazimo na Mediteranu, odabrane tehnike su analizirane su SWOT analizom. Prilikom procjene uzete su obzir geografske značajke u vidu klime, tla, topografije i hidrologije, tehničke značajke izvođenja i održavanja sustava održive odvodnje, ekonomske značajke tehnika i socijalnih značajki koje ovi sustavi pružaju zajednici. SWOT analiza predstavlja metodu pomoću koje možemo analizirati subjekte pomoću četiri ključna faktora: snage (*strengths*), slabosti (*weakness*), prilike (*opportunities*) i prijetnje (*threats*).

Zeleni krov	
SNAGE	SLABOSTI
- Mogućnost primjene u različitim klimatskim regijama - Pomaže u održavanju kruženja vode na lokalnoj razini vraćajući kišnicu u atmosferu putem	- Smanjenje učinka krovnog vrta tijekom ekstremnih vremenskih uvjeta - Ne mogućnost direktne infiltracije u tlo - Potrebna tehnička znanja prilikom instalacije

- evaporacije - Pozitivan učinak može se povećati korištenjem različitih vrsta biljaka, varijacijama u debljini i tipu substrata za sadnju - Pružiti mogućnost korištenja različitih biljnih vrsta u svrhu poboljšanja ekoloških učinaka korvnih vrtova - Smanjuje otjecanje kišnice do 80% ovisno o regiji - Smanjuje količinu zagađivača u kišnici koja dalje otječe s krovnih vrtova - Povećava energetska učinkovitost zgrade - Kvalitetno dizajnirani i izgrađeni krovni vrtovi ne trebaju puno održavanja - Može biti implementiran u gradnji novih građevina ili nadodan na već postojeće krovne strukture - Poboljšanje životnog prostora ljudi - Povećanje urbanog zelenila i staništa za bioraznolikost - Poboljšanje lokalne mikroklimе smanjujući učinak toplinskih otoka u urbanim područjima kroz evaporaciju vode što rezultira smanjenju temperature i poboljšanoj vlažnosti - Poboljšanje kvalitete zraka	- Potrebna je kvalitetna struktura građevine kako bi izdržala dodatan teret slojeva zelenog krova - Potreba za navodnjavanjem prilikom suhih razdoblja - Mogućnosti curenja ako instalacija nije dobro napravljena
PRILIKE	PRIJETNJE
- Mogućnosti financiranja iz različitih EU fondova, ovisni o regiji - Smanjenje opterećenja tradiciionalnoj odvodnji - Razvoj industrije krovnih vrtova	Nedostatak financiranja i tehničkih znanja

Tablica 2. SWOT analiza zelenih krovova (Izvor: Autor)

Propusna opločenja	
SNAGE	SLABOSTI
- Mogućnost primjene u različitim klimatskim regijama - Omogućava punjenje lokalnih vodonosnika - Smanjuje otjecanje kišnice do 50 do 80% ovisno o regiji - Povećava kvalitetu vode djelomično filtrirajući zagađivače prije nego što otječu dalje u vodna tijela - Smanjenje troškova prilikom pročišćavanja vode i izbjegavanje troškova gradnje elmenata tradicionalnih sustava odvodnje - Mogućnost korištenja u gusto izgrađenim urbanim područjima	- Tokom zimskih mjeseci zamrzavanje površina smanjuje učinak propusnih opločenja - Mogućnost upijanja se smanjuje tijekom učestalih kišnih razdoblja - Može utjecati na nosivost slojeva tla ispod opločenja - Potencijalno dugotrajno onečišćenje tla s teškim metalima i uljima - Potrebna tehnička znanja prilikom konstrukcije - Zahtijeva česta održavanja kako bi se spriječilo zaštopavanje pora različitim zagađivačima - Kraći životni vijek u usporedbi s nepropusnim opločenjima - Primjena ograničena na područja s manjim prometom - Visoka ulaganja, kao i troškovi rada i održavanja
PRILIKE	PRIJETNJE
Promicanje decentralizacije tradicionalnim sustavima odvodnje	Povećanje frekventnosti kišnih razdoblja može premašiti maksimalni kapacitet vode koje propusna opločenja mogu primiti

	Potencijalna zagađenja podzemne vode i tla
--	--

Tablica 3. SWOT analiza propusnih opločenja (Izvor: Autor)

Oblikovane močvare	
SNAGE	SLABOSTI
- Promicanje infiltracije kišnice i smanjenje otjecanja - Poboljšava kvalitetu vode - Ne zahtijeva visoke tehničke vještine za gradnju te ima umjerene zahtjeve prilikom održavanja - Mogućnost primjene u različitim mjerilima i oblicima te stoga omogućuje prilagodbu za određenu lokaciju - Relativno niski troškovi ulaganja, izgradnje i održavanja - Povećava kvalitetu prostora u vidu estetskih vrijednosti te stvara višenamjenski prostor za moguću rekreaciju - Stvara potencijalne ekosisteme i staništa za različite vrste	- Potrebno predhodno pročišćavanje vode - Povećanje količine i učestalosti oborina smanjuje mogućnost upijanja bioretencijskih sustava - Nije prikladno za područja s visokim vodnim licem - Relativno niska učinkovitost kod uklanjanja teških metala - Tijekom ljetnih mjeseci i suhih razdoblja nedostatak vode može utijecati na vegetaciju
PRIJEDNOSTI	PRIJETNJE
- Potporna na razini EU - Potencijal za ponovno korištenje pročišćene vode	- Povećanje količine i učestalosti oborina smanjuje mogućnost upijanja bioretencijskih sustava - Mogućnost zagađenja podzemnih voda i tla

Tablica 4. SWOT analiza oblikovanih močvara (Izvor: Autor)

Biljni uređaji - Bioswale	
SNAGE	SLABOSTI
- Moguće primijeniti u različitim klimatskim regijama - Omogućuje punjenje lokalnog vodonosnika - Pogodan za širok raspon tala od pjeskovitih do glinenih - Unaprijeđuje infiltraciju kišnice i smanjuje njeno oticanje - Može smanjiti zagađivače u vodi kao što su teški metali, fosfor i dušikove čestice - Zahtijeva umjereno održavanje kako bi se spriječilo začepljenje ili onečišćenje. Potrebno je čišćenje lišća i smeća dva puta godišnje te pročišćavanje prelivnih kanala - Predstavlja jeftinu alternativu za decentralizaciju tradicionalnih sustava odvodnje - Pozitivni učinci na vodene ekosisteme zaustavljajući zagađivače prije kontakta sa vodnim tijelima	- Nije prikladno za područja s visokim vodnim licem - Nepraktično za područja s ravnom ili jako strmom topografijom te u loše dreniranim tlima - Zahtijevaju podosta prostora - Učinkovitost se može smanjiti prilikom jakih kišnih razdoblja - Nije prikladno za gusto izgrađena urbana područja

Pruža pozitivne funkcije u urbanom krajobrazu	
PRILIKE	PRIJETNJE
- Mogućnosti financiranja i potpore iz različitih EU fondova, ovisni o regiji - Mogućnost korištenja u novno planiranim naseljima - Implementacija u postojeće veće zelene površine - Moguće korištenje u ruralnim područjima oko urbanih cijelina	Mogućnost zagađenja okolnog krajobraza i tla

Tablica 5. SWOT analiza *bioswalea* (Izvor: Autor)

Kišni vrtovi	
SNAGE	SLABOSTI
- Moguće primjeniti u različitim klimatskim regijama - Unaprijeđuje infiltraciju kišnice i smanjuje njeno oticanje - Može smanjiti zagađivače u vodi kao - Predstavlja jeftinu alternativu za decentralizaciju tradicionalnih sustava odvodnje - Pozitivni učinci na vodene ekosisteme zaustavljajući zagađivače prije kontakta sa vodnim tijelima - Pruža pozitivne funkcije u urbanom krajobrazu	- Nije prikladno za područja s visokim vodnim licem - Nepraktično za područja s velikim nagibom na terenu - Učinkovitost se može smanjiti prilikom jakih kišnih razdoblja
PRILIKE	PRIJETNJE
- Pogodno za uporabu u okućnicama - Veličina se može prilagoditi određenoj situaciji	- Mogućnost zagađenja okolnog krajobraza i tla - Mogućnost začepljenja sedimentima

Tablica 6. SWOT analiza kišnih vrtova (Izvor: Autor)

Pregledom karakteristika tehnika održive odvodnje, obzirom na specifične uvijete na Mediteranu možemo zaključiti da:

- Zeleni krovovi imaju veliki potencijal zbog mogućnosti upijanja kišnice, i smanjenja opterećenja tradicionalnih sustava odvodnje. Nadalje imaju brojne pozitivne učinke na samu građevinu na kojoj se nalaze i u slučaju ako se izrađuje intenzivni krovni vrt korisnicima pruža rekreacijske prostore. No s druge strane valja napomenuti kako je njihova implementacija u stare gradske jezgre teža zbog povijesnog značaja građevina te se naglasak stavlja na buduće projektirane zgrade koje bi mogle implementirati ovu tehniku.
- Propusna opločenja moguće je primijeniti na većini gradskih površina, od javnih površina kao što su pješački kolnici, trgovi i parkirališta do privatnih

pristupa obiteljskim kućama. Zamjenom tradicionalnih opločenja poroznima omogućuje se oborinskim vodama da infiltriraju u tlo.

- Biljni pročišćivači– bioswale: predstavljaju jednostavnu i efektanu tehniku održive odvodnje koje se mogu prilagoditi različitim prostorima. Uz svoje brojne ekološke predosti, stvaraju estetski ugodan prostor. Njihova primjena u urbanim sredinama je moguća ako ima dovoljno prostora, stoga ju je teže implementirati u jezgrama gradova. No, prilikom izgradnje novih naselja i zelenih površina, bioswale se može koristiti kao jedna od tehnika.
- Oblikovane močvare pogodnije su na područja izvan samih urbanih sredina, kao što su otvorene zelene površine ili polja. Pročišćavanjem vode, ona se može ponovno koristiti za navodnjavanje. Također oblikovane močvare mogu služiti kao bioretencijska područja u koja bi se mogao slijevati višak oborinskih voda. Estetski uređene močvare mogu stvoriti nove zone rekreacije i nova staništa za razne biljne i životinjske vrste.
- Kišni vrtovi: jednostavna su tehnika, koja dopušta implementaciju na manjim zelenim površinama unutar urbane sredine ili u okućnicama kako bi se odvodnja riješila lokalno. Korištenjem cijevi u donjem sloju kišnog vrta, pročišćena voda se može odvesti do spremnika i koristiti za navodnjavanje.

9. Prijedlozi integriranja održive odvodnje na Mediteranu sa primjerom u Novalji, otok Pag

9.1. Osnovni podaci

Prema postojećoj teritorijalnoj podjeli Grad Novalja u sastavu je Ličko-senjske županije, a po prostornom položaju čini njezin jedini otočni dio. Područje Grada Novalje obuhvaća 10 naselja i to: Casku, Gajac, Kustiće, Lun, Metajnu, Novalju, Potočnicu, Staru Novalju, Vidaliće i Zuboviće. Prostire se na oko 37 km dužine u smjeru jugoistok – sjeverozapad, te oko 7,5 km širine središnjeg dijela u smjeru jugozapad - sjeveroistok. Podaci o stanju okolišna u Novalji preuzeti su iz Strategija gospodarskog razvitka Grada Novalje.

9.1.1. Prirodni resursi

Posebnosti i značaj Grada Novalje uvelike su determinirani njegovim "otočkim karakterom". Naime, otoci kao specifični društveni, ekonomski i ekološki sustavi predstavljaju prirodno bogatstvo od neprocjenjive vrijednosti za svaku zemlju, pa tako i za Republiku Hrvatsku. Grad Novalja smješten na otoku Pagu, ističe se kvalitetom prirodnih resursa i okoliša, što predstavlja značajnu odrednicu njegova dosadašnjeg i budućeg gospodarskog razvitka. Posebno se mogu naglasiti prirodni resursi na području Luna, Zrća i Caske, Straška, te Paških stijena u Velebitskom kanalu. Ovi lokaliteti predstavljaju dio kulturnih i prirodnih vrijednosti Ličko-senjske županije i Republike Hrvatske, pa su dijelom već registrirani kao zaštićena područja kulturne baštine Hrvatske. Potencijalnu mogućnost za eventualno snabdijevanje stanovništva vodom predstavljaju izvori povezani sa rezervama podzemne vode. Izdašnost tih izvora ovisi o sabirnoj površini i o karakteru stijena iz kojih izlaze. U Novaljskom polju registriran je samo jedan izvor, dok se uz padinu prema Staroj Novalji javlja više manjih izvora. Izvor Škopalj u Novaljskom polju je kaptiran za vodovod Novalje. Karakteristika izvora je da je malog kapaciteta, Škopalj daje oko 8 litara vode u sekundi, a javljaju se na kontaktu fliša i kvartara ili se cijede iz pukotina u pješčenjacima. Sabirno područje za izvore je kvartar, a dijelom i fliš i vapneno područje (H. Bezić i N. D. Bogović, 2010.).

9.1.2. Klima

Klima na području Grada Novalje je mediteranska s toplim, suhim ljetima i blagim zimama. Također sjeverna i južna strana otoka imaju svoju mikroklimu zbog konfiguracije terena, dok je sjeverni dio izložen naletima bure, južna strana je pod utjecajem mora.

Prosječna količina godišnjih oborina iznosi 815 mm od čega u vegetacijskom periodu od proljeća do jeseni u prosjeku padne 325 mm. Najviše oborina ima u jesen, dok su ljeti one rjeđe. U mjesecima s najjačim oborinama događa se da u jednom danu

padne do 200 mm oborina, što je vrlo nepovoljno radi mogućih erozija i poplavljanja kraških polja (H. Bezić i N. D. Bogović, 2010.).

9.1.3. Tlo

Područje Grada Novalje, kao i cijeli otok Pag, po svojim je geološkim karakteristikama izrazito krškog tipa. Najveći dio terena izgrađen je od karbonatnih stijena, a znatno manju površinu zauzimaju eocenski fliš, lapori i pješčenjaci. Teren izgrađen od eocenskog fliša uglavnom je pokriven smjesom pijeska, gline, sipara i breča. Ta područja ujedno predstavljaju i obradivo zemljište. Jedno od njih je Novaljsko polje koje je vrijedan gospodarski resurs s aspekta poljoprivredne proizvodnje. Glavna cirkulacija vode na otoku odvija se podzemnom hidrografskom mrežom. Reljefno uzdignuti dijelovi koji prate središnji dio Luna i potez Zaglava - Barbat pružaju se paralelno sa planinskim lancem Velebita i tektonskom strukturom susjednih otoka. Ove uzvisine pružaju se longitudinalno od jugoistoka prema sjeverozapadu, paralelno jedno sa drugim, a među njima nalaze se udoline sa ravnicama, poljima i morskim uvalama.

U geomorfološkom smislu reljef je jako raščlanjen, sa karakterističnim uzvisinama, te flišnim dolinama sa plodnim ravnicama i morskim uvalama. Vapnenci su na površini karstificirani, provideni brojnim prslinama i pukotinama, tako da su propusni za vodu. Atmosferska voda brzo ponire u unutrašnjost i teče dalje podzemno. Novaljsko polje predstavlja jednu manju cjelinu u hidrografskom pogledu, smješteno u eocenskoj sinklinali. Od mjesta Novalje odijeljeno je pojasom krednih vapnenaca visine 50-80 m. Polje je dugačko oko 3,5 km, a široko 1 km. Kao i cijeli otok, ima dinarski smjer pružanja, tj. sjeverozapad-jugoistok. Zaleđe polja je izgrađeno iz gornjokrednih vapnenaca, a rubovi polja iz foraminiferskih vapnenaca. Podlogu polja čini eocenski fliš koji je potpuno prekriven debljim ili tanjim slojem kvartarnih nanosa. Lapori se nalaze na površini i to cca 1 km od izvora Škopalj. Polje je nagnuto s jedne strane prema Caskoj, a s druge strane prema izvoru Škopalj (H. Bezić i N. D. Bogović, 2010.).

9.1.4. Vegetacija

Zbog "susreta" kontinentalne i mediteranske klime, na području Grada Novalje nalaze se šume bijelog graba i hrasta medunca (*Carpinetum orientalis croaticum*) te šume crnike (*Quercetum ilicis*) koja na jugozapadnim dijelovima stvara karakterističan, mediteranski ugođaj. Nešto kvalitetnije šumske površine nalaze se na jugozapadnim padinama Luna, kod Straška, te na području Zrća. Povoljnija područja za razvoj vegetacije su flišne ravnice u dolinama, povoljne za razvoj poljoprivrede, uglavnom vinogradarstva te blaže jugozapadne padine otoka djelomično obraslo termofilnom šumom.

Poljoprivredne površine nalaze se u plodnim ravnicama oko Caske, Kustića i Metajne, te na prostoru Novaljskog i Lunjskog polja. U poljoprivrednom pejzažu karakteristični su vinogradi, izgrađeni na blagim terasama. U voćnjacima pretežno se

uzgajaju smokve i bademi, a na širem području Grada uzgajaju se masline. Vinogradarstvo je u prošlosti bila jedna od najznačajnijih grana gospodarstva ovog područja. Vinova loza je zastupljena na gotovo svim plodnim površinama koje smo naveli, a vino se proizvodi uglavnom za vlastitu potrošnju. Obala je vrlo razvedena, pa je utjecaj mora na vegetaciju otoka izražen. Stjenovita sjeveroistočna obala, izložena jakoj buri i posolici, krševita je i bez ikakve vegetacije. Visoki predjeli otoka uglavnom su krševiti i bez jače vegetacije (H. Bezić i N. D. Bogović, 2010.).

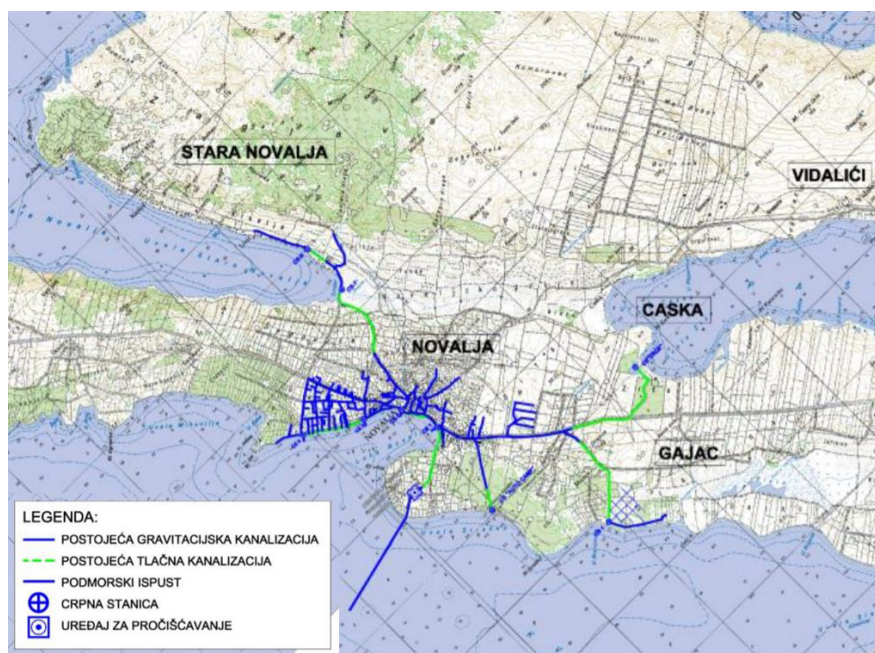
9.2. Stanje okoliša – voda

Na otoku Pagu nema značajnih površinskih vodnih tokova. Dosadašnja istraživanja na području Novalje pokazala su da postoji znatan broj izvora i bunara, međutim, njihovi kapaciteti su vrlo mali. Podzemne vode javljaju se na području Novalje i Metajne. Na području Grada Novalje postoji samo nekoliko bujičnih potoka u udolinama i uglavnom su suhi. Potok kroz Novaljsko polje vezan je uz izvorište Škopalj, odnosno močvarni dio polja, a korito potoka je regulirano.

9.2.1. Izvori onečišćenja vode

Najveća koncentracija otpadnih voda na području Grada Novalje je u naseljima Novalja, Gajac, Stara Novalja te turističkim zonama Straško i Zrće. Na području Grada Novalje jedino naselja Novalja i Gajac te Straško i Zrće imaju izgrađene sustave javne odvodnje. Otpadne vode objekata u ostalim naseljima zbrinjavaju se u septičkim jamama ili direktnim ispuštanjem u teren (crne jame). Takav način zbrinjavanja otpadnih voda u dijelovima nekih naselja uzrokuje nehigijensko stanje, a procjeđivanje otpadnih voda objekata uz samu obalu ugrožava kakvoću mora za kupanje.

Centralni kanalizacijski sustav Novalje s obzirom na područja odvodnje može se podijeliti na područje naselja Novalje, naselja Gajac, područje autokampa Straško i plaže Zrće.

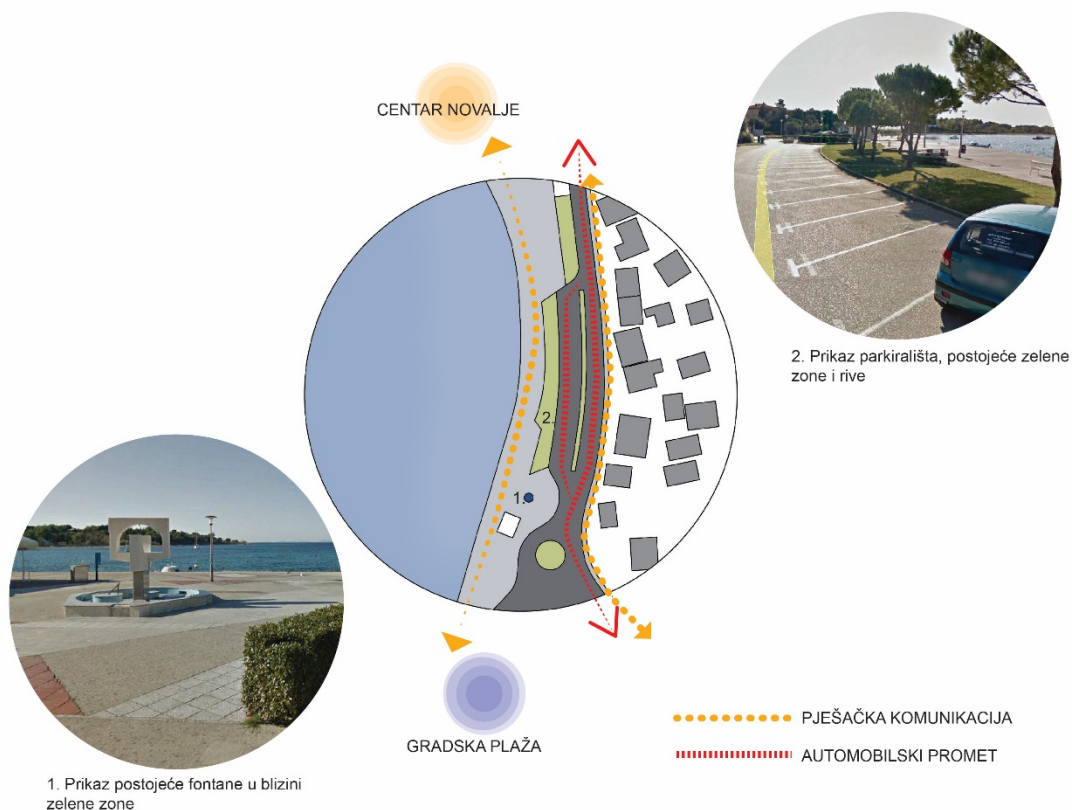


Slika 20. Kanalizacijski sustav u Novalji (Izvor: Strategija gospodarskog razvitka Grada Novalje)

Otpadne vode odvođene se tlačno-gravitacijskim kolektorima na uređaj za pročišćavanje smješten na rtu Vrtić i odlažu u more dugačkim podmorskim ispustom. Kanalizacijski sustav počeo se graditi 60- tih godina prošlog stoljeća a intenzivniji razvoj sustava počinje 1989. godine. Otpadne vode područja naselja Novalje sakupljaju se obalnim kolektorom i putem četiri crpne stanice prebacuju u glavni gravitacijski kolektor prema uređaju Vrtić. Sekundarna mreža razvijena je u širem centru Novalje, većim mjesnim ulicama (Lunjski put, Slatinska ulica, Primorska ulica, Škopalska ulica) te u većem dijelu u ulicama koje se naslanjaju na njih. Postotak priključenosti naselja iznosi oko 80 %. Otpadne vode naselja Gajac prebacuju se putem tlačno-gravitacijskih kolektora (dvije crpne stanice u naselju Gajac) u Novalju, te se zatim s otpadnim vodama naselja Novalje odvođe na uređaj Vrtić. U ovom naselju svi objekti su priključeni na kanalizaciju. Za odvođenje otpadnih voda autokampa Straško na uređaj Vrtić izgrađena je jedna crpna stanica, te tlačno-gravitacijski kolektor do spoja na kolektor koji vodi od naselja Gajac do Novalje. Otpadne vode područja plaže Zrće odvođene se putem jedne crpne stanice i tlačno-gravitacijskog kolektora do spoja na gravitacijski kolektor koji vodi od naselja Gajac do Novalje. Na kanalizacijski sustav spojeni su svi objekti na ovoj plaži. Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda na rtu Vrtić izgrađen je 1989., a dijelomično rekonstruiran 1999. Sastoji se od stanice za prihvata sadržaja septičkih jama, grube rešetke, aeriranog pjeskolova-mastolova, kompresorske stanice, taložnice za zimsko opterećenje i mjerača protoka. Na uređaju je izveden mimoilazni vod koji spaja dovodno okno i okno taložnika, kojim se nepročišćena otpadna voda može direktno ispuštati u podmorski ispust (H. Bezić i N. D. Bogović, 2010.).

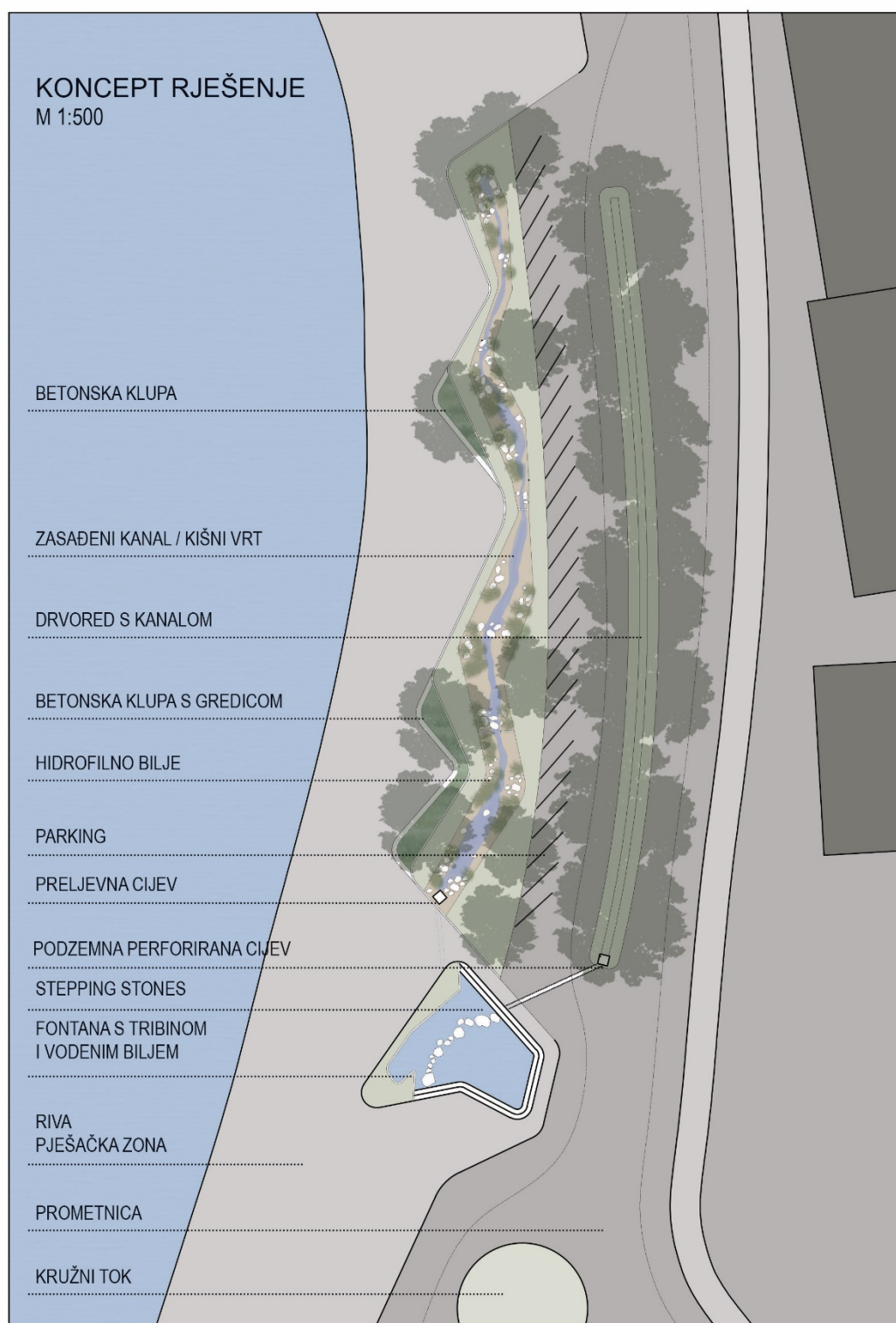
9.3. Prijedlog rješenja integracije tehnika održive odvodnje u Novalji

9.3.1. Oblikovanje kanala na zelenoj površini u Novalji



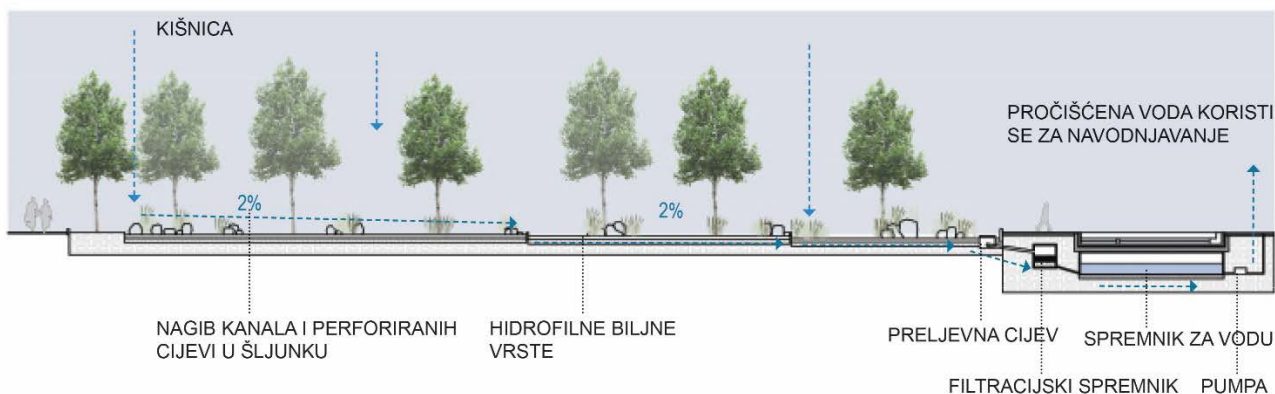
Slika 21. Analiza prostora (Izvor: Autor)

Zelena površina nalazi se između rive i parkirališta nedaleko od centra Novalje. Uz samo površinu nalaze se klupe, koje su češće korištene prilikom ljetnih mjeseci. Pješačka komunikacija na rivi također je češće korištena ljeti i povezuje centar grada s gradskom plažom Vrtić, kako je prikazano na Slici 21. Uz zelenu površinu nalazi se fontana, koja nije u funkciji. Okolne građevine stambene su namjene, dok se prizemlja nekih, ljeti koriste kao trgovine i restorani brze hrane.

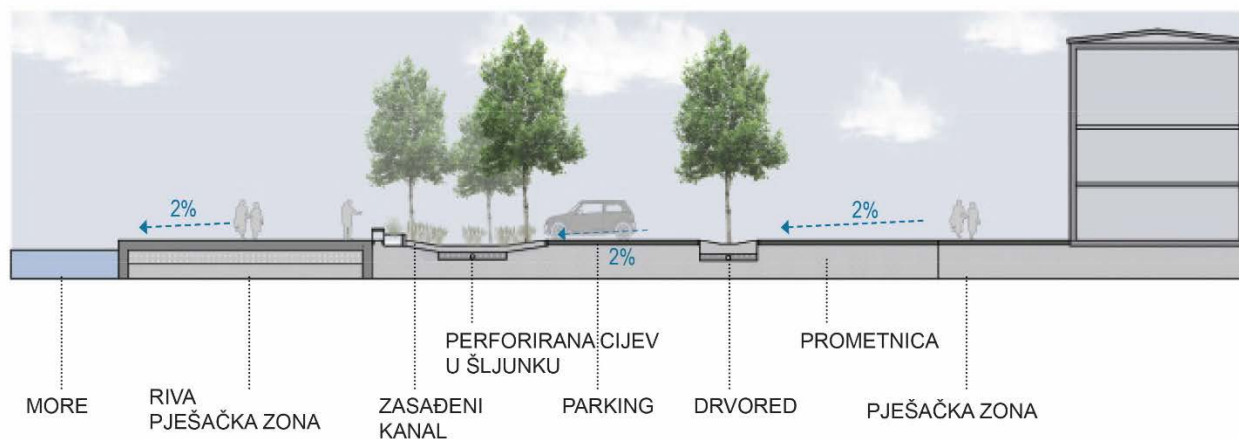


Slika 22. Koncept rješenje (Izvor: Autor)

Filozofija rješenja proizlazi iz samog krajobraza otoka Paga, prevladavajući kamen s oskudnom vegetacijom. Kanal je ispunjen ukrasnim kamenjem i *stepping stonesima*, oko kojih su zasađene različite vodene biljne vrste u svrhu pročišćavanja sakupljene kišnice. Zelenu površinu – kanal od rive odvaja rubnjak koji prelazi u proširenja koja postaju klupe s biljnim gredicama u pozadini. Zaobljena nepravilna geometrija kanala završava vodenom površinom. Oko koje je prostor za sjedenje, a unutar nje je zasađeno vodeno bilje, koje ima funkciju i pročišćavanja vode. Kroz vodenu površinu prolaze *stepping stones*.

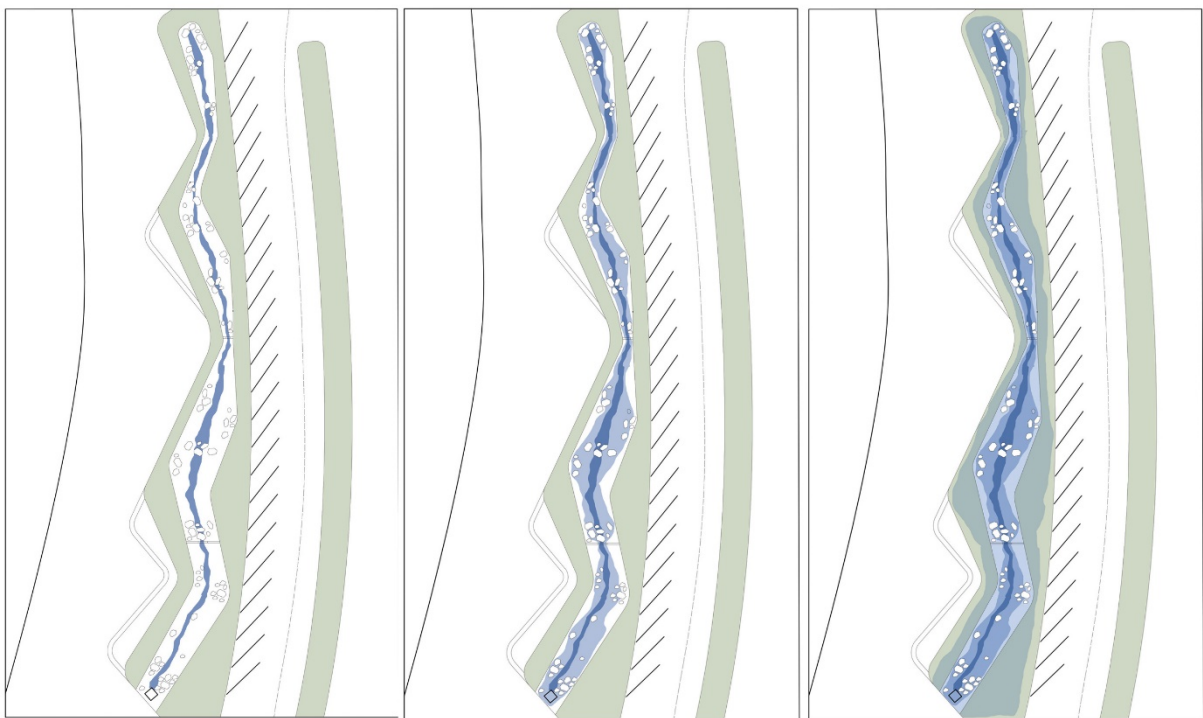


Slika 23. Shematski prikaz pročišćavanja i sakupljanja kišnice (Izvor: Autor)



Slika 24. Presjek i prikaz otjecanja vode s parkinga i ceste (Izvor: Autor)

Slike 23. i 24. prikazuju način funkcioniranja kanala. Kišnica se slijeva s ceste i parkirališta u kanal koji je zasađen vodenim vrstama i travama. Ispod sloja za sadnju biljaka, nalazi se sloj šljunka unutar kojeg je postavljena perforirana cijev koja vodu odvodi do prelivne cijevi. Na nju je spojena cijev koja vodu odvodi do filtracijskog spremnika, a potom do spremnika. Pročišćena voda pumpa se cijevima i koristi za navodnjavanje vodene površine za vrijeme suhih razdoblja.



Slika 25. Shematski prikaz plavljenja kanala (Izvor: Autor)

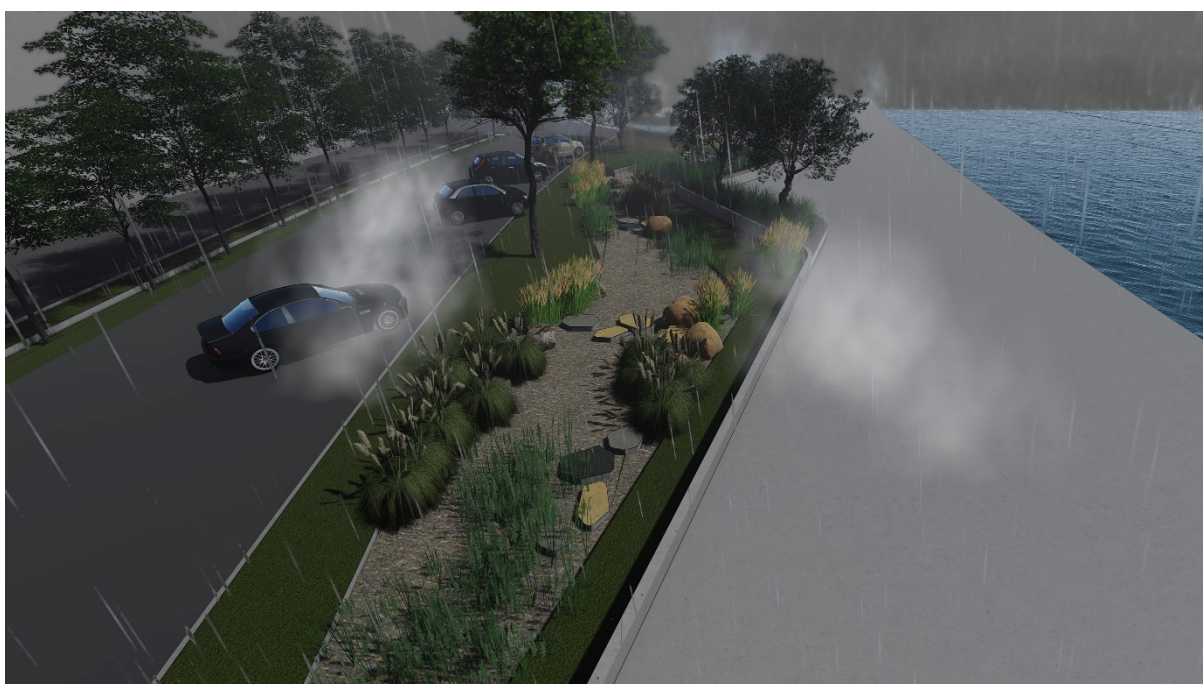
Na slici 25. prikazano je moguće plavljenje kanala i zelene površine ovisno o količini padalina. Očekuje se kako bi se kišnica s površine infiltrirala u tlo ili odvela do spremnika unutar 24 sata.



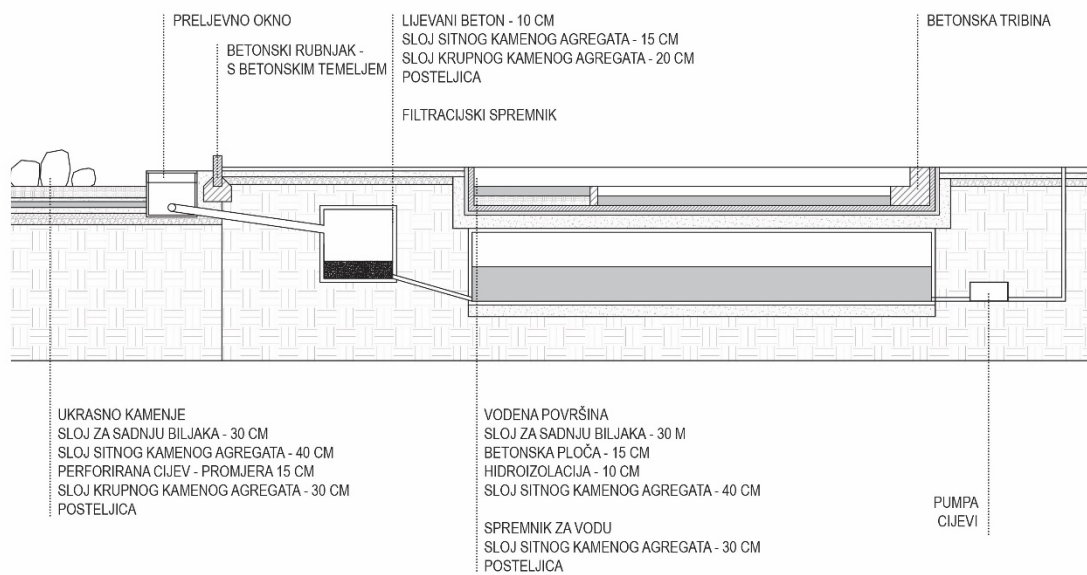
Slika 26. Vizualizacija nove vodene površine s tribinom i vodenim biljem (Izvor: Autor)



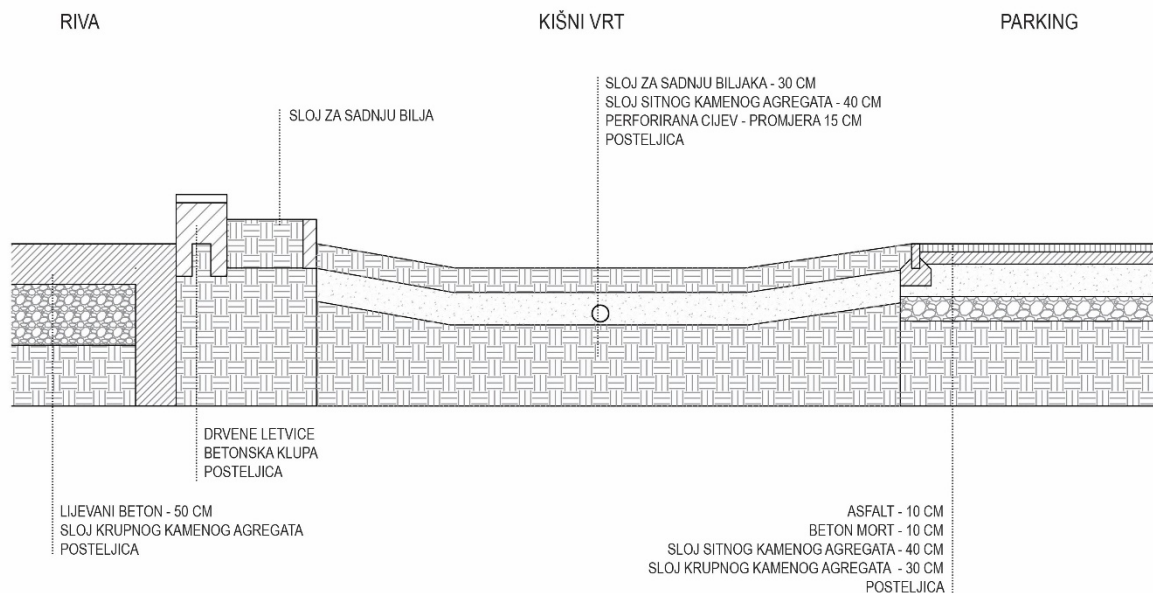
Slika 27. Vizualizacija novog kanala za sakupljanje kišnice (Izvor: Autor)



Slika 28. Vizualizacija kanala tokom kišnog razdoblja (Izvor: Autor)



Slika 29. Tehnički presjek sakupljanja kišnice i vodene površine (Izvor: Autor)



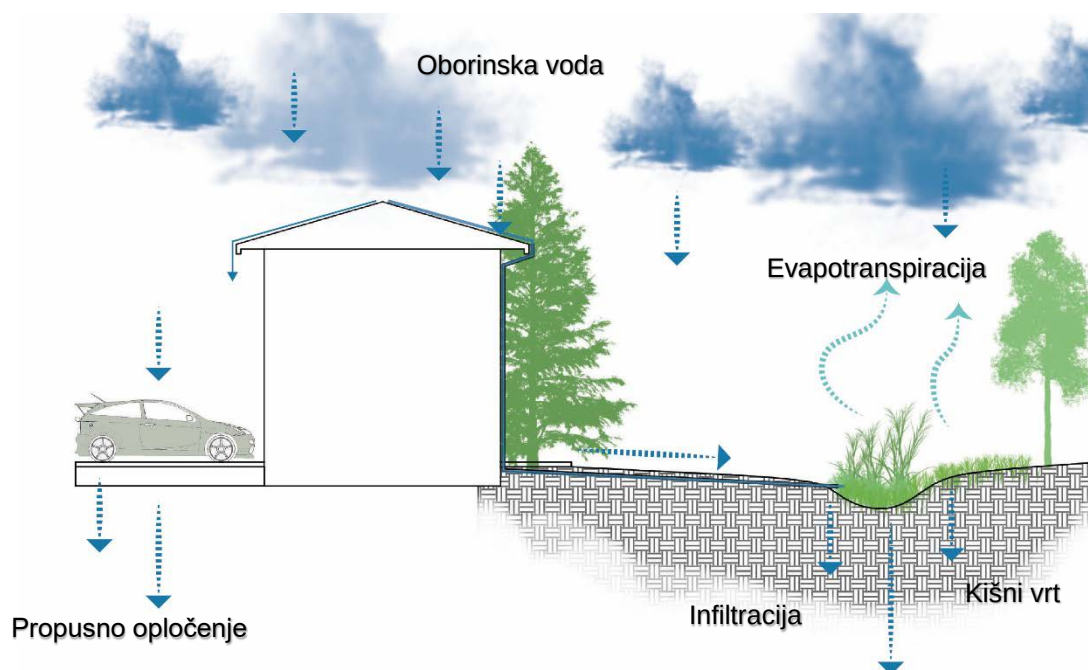
Slika 30. Tehnički presjek rive, urbane opreme, kišnog vrta i parkinga (Izvor: Autor)

9.3.2. Sakupljanje kišnice u kućanstvima

Kao i velikom broju Jadranskih gradova, Novalja je okarakterizirana naglom urbanizacijom i okretanju apartmanskome turizmu što je uzrokovalo veliki broj nepropusnih površina. Slobodnostojeće kuće i njihove okućnice predstavljaju izraziti potencijal u mogućem sustavu održive odvodnje. Prikupljanje kišnice ili njeno omogućavanje infiltracije u tlo znatno bi rasteretilo tradicionalni sustav odvodnje, te imalo pozitivne ekološke značajke.

U slučaju da kućanstva ne žele prikupljati kišnicu za ponovno korištenje, potrebno joj je omogućiti da se upije u tlo. Ona dalje otječe podzemnim vodotocima i puni vodonosnike. Kišnice koja se slijeva s krovova puna je krupnih i sitnih onečišćivača, te se njeno prvo filtriranje događa u žljebovima, koji metalnim rešetkama odstranjuju krupnije tvari poput lišća. Drugo filtriranje događa se u tradicionalnim filterima s aktivnim ugljenom i pijeskom, prije nego se voda dalje odvodi cijevima do mjesta ispusta u vrtu. Izgradnja kišnih vrtova u okućnici omogućuju pročišćavanje vode biljkama i njenu infiltraciju u tlo kroz granulirane slojeve šljunka. Osim infiltracije, dio vode evotranspirira kroz tlo i biljke.

Ovisno o količini vode unutar sustava kišnog vrta, višak vode odvodi se perforiranim cijevima. Ovom tehnikom, smanjuje se količina vode koja bi inače završila u kanalizacijskim sustavima.



Slika 31. Prijedlog izvedbe kišnog vrta u kućanstvima (Izvor: Autor)

Slika 29. prikazuje shematski prikaz implementacije propusnog opločenja na pristupu kući i kišnog vrta. Kišnica s krova slijeva se žlijebom i cijevima se odvodi do ispusta u kišni vrt, gdje se ona potom infiltrira u tlo i evapotranspirira kroz biljke.

Prikupljanje kišnice može se odvijati na više načina ovisno o njenoj kasnijoj namjeni. Kao i u namjeni za infiltraciju, oborinske vode s krovova moraju proći dva navedena filtera – otklanjanje krupnih onečišćivača i filtriranje kroz aktivni ugljen i pijesak. Odvodnim cijevima kišnica se vodi do spremnika, koji su najčešće napravljeni od plastike, a mogu biti nadzemni ili podzemni. Na spremnik se postavljaju cijevi i crpke koje vodu odvede do potrebnih ispusta što može biti za korištenje u kućanstvu primjerice ispiranje toaleta, pranje rublja ili se prikupljena kišnica može koristiti za navodnjavanje vrtova. Ovim sustavom kućanstva bi štedjela vodu koja je važan resurs na Mediteranskim odnosno krškim područjima.

Kako većina kuća ima parkirna mjesta i pristupne staze, izgrađene od nepropusnih materijala, korištenjem poroznih materijala i travnatih rešetki pospješuje se infiltracija vode u tlo. Pritom se oborinska voda filtrira kroz slojeve šljunka, odstranjujući dio onečišćivača.

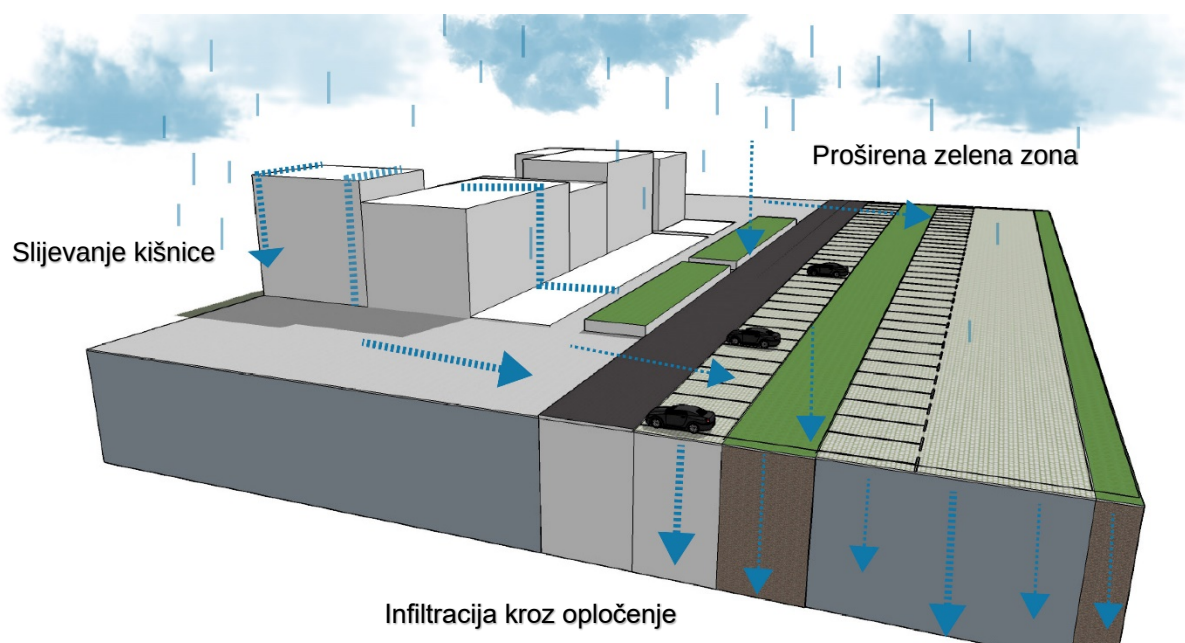
9.3.3. Implementiranje tehnika održive odvodnje u centar grada

Kako je već navedeno, stupanj izgrađenosti i nepropusnih površina u Gradu Novalji je visok. U užem centru se nalazi glavni gradski trg Loža, okružen građevinama mješovite namjene, prizemlja su poslovna namjena, pretežito ugostiteljski objekti, dok su gornji katovi stambene namjene. Terasa kafića od Ulice obala Petra Krešimira IV odvajaju dvije uzdignute gredice zasađene ukrasnim biljem i drvećem. Uz cestu se nalazi parking, preko kojeg se dolazi do Ruže vjetrova, opločene površine s društveno kulturnom namjenom, gdje se održavaju različita događanja poput koncerata. Na ovom dijelu rive također se nalazi pristanište za katamaran i manje zelene gredice s boravišnim zonama. Valja napomenuti kako je širi centar Novalje nedavno obnovljen novim opločenjem i kanalizacijskim elementima, koje nije od propusnih materijala. Prilikom renovacije strogog centra 2017. godine, Novalja ima uređeni sistem prikupljanja oborinskih voda, ali taj sistem u konačnici završava u kanalizacijskom sustavu s otpadnim vodama.

S toga se naglasak stavlja na zoni parkinga koji bi zajedno s prometnicom, parkirnim mjestima i zelenom zonom mogao pridonijeti integraciji elemenata održive odvodnje.



Slika 32. Stanje na terenu – uzdignute gredice, prometnica i parkiralište (Izvor: Autor)



Slika 33. Prijedlog izvedbe elemenata održive odvodnje u centru Novalje (Izvor: Autor)

Zamjenom asfalta na parkingu betonskim travnatim rešetkama i proširivanjem zelene zona koja odvaja parkinge pospješila bi se infiltracija vode u tlo. Granulirani slojevi šljunka u slojevima ispod parkinga i infiltracijskih traka pročistili bi oborinsku vodu. Također proširenjem zelene zone dobio bi se prostor za sadnju stabala koji bi omogućili hlad na parkingu kojeg trenutno nema i utjecali na mikroklimu područja smanjenjem temperature.

9.3.4. Implementacija oblikovane močvare i biljnih pročišćivača u Novaljskom polju

Već je naglašena važnost Novaljskog polja i njegovih karakteristika osobito izvor pitke vode Škopalj, koji se nalazi neposredno uz močvarno područje Trinčel u polju. Prirodni potencijal lokacije omogućio bi implementaciju biljnih pročišćivača na području Trinčel i Caska.



Slika 34. Tokovi u Novaljskom polju (Izvor: Google Earth, obrada: Autor)

Slika 32. prikazuje Novaljsko polje, sustavom kanala oborinska voda se odvodi do močvarnih područja Trinčel i Caska.



Slika 35. Stanje na terenu – močvarno područje u Novaljskom polju (Izvor: Autor)

Slika 33. prikazuje močvarno područje vodotoka Trinćel neposredno uz izvor Škopalj. Močvara je nedavno sanirana, oko nje je izgrađen nasip i obodni zidovi s dovodnim kanalima, koji ujedino služe i za kontrolu količine vode i ispusta u slučaju prelijevanja za vrijeme jačih oborina.



Slika 36. Stanje na terenu – močvarno područje u Novaljskom polju (Izvor: Autor)

Močvarna područja unutar Novaljskog polja predstavljaju idealnu lokaciju za biljne pročišćivače. Prikupljenu vodu s okolnih područja, potrebno je pročistiti, a njenim skladištenjem ona bi mogla biti korištena u svrhu navodnjavanja poljoprivrednih površina. Infiltracijom pročišćene vode pozitivno bi doprinijeli na izvor Škopalj kroz punjenje vodonosnika. Dok je dio močvarnog područja namijenjen biljnim pročišćivačima, potencijal se vidi u budućem razvitku postojećeg nasipa i samog polja kao velike rekreacijske zone. Ista metodologija i tehnike trebale bi se primijeniti i u jugo-istočnom močvarno području Caska. Oba močvarna područja mogla bi prihvatiti, putem crpki, oborinsku vodu iz centralnog dijela Novalje, iz sistema odvajanja oborinske vode.

10. Zaključak

Pravilno upravljanje oborinskim vodama, postaje jedan od važnih segmenata unutar održivog razvoja. Pitka voda je dragocjeni resurs, koji postaje sve ugroženiji te moramo početi sagledavati oborinsku vodu, ne kao otpadni produkt nego kao potencijal. Njeno ponovno korištenje, pročišćavanje i otpuštanje u tlo iznova puni vodna tijela. Zelene površine i njihova mreža, odnosno zelena infrastruktura, su jako značajne u ovom sustavu, jer njihovim očuvanjem i daljnjim razvojem pozitivno utječemo na mnogobrojne ekološke sisteme, pa tako i na život čovjeka. Unutar sistema zeleno plave infrastrukture moguće je implementirati tehnike i prakse održive odvodnje, koje u kontekstu urbanog krajobraza, mogu smanjiti količinu vode koja za oborinskih razdoblja ulazi i opterećuje postojeće kanalizacijske sustave. Za uspješan razvoj ovakvih praksi važno je uključiti različite aktere unutar razvoja grada, pa je potrebno informirati, obrazovati i podizati svijest šire javnosti. Važno je provoditi dugoročno planiranje, izbjegavajući aktivnosti definirane samo za rješavanje trenutnih problema. Naglasak je na partnerstvu između svih sektora, uključujući javno-privatni, u upravljanju gradskim vodama, treba ih prepoznati i promovirati na lokalnoj, regionalnoj i svjetskoj razini.

Važnost očuvanja vode na Mediteranu, odnosno na krškim područjima posebno je bitna zbog njene osjetljivosti na onečišćenja. Omogućavanjem filtracije i infiltracije vode direktno se utječe na podzemne vodonosnike. Zelene površine unutar Grada Novalje su oskudne, čine ih većinom ukrasne gredice i drvoredi uz određena parkirna mjesta, te okućnice obiteljskih kuća. Njihovom obnovom i proširivanjem te uključivanjem praksi održive odvodnje postigao bi se bolji odnos između izgrađenog i neizgrađenog. Sve obrađene tehnike u ovom radu, osim pozitivnih utjecaja na vodu, mogu služiti za smanjenje intenziteta poplava i pomoći u daljnjem razvoju bioraznolikosti prostora, stvarajući nova staništa i kvalitete životnog prostora ljudi.

11. Popis literature

1. American Rivers - Using green infrastructure in karst regions.
https://aquiferalliance.org/Library/LibraryFiles/Resources/Using_Green_Infrast ructure_in_Karst_Regions_American_Riv.pdf – pristupano 27.06.2019.
2. Archdaily - Biesbosch Museum Island,
https://www.archdaily.com/777852/biesbosch-museum-island-studio-marco-vermeulen?ad_medium=gallery – pristupano 06.08.2019.
3. B. Bray i sur. (2012)., Rain garden guide, RESET Development, UK,
<https://raingardens.info/wp-content/uploads/2012/07/UKRainGarden-Guide.pdf> – pristupano 25.06.2019.
4. Baltic Flows -New Knowledge on Urban Stormwater Management (2016).,
http://www.balticflows.eu/sites/default/files/Deliverables/D3%206%20Final%20Report%20on%20New%20Knowledge%20on%20USWM_160616_0_0.pdf – pristupano 22.06.2019.
5. Dionea vrtovi, Krovni vrt, <https://www.dionaea.hr/krovni-vrtovi> - pristupano 26.08.2019.
6. D. Jurries (2003). BIOFILTERS (Bioswales, Vegetative Buffers, & Constructed Wetlands) For Storm Water Discharge Pollution Removal,
https://nacto.org/wp-content/uploads/2015/04/biofilters_bioswales_vegetative_buffers_constructed_wetlands_jurries.pdf – pristupano 18.07.2019.
7. D. Malus i D. Vouk (2012)., Priručnik za učinkovitu primjenu biljnih uređaja za pročišćavanje sanitarnih otpadnih voda, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, Zagreb,
http://www.agr.unizg.hr/multimedia/nastava/ms_dipl_rad_upute_20190410.pdf - pristupano 15.08.2019.
8. D. Shaw i R. Schmidt (2003). Plants for stormwater design, Regional Environmental Management Division, Minnesota Pollution Control Agency, SAD. <https://www.pca.state.mn.us/sites/default/files/pfsd-section1.pdf> – pristupano 09.08.2019.
9. D. Stanković (2017). Biljni uređaji za pročišćavanje otpadnih voda, Građevinar 69 8, 639-652, Zagreb, Hrvatska. <https://hrcak.srce.hr/file/275068> - pristupano 07.08.2019.
10. Drain for life (2013)., Handbook on sustainable urban drainage systems, <https://drainforlife.eu/attachments/article/64/DFL%20SUDS%20Handbook%20final.pdf> – pristupano 21.08.2019.
11. Europska komisija – Usluge ekosistema i zelena infrastruktura, https://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/index_en.htm – pristupano 04.07.20
12. F. Jaber i sur. (2012)., Stormwater Management: Rain Gardens, Coastal Coordination Council pursuant to National Oceanic and Atmospheric

- Administration Award br. NA10NOS4190207,
<https://agrillifeextension.tamu.edu/> - pristupano 23.06.2019
13. H. Gehrels i sur. (2016)., Designing green and blue infrastructure to support healthy urban living, <http://www.adaptivecircularcities.com/wp-content/uploads/2016/07/T02-ACC-WP3-Green-Blue-infrastructure-for-Healthy-Urban-Living-Final-report-160701.pdf> - pristupano: 14.07.2019.
 14. H. Penić (2016). Integralni koncept odvodnje urbanih oborinskih voda u krškim područjima, Sveučilište u Splitu fakultet građevinarstva arhitekture i geodezije <https://zir.nsk.hr/islandora/object/gradst:466/preview> – pristupano 07.08.2019.
 15. J. Margeta i sur. (2001)., Procjena zagađenja od oborinskih voda u krškim područjima, GRAĐEVINAR 54 5, 265-274, Zagreb, Hrvatska.
<https://hrcak.srce.hr/11349> - pristupano 23.08.2019.
 16. Landzine - Edinburgh Gardens Raingarden,
<http://www.landezine.com/index.php/2012/10/edinburgh-gardens-raingarden-by-ghd-pty-ltd/> - pristupano 06.08.2019.
 17. Landzine - Tanner Springs Park,
<http://www.landezine.com/index.php/2013/03/tanner-springs-park-by-atelier-dreiseitl/> - pristupano 06.08.2019.
 18. Minnesota Stormwater Manual, Minnesota Pollution Control Agency, SAD.
<https://stormwater.pca.state.mn.us> – pristupano 12.08.2019.
 19. Mithun – High Point Park <http://mithun.com> – pristupano 07.08.2019.
 20. N. D. Bogović (2010)., Strategija gospodarskog razvitka Grada Novalje 2010-2020, Ekonomski fakultet Rijeka, Rijeka – Novalja
http://www.novalja.hr/admin/ustroj/strategija_gospodarskog_razvitka_grada_novalje.pdf – pristupano 17.08.2019
 21. N. Ružinski i A. Vučinić (2010)., Obrada otpadnih voda biljnim uređajima, Hrvatska sveučilišna naklada, Zagreb
 22. N. Z. Hajna i sur. (2015)., Life and water on karst: Monitoring of transboundary water resources of Northern Istria, Karst Research Institute ZRC SAZU SI Postojna, Slovenija, http://www.speleo-house.eu/monograph/Zivo_Life_and_water_on_Karst_9-15.pdf – pristupano 08.08.2019.
 23. Susdrain (2018)., <https://www.susdrain.org/delivering-suds/using-suds/background/sustainable-drainage.html> – pristupano 04.08.2019.

12. Popis priloga

- Slika 1. Prikaz ulice sa elementima zelene infrastrukture (Izvor: <https://globaldesigningcities.org/publication/global-street-design-guide/utilities-and-infrastructure/green-infrastructure-stormwater-management/>) – pristupano 29.07.2019.
- Slika 2. Prikaz utjecaja urbanizacije na kruženje vode (Izvor: www.susdrain.org) – pristupano 06.07.2019.
- Slika 3. Prikaz prostora muzeja
(Izvor: https://www.archdaily.com/777852/biesbosch-museum-island-studio-marco-vermeulen?ad_medium=gallery) – pristupano 06.08.2019.
- Slika 4. Potok i zeleni krov muzeja
(Izvor: https://www.archdaily.com/777852/biesbosch-museum-island-studio-marco-vermeulen?ad_medium=gallery) – pristupano 06.08.2019.
- Slika 5. Šira situacija oko muzeja
(Izvor: https://www.archdaily.com/777852/biesbosch-museum-island-studio-marco-vermeulen?ad_medium=gallery) – pristupano 06.08.2019.
- Slika 6. Prikaz betonske travnate rešetke
(Izvor: <https://www.semmelrock.rs/proizvod/behaton/travna-resetka/>) – pristupano 06.08.2019.
- Slika 7. Usporedba normalnog i propusnog asfalta i prikaz propusnog betona
(Izvor: <https://drainforlife.eu/attachments/article/64/DFL%20SUDS%20Handbook%20final.pdf>) – pristupano 21.08.2019.
- Slika 8. Prikaz travnate rešetke sa podzemnim slojevima (Izvor: <https://drainforlife.eu/attachments/article/64/DFL%20SUDS%20Handbook%20final.pdf>) – pristupano 21.08.2019.
- Slika 9. Prikaz bioswalea u naselju High Point (Izvor: <http://mithun.com/project/high-point/>) – pristupano 07.08.2019.
- Slika 10. Prikaz bioswalea u naselju High Point (Izvor: <http://mithun.com/project/high-point/>) – pristupano 07.08.2019.
- Slika 11. Prikaz rada kišnih vrtova u Edinburgh Garden
(Izvor: <http://www.landezine.com/index.php/2012/10/edinburgh-gardens-raingarden-by-ghd-pty-ltd/>) - pristupano 06.08.2019.
- Slika 12. Sistem kišnih vrtova
(Izvor: <http://www.landezine.com/index.php/2012/10/edinburgh-gardens-raingarden-by-ghd-pty-ltd/>) - pristupano 06.08.2019.
- Slika 13. Shematski prikaz biljnog pročišćivača
(Izvor: http://www.constructedwetlands.net/Prirucnik_Malus-Vouk_print.pdf) - pristupano 10.08.2019.
- Slika 14. Prikaz vegetacijskih zona u oblikovanim močvarama
(Izvor: <https://www.pca.state.mn.us/sites/default/files/pfsd-section1.pdf>) – pristupano 09.08.2019.
- Slika 15. Kruženje vode u Tanner Springs Parku
(Izvor: <http://www.landezine.com/index.php/2013/03/tanner-springs-park-by-atelier-dreiseitl/>) - pristupano 06.08.2019.

Slika 16. Prikaz Tanner Spring Parka (Izvor: <http://www.landezine.com/index.php/2013/03/tanner-springs-park-by-atelier-dreiseitl/>) - pristupano 06.08.2019.

Slika 17. Prikaz Tanner Spring Parka (Izvor: <http://www.landezine.com/index.php/2013/03/tanner-springs-park-by-atelier-dreiseitl/>) - pristupano 06.08.2019.

Slika 18. Prikaz područja Mediterana i vodenih izvora (Izvor: <https://sp.lyellcollection.org/content/466/1/217/tab-figures-data>) - pristupano 02.08.2019.

Slika 19. Prikaz mogućih zagađenja voda na kršu (Izvor: <https://www.pca.state.mn.us/karst-outreach>) - pristupano 09.08.2019.

Slika 20. Kanalizacijski sustav u Novalji (Izvor: Strategija gospodarskog razvitka Grada Novalje) - pristupano 15.08.2019.

Slika 21. Analiza prostora (Izvor: Autor)

Slika 22. Koncept rješenje (Izvor: Autor)

Slika 23. Shematski prikaz pročišćavanja i sakupljanja kišnice (Izvor: Autor)

Slika 24. Presjek i prikaz otjecanja vode s parkinga i ceste (Izvor: Autor)

Slika 25. Shematski prikaz plavljenja kanala (Izvor: Autor)

Slika 26. Vizualizacija nove vodene površine s tribinom i vodenim biljem (Izvor: Autor)

Slika 27. Vizualizacija novog kanala za sakupljanje kišnice (Izvor: Autor)

Slika 28. Vizualizacija kanala tokom kišnog razdoblja (Izvor: Autor)

Slika 29. Prijedlog izvedbe kišnog vrta u kućanstvima (Izvor: Autor)

Slika 30. Stanje na terenu – uzdignute gredice, prometnica i parkiralište (Izvor: Autor)

Slika 31. Prijedlog izvedbe elemenata održive odvodnje u centru Novalje (Izvor: Autor)

Slika 32. Tokovi u Novaljskom polju (Izvor: Google Earth, obrada: Autor)

Slika 33. Stanje na terenu – močvarno podrčje u Novaljskom polju (Izvor: Autor)

Slika 34. Stanje na terenu – močvarno podrčje u Novaljskom polju (Izvor: Autor)

13. Životopis

Lovre Peranić rođen je u Zagrebu, 30.09.1993. godine. U Novalji završava Osnovnu školu Antuna Gustava Matoša 2008. godine te upisuje srednju Ekonomsko birotehničku školu u Zadru koju pohađa do 2012. godine. Upisuje preddiplomski studij krajobrazne arhitekture na Agronomskom fakultetu te nakon završetka upisuje diplomski studij i završava ga 2019. godine. Tečno piše i priča engleski jezik, dok iz talijanskog, njemačkog i španjolskog ima osnovna znanja govora. Samouk je u programima Adobe Photoshop, Illustrator, InDesign, Lightroom te Premier pro. Također u AutoCadu, Sketch-up i Lumionu.