UNIVERZA V LJUBLJANI
FILOZOFSKA FAKULTETA
ODDELEK ZA GEOGRAFIJO

MAŠA HORVATIČ

Geografska presoja rabe rastlinskih čistilnih naprav v porečju Koprivnice

Zaključna seminarska naloga

Ljubljana, 2016

UNIVERZA V LJUBLJANI
FILOZOFSKA FAKULTETA
ODDELEK ZA GEOGRAFIJO

MAŠA HORVATIČ

Geografska presoja rabe rastlinskih čistilnih naprav v porečju Koprivnice

Zaključna seminarska naloga

Študijski program:
GEOGRAFIJA – E

Mentorica: doc. dr. Katja Vintar Mally

Ljubljana, 2016

ZAHVALA

Želela bi se zahvaliti mentorici doc. dr. Katji Vintar Mally in asist. dr. Tajanu Trobcu za strokovno pomoč pri izdelavi naloge ter vsem ostalim, ki so mi v kakršni koli meri pomagali tako pri študiju, kot pri izdelavi zaključne seminarske naloge.

GEOGRAFSKA PRESOJA RABE RASTLINSKIH ČISTILNIH NAPRAV V POREČJU KOPRIVNICE

IZVLEČEK

V Sloveniji je za številna manjša naselja z razpršeno poselitvijo značilno, da odvajanje in čiščenje komunalne vode ni urejeno. Prebivalci zato ta problem rešujejo sami, pogosto v obliki greznic, ki niso popolno vodotesne, ali pa odplake odvajajo v bližnje obcestne jarke ali vodotoke. Enako velja za naselja, ki se nahajajo v porečju Koprivnice, zato je namen naloge geografsko presoditi smiselnost in rabo rastlinskih čistilnih naprav na tem območju. Ureditev odvajanja in čiščenja odpadnih vod spodbuja tudi zakonodaja, ki z začetkom leta 2016 predvideva priključitev samostojnih stanovanjskih objektov na komunalno omrežje, kjer je to mogoče, ali postavitev samostojnih malih čistilnih naprav v najkrajšem možnem času. Potreba po ureditvi odvajanja in čiščenja odpadne vode je na tem območju velika, saj se okolje nahaja v zaledju turistično-rekreativne lokacije, ki jo predstavlja Šmartinsko jezero, hkrati pa je potencialni prostor za nadaljnje razvijanje turizma. Podrobno so predstavljene rastlinske čistilne naprave, njihovo delovanje in vzdrževanje, prav tako pa so opisana tudi naselja, ki so bila v nalogi obravnavana. Opisani so kriteriji uporabljeni za lociranje rastlinskih čistilnih naprav in predstavljene možne lokacije za postavitev le-teh. Omenjene naprave so za ta prostor primerne z vidika ohranjanja naravne pestrosti. Prenesejo nihanje števila uporabnikov in se dobro vključijo v podeželsko okolje.

KLJUČNE BESEDE: Rastlinska čistilna naprava, Koprivnica, Ložniško gričevje, Šmartinsko jezero.

GEOGRAPHICAL ASSESSMENT OF THE USE OF CONSTRUCTED WETLANDS IN THE BASIN OF KOPRIVNICA

ABSTRACT

Slovenian smaller dispersed settlements typically do not have treatment and discharge of waste water arranged. Residents therefore solve these problems alone, often in the form of septic tanks, which are not fully waterproof or discharge sewage into nearby roadside ditches or rivers. The same applies to the settlements located in the basin of the Koprivnica River, so the purpose of the task is to geographically assess the applicability and the use of constructed wetlands in that area. Arrangements for the collection and treatment of waste water is also promoted by the legislation that in the beginning of 2016 sets out the connection of independent housing to the municipal network where possible, or a separate small wastewater treatment plants elsewhere in the shortest possible time. The need to regulate the collection and treatment of waste water in this area is substantial as the environment is located in the hinterland of the Šmartinsko Lake tourist-recreational site, whilst being a potential location for a further development

of tourism. Constructed wetlands, their operation and maintenance are described in detail, while the discussed settlements are also presented. The criteria used for locating constructed wetlands are described and possible locations for their placement are presented. These implements are suitable for this area in terms of preserving natural diversity since they are able to withstand fluctuations in the number of users and are well integrated in the rural environment.

KEY WORDS: Constructed wetlands, Koprivnica, Ložniško hills, Šmartinsko lake.

KAZALO

Vsebina

1. UVOD ... 6
1.1 NAMEN IN CILJI ... 8
1.2 HIPOTEZE ... 8
1.3 STRUKTURA NALOGE ... 8
1.4 METODE DELA ... 9
2. GEOGRAFSKI ORIS OBMOČJA ... 10
2.1 NARAVNOGEOGRAFSKE ZNAČILNOSTI ... 12
2.1.1 RELIEF ... 12
2.1.2 KAMNINSKA ZGRADBA ... 14
2.1.3 KLIMATSKE ZNAČILNOSTI ... 14
2.1.4 OBREMENJEVANJE OKOLJA ... 15
2.2 DRUŽBENOGEOGRAFSKE ZNAČILNOSTI ... 15
2.2.1 PODROBNEJŠI OPIS OBMOČJA ... 15
2.2.2 NASELJA NA PREUČEVANEM OBMOČJU ... 16
2.2.3 VIRI ODPADNIH VOD ... 17
2.2.4 PREGLED NAČRTA OBSTOJEČE KOMUNALNE INFRASTRUKTURE ... 18
2.3. VODOTOK KOPRIVNICA ... 20
3. ZAKONODAJA ... 22
4. RASTLINSKE ČISTILNE NAPRAVE ... 23
4.1 ZAČETKI IN RAZVOJ ... 27
4.2 VRSTE ... 28
4.3 IZGRADNJA IN DELOVANJE ... 29
4.4 PROCESI V RČN ... 31
4.5 KROŽENJE SNOVI ... 32
4.6 PREDNOSTI, SLABOSTI IN VZDRŽEVANJE ... 33
5. LOCIRANJE RASTLINSKH ČISTILNIH NAPRAV ... 34
5.1 KRITERIJI ZA DOLOČITEV LOKACIJE ... 34
5.2 SLATINA V ROŽNI DOLINI ... 35
5.3 ŠMARTNO V ROŽNI DOLINI ... 37
5.4 PEPELNO ... 39
5.5 OTEMNA ... 42
5.6 JEZERCE PRI ŠMARTNEM ... 43
5.7 RUPE ... 45

6. SKLEP 48
7. SUMMARY 50
8. VIRI IN LITERATURA 52
9. SEZNAM SLIK 56

1. UVOD

Ko sem se odločila za raziskovanje teme rastlinskih čistilnih naprav, je bilo zakonsko potrebno v Sloveniji, do konca leta 2017, urediti v vsakem objektu odvajanje in čiščenje odpadne vode (Operativni program …, 2005). Možnosti rešitve tega problema sta bili dve, in sicer: priklop na komunalno omrežje v naseljih, ki so bližje mest z že urejeno kanalizacijsko mrežo, ali postavitev malih čistilnih naprav v naseljih in posameznih objektih, kjer priklop na komunalno omrežje ni mogoč.

Zakonodaja se je nato konec leta 2015 sicer spremenila (Uredba o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne vode, 2015), zato jo bom v posebnem poglavju na kratko predstavila.

V Sloveniji so vsa mesta sicer opremljena s kanalizacijskim omrežjem, večji problem pa se pojavi pri naseljih, kjer odvajanje in čiščenje odpadne vode ni primerno urejeno (Zbirni kataster gospodarske …, 2009a). Posamezniki sami rešujejo problem bodisi z greznicami, ki navadno niso dovolj vodotesne, ali pa odplake spuščajo kar v obcestne jarke ali bližnje potoke (Cvikl, 2000).

Območje, ki sem ga izbrala za raziskavo, je suburbano območje mesta Celje. Opredelimo ga lahko kot aktivno podeželje, naselja na območju pa so glede števila prebivalcev sicer med manjšimi, vendar pa so razpršena, zato pokrivajo večjo površino. Območje je zanimivo tudi s turističnega vidika, saj je neposredno v zaledju Šmartinskega jezera, ki predstavlja eno izmed najbolj obiskanih turističnih in rekreacijskih točk okolice Celje (Rančan, 2016).

Male čistilne naprave so naprave za čiščenje komunalne vode, z zmogljivostjo do 2000 PE. S pomočjo prezračevanja se v napravah ustvarja pogoje za aerobno biološko razgradnjo raztopljenih organskih onesnaževal (Vodovod-kanalizacija, 2016). Med male čistilne naprave uvrščamo tudi rastlinske čistilne naprave, ki jih ocenjujem kot zelo primerne za reševanje problema odvajanja odpadnih vod, saj posnemajo naravne procese, s katerimi lahko čistimo odpadne vode. Delujejo brez električne energije, zato so okolju prijazne. Zmožne so terciarnega čiščenja vode, učinkovitost čiščenja pa znaša tudi do 99 %. Zaradi naravnega videza se lepo vklopijo v naravno okolje in predstavljajo nov življenjski prostor (Roš, Panjan, 2012). Rastlinske čistilne naprave (v nadaljevanju RČN) pa nimajo le čistilne vloge, temveč tudi povečujejo biotsko raznovrstnost, omogočajo ponovno uporabo vode ter ohranjajo naravni izgled pokrajine. Primerne so za podeželska območja, kjer se povečujejo turizem, rekreacija in počitnikovanje, saj te dejavnosti povzročajo večjo porabo vode in nastanek večje količine komunalne odpadne vode. Uporaba je možna tudi v naseljih z razpršeno gradnjo ali malo prebivalci (Griessler Bulc, 2008), kakršno pa je tudi ožje preučevano območje.

S pregledom literature lahko ugotovimo, da so se z

ekoremediacijami na območju Šmartinskega jezera, ki spada v porečje Koprivnice, na Mišičevem vodarskem dnevu leta 2001 ukvarjali Šajn Slak, Bulc in Vrhovšek. V raziskavi je bilo pojasnjeno slabo stanje jezerske vode v prvih letih obstoja jezera, kot največji vir onesnaževanja pa sta bila izpostavljena prav potok Koprivnica in neočiščena komunalna voda s širšega območja. Za sanacijo jezerske vode so bile predlagane metode izpiranja sedimenta, izgradnja močvirij in rastlinskih čistilnih naprav (Šajn Slak, Bulc, Vrhovšek, 2001).

Rančan (2016) se je v svojem diplomskem delu ukvarjala s problematiko rekreacije na območju Šmartinskega jezera. Z nalogo je želela predstaviti potencial Šmartinskega jezera za rekreacijo, preveriti turistično ponudbo ter možnosti preživljanja prostega časa na jezeru in v njegovi okolici. Rančanova je ugotovila, da se največ obiskovalcev ob jezeru zglasi ob vikendih v toplejšem delu leta, najbolj pa jih moti neurejena kanalizacija, ki jih ovira predvsem pri kopanju.

Preučevano območje je Radišek (2007) obravnaval v raziskavi Suburbano območje mesta Celje, vanjo pa je vključil tudi naselja iz preučevanega območja. Za suburbana območja mesta Celja je značilna urbanizacija, število prebivalcev v teh naseljih narašča, pogosteje se pojavljajo tudi novogradnje, zato je nujno potrebna posodobitev in izgradnja potrebne infrastrukture.

Mladovan (2010) je v svoji diplomski nalogi z naslovom Potencial Šmartinskega jezera za razvoj dodatnih programov predstavila potencialne možnosti za širitev turizma in rekreativne dejavnosti na območju jezera. Kot osnovo je postavila krožno pot, na katero pa bi bilo možno navezati še kolesarske poti, trim stezo, ekološko učno pot, ribiško traso, piknik prostore, razgledni stolp ter ptičje opazovalnice. Jezero pa bi bilo mogoče izkoristiti v veslaške in jadralske namene ter urediti naravno kopališče.

Lesjak (2008) je v svoji diplomski nalogi analiziral hidrološke in hidravlične razmere na povodju Koprivnice na visokovodni dogodek, dne 18. 9. 2007. S programom HEC-HMS je izdelal hidrološki model, rezultate pa je uporabil kot vhodne podatke v hidravličnem modelu. V raziskavi je ugotovil, da je ob visokovodni situaciji omenjenega dne prišlo do ekstremnih vodnih količin, ki so v kombinaciji s tehničnimi napakami na zajezitvenem delu povzročile poplavo v naselju Ostrožno in bližnji okolici. Za preprečitev nadaljnjih poplav je predlagal namestitev več zajezitvenih objektov, zmanjšanje pretoka Sušnice ter znižanje poplavne vode Savinje.

Natek (1983) se je ukvarjal z razvojem in izrabo tal v Ložniškem gričevju. V raziskavi je obravnaval morfogenetski razvoj gričevja. Iz štiridesetih pokrajinskih enot, na katere se deli gričevje, pa glede na izrabo tal ter njeno odvisnost od reliefne izoblikovanosti določil sedem značilnih tipov.

1.1 NAMEN IN CILJI

Namen naloge je preučiti potencial in smiselnost postavitve rastlinskih čistilnih naprav v porečju Koprivnice. V kolikor bi bila postavitev smiselna, želim preveriti, kakšne rastlinske čistilne naprave bi bile najustreznejše; večje ali manjše, samostojne ali za celotno naselje, najprimernejši tip ter najprimernejšo lokacijo za postavitev naprav.

Cilji zaključne seminarske naloge so predstavitev rastlinskih čistilnih naprav, na podlagi teh podatkov določiti najprimernejše naprave za postavitev na obravnavanem območju ter z izbranimi kriteriji in analizo podatkovnih slojev določiti primerne lokacije za postavitev RČN.

1.2 HIPOTEZE

V začetku izdelave zaključne seminarske naloge so bile postavljene naslednje hipoteze:

1. Na preučevanem območju je postavitev rastlinskih čistilnih naprav smiselna in možna zaradi specifičnih fizično-geografskih in družbeno geografskih dejavnikov.

2. Zaradi značilnosti reliefa in razporeditve poselitve bo postavitev RČN v severnih delih porečja omejena na manjše skupne ali individualne naprave.

1.3 STRUKTURA NALOGE

V prvem delu naloge se bom na kratko osredotočila na naravnogeografsko in družbenogeografsko predstavitev območja, kamor sem vključila tudi pregled dosedanjega stanja komunalnega omrežja na območju ter izpostavila največje onesnaževalce. Sledi predstavitev samega vodotoka Koprivnice in kratek opis zakonodaje na področju odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode v Sloveniji.

V osrednjem delu naloge bom podrobneje predstavila rastlinske čistilne naprave. Kaj sploh so, kam jih uvrščamo, za kaj so primerne, kako delujejo, kateri procesi potekajo v napravah, katere snovi lahko najdemo in kaj so njihove prednosti in slabosti ter kako jih je treba vzdrževati.

V končnem delu naloge bom opisala naselja, na podlagi izbranih kriterijev ter z analizo podatkovnih slojev pa prikazala potencialna območja za postavitev rastlinskih čistilnih naprav.

1.4 METODE DELA

Metodološki del naloge je bil sestavljen iz treh delov. Prvi in s tem najobsežnejši del se je nanašal na pridobitev in pregled literature. V prvem delu sem pregledala domačo in tujo literaturo dostopno na spletu, potem se lotila pregledovanja gradiva iz knjižnice Oddelka za geografijo na Filozofski fakulteti v Ljubljani ter Oddelka za biologijo na Biotehniški fakulteti Univerze v Ljubljani. Potrebne sloje za izdelovanje kart sem pridobila na spletnih straneh GURS-a, MKGP-ja in ARSO-a, podatke o kanalizacijskem omrežju pa pri podjetju Vodovod-kanalizacija Celje. Po pridobljenem znanju sem želela še natančno o podrobnostih povprašati strokovnjaka, zato sem se pogovorila z gospodom Iztokom Amerškom iz podjetja Liviplant d. o. o.. Ko je bila naloga že v zaključnem delu, sem se odpravila še na teren preveriti izbrane lokacije.

V glavnem delu naloge sem pri delu uporabila večkriterijsko vrednotenje po Boolovem principu. Princip se uporablja pri delu z geoinformacijskimi sistemi, deluje pa na podlagi izločanja neprimernega območja, ki ga navadno označujemo z 0, in primernega območja, ki ga označujemo z 1. Pri kasnejšem združevanju slojev pa se glede na potrebe lahko uporabljata dve funkciji, in sicer *intersection* (AND) ali *union* (OR). Pri prvem ukazu morajo biti upoštevani vsi pogoji iz predhodnih slojev, pri slednji pa lahko pride do zamenjave ali izpustitve nekaterih (Eastman, 2012). Sama sem pri združevanju slojev sicer uporabila funkcijo AND.

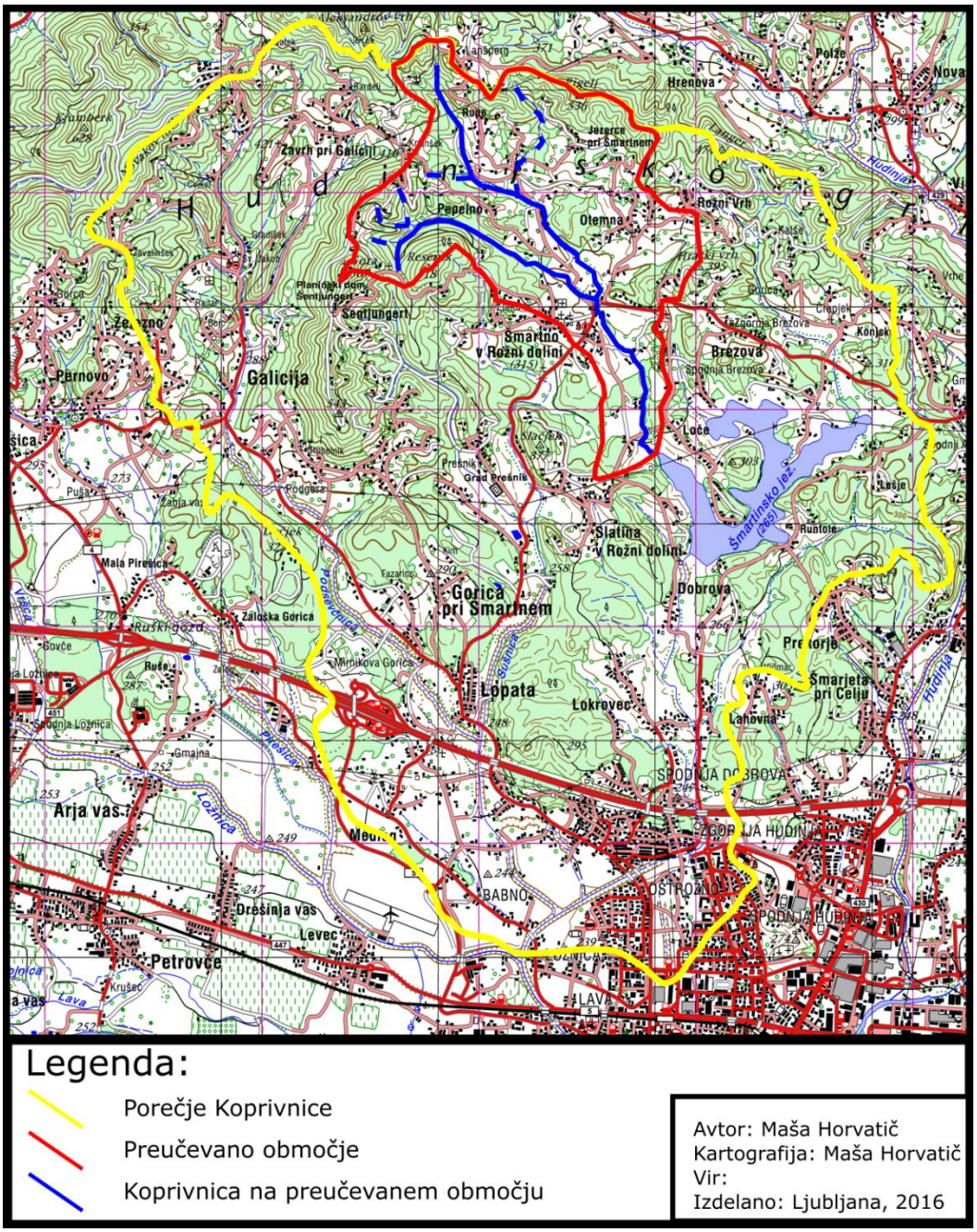
Izdelovanje kart je potekalo v več fazah, izdelala pa sem jih s pomočjo programa ArcMap. Prva faza je vključevala pridobitev lokacij, ki so z vidika naklona primerne za postavitev RČN, zato sem v tem delu na DMNV (Zbirke prostorskih podatkov, 2010) podlagi uporabila ukaz *slope*. Pridobljene podatke sem s funkcijo *reclass* prerazporedila v dva razreda: primernega (naklon 0°−3°) in manj primernega za postavitev naprav. V drugi fazi sem s funkcijo *reclass* izločila primerno rabo tal (Dejanska RABA, 2013), ki je vključevala le travniške površine. V zadnji fazi sem z ukazom *Extract by mask* združila sloj rabe tal, ki je bila omejena na travnate površine ter sloj naklona, ki je bil omejen na naklon med 0° in 3°. Z združitvijo teh sem dobila lokacije, ki so primerne za postavitev RČN. Na karto sem dodala še sloje vodotokov (Vodna telesa …, 2006), cestne infrastrukture (Zbirni kataster gospodarske …, 2009b) in objektov (Zemljiški kataster, 2007). V drugem delu pa sem stanovanjske objekte razdelila v skupine na podlagi najmanjše oddaljenosti od primerne lokacije za postavitev naprave. Na spletnem portalu iObčina sem preverila, koliko prebivalcev živi v kolikšnem številu stanovanjskih objektov na izbranem območju ter na podlagi tega določila potrebno velikost naprave.

2. GEOGRAFSKI ORIS OBMOČJA

V prvem vsebinskem poglavju sem se osredotočila na opise predvsem tistih naravnogeografskih vsebin, ki so posredno ali neposredno povezane s postavitvijo ali delovanjem RČN, in na opis samega vodotoka. V uvodnem delu sem opredelila območje, na katerem se nahaja porečje vodotoka Koprivnica. V nadaljevanju sem opisala relief, ki je za nadaljnjo razlago pomemben predvsem z vidika naklona in reliefnih oblik. Opis kamninske zgradbe in geoloških enot sem v nalogo vključila zaradi pomena za prepustnost in odtekanje vode na vodozbirnem območju. Klimatske značilnosti so pomembne z vidika količine vode, ki v napravo vstopa iz atmosfere. Vplivajo na pretok, s tem na zadrževalni čas in pa na učinkovitost čiščenja odpadne vode v napravah.

V poglavju o samem vodotoku pa sem opisala lego, naklon, dolžino, povodje ter njegov tip.

Slika 1: Porečje Koprivnice in preučevano območje



Določitev porečja (karta 1) je temeljila na poteku plastnic, v ožje preučevano območje pa sem vključila Koprivnico gorvodno od sotočja s Sušnico. V preučevano območje nisem vključila pritokov, ki se stekajo neposredno v jezero, saj nimajo neposrednega vpliva na Koprivnico gorvodno od jezera, prav tako pa prebivalci naselij, ki se nahajajo na tem območju, vodo odvajajo v manjše potoke, ki ne onesnažujejo Koprivnice.

Po pregledu že obstoječega komunalnega omrežja sem se osredotočila le na območje, ki se nahaja gorvodno od Šmartinskega jezera, zaradi neurejenega sistema kanalizacijskega omrežja pa sem v raziskavo vključila tudi naselje

Slatina v Rožni dolini, ki se nahaja dolvodno od jezera. Na območju se nahajajo razložena naselja podeželskega tipa. Dolvodno od jezera je območje že gosto poseljeno in urbanizirano. Potreba po ureditvi komunalnega omrežja je bila na tem območju večja, zato je komunalna infrastruktura v celoti urejena. Sicer se naslov zaključne seminarske naloge nanaša na pregled celotnega porečja Koprivnice, v sami nalogi pa sem se osredotočila le na zgornji del, ki je brez urejenega omrežja odvajanja in čiščenja odpadne vode.

2.1 NARAVNOGEOGRAFSKE ZNAČILNOSTI

Porečje Koprivnice leži v severovzhodnem delu občine Celje. Vodotok Koprivnica se nahaja v predalpski Sloveniji, v Celjski kotlini, severno od mesta Celje in zahodno od Vojnika.

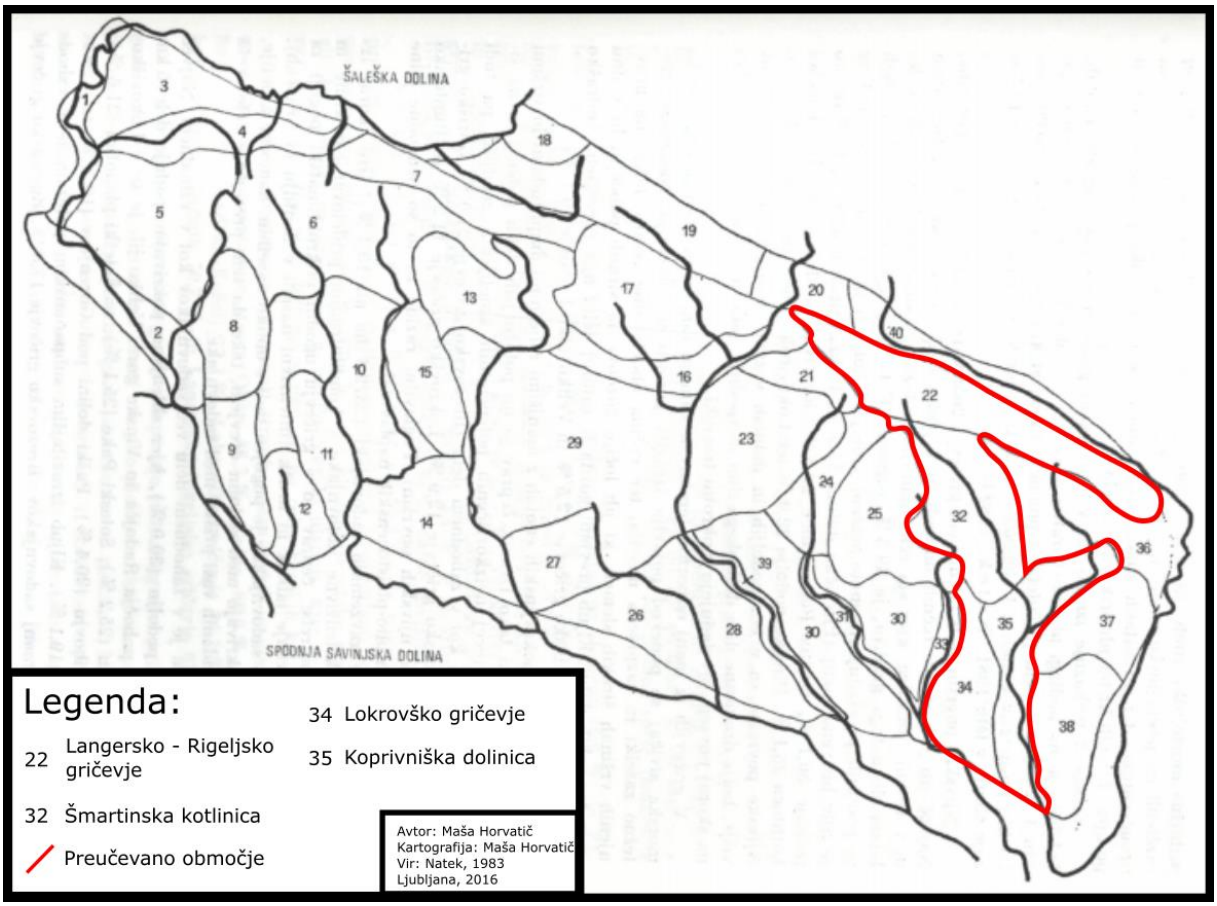
Preučevano območje leži v zahodnem delu Ložniškega gričevja, na stiku Hudinjskega gričevja, Celjske kotline in Dobrnskega podolja.

2.1.1 RELIEF

Glavni oziroma najvišji izvir potoka Koprivnica se nahaja pod vzpetino Rigelj, na nadmorski višini 491 m, v jezero pa se izliva na nadmorski višini 263 m. Relativna višina vodotoka v zgornjem toku je tako 228 m. Iz jezera odteče na nadmorski višini 258 m in se v Savinjo izliva na 238m, zato je relativna višina spodnjega toka 22 m. Najvišja nadmorska višina porečja je 575 m na skrajnem severu, vodotok pa izvira v gričevnatem območju. V zgornjem delu vodotoka naklon pobočja upada na kratke razdalje, v drugi polovici pa se padec »umiri« in vodotok nadaljuje pot po relativno nizkem naklonu (Atlas okolja, 2016).

Ložniško gričevje je deljeno v več pokrajinskih enot (karta 2), od katerih so na opazovanem območju Langersko-Rigeljsko gričevje, Šmartinska kotlinica, Lokrovško gričevje in Koprivniška dolina (Natek, 1983).

Slika 2: Pokrajinske enote v Ložniškem gričevju



Vsem pokrajinskim enotam, ki spadajo v preučevano območje, je skupno to, da jih vsaj v enem delu sestavlja bolj ali manj strmo gričevje, za katerega so značilna strma pobočja. Del gričevja, kjer leži preučevano območje, se proti jugovzhodu preko ilovnatih teras spušča v Koprivniško dolino. Višje predele prekriva gozd, na terasah so navadno njive in sadovnjaki, v dolini pa travniki in pašniki. Nadmorska višina na preučevanem območju se spušča od severozahoda na okoli 500 m, proti jugovzhodu do 240 m (Natek, 1983).

V severnem delu gričevja, kjer se nahaja tudi raziskovano območje, je največ nivojev oziroma teras, ki so jih izoblikovale Dobrnica, Močilnica in Pirešica s pritoki Koprivnica in Sušnica. Na območju Lanšperka nad Rupami so ti slemenski nivoji najobsežnejši (Natek, 1983).

Koprivnica torej teče po precej gričevnatem območju, kar vpliva predvsem na naklon struge in pretok vode. Relief je treba preučiti tudi z vidika prostora, ki je potreben za postavitev RČN, ki zahtevajo sicer rahel naklon površja, da lahko voda po napravi teče gravitacijsko.

2.1.2 KAMNINSKA ZGRADBA

Porečje v zgornjem delu sestavljajo pretežno srednje oligocenski kremenov peščenjak in lapor, v srednjem delu miocenski pesek, peščenjak z vložki peščenega laporja, v spodnjem delu pa pretežno glineno-peščeni aluvialni nanosi. V skrajnem severnem delu se nahajajo še keratofir, diabaz in tufi ter delno meramorforiziran keratofirski tuf, keratofir in droba-vojniški kristalin (Buser, 1977).

Višje predele gričevja gradijo predvsem peščenjaki in nekaj Vojniškega kristalia, morske sivice ter andezitnega groha, Koprivniška dolina pa je v celoti prekrita z glineno-peščenim aluvijem (Natek, 1983).

Glede na zgoraj navedene podatke lahko sklepam, da je, razen same doline potoka, območje sestavljeno iz precej slabo prepustnih kamnin, kar pomeni, da se večina padavinske vode po površju steka v vodotok. S tem so povezani tudi številni občasni potočki na širšem območju, ki se napolnijo ob večjih nalivih.

2.1.3 KLIMATSKE ZNAČILNOSTI

Porečje Koprivnice spada v zmerno celinsko podnebje osrednje Slovenije. Zanj je značilna povprečna temperatura najtoplejšega meseca med 15°C in 20°C ter najhladnejšega med 0 °C in -3 °C. Povprečne oktobrske temperature so višje od aprilskih, značilen je submediteranski padavinski režim in povprečna letna količina padavin med 1000 mm in 1300 mm (Ogrin, 1996).

Z vidika padavin je za sisteme RČN pomembna predvsem količina, ki vpliva na pretok vode in s tem učinkovitost njenega čiščenja. Pomemben je tudi tip padavin, saj pozimi snežna odeja lahko prestavlja izolacijsko plast. Pomembne pa so tudi temperature, predvsem v zimskem času, saj takrat najbolj vplivajo na delovanje sistemov, ki morajo biti skonstruirani za zimski čas, da lahko tudi pri najnižjih temperaturah dosegajo zahtevano učinkovitost in se v primeru možnosti poledenitve sisteme ustrezno zaščiti.

Iz zbranih podatkov lahko zaključim, da so klimatske razmere na preučevanem območju primerne za postavitev RČN. Zabeleženih ni večjih temperaturnih ekstremov, ki bi v topli polovici leta povzročali pretirano izhlapevanje, v hladni polovici pa zmrzovanje odpadne vode. Letna količina padavin je zmerna, kar pozitivno vpliva na delovanje naprav, saj je zadrževalni čas lahko optimalen, odpadna voda pa se lahko tako temeljito očisti. Prevelika količina padavin bi lahko skrajšala zadrževalni čas in tako negativno vplivala na učinkovitost čiščenja.

2.1.4 OBREMENJEVANJE OKOLJA

Smiselnost postavitve RČN je odvisna tudi od tega, kako bi delovanje sistema vplivalo na okolje. Čiščenje odpadne vode neposredno na mestu nastanka ali v bližini zmanjšuje negativne vplive na okolje in ekosisteme, ki so pod največjim pritiskom, predvsem na podeželju, kjer se nahaja obravnavano območje.

Na stabilnem podeželju, kjer prevladuje agrarna usmeritev, so ekološko najbolj oporečni točkovni viri onesnaževanja. Praviloma se v tako okolje vnašajo visoki energetski vnosi, ki lahko presegajo nosilne sposobnosti okolja. Težavo predstavljajo umetna gnojila, zaščitna sredstva, tekoča goriva ipd.. Območja, ki so zaradi uporabe teh sredstev najbolj pod pritiskom, so prodne ravnine, posledično pa so prekomerno onesnažene tekoče vode, podtalnica in prsti (Špes, 2000).

Probleme z zbiranjem in odstranjevanjem odpadne vode predstavlja tudi razpršena poselitev. V takih naseljih je navadno problem z neurejeno kanalizacijsko mrežo, saj se še vedno uporabljajo greznice, ki so pogosto slabo vodotesne, s čimer še dodatno ogrožajo podtalnico (Špes, 2000).

2.2 DRUŽBENOGEOGRAFSKE ZNAČILNOSTI

Pri družbenogeografskih značilnostih sem se podrobneje posvetila opisu in opredelitvi preučevanega območja ter predstaviti demografskih značilnosti naselij na tem območju. V poglavje sem vključila tudi pregled virov odpadne vode, ki na območju predstavlja največji problem, saj je to eden izmed najpomembnejših dejavnikov pri načrtovanju postavitve RČN. Pri tem sem se osredotočila še na občutljivost okolja in na dosedanjo ureditev komunalnega omrežja, na splošno v porečju in podrobneje na preučevanem območju. Predstavila sem dosedanje projekte, ki vključujejo ureditev odvajanja odpadne vode.

2.2.1 PODROBNEJŠI OPIS OBMOČJA

Preučevano območje lahko opredelimo kot podeželsko. Za to preučevano območje velja, da se nahaja zunaj mesta, gostota prebivalstva je manjša, prevladujejo pa kmetijske in druge gospodarske dejavnosti (Geografija, tematski leksikon, 2008). Do zadnjih nekaj let je bilo to območje izseljevanja, v zadnjem času pa je moč opaziti novogradnje, ki nakazujejo na priseljevanje. Priseljujejo se mlade družine, ki si bodisi gradijo nove stanovanjske objekte, ali pa si novo življenje ustvarjajo z obnovami starih hiš. Območje je tudi pod velikim turistično-rekreacijskim pritiskom, saj leži v zaledju Šmartinskega jezera, ki je zadnja leta vse bolj priljubljena destinacija za turiste in domačine.

Zato je želja MO Celje, da se v zalednem delu ustvarijo turistične kmetije, ekokmetije, tematski parki in podobna infrastruktura, ki bi pritegnila več obiskovalcev (Geos Consulting ZT, 2006).

Veliko vlogo v ureditvi prostora pa predstavlja tudi kakovost vode in čistost okolja, v katerem bi se aktivnosti odvijale, zato je pomembno načrtovati in izpeljati ustrezen sistem odvajanja in čiščenja komunalne vode v teh naseljih.

2.2.2 NASELJA NA PREUČEVANEM OBMOČJU

Pri načrtovanju sistema za odvajanje in čiščenje odpadne vode je treba poleg ostalih dejavnikov upoštevati tudi različne tipe poselitve, ki se nahajajo na območju; strnjena naselja, razpršenja gradnja in počitniške hiše (Polutnik Kocuvan, 2000).

Radišek (2007, str. 69–70) vsa naselja na preučevanem območju postavlja v suburbano območje mesta Celje. Po njegovem mnenju je suburbanizacija Celja in okolice že prešla v sekundarno fazo, saj je v naseljih mogoče opaziti porast urbanih funkcij, kot so storitvene in oskrbne funkcije, s čemer pa se povečuje tudi število delovnih mest. S stalno rastjo postajajo naselja vse bolj neodvisna od mesta.

Zgoščenost poselitve se z oddaljenostjo od mestnega jedra zmanjšuje, naselja postajajo vse redkejša in manj številčna, pojavljajo pa se na vse večje razdalje (Rančan, 2016).

Preglednica 1: Podatki o prebivalstvu v posameznih naseljih

Naselje	Št. prebivalcev skupaj (popis 2002)	Št. prebivalcev skupaj (2016)	Št. gospodinjstev v naselju (2016)	Št. družin v naselju (2016)	Povp. velikost gospodinjstva (2016)
Jezerce pri Šmartnem	62	64	21	16	3,9
Otemna	101	118	47	31	3,0
Pepelno	117	106	41	36	2,9
Rupe	78	86	38	23	2,3
Slatina v Rožni dolini	168	242	94	48	2,8
Šmartno v Rožni dolini	294	269	96	86	3,5

Vir: Gostota naslejenosti ..., 2016.

Iz preglednice je razvidno, da se je število prebivalcev v zadnjih petnajstih letih v večini naselji povečalo, kar potrdi ugotovitve iz opazovanj na terenu, da se s številnimi novogradnjami in obnovljenimi stanovanjskimi objekti ta naselja širijo.

Naselja, ki se nahajajo na območju, lahko razdelimo v skupine gručastih in razloženih naselji, nekaj pa je tudi zaselkov.

Po Reberniku (2011) so na tem območju značilne gručaste vasi predalpskega tipa, razložena naselja in zaselki.

2.2.3 VIRI ODPADNIH VOD

Pri pregledu glavnih onesnaževalcev okolja se je treba osredotočiti predvsem na tiste, ki najbolj obremenjujejo naravo in vodne vire. Zato sem na tem mestu opisala problem onesnaževanja vode in navedla glavne onesnaževalce oziroma vire odpadne vode.

Odpadna voda je tista, ki se po uporabi, ali kot padavinska voda, odvaja v javno kanalizacijo ali v bližnje vodotoke. Lahko je komunalna, industrijska ali padavinska (Vodovod-kanalizacija, 2009−2013).

Komunalna voda nastaja v gospodinjstvih, zaradi rabe v sanitarnih prostorih ter pri gospodinjskih opravilih, kot so kuhanje in pranje. Prav tako nastaja v javnih stavbah ali pri drugih dejavnostih, pri katerih ima odpadna voda približno enako sestavo kot pri uporabi v gospodinjstvu. V to skupino spada tudi industrijska voda iz proizvodnih ali storitvenih dejavnosti ter javnih zgradb, vendar le, če je po sestavi podobna odpadni vodi iz gospodinjstev. Pomembno je tudi, da povprečni dnevni pretok te vode ne presega 15 m^3/dan, letna količina ne presega 4000 m^3, obremenjevanje okolja pa ne presega 50 PE (Vodovod-kanalizacija, 2009−2013).

V teh vodah je količina snovi navadno večja kot v naravnem stanju, prav tako pa se v njej nahajajo primesi, ki jih v naravnem stanju ni. Vsebujejo lahko pesek, plavajoče odpadke, raztopljene anorganske soli, kisline, ostanke pralnih sredstev, koloidno raztopljene odpadne snovi, barvila, bakterije, ostanke olj ipd. (Kukec, 2009).

Onesnaženje vode lahko povzroči nečista tehnologija, na nižji ravni pa so največji onesnaževalci navadno umetna gnojila in pesticidi v kmetijstvu ter nekontrolirano odvajanje odpadne vode iz gospodinjstev (Kukec, 2009).

Glavni vir onesnaževanja na preučevanem območju so komunalne odpadne vode iz naselji Runtole, Jezerce pri Šmartnem, Otemna, Pepelno, Rupe, Slatina v Rožni dolini in Šmartno v Rožni dolini ter izcedne vode iz gnojišč (Mašat, 2000).

2.2.4 PREGLED NAČRTA OBSTOJEČE KOMUNALNE INFRASTRUKTURE

Na splošno se Savinjska regija sooča s problematiko reševanja odvajanja in čiščenja odpadne vode, predvsem pa to velja za naselja, ki so bolj oddaljena od samega mesta Celja. Stanje spremljanja indikatorjev onesnaženosti okolja v regiji je nezadovoljivo, kar zadeva velike onesnaževalce, kot so srednje velika podjetja, ki nimajo urejenih ustreznih sistemov čiščenja, kmetijstvo, kjer se uporablja prekomerna količina umetnih gnojil in zaščitnih sredstev, in poselitev, ki je v veliki večini razpršena in nima urejenega odvajanja odpadnih vod. Slabo je urejeno tudi javno obveščanje in ozaveščanje ter izobraževanje na področju varstva okolja (Regionalni ..., 2006).

Kanalizacijsko omrežje v Celju so začeli graditi že Rimljani med 1. in 4. stoletjem, vendar je celoten sistem izgubil funkcijo, ko je bilo mesto v 5. stoletju porušeno. Konec 18. stoletja pa so enega od kanalov, ki je pod mestom, ponovno spravili v delovanje in še danes delno opravlja svojo nalogo (Žvižej, 2006).

Z zgraditvijo pregrade in s tem združitvijo manjših vodotokov, je dolvodno od zadrževalnika Šmartinsko jezero nastalo veliko novih zazidljivih površin, saj so bila pred posegom tam zemljišča mokrotna in mnogokrat poplavljena. S tem posegom so se odprle tudi možnosti za varno opremljenost Celja s komunalnim omrežjem (Petrič, 2000).

Podjetje Vo-ka Celje, ki danes upravlja vodovod in kanalizacijo v občinah Celje, Vojnik, Štore in Dobrna, ima po zadnjih podatkih v teh štirih občinah približno 243 km kanalov kanalizacijskega omrežja, katerega največji del pripada celjski občini (karta 3). Sistemu pripadajo tudi štiri čistilne naprave. Trenutno je na ČN Celje priključenih 70 000 PE, v prihodnosti pa načrtujejo priključitev dodatnih 15 000 PE (Vodovod-kanalizacija, 2009−2013).

Na celotnem preučevanem območju odvajanje in čiščenje odpadne vode ni urejeno. Največji problem pri reševanju odvajanja in čiščenja odpadne vode na tem območju so razdalje. Na območju prevladuje razmeroma razpršena poselitev, ki otežuje gradnjo priključka na kanalizacijsko omrežje mesta Celje. Zato menim, da so glede na razmere RČN zelo primerna rešitev. V naseljih bi bila sicer potrebna gradnja cevovodov, da bi bilo mogoče hiše priklopiti na naprave, v primerih, kjer pa so stavbe preveč oddaljene, bi se lahko postavile manjše ali samostojne naprave, odvisno od dane situacije.

Prebivalci sami rešujejo problem odvajanja odpadne vode, pogosto pa so načini reševanja neprimerni, saj so odpadne vode večinoma speljane preko pretočnih greznic v obcestne jarke ali bližnje potoke, ki napajajo Koprivnico, v nekaterih primerih pa so vode speljane direktno v potok. Zaradi tega, predvsem v poletnih mesecih, prihaja do širjenja neprijetnih vonjav, prav tako pa predstavljajo vir mnogih bolezni (Cvikl, 2000).

V razvojno programskem načrtu turističnega območja Šmartinskega jezera z zaledjem so bile predvidene velike spremembe na tem območju. Veliko

ukrepov, ciljev in prioritet se je posredno ali neposredno nanašalo na ureditev komunalne mreže v zaledju jezera. V načrtu je bilo očistiti jezero do te mere, da bi bilo primerno za kopanje, oživeti podeželsko zaledje in s tem preprečiti odseljevanje ter povečati prepoznavnost območja. Načrtovana je bila tudi preusmeritev regije v ekološko delovanje s turizmom na kmetijah, kar pa bi zahtevalo ureditev in sanacijo infrastrukture, tudi kanalizacije. Nekaj projektov na območju je bilo sicer uspešno izvedenih, vendar pa ureditev odvajanja in čiščenja odpadne vode ni eden izmed njih (Geos Consulting ZT, 2006).

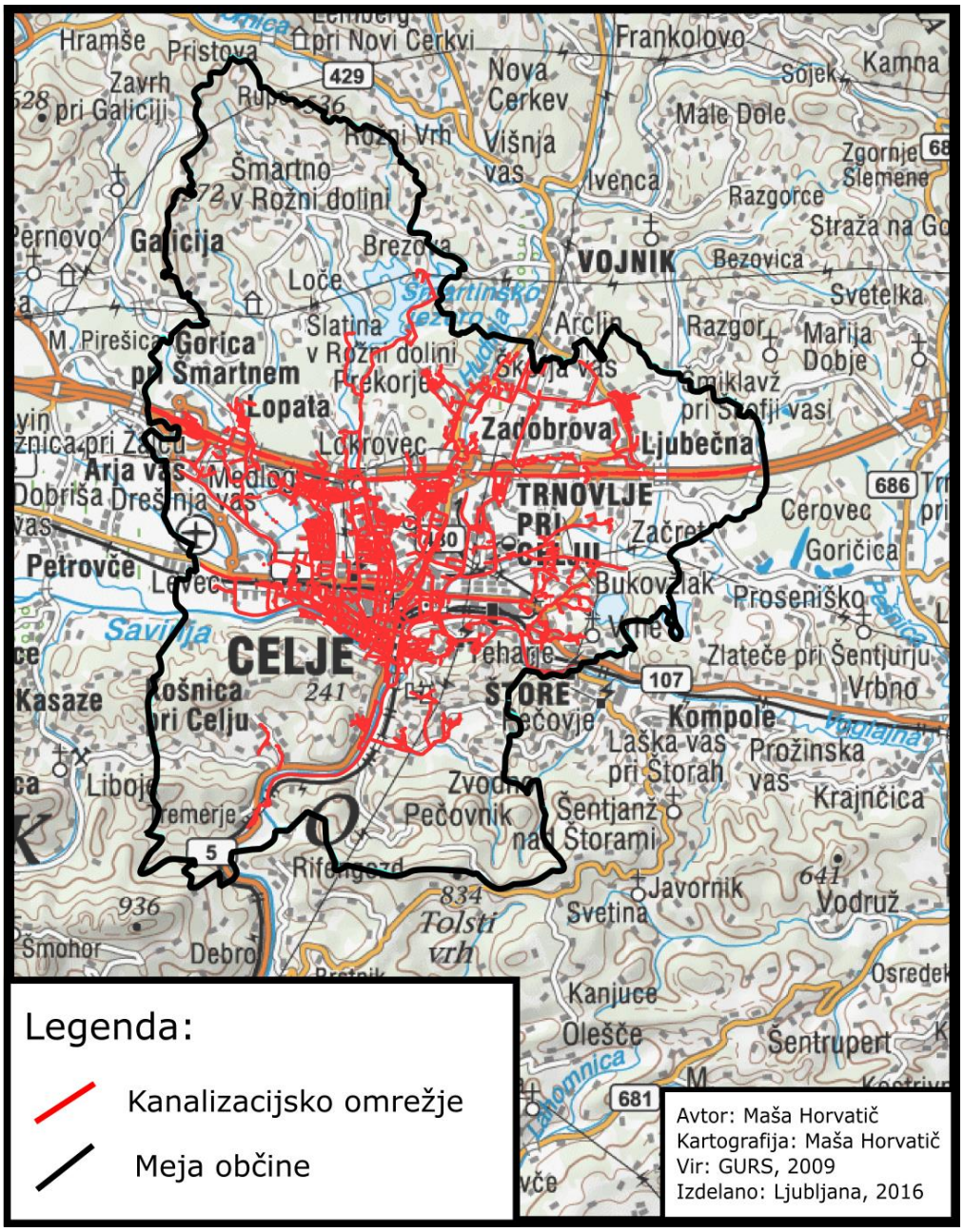
Ureditev kanalizacijskega omrežja se neposredno pojavlja v dveh projektih, in sicer pri ekološki sanaciji jezera in pri načrtu komunalnega omrežja v zalednih vaseh (Geos Consulting ZT, 2006).

Urejeno odvajanje in čiščenje odpadne vode je pomembno tudi z vidika turizma, saj to pripomore k čistejši vodi v jezeru in tako omogoči kopanje (Cvikl, 2000).

Sicer so v projektih navedene nekatere izmed možnih rešitev, ki pa bi bile s finančnega vidika velik zalogaj. Predlogi so se denimo nanašali na krožni kanalizacijski sistem okoli jezera, pri čemer bi s čistilno napravo na iztoku Koprivnice iz jezera, iz zahodnih naselij odpadno vodo speljali v druge vodotoke in pri iztoku postavili čistilno napravo, priključili celotno območje na celjski kanalizacijski sistem in vodo čistili v centralni čistilni napravi Celje (Cvikl, 2000).

RČN so bile na širšem območju Šmartinskega jezera sicer projektirane že leta 1998 (Polutnik Kocuvan, 2000), vendar do njihove izgradnje do leta 2016 še ni prišlo.

Slika 3: Kanalizacijsko omrežje v občini Celje



2.3. VODOTOK KOPRIVNICA

Koprivnica je na preučevanem delu, torej pred zadrževalnikom, dolga približno 5,2 km, s približno površino porečja 5,76 km^2, za zadrževalnikom pa je do izliva v Ložnico dolga približno 4,5 km^2.

Koprivnica izvira severozahodno od vasi Rupe. Zahodno od naselja Šmartno v Rožni dolini se vodotoku priključi največji pritok−Lenartov graben, skupaj pa nadaljujeta kot potok Koprivnica, ki se izliva v Šmartinsko jezero. Uvrščamo jo v vodotok 4. reda, saj se za jezerom nadaljuje in se pri mestni četrti Lava, združena z Ložnico, izliva v Savinjo. Ta nadaljuje svojo pot do Zidanega

Mosta, kjer se steka v Savo in zato tudi potok Koprivnica spada v povodje Črnega morja.

Je edini potok, ki zbira vode s severozahodnega dela Ložniškega gričevja. Zaradi neprepustnih tal na padavinskem območju in območju korita potoka že ob manjših padavinah hitro naraste, zato bi brez zadrževanja močno ogrozila severni del mesta (Petrič, 2000). Z namenom zmanjšanja poplavne ogroženosti Celja, so leta 1970 na Koprivnici naredili zadrževalnik Šmartinsko jezero v okviru projekta Celjsko vodno vozlišče. Vodozbirno območje gorvodno od jezera znaša dobrih 12 km^2 (Petrič, 2000).

V prispevnem območju ležijo Šmartno v Rožni dolini, Otemna, Jezerce, Pepelno, Rupe, Slatina v Rožni dolini in nekaj manjših zaselkov. Na tem območju živi okoli 900 prebivalcev v slabih 340 gospodinjstvih, okoli 30 pa je pravih kmečkih gospodinjstev. Industrije na območju ni, je pa nekaj storitvenih dejavnosti, vendar je njihova odpadna voda v veliki meri podobna komunalni (Cvikl, 2000).

Struga Koprivnice v zgornjem delu porečja, torej gorvodno od jezera, ni regulirana. Dolvodno nekaj časa sicer teče po naravni strugi, ki pa je na mestih, kjer ob višjih vodah predstavlja nevarnost za bližnje prebivalce, že urejena. Preko okrožja Ostrožno pa do izliva je struga v celoti regulirana. Za ureditev struge je bilo poskrbljeno med letoma 1965 in 1970, ko se je urejalo celotno vodno omrežje Celja (Lesjak, 2008).

Prav tako kot večina ostalih slovenskih rek in potokov ima tudi Koprivnica hudourniški značaj, kar pomeni, da pretoki zelo hitro narastejo in tudi upadejo. Večina vode odteče ob visokovodnih ali poplavnih valovih, zato so območja ob hudourniških potokih navadno poplavne ravnice neprimerne za poselitev. Hudourniki predstavljajo samosvoj ekosistem, ki je še posebej ranljiv ob majhnih pretokih, zato se morata izraba za namakanje in izpuščanje odplak prilagoditi malim pretokom (Bat in sod., 2003).

V spodnjem toku, ki se nadaljuje za jezerom, je potok sicer večinsko reguliran, vendar je v letu 2007 zaradi domnevnih tehničnih napak na zapornici poplavil. V zgornjem toku voda ne naredi pretirane škode, saj poplavna ravnica ni nikjer naseljena, v spodnjem toku pa poplavi okrožje Ostrožno.

Sprva je Koprivnica sicer tekla proti vzhodu, kar je razvidno iz nižjega sveta med Šmartnim v Rožni dolini in Vojnikom, proti jugu pa se je obrnila šele z intenzivnim grezanjem neotektonskega akumulacijskega bazena, ki se nahaja na severnem robu Spodnje Savinjske doline (Natek, 1983).

V spodnjem toku ima uravnotežen profil, v zgornjem pa se ji strmec močno poveča, saj teče ob južnem krilu Šoštanjskega preloma. Delna razlaga tega pojava je, da se je vzhodni del gričevja močneje ugrezal, za kar so dokaz zaporedne erozijske terase in izrazita stopnja Koprivnice pod Šmartnim v Rožni dolini. Deloma pa se da pojav pojasniti tudi z geološko podlago iz odpornejših peščenjakov v Langersko-Rigeljskem gričevju (Natek, 1983).

Reka ima dežno-snežni pretočni režim, ki je pri nas najpogostejši. Ta režim uvrščamo med sestavljene in ima dva viška in dva nižka. Glavni višek je jeseni, glavni nižek pa poleti. Drugi višek je spomladi, med tem ko je drugi nižek pozimi (Bat in sod., 2003).

Po stari metodologiji so se reke delile v štiri kakovostne razrede: v prvega so uvrščali vode, ki so bile tako čiste, da so se lahko uporabljale za pitje, v drugega so vode, ki so bile primerne za kopanje in vodne športe ter pitje po obdelavi, vode v tretjem razredu pa so bile primerne za namakanje in po obdelavi tudi za industrijsko uporabo. V zadnjem, četrtem razredu pa so bile reke, ki so bile primerne za kakršnokoli uporabo šele po obdelavi vode (Podgoršek, 2000). Leta 1996 je Koprivnica spadala v drugi do tretji razred, v načrtu pa je bilo izboljšanje do drugega kakovostnega razreda. S tem bi se izboljšala tudi kakovost jezerske vode, ki bi lahko bila tako primerna za kopanje.

V skladu z vodno direktivo se po novi metodologiji preverja tudi kemijsko in ekološko stanje voda. Prvo se nanaša na obremenjenost površinskih voda glede na vsebnost prednostnih in prednostno nevarnih snovi, drugo pa na osnovi kakovosti bioloških, fizikalno-kemijskih in hidromorfoloških elementov ter posebnih onesnaževal, ki se odvajajo v vodno okolje (Cvitanić in sod., 2010). Monitoring kakovosti vode v Koprivnici se sicer izvaja le še v okviru monitoringa kakovosti vode Šmartinskega jezera, ki pa je označeno kot evtrofno jezero. Kakovostni razredi jezerske vode si sledijo od najkakovostnejšega do najmanj kakovostnega v naslednjem zaporedju: U-oligotrofno, oligotrofno, evtrofno, hiperevtrofno (Ambrožič in sod., 2008).

3. ZAKONODAJA

Poglavje o zakonodaji sem vključila zato, ker je konec leta 2015 v veljavo stopila nova uredba o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne vode. Poglavje je v celoti povzeto po Uredbi o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne vode (UL RS, št. 98/15) (2015). Nova uredba je bila izdana 18. 12. 2015, v veljavo pa je stopila 31. 12. 2015.

Predhodna uredba (Uradni list RS, št. 88/11, 8/12, 108/13 in 98/15, 2011) je predvidevala ureditev odvajanja in čiščenja odpadnih voda na vseh obstoječih objektih do konca leta 2017. Možnost ureditve odvajanja in čiščenja odpadne vode so lastniki objektov lahko uredili s priključitvijo na kanalizacijsko omrežje ali s postavitvijo malih čistilnih naprav.

V novi uredbi je predvidenih kar nekaj sprememb, izmed katerih navajam le tiste, ki se navezujejo na tematiko naloge:

1. Kjer javne kanalizacije ni ali ni predvidena, lastnikom greznic ni več treba, do konca leta 2017, preurediti greznic v male komunalne čistilne naprave, dolžni pa so jih preurediti ob prvi rekonstrukciji objekta. Še vedno pa velja, da morajo lastniki novogradenj vgraditi male čistilne naprave.

2. Lastniki objektov, ki neočiščeno vodo odvajajo neposredno v okolje, brez greznice, morajo zagotoviti ustrezno odvajanje in čiščenje odpadne vode najpozneje do 31. decembra 2021.

3. Pri novogradnjah ali rekonstrukcijah objektov, je vgraditev male komunalne čistilne naprave ali nadgradnja pretočne greznice obvezna. V primeru nadgradnje, mora biti ta v skladu s predpisano zakonodajo.

4. Na območjih, kjer je javna kanalizacija zgrajena, še vedno velja, da je priključitev na sistem obvezna v roku 6 mesecev po pridobitvi uporabnega dovoljenje.

5. Le v izjemnih primerih, kot so vodovarstvena območja, so dovoljene nepretočne greznice.

4. RASTLINSKE ČISTILNE NAPRAVE

Pri poznavanju delovanja sistemov RČN je najprej treba poznati funkcije in delovanje naravnih sistemov. Pomembno je poznati vlogo mokrišč, ki jih naprave skušajo posnemati, naprave uvrstiti v ustrezne sisteme in jih podrobneje opisati. Zato sem se v tem delu naloge osredotočila na kratek opis organskega onesnaževanja vode, opisala samočistilne sposobnosti, ekoremediacijskega pristopa in na kratko navedla vlogo mokrišč v svetu.

V nadaljevanju sledi podrobnejši opis RČN, njihov razvoj, vrste, delovanje, opis procesov, ki v sistemih potekajo, snovi, ki jih najdemo v napravah, ter njihove prednosti in slabosti.

Onesnaženje rek s hranili se označuje kot povprečna letna vrednost vsebnosti hranil v odvzetih vzorcih, torej nitratov in ortofosfatov. Povprečne vrednosti se primerjajo z domnevnimi naravnimi vrednostmi, ki pa so odvisne od geološke sestave ter tipa prsti v posameznem porečju. Povečana vsebnost amonija je navadno posledica organskega onesnaževanja, ki ga povzročijo odpadne vode. Eden prvih pokazateljev prekomerne količine organskih hranil je evtrofikacija ali cvetenje, pojavi pa se lahko tudi zmanjšanje števila rastlinskih in živalskih vrst (Mihorko, 2015).

Tekoče vode se lahko do določene mere same očistijo. Sprva se voda očisti s fizikalnimi procesi, v katere spadajo redčenje, sedimentacija, filtracija ter prezračevanje in s tem odstranijo večino trdih delcev ter plinov. V drugi fazi pa potekajo biokemijski procesi, ki vključujejo raztapljanje plinov in mineralov ter kemijske reakcije med elementi. Za učinkovito biološko čiščenje je potrebna zadostna količina svetlobe, mikroorganizmov ter kisika (Plut, 2000).

Samočistilna sposobnost rek se zato izraža s količino organske mase, ki jo mikroorganizmi razgradijo v anorgansko snov. Grobo merilo je biokemijska potreba po kisiku ali BPK5, ki je ob pretirani količini hranil povečana (Mihorko, 2015).

Ekoremediacije so ekosistemski pristopi k varovanju in obnavljanju naravnih virov in njihovih funkcij in so obenem najbolj trajnostni pristop pri upravljanju okolja. Potencialno lahko preprečijo, odpravijo ali zmanjšujejo vpliv naravnih nesreč, pripomorejo pri reševanju problemov točkovnih in ne točkovnih virov onesnaževanja, kot so kmetijstvo in transport ali komunalne in industrijske odplake (Vovk Korže, 2011).

Ekoremediacijske metode vključujejo zbiranje, zadrževanje, čiščenje in večkratno uporabo vode, pri tem pa izkoriščajo samočistilne sposobnosti naravnih ekosistemov. V degradiranem vodotoku pomagajo pri obnovitvi ekološkega ravnotežja in vzpostavitvi ekoloških funkcij. Eden izmed ekoremediacijskih postopkov za reševanje problema z odpadno vodo so tudi RČN (Vovk Korže, Vrhovšek, 2006).

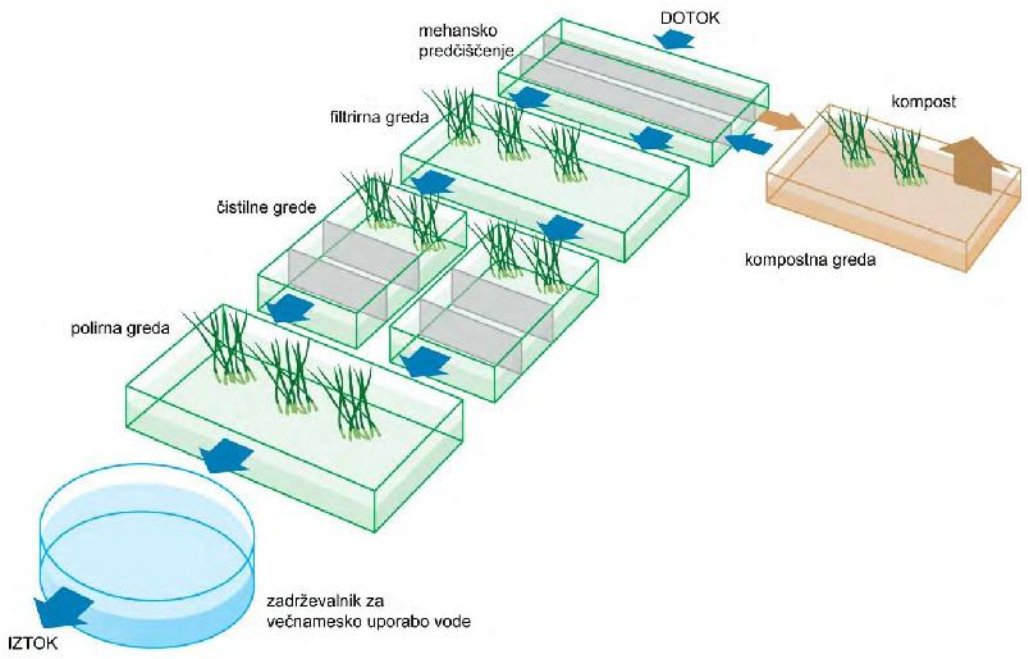
Celotno območje Slovenije je označeno kot zelo primerno za ekoremediacijske metode, saj je geografsko in kulturno-pokrajinsko zelo raznoliko, stopnja ohranjenosti narave je razmeroma visoka, skoraj celotno območje pa opredeljuje policentrična razporeditev mest in turistično-rekreacijskih središč (Vovk Korže, Vrhovšek, 2006).

Ker RČN v delovanju, pogosto pa tudi v izgledu posnemajo mokrišča, je treba razumeti tudi njihovo delovanje.

Mokrišča opredeljujemo kot ekotone, saj združujejo značilnosti kopenskih in vodnih ekosistemov, ker pomeni, da so pestri, dinamični in bogati v smislu življenjskih oblik. Njihova vloga v naravi je izrednega pomena. Zadržujejo visoke in bogatijo nizke vode, prav tako pa v mokriščih poteka presnova in zadrževanje hranil ter primarna proizvodnja. Označujejo jih kot ledvice pokrajine, saj imajo veliko vlogo pri kroženju in ohranjanju kakovosti vode. V vodnem krogu opravljajo vitalno funkcijo, saj imajo vlogo vodnega zbiralnika ter s tem bogatijo podtalnico. Sprejmejo lahko veliko količino vode, ki jo postopoma spuščajo naprej in tako pripomorejo k preprečevanju poplav in erozije. S specifično vegetacijsko sestavo delujejo kot naravne čistilne naprave in tako pripomorejo k prečiščevanju vode (Beltram, 2003).

Primarni mehanizem, odgovoren za razgradnjo organske snovi v mokriščih in njihovo delovanje, je mikrobna aktivnost. Mikroorganizmi lahko v prisotnosti zadostne količine hranil in kisika organske snovi pretvorijo v končne produkte, kot so mikrobna biomasa, ogljikov dioksid in voda. Te procese imenujemo bioremediacija in so odgovorni za večji del odstranjevanja dušika v RČN. Stopnja biorazgradnje upada z upadanjem temperature, kar pomeni, da so bioremediacijski procesi v hladnejšem podnebju manj učinkoviti, vendar jih je možno pospešiti z vnosom toplega zraka, vzdrževanjem anaerobnih razmer, občasnim umetnim prezračevanjem ali dodatnim zagotavljanjem hranil (Zupančič Justin, 2006).

Slika 4: Shema rastlinske čistilne naprave



Vir: Rastlinska čistilna naprava Lisca, 2007, str. 5

Rastlinske čistilne naprave so ene izmed bioloških čistilnih naprav. Odpadno vodo čistijo na podlagi posnemanja mokrišč, ki z biofiltracijo odstranjujejo sedimente in druga onesnaževala. Sestavljene so iz več gredic (slika 4), skozi katere teče odpadna voda in se s pomočjo mikroorganizmov, ki se razvijejo na vegetaciji, ki je v napravi zasajena, očisti. Perifiton oziroma skupnost organizmov odstrani do 90 % onesnaževal, ostalih 10 % pa odstranijo rastline same (Roš, Panjan, 2012).

V primeru, da je na razpolago dovolj prostora, je RČN najugodnejša rešitev za čiščenje odpadne vode. Poraba prostora je odvisna od lokalnih pogojev in obremenitve, znaša pa nekje med 3 do 3,5 m^2/PE, kar za štiričlansko družino pomeni 12 do 14 m^2 (BOSON …, 2014). V različni literaturi se sicer navajajo različne velikost pri načrtovanju RČN; podjetje LIMNOS (2010) navaja velikost 2,5 m^2/PE, gospod Iztok Ameršek (2016) iz podjetja Liviplant pa navaja velikost 1,5 m^2/PE.

Naprave so primerne za čiščenje odplak iz stanovanjskih hiš, turističnih ali ekokmetij, gostinskih objektov, planinskih koč in počitniških hiš. Posnemajo samočistilne sposobnosti narave, za delovanje pa ne potrebujejo električne energije (LIMNOS, 2011).

Velikost naprav je sicer omejena glede na razpoložljiv prostor, vendar pa je največja slovenska RČN narejena za 1000 PE, obstajajo pa še projekti za večjo napravo za 1740 PE (LIMNOS, 2010).

PE označuje populacijski ekvivalent in predstavlja eno osebo. Izraža se s porabljeno količino vode, ki znaša 150 l/dan, ali pa z organsko obremenitvijo, ki znaša 60 g BPK5/dan (LIMNOS, 2010).

RČN učinkovito zmanjšujejo število fekalnih in drugih bakterij (90−99%), zelo pa so efektivne tudi pri zmanjševanju KPK, BPK5 ter ostalih parametrov (Limnowet raastlinske ..., 2016) Pri čiščenju izcednih voda z RČN mora biti sistem sposoben odstraniti hranila in strupene snovi. Prednost teh sistemov je, da so nezahtevni, enostavni za vzdrževanje in energetsko ne potratni. Glavne lastnosti RČN, ki so pri čiščenju odpadnih voda izrednega pomena, so pestra mikrobna združba, ki vodeno razstruplja določena onesnaževala, vgradnja organskih in anorganskih snovi v biomaso močvirskih rastlin, adsorbcija kovin na medij in koreninski in rizomski sistem ter aerobna in anaerobna razgradnja organskih snovi. Velik pomen pri delovanju RČN pa ima tudi podnebje, saj rastline in mikroorganizmi v različnih temperaturnih pogojih delujejo različno. Zaradi stalnega dotoka odpadne vode se ravnotežje elementov v ekosistemu stalno ruši, zato je zelo pomembno, da se je sistem zmožen prilagajati na vedno nove razmere (Bulc, 1998).

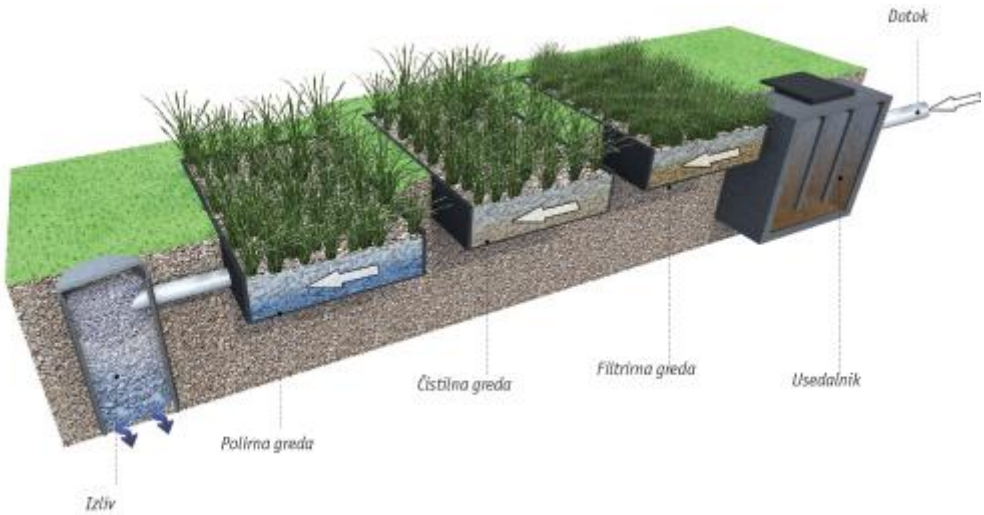
V gospodinjstvih in kmetijskih dejavnostih so najpogostejša hranila, ki tu nastajajo, organske snovi, dušikove spojine in fosfati, težke kovine ter druge strupene snovi. RČN jih s posnemanjem samočistilnih sposobnosti močvirskih sistemov učinkovito očistijo, zato so za tak namen izredno primerne. V sistemih tako poteka aerobna in anaerobna razgradnja, filtracija, sedimentacija ter adsorpcija (Vovk Korže, Vrhovšek, 2006).

Pri izgradnji sistema je treba upoštevati spremembe kakovosti in količine izcedne vode tako kratkoročno kot na dolgi rok. Uporabljajo za čiščenje izcednih voda na mestu nastanka, z namenom zmanjšanja nevarnosti onesnaženja podtalnice in površinskih voda. Lahko se uporabljajo kot samostojno čiščenje ali kot dodatno, polirno čiščenje, ki sledi konvencionalnemu. Temelji na uporabi rastlin, prilagojenih na veliko količino vode, ki v substrat s svojimi koreninami vnašajo kisik (Zupančič Justin, 2006).

4.1 ZAČETKI IN RAZVOJ

Prva, ki se je lotila poskusov čiščenja odpadne vode s pomočjo močvirskih rastlin, je bila nemška raziskovalka Kathe Seidel, ki se je dela lotila leta 1950 na nemškem inštitutu Max Planck v Plonu. Večino poskusov je opravljala na napravah s horizontalnim (slika 5) ali vertikalnim pretokom (Vymazal, 2010).

Slika 5: Rastlinska čistilna naprava



Vir: LIMNOWET, 2014.

Prva prava RČN je bila izdelana na Nizozemskem leta 1967 in je imela prosto vodno površino (Vymazal, 2010). V svetu se je sicer večje zanimanje in intenzivnejši razvoj RČN pričel že 60. in 70. letih dvajsetega stoletja (Bulc, 1998), medtem ko so se sistemi v Evropi razširili nekoliko kasneje, in sicer v 80. in 90. letih dvajsetega stoletja (Vymazal, 2010).

Prva je RČN z vertikalnim pretokom uvedla Kathe Seidel, vendar se zaradi zahtevnejšega vzdrževanja in nujnosti črpanja odpadne vode niso širile tako kot horizontalne naprave. Voda se je dovajala neposredno na površino RČN ter pronicala gravitacijsko skozi peščeni medij, nov dotok vode pa je prišel šele, ko je prejšnja količina vode popolnoma odtekla. V primerjavi s horizontalnim sistemom je vertikalni potreboval manj prostora za izgradnjo in delovanje (Vymazal, 2010).

Za doseganje večje učinkovitosti so že v 50. in 60. letih kombinirali različne tipe RČN. Najpogosteje so bile v paru uporabljene horizontalne in vertikalne naprave, vendar je bila takrat uporaba takih sistemov še močno omejena. Danes se kombinirane naprave uporabljajo predvsem za prečiščevanje amonijaka in dušika (Vymazal, 2010).

V Sloveniji se je zanimanje za RČN povečalo v 80. letih dvajsetega stoletja. Znanstveniki so se pri raziskovanju čiščenja odpadnih vod z omenjenimi

sistemi naslanjali predvsem na raziskave in delovanje le-teh v tujini. S pridobljenim znanjem in izkušnjami so kasneje razvili sodobnejšo tehnologijo, ki je prilagojena na specifične naravnogeografske, gospodarske in vodne razmere v Sloveniji (Bulc, 1998).

Danes v Sloveniji obstaja kar nekaj podjetji, ki se ukvarjajo s projektiranjem, montažo in razvojem RČN; AMREX (Armex Armature d.o.o., 2016), ProSigma d.o.o. (ProSigma d. o. o., 2016), LIMNOS (Limnos, 2010), Liviplant (Liviplant, 2016) in drugi.

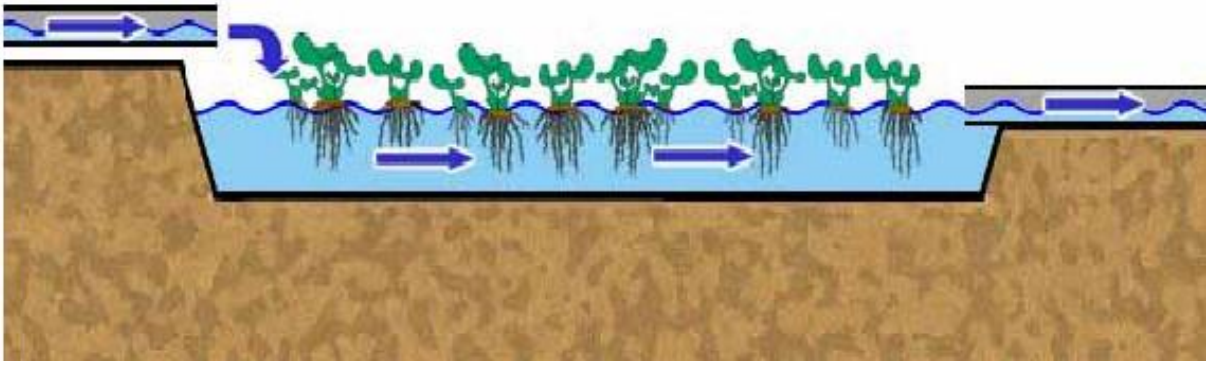
4.2 VRSTE

Obstajata dve glavni vrsti RČN, in sicer s površinskim ter s podpovršinskim tokom vode. Naprave s podpovršinskim tokom so manj gostoljubne za komarje in druge žuželke, ki živijo ob vodi, za izgradnjo pa zahtevajo manjšo površino kot naprave s površinskim tokom (Roš, Panjan, 2012).

RČN s površinskim pretokom so gosto zaraščene in globoke manj kot 4 metre. RČN s podpovršinskim tokom pa so lahko s horizontalnim in vertikalnim tokom, slednje so namenjene predvsem čiščenju voda, ki imajo visoke vsebnosti amonijaka (Griessler Bulc, 2008). Te najbolj posnemajo procese iz narave in so sestavljene iz gred, ki so nasute s substratom. Pod substratom je aerobno območje, v katerem se nahajajo alge ali makrofiti. Nižje je le še anaerobno območje, v katerem potekajo mikrobni procesi. Ti sistemi se uporabljajo za čiščenje padavinskih vod in odpadnih vod iz kmetijskih površin (Vidmar, 2010).

RČN s podpovršinskim tokom vode se navadno uporabljajo za čiščenje manjših virov onesnaževanja, zato so primerne za individualne hiše, stanovanjska naselja, industrijske obrate in podobno. Grede so obdane z izolirnim dnom in napolnjene s približno 0,3 do 0,9 m substrata, ki je sestavljen iz kamnitih, pečenih in prodnatih delcev določene velikosti. Nivo vode je ustaljen pod površino substrata (Zupančič Justin, 2006). Ta tip RČN pa lahko delimo še v dve skupini, in sicer na sisteme s horizontalnim in sisteme z vertikalnim pretokom vode. Prvi imajo stalni pretok vode skozi medij, kisik pa se vnaša s pomočjo atmosferske difuzije in emergentnih vodnih rastlin. Pri sistemih z vertikalnih tokom pa voda prihaja v določenih intervalih, med katerimi mora voda iz prejšnjega intervala povsem odteči. Drugi tip je sicer bolj napolnjen s kisikom, saj lažje prehaja iz atmosfere v substrat, ko ta ni prekrit z vodo (Zupančič Justin, 2006).

Slika 6: Sistem s prosto plavajočimi rastlinami



Vir: *Bulc, Vrhovšek, 2007, str. 7.*

RČN lahko delimo tudi glede na prevladujoče rastline, ki se v sistemu pojavljajo. Tako ločimo sisteme s prosto plavajočimi rastlinami (slika 6), rastlinami s plavajočimi listnatimi, zakoreninjenimi in potopljenimi rastlinami. Kot ena od možnosti za učinkovitejše čiščenje se pojavljajo tudi kombinirane naprave, ki so navadno sestavljene iz vertikalnih in horizontalnih naprav. Vertikalne RČN se navadno uporabljajo le za primarno in sekundarno čiščenje, medtem ko se horizontalne uporabljajo tudi za terciarno čiščenje (Vymazal, 2010).

4.3 IZGRADNJA IN DELOVANJE

RČN je kontroliran ekosistem, kjer potekajo vse tri faze čiščenja na enem mestu (Vrhovšek, Kroflič, 2007). Navadno se projektirajo za zimski čas, da takrat dosegajo zahtevano učinkovitost, poleti pa se delovanje le še izboljša (LIMNOS, 2010). Običajno so zgrajene iz treh gred – filtrirne, čistilne in polirne. Prva točka je mehansko pred čiščenje, kjer se zadržijo trdi delci in poteka sedimentacija. Grede so sestavljene iz izolirne folije, substrata, ki je mešanica različnih peskov in vlagoljubnih rastlin (Griessler Bulc, 2008). Dno grede mora biti neprepustno, da se podtalnica ne kontaminira z onesnaževali. S tem namenom je navadno notranji del obložen z glino, betonom ali neprepustno folijo (Vovk Korže, 2015). Grede RČN navadno vsebujejo od dvajset do trideset centimetrov medija, v katerem lahko koreninijo rastline, ter od dvajset do štirideset centimetrov višine vode. Vegetacija navadno pokriva več kot polovico sistema in se je ne odstranjuje, saj zagotavlja organski ogljik, ki je potreben za nadaljnjo denitrifikacijo (slika 7) (Vymazal, 2010).

Rastline, ki se uporabljajo za RČN, morajo imeti visoko koncentracijo biomase in visoko stopnjo rasti ter sposobnost kopičenja kovin v nadzemnih delih. Uporabljajo se lahko tri vrste: plavajoče, potopljeno in ukoreninjeno rastje (Vovk Korže, 2015).

Rastline, ki se nahajajo v gredah, utrjujejo površino sistema, preprečujejo tvorbo erozijskih kanalov, zamašitve, omogočajo pogoje za filtracijo, upočasnjujejo tok vode, predstavljajo izolacijo in omogočajo naselitev mikroorganizmov. Mikroorganizmi so potrebni za fizikalne, kemijske in biološke pretvorbe, ki s tem spreminjajo sestavo vode. Pretvorbe so odvisne tudi od delovanja encimov, temperature, koncentracije raztopljenega kisika, pH, drugih kemijskih snovi, za delovanje RČN pa je pomembnejša mikrobna aktivnost od velikosti združbe (Griessler Bulc, 2008).

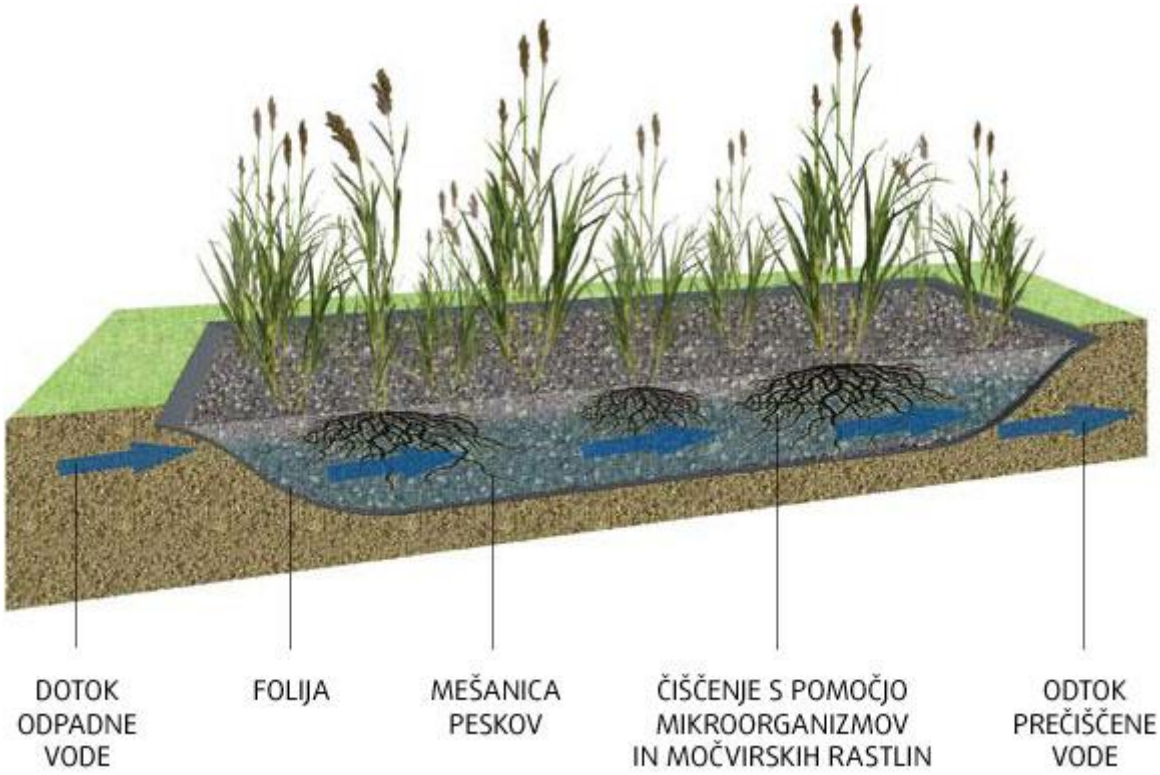
Trdi delci so v prvi gredi odstranjeni s filtracijo skozi vegetacijo in medij. V nadaljnjih korakih so organske snovi odstranjene s pomočjo mikrobnega delovanja, dušik pa z nitrifikacijo in denitrifikacijo (Vymazal, 2010). Pri odstranjevanju dušikovih in fosforjevih spojin je v RČN 70−90 % učinkovitost, pri čiščenju drugih bakterij in fekalij pa kar 90−99 % (Vrhovšek, Kroflič, 2007).

Vrednost pH je za delovanje RČN pomembna, saj nadzira topnost plinov in trdih snovi, vpliva na nastajanje ionskih in ne-ionskih oblik kislin in baz ter prispeva k vsebnosti kationov ter s tem ionski izmenjavi v vodi. Pomembna je tudi za delovanje bakterij, saj večina teh lahko deluje med pH 4 in 9,5. Preden sistem preplavimo, se vrednost pH giblje med 3 in 10. Po preplavitvi sledi močan padec, do katerega pride zaradi aerobne razgradnje, vendar se sčasoma vrednost v sistemu ustali pri dokaj nevtralni vrednosti, nekje med 6,7 in 7,2. Naravni vir kislosti v ekosistemu so organske snovi ter odmiranje in razgradnja močvirskih rastlin, ki omogočajo nevtraliziranje bazičnih snovi, vstopajočih z odpadno vodo (Bulc, 1998).

Vsebnost kisika v sistemu je pomembna za potek oksidacije ogljikovih in dušikovih spojin. V sistem vstopa preko listov močvirskih rastlin, njegova koncentracija pa je odvisna od temperature vode, topnih snovi in biološke aktivnosti (Bulc, 1998).

Temperatura vpliva na številne kemijske in biološke procese, ki potekajo v sistemih RČN. Odvisna je od letnega časa, dnevnega obdobja, leta, geografske širine, Sončevega obsevanja, hitrosti vetra, relativne vlage, zračnih temperatur in tipa RČN. Pri nižjih temperaturah lahko izolacijo predstavljajo tudi led, sneg in odmrli rastlinski material, zato je možno učinkovito delovanje RČN tudi v zimskem času (Bulc, 1998).

Slika 7: Prerez grede v rastlinski čistilni napravi



Vir: LIMNOWET, 2014.

Značilnosti medija se oblikujejo sproti, s pomočjo različnih fizikalnih, kemijskih in bioloških procesov. Ti potekajo podobno kot v naravnih močvirjih, zato je treba pred postavitvijo podrobno poznati delovanje le-teh. Sicer se medij v RČN razlikuje od naravnega, saj ima povečano mikrobno aktivnost, prisotnih je več gliv, alg in nevretenčarjev, ki pripomorejo k večjem deležu detrita, povečana električna prevodnost pa je prisotna zaradi povečane vsebnosti raztopljenih snovi. V mediju je soodvisnost fizikalnih, kemičnih in bioloških lastnosti velika. Nanaša se predvsem na izvor zemljine ter spremembe, katerim je stalno podvržena, na kemijske lastnosti in kemijsko vezavo medija ter na vsebnost mikroorganizmov, ki so eden najpomembnejših sestavnih delov RČN (Bulc, 1998).

Če pri izgradnji sistema s podpovršinskim tokom uporabimo naravni medij, bo sistem v roku dveh let začel delovati kot zrelo močvirje (Bulc, 1998).

4.4 PROCESI V RČN

Procesi, ki potekajo znotraj RČN, so s področij hidrologije, hidravlike in kinetike. Ti poskrbijo za razmeroma stalne hidrološke pogoje znotraj naprav. Masna bilanca in mašenje sistema pa vplivata na zadrževalni čas in

učinkovitost čiščenja odpadne vode (Bulc, 1998). Med pomembnejše procese pa spadajo:

- EVAPOTRANSPIRACIJA: je odvisna od vegetacijske rastne sezone in vpliva Sončevega sevanja, v nekaterih RČN pa se pojavi tudi drugačna mikroklima. Po koncu rastne sezone organski material odmre in evapotranspiracija se zmanjša, vendar tudi v zimskem času, ko je sistem prekrit s snegom ali ledom, ne doseže ničelne vrednosti (Bulc, 1998).
- SPREMINJANJE KONCENTRACIJE ONESNAŽEVAL OB PREHODU SKOZI SISTEM: vsaka snov v sistemu ima določeno dolžino zadrževalnega časa, pomemben vpliv pa ima tudi letni čas, saj je v toplejšem delu leta razgradnja pospešena, v hladnejšem pa upočasnjena. Zato se koncentracije onesnaževal v sistemu stalno spreminjajo glede na lastnosti in temperaturo (Bulc, 1998).
- OKSIDACIJA IN REDUKCIJA ALI REDOKS REAKCIJE: redoks reakcije pospešujejo kroženje in pretvorbo različnih elementov (dušik, ogljik, vodik, žveplo, kovine) in so zato za delovanje sistemov izrednega pomena. Anorganske spojine se reducirajo, organske pa oksidirajo. V splošnem te reakcije vplivajo na topnost, razpoložljivost in mobilnost hranil in onesnaževal. Močvirna tla so sicer anaerobna, saj so nasičena z vodo, ki izpodrine kisik, vendar pa so rastline, ki so zasajene v sistemih posebej prilagojene in zato v takih razmerah bujno uspevajo (Zupančič Justin, 2006).

4.5 KROŽENJE SNOVI

OGLJIK: Velik delež ogljika v RČN predstavlja organski ogljik, ki nastane zaradi rasti, odmiranja in razgradnje biomase. Ogljik v sistemu kroži zaradi fermentacije, matanogeneze, sulfatnih in nitratnih redukcij in redukcij železa, ki se dogajajo v anaerobnih območjih, ali z dihanjem, ki se dogaja v aerobnih območjih sistema. Navadno kroženje ogljika v RČN pojasnjujemo z BPK (biološka potreba po kisiku) (Bulc, 1998).

DUŠIK: Odstranjevanje dušika predstavlja največjo težavo in izziv pri načrtovanju RČN, saj neprestano prehaja iz anorganskih v organske oblike in obratno. Da so pogoji v RČN primerni za odstranjevanje dušika, mora le-ta delovati vsaj šest mesecev, da se pogoji v sistemu ustalijo. Prehajanje poteka s pomočjo usedanja, difuzije, odpadanja rastlinskih delov, v sistem prihaja z vnosom padavin in iz njega izhaja z izhlapevanjem. Najpomembnejši procesi kroženja dušika so torej izhlapevanje, razgradnja biomase in adsorpcija na medij. Reakcije, ki potekajo v RČN in so povezane z dušikom, so še amonifikacija, nitrifikacija in denitrifikacija. Denitrifikacija je sicer najuspešnejša pri pH 7 in temperaturah med 23 °C in 50 °C, vendar lahko poteka tudi pri temperaturah nižjih od 5 °C (Bulc, 1998).

FOSFOR: Fosfor je najtežji element za odstranjevanje v katerikoli čistilni tehnologiji, vendar pa so pri tem RČN najučinkovitejše. Najučinkovitejše

odstranjevanje je v prvih letih delovanja RČN, saj medij še ni popolnoma zasičen. Ko element vstopi v sistem, se pretvori iz organskega v anorgansko obliko in se pri tem veže z večjim številom drugih elementov, zato je od teh tudi odvisna adsorpcija na medij. Ta je odvisna še od pH, velikosti delcev, redoks potenciala, ionske izmenjevalne kapacitete, aerobnih in anaerobnih pogojev, hidrologije in vsebnosti organske snovi, temperatura pa na zmanjšanje koncentracije neposredno ne vpliva (Bulc, 1998).

KISLINE, BAZE, SOLI IN KOVINE: Na kemijsko sestavo RČN imajo velik vpliv soli, kisline in baze, ki ob stiku z vodo disociirajo in tvorijo ione, ki se kasneje vežejo z drugimi elementi. Kovine, ki se nahajajo v odpadnih vodah, so v majhnih količinah sicer pomembne za delovanje določenih organizmov, v prevelikih pa so lahko toksične. Učinkovito odstranjevanje kovin v RČN poteka zaradi številnih reakcij vezave na medij, med delci, topnimi organskimi snovmi, obarjanjem in asimilacijo v biomaso. Vezava na medij je izrazito odvisna od pH in poteka s pomočjo kationske izmenjave (Bulc, 1998).

NERAZTOPLJENE SNOVI: odstranjevanje neraztopljenih snovi je ena glavnih nalog RČN. Procesi, ki potekajo pri čiščenju teh snovi, so kompleksni. Nekateri izmed njih so filtracija, kemijsko obarjanje ter raztapljanje in tvorjenje sedimenta. Učinkovito zadrževanje teh snovi je sicer mogoče z majhno hitrostjo vode ter prisotnostjo ustreznega medija in rastlin (Bulc, 1998).

4.6 PREDNOSTI, SLABOSTI IN VZDRŽEVANJE

RČN so dolgoročno ugodnejša investicija od konvencionalnih čistilnih naprav za čiščenje odpadnih voda, stroški vzdrževanja so nizki, saj ne potrebujejo rednih servisov mehanske opreme, za delovanje ne potrebujejo električne energije ali drugih strojnih in električnih komponent, odstranjujejo hranila in strupene snovi, vključeno pa je tudi terciarno čiščenje. V primeru preobremenitve je možna kompenzacija, imajo dolgo življenjsko dobo in se vključujejo v okolje. Prečiščeno vodo je mogoče ponovno uporabiti za zalivanje (LIMNOS, 2010).

Med prednostmi RČN velja izpostaviti enostaven princip in tehnologijo, zanesljivo delovanje, možnost odstranitve dušikovi spojin in lažjo umestitev v prostor (Vrhovšek, Kroflič, 2007). Naprave s podpovršinskim tokom so primernejše za bližino naselij, saj površina ni izpostavljena zunanjemu okolju, substrat in pretočni režim nudita boljšo termalno zaščito, kar pomeni, da so učinkovite tudi v hladnejši klimi (Zupančič Justin, 2006).

K slabostim RČN štejemo dejstva, da je za izgradnjo potrebna večja površina kot pri konvencionalnih čistilnih napravah ter da bioremediacijski in fitoremediacijski procesi potrebujejo več časa za očiščenje kot v konvencionalnih čistilnih napravah. Sistem je lahko manj zanesljiv zaradi nepredvidljivih naravnih procesov, lahko pa pride tudi do zamašitve sistema, zato je potrebno redno vzdrževanje. Pogost problem je primanjkovanje kisika,

ki je potreben za določene procese, v napravi, v mediju pa se sčasoma akumulirajo onesnaževala, zato ga je treba v določenih časovnih obdobjih prečiščevati ali zamenjati (Zupančič Justin, 2006).

Vzdrževanje naprave je enostavno. V prve pol leta je treba iz sistema odstraniti plevel, kasneje pa to ni več potrebno. Redno je treba preverjati nivo vode, da ta ne pride na površino naprave (Vovk Korže, 2015).

Potrebno je še redno odstranjevanje mulja, občasni pregled cevi, košnja rastlin enkrat letno in praznitev usedalnika na tri leta (Bodi eko, 2008).

5. LOCIRANJE RASTLINSKH ČISTILNIH NAPRAV

Preden sem se lotila analize in izdelovanja kart, sem predvidevala, da bom imela največ težav z umestitvijo večjih RČN v severnejših naseljih, saj je relief tam najbolj razgiban, poselitev pa najbolj razpršena.

Podatke, ki sem jih potrebovala pri opisnem delu, sem pridobila s spletne strani IObčina (2016).

Ker so vsa naselja razpršena, ni mogoče locirati le ene naprave, saj bi bili stroški izgradnje previsoki, zato sem poskušala locirati več manjših naprav, ki bi zmanjšale stroške izgradnje omrežja in naprav.

5.1 KRITERIJI ZA DOLOČITEV LOKACIJE

Pri določanju kriterijev za postavitev naprav sem se posvetovala z gospodom Iztokom Amerškom iz podjetja Liviplant d. o. o., ki mi je svetoval, kakšne naprave so za naselja najprimernejše, kakšen naklon je potreben za normalno delovanje, koliko rezerve je potrebne pri načrtovanju za določeno število prebivalcev, kje je najprimernejši prostor za naprave in kako razsežno je (v smislu variacije kapacitete vode glede na spremembe v številu prebivalce) najbolje načrtovati sisteme.

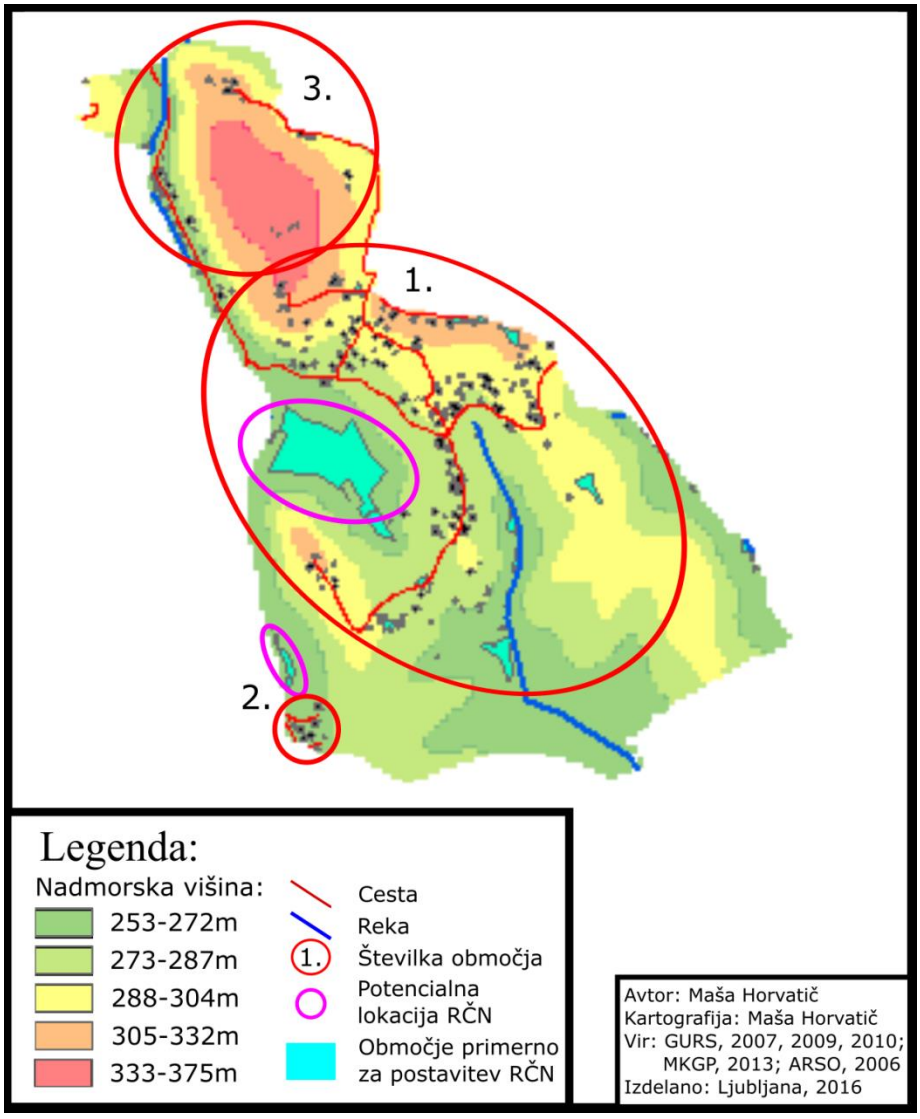
Najprimernejši naklon za postavitev RČN je 1°, na podlagi pogovora s strokovnjakom pa sem obseg primernega naklona naprav določila med 0° in 3°. Za izravnavanje ali povečanje naklona je takšen naklon še možno prirediti brez težav. Glede rabe tal sem se omejila le na travniške površine, z namenom, da ne bi bil poseg v naravno okolje prevelik ali v kakršnikoli meri preobremenjujoč. Če je bilo možno, sem napravo locirala čim bližje skupini hiš, katere naj bi bile nanjo priključene. Pri lociranju oziroma določanju najprimernejše lokacije sem preverila tudi postavitev cestne infrastrukture ter vodotokov, saj sta oba omejitvena dejavnika v smislu postavitve cevovoda. Odločila sem se za velikost 1,5 m^2/PE, saj to vključuje najnovejšo tehnologijo, sicer pa bom navedla tudi potrebne velikosti, če bi uporabila najpogostejšo oziroma standardno velikost, ki znaša 3 m^2/PE.

5.2 SLATINA V ROŽNI DOLINI

Slatina v Rožni dolini je razloženo naselje, ki leži vzhodno od Šmartinskega jezera. Nahaja se na nekoliko dvignjenem svetu med potokoma Koprivnica in Sušnica. Na severnem delu se nahaja 377 metrov visok vrh Slačjek z istoimenskim zaselkom, ki skupaj še z zaselkom Tesno spada pod naselje Slatina. Več stavb na območju je počitniških hišic, glavna kmetijska dejavnost v naselju pa je živinoreja (Orožen Adamič, Perko, Kladnik, 1995).

Slatina leži na 298,7 m nadmorske višine in se razteza na 1,31 km^2 (Zbirke prostorskih podatkov ..., 2010). V naselju živi 242 prebivalcev (preglednica 1) v 94 gospodinjstvih (Gostota naseljenosti ..., 2016).

Slika 8: Potencialne lokacije RČN v naselju Slatina v Rožni dolini



Slatina v Rožni dolini je najbolj ravninsko naselje izmed preučevanih, zato je razdeljeno na najmanj območij.

V prvem območju živi 213 prebivalcev v 78 stanovanjskih poslopjih. Za postavitev RČN sistema je potrebno 319,5 m^2. Zaradi možnosti variiranja števila prebivalcev bi bilo smiselno postaviti napravo v velikosti 330 m^2, ki bi bila sposobna sprejeti odpadno vodo 220 prebivalcev. S tehnologijo, ki zahteva velikost 3 m^2/PE, bi potrebovali 639 m^2. Prostor, ki je na voljo za postavitev naprav, meri 31700 m^2 (slika 8), kar je povsem dovolj za postavitev in lociranje največje naprave v preučevanem območju.

V drugem območju živi 18 prebivalcev v 7 stanovanjskih objektih. Za postavitev naprave je potreben prostor v velikosti 27 m^2, zaradi možnosti spremembe števila prebivalcev pa bi bilo dobro postaviti napravo v velikosti 38 m^2. V primeru, da bi bila potrebna velikost 3 m^2/PE, bi za postavitev naprave potrebovali 54 m^2. Območje, kjer bi bilo možno postaviti RČN, se sicer nahaja severno od skupine hiš, vendar je naklon povsod enak, zato ne bi bilo problemov s pretakanjem vode na napravo. Območje, ki je na razpolago, je veliko približno 1320 m^2.

Na območju tri se nahaja nekaj stanovanjskih objektov, ki so razpršeni po prostoru in se nahajajo na precej razgibanjem reliefu, zato bi za to območje predlagala postavitev individualnih RČN.

Slika 9: Potencialno območje za postavitev RČN v naselju Slatina v Rožni dolini na območju 1

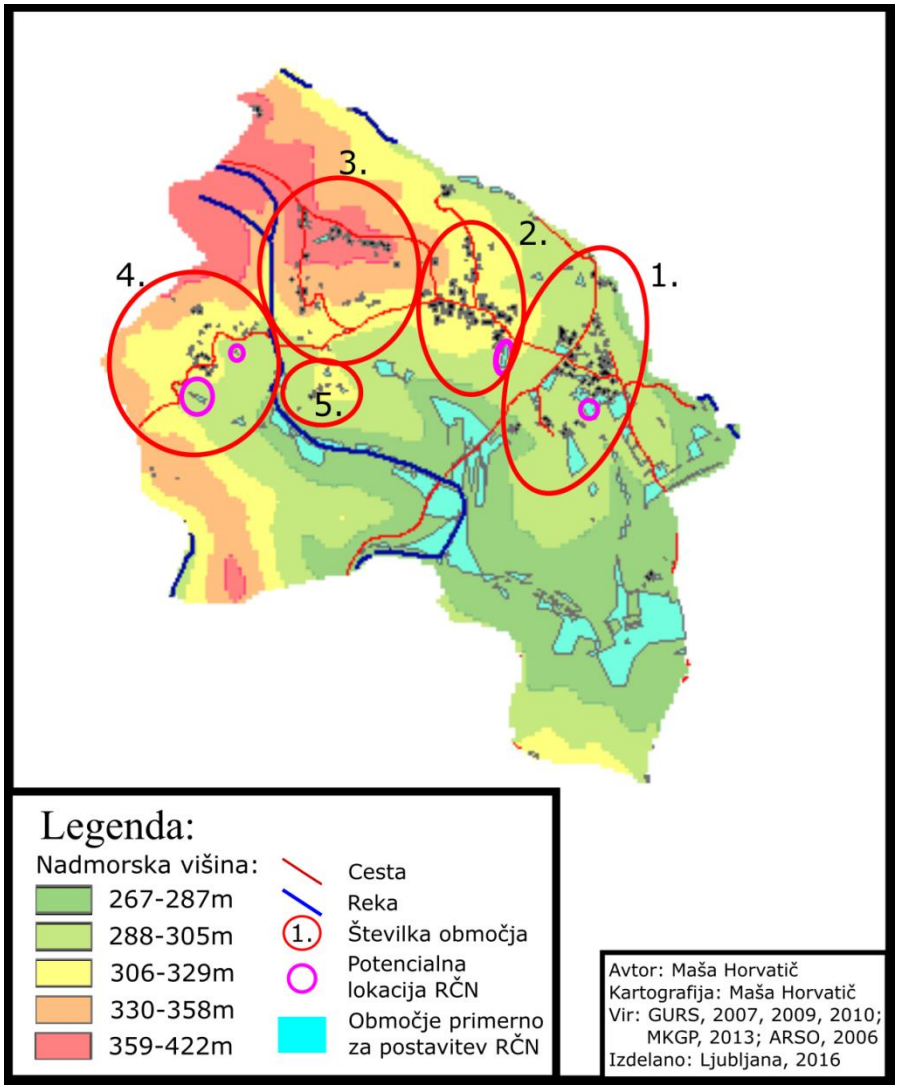
Avtorica: Maša Horvatič, 2016.

5.3 ŠMARTNO V ROŽNI DOLINI

Šmartno v Rožni dolini je razloženo naselje z gručastim jedrom, ki leži v vzhodnem delu Ložniškega gričevja sredi razgibane pokrajine. Naselje sega od vrha Resenik na nadmorski višini 514 metrov, pa do doline potoka Koprivnice. Naselje je deljeno na tri dele. Na višji stopnji se nahajata zaselka Zlaka in Podturen, na srednji stopnji leži Zgornje Šmartno, na najnižji stopnji pa leži Spodnje Šmartno. Na prisojnih pobočjih območja se nahaja tudi nekaj vinogradov (Orožen Adamič, Perko, Kladnik, 1995).

Naselje sicer leži na nadmorski višini 315,7 m in se razteza na 2,39 km^2 površine, s čemer je največje naselje na preučevanem območju (Zbirke prostorskih podatkov ..., 2010). Ima 269 prebivalcev (preglednica 1) v 96 gospodinjstvih (Gostota naseljenosti ..., 2016). Naselje sem razdelila na pet območij.

Slika 10: Potencialne lokacije RČN v naselju Šmartno v Rožni dolini



V prvem območju živi 86 prebivalcev v 28 stanovanjskih objektih. Za tako kapaciteto bi bilo potrebnih 129 m^2 za postavitev RČN, vendar se mi zdi smiselno, da bi naprava merila 135 m^2 in prenesla vnose 90 prebivalcev, v primeru manjše variacije njihovega števila. Za izgradnjo je na voljo 1400 m^2 primernega prostora, zato na tem mestu ne bi bilo problemov z lociranjem naprave, tudi če bi bila narejena s tehnologijo, ki bi potrebovala 3 m^2/PE, saj bi ta zavzela 258 m^2.

V drugem območju živi 69 prebivalcev v 22 stanovanjskih objektih. Za toliko prebivalcev bi potrebovali napravo v velikosti 103,5 m^2, vendar bi, zaradi variacije števila prebivalcev, načrtovala napravo v velikosti 112,5 m^2, ki bi bila dovolj velika za uporabo 75 prebivalcev. Lokacija, na kateri bi locirala napravo, leži južno od skupine hiš, na voljo pa je dobrih 1130 m^2. Ker je na voljo dovolj prostora, ne bi bilo težav s postavitvijo naprav, ki so načrtovane za 3 m^2/PE, saj bi potrebovali 207 m^2.

Na območju tri živi 57 prebivalcev v 15 stanovanjskih objektih. V tem območju so pogoji za postavitev RČN najslabši, saj je prostor za umestitev sistema le severno od skupine hiš, kar pa je za postavitev neprimerno, saj se relief dviga, ker pomeni, da voda na napravo ne more gravitacijsko pritekati. Zato menim, da bi bilo za stanovanjske hiše tam treba urediti samostojne naprave.

Na območju štiri živi 34 prebivalcev v osmih stanovanjskih objektih. Potrebna velikost območja za postavitev RČN je 51 m^2, glede rezerve za možno povečanje števila prebivalcev pa bi bilo dobro postaviti napravo v velikosti 60 m^2, ki bi sprejela odpadno vodo 40 prebivalcev. V območju sta na voljo dve lokaciji v velikosti 430 m^2 in 86 m^2. V primeru, da bi se uporabila tehnologija, ki zahteva 3 m^2/PE, bi bilo za postavitev potrebih 171 m^2. Primernejša je sicer lokacija, ki ima na voljo manj prostora, vendar pa je tam možno napravo postaviti le z najnovejšo tehnologijo, ki zahteva 1,5 m^2/PE.

Na območju pet živi le osmih prebivalcev v dveh stanovanjskih hišah, zato je za ti dve poslopji smiselna postavitev individualnih čistilnih naprav.

V skrajnem južnem delu naselja se nahaja še nekaj stanovanjskih objektov, za katere predlagam postavitev individualnih RČN ali priključitev na naprave, ki bi se nahajale v naselju Slatina v Rožni dolini.

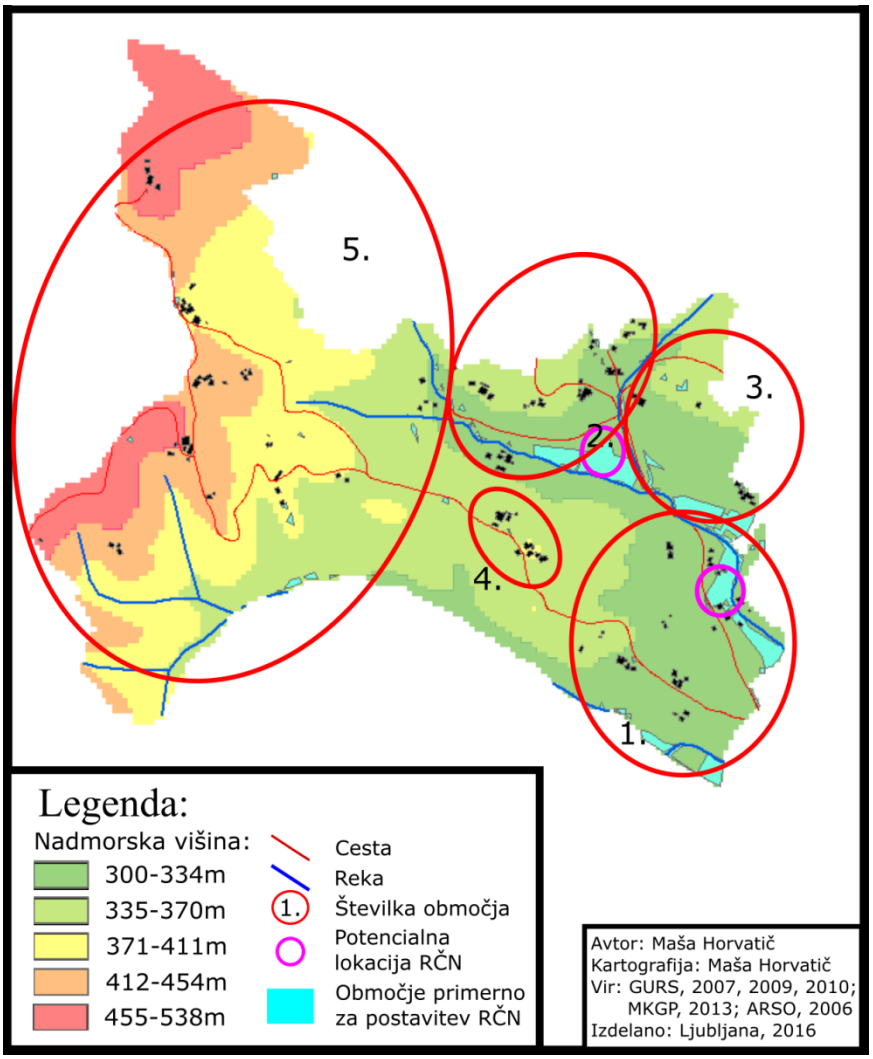
Slika 11: Potencialno območje za postavitev RČN v naselju Šmartno v Rožni dolini na območju 1

Avtorica: Maša Horvatič, 2016.

5.4 PEPELNO

Razloženo naselje Pepelno leži v severovzhodnem delu Ložniškega gričevja, severno od naselja Šmartno v Rožni dolini, nad dolino potoka Koprivnice. V naselju prevladuje živinoreja (Orožen Adamič, Perko, Kladnik, 1995). Naselje se nahaja na nadmorski višini 331,3 m in je veliko 1,45 km^2 (Zbirke prostorskih podatkov ..., 2010). V naselju živi 106 (preglednica 1) prebivalcev v 41 gospodinjstvih (Gostota naseljenosti ..., 2016).

Slika 12: Potencialne lokacije RČN v naselju Pepelno



Naselje sem razdelila na pet območij. V tem naselju največ težav pri lociranju naprav predstavlja prav glavni vodotok, ki se mu na tem mestu priključi največ pritokov, ki so po naselju razporejeni precej razvejano.

V prvem območju živi 33 prebivalcev v 11 stanovanjskih objektih. Za to število prebivalcev bi bila potrebna postavitev naprave v velikosti 49,5 m^2. Zaradi možnosti spremembe števila prebivalcev bi bilo smiselno postaviti napravo v velikosti 60 m^2, ki bi zadostovala za čiščenje odpadne vode za 40 prebivalcev. Prostora za postavitev naprav je na tem območju veliko, zato sem se odločila za lociranje naprave najbližje skupini hiš. Izbrano območje je veliko dobrih 2800 m^2, zato je na voljo več kot dovolj prostora tudi za postavitev naprave, za katero je potrebnih 3 m^2/PE oziroma skupno 99 m^2 za vse prebivalce območja.

V drugem območju je 12 prebivalcev v štirih stanovanjskih objektih, vendar so stavbe med seboj oddaljene preveč, da bi bilo smiselno postaviti skupno napravo, zato za to območje predlagam postavitev individualnih RČN.

V tretjem območju živi 20 ljudi v desetih stanovanjskih objektih. Tudi na tem območju je na voljo ogromno prostora za postavitev RČN, ki bi sicer morala meriti 30 m^2. V primeru povečanja števila prebivalcev bi bilo smiselno postaviti napravo v velikosti 37,5 m^2, ki bi zadostovala za odpadne vode 25 ljudi. Na voljo je več kot 12 000 m^2, zato ne bi bilo težav niti s postavitvijo naprav, ki zahtevajo velikost 3 m^2/PE, za katere bi bilo potrebnih 60 m^2.

V četrtem in petem območju je lociranje skupnih RČN nesmiselno ali celo nemogoče zaradi zelo razgibanega reliefa. V četrtem območju živi 16 prebivalcev v treh stanovanjskih objektih, v petem pa 26 prebivalcev v 11 stanovanjskih objektih, ki so po naselju močno razpršeni. Zato je za ti dve območji najbolj smiselna postavitev individualnih RČN.

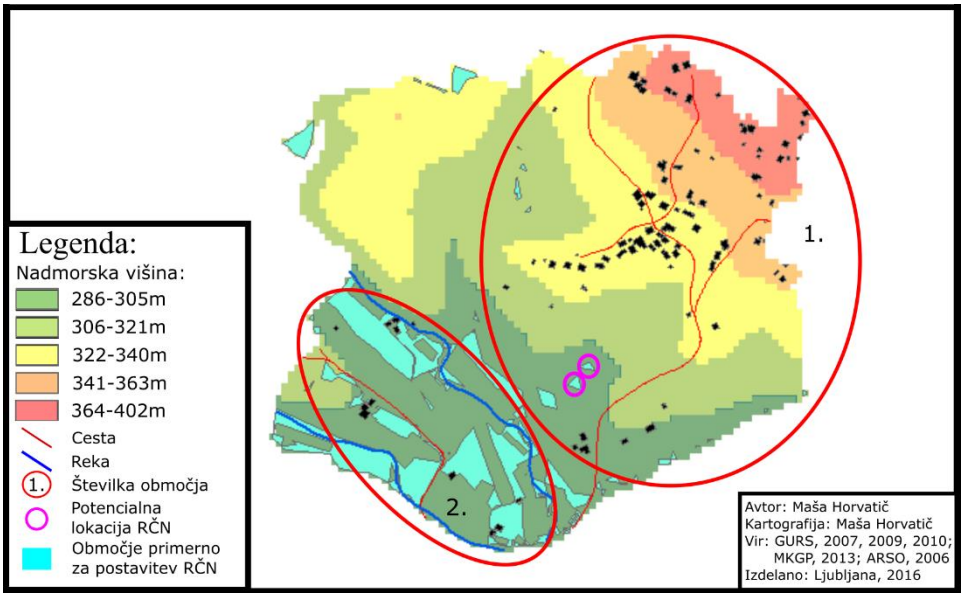
Slika 13: Potencialno območje za postavitev RČN v naselju Pepelno na območju 1

Avtorica: Maša Horvatič, 2016.

5.5 OTEMNA

Otemna je gručasto naselje v severovzhodnem delu Ložniškega gričevja, ki leži severno od naselja Šmartno v Rožni dolini. K naselju spada še zaselek Kravji Pogled. Na jugovzhodni strani naselja teče potok Reseničnica, ki je pritok potoka Koprivnice. Na prisojnih pobočjih najdemo vinograde, pomembna pa je tudi živinoreja (Orožen Adamič, Perko, Kladnik, 1995). Naselje leži na nadmorski višini 332,9 m in je veliko 0,79 km^2 (Zbirke prostorskih podatkov ..., 2010). V 47 gospodinjstvih živi 118 prebivalcev (preglednica 1) (Gostota naseljenosti ..., 2016).

Slika 14: Potencialne lokacije RČN v naselju Otemna



Naselje sem razdelila le na dve območji, saj je to eno od naselij, kjer so hiše najbolj zgoščene v večjo skupino oziroma so razporejene gručasto.

Na prvem območju živi 119 ljudi v 38 stanovanjskih objektih. Za tako število prebivalcev bi bilo treba postaviti napravo v velikosti 178,5 m^2. Zaradi možnosti povečanja števila prebivalcev bi bilo smiselno postaviti napravo v velikosti 187,5 m^2, ki bi bila zmožna sprejeti in očistiti vodo 120 prebivalcev. V naselju je sicer dovolj prostora za postavitev naprave, vendar je od največje skupine hiš rahlo oddaljen. Najbližji prostor, je sicer dovolj velik, saj meri dobrih 230 m^2, kar pa bi bilo premalo, za postavitev naprave, s tehnologijo 3 m^2/PE, saj bi bilo za tako napravo potrebnih 336 m^2.

V drugem območju živi šest prebivalcev v treh stanovanjskih objektih, zato bi za to območje predlagala postavitev individualnih RČN ali združenje s sosedi.

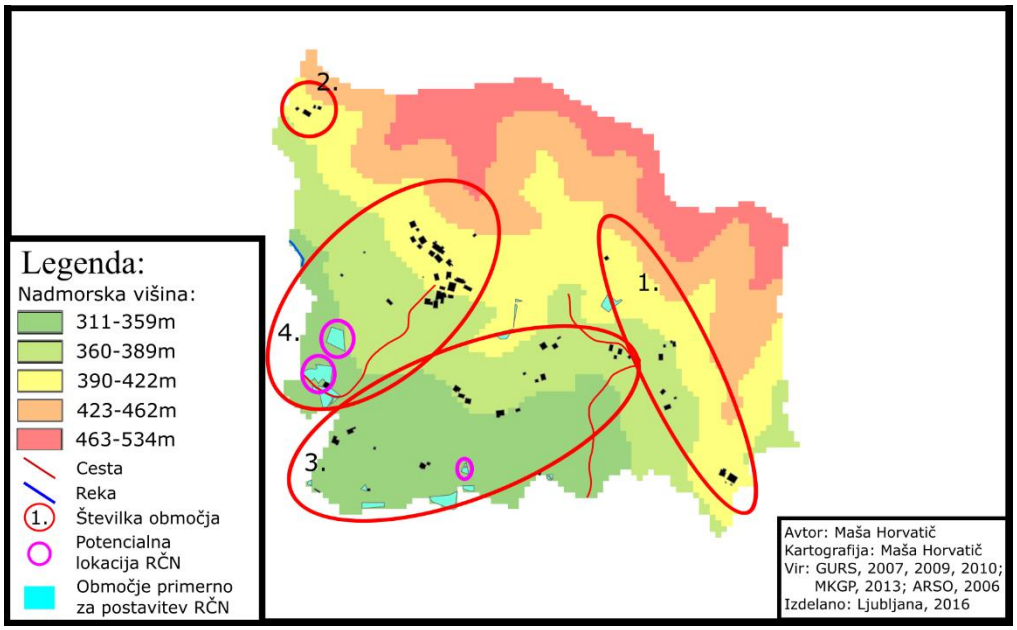
Slika 15: Potencialno območje za postavitev RČN v naselju Otemna na območju 2

Avtorica: Maša Horvatič, 2016.

5.6 JEZERCE PRI ŠMARTNEM

Jezerce pri Šmartnem je razložena vas z gručastim jedrom, ki leži v severovzhodnem delu Ložniškega gričevja. Leži ob vznožju 536 metrov visoke vzpetine Rigelj, v povirnem delu potoka Koprivnice. Zaradi prisojne lege se je na območju vasi razvilo vinogradništvo, sadjarstvo in vrtnarstvo (Orožen Adamič, Perko, Kladnik, 1995). Naselje leži na nadmorski višini 393,1 m in se razteza na površini 0,9 km^2 (Zbirke prostorskih podatkov …, 2010). V naselju živi 64 prebivalcev (preglednica 1) v 21 gospodinjstvih (Gostota naseljenosti …, 2016), s čemer je najmanjše naselje na območju.

Slika 16: Potencialne lokacije RČN v naselju Jezerce pri Šmartnem



Naselje sem razdelila na štiri območja.

V prvem območju živi 25 ljudi v petih stanovanjskih objektih. Za tako število prebivalcev bi bilo treba postaviti RČN v velikosti 37,5 m^2, zaradi možnega variiranja števila prebivalcev pa bi bilo smiselno postaviti napravo v velikosti 45 m^2, ki bi lahko sprejela odpadne vode 30 ljudi. Na tem območju sta na voljo dve lokaciji, v velikosti 1364 m^2 in 1574 m^2. Načeloma bi bila primernejša površinsko manjša lokacija, ki je po površini manjša, saj se nahaja bližje skupini hiš, zaradi majhnega števila prebivalcev in s tem majhne površine naprave pa z omenjeno lokacijo ne bi bilo težav. Zaradi velikosti razpoložljivega prostora, bi lahko brez težav postavili tudi naprave, katerih tehnologija zahteva velikost 3 m^2/PE, saj bi le-ta merila 75 m^2.

V drugem območju živi 24 prebivalcev v sedmih stanovanjskih objektih. Za takšno število prebivalcev bi bilo treba locirati napravo v velikosti 36 m^2, zaradi možnega povečanja števila prebivalcev pa bi bilo smiselno locirati napravo enake velikosti kot na prvem območju, in sicer v velikosti 45 m^2, ki bi lahko sprejela odpadne vode 30 ljudi. V drugem območju je sicer na voljo več možnih lokacij, zaradi razpršenosti skupine hiš pa bi bilo najbolj smiselno napravo locirati na najbližji možni lokaciji, ki je sicer najmanjša, vendar s 158 m^2 še vedno dovolj velika za lociranje RČN. Prav tako je na tej lokaciji na voljo dovolj prostora, če bi se pri izgradnji sistema uporabila tehnologija, ki zahteva 3 m^2/PE, saj bi za to potrebovali 72 m^2.

V tretjem in četrtem območju se nahaja še nekaj stanovanjskih objektov, za katere bi bila najbolj smiselna postavitev individualnih rastlinskih čistilnih naprav.

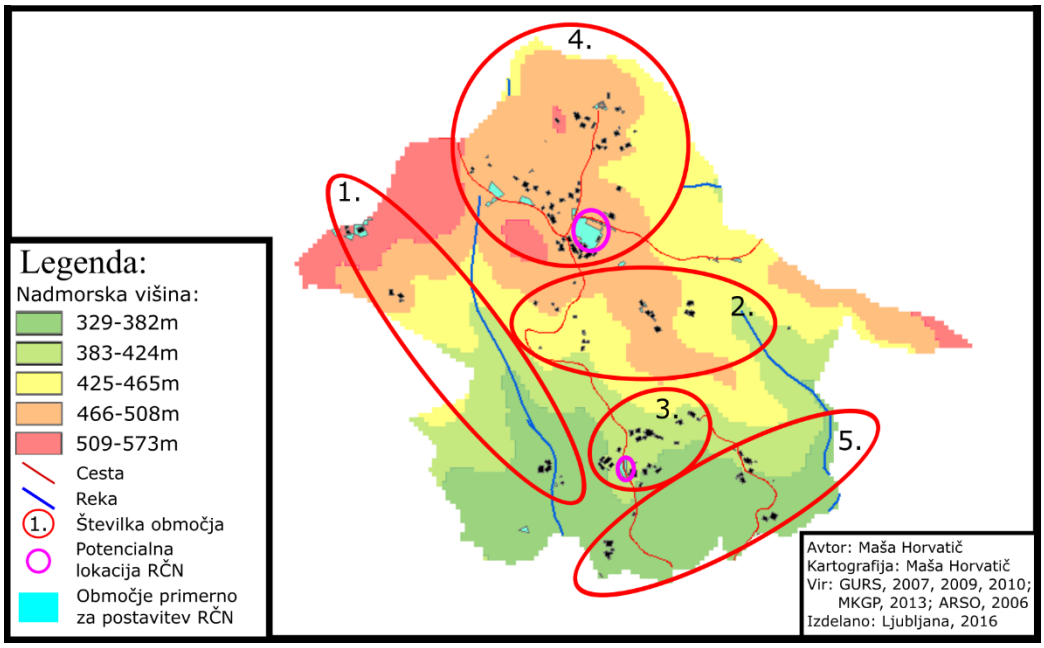
Slika 17: Potencialno območje za postavitev RČN v naselju Jezerce pri Šmartnem na območju 4

Avtorica: Maša Horvatič, 2016.

5.7 RUPE

Najsevernejše naselje v obravnavanem območju je razloženo naselje Rupe, h kateremu spadata še zaselka Marof in Lanšperg. Naselje leži v severnem delu Ložniškega gričevja, na tem območju pa izvira tudi obravnavani potok Koprivnica. Na prisojnih pobočjih naselja lahko najdemo vinograde (Orožen Adamič, Perko, Kladnik, 1995). Naselje leži na nadmorski višini 391,1 m in se razteza na površini 1,34 km^2 (Zbirke prostorskih podatkov ..., 2010). V naselju živi 86 prebivalcev (preglednica 1) v 38 gospodinjstvih (Gostota naseljenosti ..., 2016).

Slika 18: Potencialne lokacije RČN v naselju Rupe



Naselje sem razdelila na štiri območja.

V prvem območju živi 32 prebivalcev v 14 stanovanjskih objektih. Za tako število ljudi bi bilo treba načrtovati napravo v velikosti 48 m^2. Zaradi možnosti povečanja števila prebivalcev bi bilo smiselno postaviti napravo v velikosti 60 m^2, ki bi bila zmožna sprejeti odpadno vodo 40 prebivalcev. Prostor, ki je na voljo za postavitev naprave, se nahaja v sredini skupine hiš in meri skoraj 3500 m^2, zato je na voljo dovolj prostora, tudi če bi se postavljala naprava, ki s svojo tehnologijo zahteva 3 m^2/PE, saj bi bila potrebna velikost za takšno napravo 96 m^2.

V drugem območju živi 25 ljudi v štirih stanovanjskih objektih. Za toliko ljudi bi bilo treba postaviti napravo v velikosti 37,5 m^2, zaradi možnosti povečevanja števila prebivalcev pa bi bilo smiselno postaviti napravo v velikosti 45 m^2, ki bi lahko sprejela odpadno vodo 30 prebivalcev. Prostor, ki bi bil primeren za postavitev RČN, je sicer deljen z lokalno cesto, zato bi bilo treba pred postavitvijo naprave ta problem rešiti. Prostor je sicer velik dobrih 520 m^2, zato je na voljo dovolj prostora, tudi če bi se postavljale naprave, ki zahtevajo tehnologijo 3 m^2/PE, saj bi za tako napravo potrebovali 75 m^2.

V tretjem območju živi 14 prebivalcev v osmih stanovanjskih objektih, vendar so ti razporejeni po veliko površini in precej razgibanem reliefu, zato zanje predlagam postavitev individualnih RČN ali združevanje dveh sosednjih hiš.

V četrtem in petem območju se nahaja še nekaj stanovanjskih objektov, ki pa so razporejeni zelo razpršeno, zato je za te objekte najbolj smiselna postavitev individualnih RČN.

Slika 19: Prikaz reliefa v naselju Rupe

Avtorica: Maša Horvatič, 2016.

6. SKLEP

V Sloveniji je odvajanje in čiščenje odpadne vode urejeno večinoma le v mestih in večjih naseljih, problem pa nastane na podeželju, kjer so manjša naselja z razpršeno poselitvijo, saj je na takih območjih ureditev komunalnega omrežja velik finančni zalogaj. Zato je tu smiselna rešitev postavitev malih čistilnih naprav.

Preučevano območje, ki se nahaja v povirnem delu vodotoka Koprivnica, gorvodno od Šmartinskega jezera, ima vse prej omenjene značilnosti. Je suburbano območje mesta Celje, predstavlja potencialno razširitven prostor bližnje turistično-rekreacijske točke, ki jo predstavlja Šmartinsko jezero, in se nahaja v podeželskem območju, kjer prevladujeta kmetijska raba tal in gozdovi. Relief je razgiban, naselja pa so v večini razpršenega tipa. V nalogi sem se osredotočila na šest naselji, ki nimajo urejenega odtoka odpadne vode, opisala njihove značilnosti in označila potencialne lokacije za postavitev rastlinskih čistilnih naprav.

Obravnavano območje se nahaja na severnem robu Celjske kotline, natančneje v zahodnem delu Ložniškega gričevja, ki se od severa proti jugu, iz strmega in globokega gričevja spušča v uravnano Koprivniško dolino. Podlaga je v gričevju neprepustna, zato se vode stekajo v glavni vodotok na tem območju, Koprivnico. V uravnanem delu so prisotne rečne naplavine. Po Ogrinu (1996), območje spada v zmerno celinsko podnebje osrednje Slovenije, za katerega so značilne temperature med 15°C in 20°C v najtoplejšem delu leta, ter med 0°C in -3°C v hladnejšem delu leta. Povprečna letna količina padavin se giblje med 1000 in 1300 mm.

Koprivnica je vodotok 4. reda, dolg slabih 10 km. Približno na sredini ga deli zadrževalnik, zgrajen leta 1970, z namenom, omilitve poplavne ogroženosti severnega dela mesta Celje. Zadrževalnik Šmartinsko jezero predstavlja eno izmed najbolj obleganih turistično rekreativnih točk Celja, večino vode, ki jo zadržuje, pa prispeva prav Koprivnica. Slednja je hudournik, kar pomeni, da pretoki zelo hitro narastejo in tudi upadejo, vendar v delu pred zadrževalnikom težav s poplavami ni, saj poplavne ravnice niso poseljene, za zadrževalnikom pa so težave s poplavami v veliki meri omilili in do njih prihaja le še poredko.

Naprave, za čiščenje komunalnih odpadnih voda, ki bi bile primerne za to območje, so rastlinske čistilne naprave s podpovršinskim tokom vode. Uvrščajo se med ekoremediacijske metode, saj odpadno vodo čistijo na podlagi posnemanja delovanja naravnega okolja, natančneje delovanja mokrišč. Zaradi prilagodljivosti na povečanje ali zmanjšanje dotoka in naravnega izgleda so primerne za podeželska naselja, saj se vklopijo v naravno okolje in prilagodijo na povečanje vnosov ob vikendih, ko se pojavi več uporabnikov, predvsem iz počitniških bivališč.

Rastlinska čistilna naprava je ena izmed najboljših rešitev za problem odvajanja in čiščenja odpadne vode, če je na voljo dovolj prostora, saj za

izgradnjo potrebuje med 1,5 in 3,5 m^2/PE, odvisno od tehnologije uporabljene pri izgradnji. Glede na izgradnjo in delovanje poznamo več vrst RČN; naprave z vertikalnim, horizontalnim ali kombiniranim pretokom vode in naprave s prosto plavajočimi, plavajočimi listnatimi, zakoreninjenimi in potopljenimi rastlinami. Običajno so zgrajene iz treh gred−filtrirne, čistilne in polirne, neprepustnega dna ter vsebujejo medij in rastline prilagojene na vlažne razmere. Vzdrževanje je enostavno, saj je potrebna le občasna košnja rastlin in menjavanje medija na tri leta, ostale prednosti naprav pa so enostavni princip in tehnologija, zanesljivo delovanje, naravni videz, dolga življenjska doba in delovanje brez električne energije. Slabosti naprav se kažejo v možnostih zamašitve sistema, počasnejšega delovanja in porabe večjega prostora kot konvencionalne naprave v manjši zanesljivosti zaradi nepredvidljivosti naravnih procesov.

Pri samem lociranju rastlinskih čistilnih naprav sem upoštevala določene parametre, ki so vključevali naklon med 0 ° in 3 °, lokacija je bila omejena le na razpoložljive travniške površine, uporabljena velikost pa je bila 1,5 m^2/PE. Ker so naselja razpršenega tipa, sem se odločila za lociranje več manjših naprav, saj bi bile te stroškovno lažje izvedljive. V večini naselji sta bili potencialni lokaciji za postavitev vsaj dve, vedno pa je del naselja primernejši za postavitev individualnih sistemov, saj se zaradi oddaljenosti stanovanjskih objektov priključitev na skupne naprave finančno ne bi izplačala. V večini primerov bi bila možna postavitev naprav brez dodatnih gradbenih dovoljenj, saj je zgornja meja, ki še omogoča izgradnjo brez dovoljenja, postavljena na 50 PE. Pridobitev gradbenega dovoljenja pa bi predstavlja le še dodaten strošek pri izpeljavi projekta.

Menim, da bi bila postavitev rastlinskih čistilnih naprav na tem območju smiselna. V nadaljevanju bi bilo treba pregledati stroške izgradnje in zasnovati obseg projekta, saj se na vseh predlaganih lokacijah verjetno postavitev ne bi izplačala. Na podlagi teh ugotovitev lahko v zaključku mojo prvo hipotezo potrdim, saj je postavitev naprav smiselna, saj so fizično geografskih in družbeno−geografski dejavniki na tem območju primerni za delovanje takih naprav. Drugo hipotezo lahko prav tako potrdim v celoti, saj je v severnih delih preučevanega območja gradnja omejena na manjše naprave, tako zaradi reliefa kot tudi zaradi manjšega števila prebivalcev in večje razpršenosti poselitve.

7. SUMMARY

In Slovenia, the collection and treatment of waste water is governed mostly only in cities and towns, while the problems arises in the countryside, where small scattered settlement are located, since the regulation of municipal networks in such places is a major financial undertaking. Therefore, in such areas a sensible solution is to locate a small wastewater treatment plant.

The studied area, located in the basin of the Koprivnica stream has all of the aforementioned features. It is a suburban area of the third largest Slovenian city, it presents a potential enlargement of the area surrounding the tourist-recreational sites and is located in a rural district, which is dominated by agricultural land use, meadows and forests. The terrain is varied while the settlements are of a dispersed kind. It the thesis, I focused on the six settlements that do not have regulated effluent discharges, describing their characteristics and flagging a potential location for a constructed wetland.

The projected area is located on the northern edge of the Celje basin, specifically in the western part of Ložniško hills, which downturns from north to south, from the steep hills to the Koprivnica valley. The substrate in hills is impervious, so the water flows into the main watercourse in the area represented by the Koprivnica River. The leveled-out areas commonly feature alluvia. The area is part of the moderate continental climate of central Slovenia, which is characterized by temperatures between 15 ° C and 20 ° C during the warmest period of the year, and between 0 ° C and -3 ° C in the cooler part of the year. The average annual rainfall varies between 1000 and 1300 mm.

The Koprivnica River is about 10 km long and around the middle of the stream, there is a reservoir built in 1970 to prevent the risk of flooding the northern part of Celje. Šmartinsko Lake, as the reservoir is called, is one of the most visited tourist and recreational points of Celje, and most of the water in the lake is derived from Koprivnica.

Wastewater treatment plants appropriate for this area are constructed wetlands. They are one of the ecoremediation methods as wastewater is treated on the basis of mimicking the action of the natural environment, more specifically the functioning of wetlands. Due to the flexibility to increase or decrease the flow and the natural appearance, they are suitable for rural settlements, where they integrate in the natural environment and adapt to the increase in entries at weekends, when there are more users, mainly from the holiday homes.

Constructed wetlands are one of the best solutions for the problem of collection and treatment of waste water if there is enough space, because the building needs between 1.5 and 3.5 m2 / PE, depending on the technology used in the construction. There exist different types of constructed wetlands: with vertical, horizontal or combined movement of water or with a free floating, floating leaf, rooted and submerged plants. They are usually

constructed from three shafts – filtering, cleaning and polishing tight ends. Their maintenance is easy because it only requires occasional mowing of plants and changing the medium every three years. Other advantages of the devices are their simple principle and technology, reliable performance, natural appearance, long service life and operation without electricity. The disadvantages of the devices are shown in the clogging of the system, the slower operation and use of a larger space than conventional systems and smaller reliability due to the unpredictability of natural processes.

A few parameters were included in the process of locating wetlands, such as the inclination between 0 ° and 3 °, the location limited to the available grassland area and used size of 1.5 m2 / PE. As settlements are of the dispersed type, I decided to locate several smaller devices, as the formation of these costs less. In most settlements, there were at least two potential sites for the formation, but there is a always part of settlement suitable for installation of individual systems, as due to the remoteness of housing connections to common systems would be too costly. In most cases, installation would be possible without additional permits because the highest number of users for which the construction is allowed with no permit, is set at 50.

After passing the cabinet, cartographic and field work, I think that locating constructed wetlands in the area would make sense. Further on, it would be necessary to examine the costs of construction and the design scope of the project, because it is likely that the construction would not pay off in every one of the proposed locations. Based on these findings, I can confirm my first hypothesis as locating devices like these would make sense, because in this particular area, the physical and social geographical conditions are suitable for constructed wetlands. I can also confirm the second hypothesis entirely, because in the northern parts of the area under consideration, construction is limited to smaller installations, both because of the terrain, as well as the smaller number of population and greater diversification of settlement.

8. VIRI IN LITERATURA

1. Ambrožič, Š., Cvitanič, I., Dobnikar Tehovnik, M., Gacin, M., Grbović, J., Jesenovec, B., Kozak Legiša, Š., Krajnc, M., Mihorko, P., Poje, M., Remec Rekar, Š., Rotar, B., Sodja, E., 2008. Kakovost voda v Sloveniji. Ljubljana, Agencija RS za okolja, 72 str.
2. Ameršek, I., 2016. Velikost RČN (osebni vir, 14. 3. 2016). Celje.
3. Armex Armature d.o.o, 2016. URL: http://www.cistilnenaprave-dezevnica.si/# (Citirano 2. 4. 2016).
4. Atlas okolja. 2016. URL: http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso (Citirano 26. 2. 2016).
5. Bat, M., Drobnikar Tehovnik, M., Mihorko, P., Grbović, J., 2003. Tekoče vode. V: Uhan, J., Bat, M. (ur). Vodno bogastvo Slovenije. Ljubljana, Agencija Republike Slovenije za okolje, str. 27−37.
6. Beltram, G., 2003. Mokrišče. V: Uhan, J., Bat, M. (ur). Vodno bogastvo Slovenije. Ljubljana, Agencija Republike Slovenije za okolje, str. 46-53.
7. Bodi eko. 2008. URL: http://www.bodieko.si/rastlinska-cistilna-naprava (Citirano 1. 3. 2016).
8. BOSON, trajnostno načrtovanje, d.o.o.. 2014. URL: http://www.boson.si/?subpageid=252 (Citirano 1. 3. 2016).
9. Bulc, T., 1998. Uspešnost čiščenja izcednih voda z različnimi tipi rastlinskih čistilnih naprav. Doktorska disertacija. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo, 169 str.
10. Bulc, T., Vrhovšek, D., 2007. Rastlinske čistilne naprave za čiščenje odpadnih voda. Letna konferenca Katedre za Biotehnologijo, Pomen biotehnologije za prihodnost voda, 18 str. URL: http://web.bf.uni-lj.si/zt/bioteh/kongresi/voda2007/pdf/12_Griessler.pdf (Citirano 14. 3. 2016)
11. Buser, S., 1977. Tolmač lista Celje. Ljubljana, Geološki zavod Ljubljana, 69 str.
12. Cvikl, M., 2000. Poti do komunalne opremljenosti Šmartinskega jezera. V: Volfand, J. (ur.). Šmartinsko jezero 30 let. Celje, NIVO d.o.o, str. 29−34.
13. Cvitanič, B., Jesenovec, B., Dobnikar Tehovnik, M., Rotar, B., Sever, M., 2010. Kemijsko in ekološko stanje površinskih voda. Kazalci okolja v Sloveniji. Agencija Republike Slovenije za okolje. URL: http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind_id=346 (Citirano 3. 8. 2016).
14. Dejanska RABA. 2013. Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, portal GERK. URL: http://rkg.gov.si/GERK/ (Citirano 27. 7. 2016)
15. Eastman, R. J., 2012. IDRISI Selva Manual. Verzija 17. Worcester, Massachusetts, Univerza Clark, 322 str.
16. Geografija, tematski leksikon. 2008. Benedičič, M. (ur.). Tržič, Učila, 684 str.

17. Geos Consulting ZT, Mestna občina Celje, 2006. Izdelava razvojno-programskega načrta turističnega območja Šmartinsko jezero z zaledjem. Klagenfurt, GEOS Consulting ZT.
18. Gostota naseljenosti in indeks feminitete, naselja, Slovenija, letno. Podatkovni portal SI-STAT, 2016. Statistični urad Republike Slovenije. URL: http://pxweb.stat.si/pxweb/Dialog/varval.asp?ma=05C5006S&ti=&path=../Database/Dem_soc/05_prebivalstvo/10_stevilo_preb/25_05C50_prebivalstvo_naselja/&lang=2 (Citirano 2. 4. 2016).
19. Griessler Bulc, T., 2008. Vloga rastlinskih čistilnih naprav v prihodnosti. V: Razinger, J. (ur.). Ekoremediacije – sredstvo za doseganje okoljskih ciljev in trajnostnega razvoja Slovenije. Ljubljana, KATR, str. 33−51.
20. IObčina. 2016. URL: http://gis.iobcina.si/gisapp/Default.aspx?a=celje (Citirano 22. 5. 2016)
21. Kukec, A., 2009. Higiena, Odpadne vode. Ljubljana, Katedra za javno zdravje, 21 str.
22. Lesjak, U., 2008. Analiza hidroloških in hidravličnih razmer na povodju Koprivnice 18. 9. 2007. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Univerzitetni program Gradbeništvo, 57 str.
23. LIMNOS. 2010. URL: http://www.limnos.si/index.php (Citirano 1. 3. 2016).
24. LIMNOS, 2011. Rastlinska čistilna naprava za individualno hišo. Zloženka. Ljubljana, Limnos, podjetje za aplikativno ekologijo d.o.o, 6 str.
25. Limnowet rastlinske čistilne naprave za sonaraven način čiščenja onesnaženih voda. Ljubljana, Limnos, podjetje za aplikativno ekologijo d.o.o, 6 str. URL: http://www.limnos.si/docs/Limnowet_prospekt.pdf (Citirano 2. 4. 2016)
26. LIMNOWET. 2014. URL: http://www.limnowet.si/ (Citirano 2. 4. 2016).
27. Mašat, N., 2000. Ekološki omejitveni dejavniki Šmartinskega jezera. V: Volfand, J. (ur.). Šmartinsko jezero 30 let. Celje, NIVO d.o.o, str. 22−28.
28. Mihorko, P., 2015. 2015. Hranila in biokemijska potreba po kisiku v rekah. Kazalci okolja v Sloveniji. Agencija republike Slovenije za okolje. URL: http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind_id=693 (Citirano 3. 8. 2016).
29. Mladovan, T., 2010. Potencial Šmartinskega jezera za razvoj dodatnih programov. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za krajinsko arhitekturo, 104 str.
30. Natek, K., 1983. Razvoj reliefa in izraba tal v Ložniškem gričevju. Geografski zbornik, 23, str. 57−96.

31. Ogrin, D., 1996. Podnebni tipi v Sloveniji. Geografski vestnik, 68, str. 39−56.
32. Operativni program odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode (novelacija za obdobje od leta 2005 do leta 2017). 2005, 41 str. URL: http://www.mko.gov.si/fileadmin/mko.gov.si/pageuploads/zakonodaja/varstvo_okolja/operativni_programi/operativni_program_komunalne_vode.pdf (Citirano 27. 7. 2016).
33. Krajevni leksikon Slovenije. 1995. Orožen Adamič, M. (ur.), Perko, D. (ur.), Kladnik, D. (ur.). Ljubljana, Založba DZS, 638 str.
34. Petrič, S., 2000. O razvoju Šmartinskega jezera ob njegovi tridesetletnici. V: Volfand, J. (ur.). Šmartinsko jezero 30 let. Celje, NIVO d.o.o, str. 7−15.
35. Podgoršek, T., 2000. Šmartinsko jezero dimiktično jezero. V: Volfand, J. (ur.). Šmartinsko jezero 30 let. Celje, NIVO d.o.o, str. 48−57.
36. Plut, D., 2000. Geografija vodnih virov. Ljubljana, Filozofska fakulteta, Oddelek za geografijo, 281 str.
37. Polutnik Kocuvan, A., 2000. Krajinska zasnova Šmartinsko jezero. V: Volfand, J. (ur.). Šmartinsko jezero 30 let. Celje, NIVO d.o.o, str. 35−47.
38. Popis 2002. Statistični urad Republike Slovenije. URL: http://pxweb.stat.si/pxweb/Database/Popis2002/Popis2002.asp (Citirano 27. 2. 2016).
39. ProSIGMA Plus d.o.o. 2016. URL: http://www.cistilne-naprave.si/ (Citirano 2. 4. 2016).
40. Radišek, J., 2007. Suburbano območje mesta Celje. Geografski vestnik, 79−1, str. 67−75.
41. Rančan, A., 2016. Rekreacija na območju Šmartinskega jezera. Diplomsko delo. Ljubljana, Filozofska fakulteta, Oddelek za geografijo, 92 str.
42. Rastlinska čistilna naprava Lisca. 2007. Sklad si. Voda, 39 str.
43. Rebernik, D., 2011. Geografija naselij. Prva izdaja. Ljubljana, Znanstvena založba Filozofske fakultete, Oddelek za geografijo, 301 str.
44. Regionalni razvojni program Savinjske regije, 2006. Celje, Regionalna razvojna agencija Celje, d.o.o, 294 str. URL: http://www.rasr.si/si/files/default/RRP%20Savinjske%20regije%202007-2013%2017-10-2006.pdf (Citirano 27. 7. 2016).
45. Roš, M., Panjan, J., 2012. Gospodarjenje z odpadnimi vodami. Celje, Fit media, 148 str.
46. Šajn Slak, A., Bulc, T., Vrhovšek, D., 2001. Ekoremediacijske metode za zaščiteno sanacijo stoječih voda – primer Šmartinsko jezero. 12. Mišičev vodarski dan. Maribor, Vodnogospodarski biro, str. 48−53.
47. Špes, M., 2000. Geografske značilnosti pokrajinsko ranljivih območij v Sloveniji. Geographica Slovenica, 33, str. 9−45.

48. Uredba o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne vode. 2015. Uradni list RS, 98, str. 12234. URL: https://www.uradni-list.si/1/content?id=124352 (Citirano 3. 5. 2016).
49. Uradni list RS, št. 88/11, 8/12, 108/13 in 98/15, 2011. Uredba o odvajanju in čiščenju komunalne in padavinske odpadne vode. URL: http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=URED5707 (Citirano 27. 7. 2016).
50. Vidmar, U., 2010. Primerjava vertikalnih in horizontalnih sistemov rastlinskih čistilnih naprav. Diplomska naloga. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Študij vodarstva in komunalnega inženiringa, 87 str.
51. Vodna telesa površinskih voda (linija). Agencija republike Slovenije za okolje. 2006. URL: http://gis.arso.gov.si/geoportal/catalog/main/home.page (Citirano 27. 7. 2016).
52. Vodovod-kanalizacija, d. o. o.. 2009−2013. URL: http://www.vo-ka-celje.si/ (Citirano 29. 4. 2016).
53. Vodovod-kanalizacija. 2016. Mala komunalna čistilna naprava (MKČN). URL: http://www.vo-ka.si/informacije/male-komunalne-cistilne-naprave-greznice/mala-komunalna-cistilna-naprava-mkcn (Citirano 27. 7. 2016).
54. Vovk Korže, A., Vrhovšek, D., 2006. Ekoremediacije za učinkovito varovanje okolja. Maribor, Inštitut za promocijo varstva okolja, 56 str.
55. Vovk Korže, A., 2011. Ekoremediacije za zdrave vode tudi v Sloveniji. V: Holy, I. (ur.). Življenje vodi. Zbornik referentov. Ljubljana, Ribiška zveza Slovenije, str. 6–9.
56. Vovk Korže, A., 2015. Naravni čistilni sistemi. Nazarje, GEAart, 94 str.
57. Vrhovšek, D., Kroflič, B., 2007. Ekološka in ekonomska upravičenost rastlinskih čistilnih naprav na območjih razpršene poselitve. Geografski obzornik, 54, 3−4, str. 13−16.
58. Vymazal, J., 2010. Constructed wetlands for wastewater Treatment. Water, 2, str. 530−549.
59. Zbirni kataster gospodarske javne infrastrukture, komunalna infrastruktura (vodovod, kanalizacija, odlagališča odpadkov). 2009a. Geodetska uprava republike Slovenije. URL: http://www.e-prostor.gov.si/si/zbirke_prostorskih_podatkov/zbirni_kataster_gospodarske_javne_infrastrukture/ (Citirano 27. 7. 2016).
60. Zbirni kataster gospodarske javne infrastrukture, prometna infrastruktura (ceste, železnice, letališča, pristanišča). 2009b. Geodetska uprava republike Slovenije. URL: http://www.e-prostor.gov.si/si/zbirke_prostorskih_podatkov/zbirni_kataster_gospodarske_javne_infrastrukture/ (Citirano 27. 7. 2016).
61. Zbirke prostorskih podatkov, Digitalni model višin z ločljivostjo (DMV 12,5, DMV 25, DMV 100). 2010. Geodetska uprava republike Slovenije. URL: http://www.e-

prostor.gov.si/si/zbirke_prostorskih_podatkov/topografski_in_kartografski_podatki/digitalni_model_visin/digitalni_model_visin_z_lokljivostjo_dmv_125_dmv_25_dmv_100/ (Citirano 2. 4. 2016).
62. Zemljiški kataster. 2007. Geodetska uprava republike Slovenije. URL: http://www.e-prostor.gov.si/si/zbirke_prostorskih_podatkov/nepremicnine/zemljiski_kataster/ (Citirano 27. 7. 2016).
63. Zupančič Justin, M., 2006. Sledenje onesnaževal v sistemu predčiščenja in vračanja izcedne vode pri sanaciji odlagališča komunalnih odpadkov. Doktorska disertacija. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Univerzitetno podiplomski študij varstva okolja, 267 str.
64. Žvižej, A., 2006. Celje v vrhu Evrope glede razvitosti kanalizacijskega omrežja. Raziskovalna naloga. Celje, I. Gimnazija v Celju. 43 str.

9. SEZNAM SLIK

Slika 1: Porečje Koprivnice in preučevano območje 11
Slika 2: Pokrajinske enote v Ložniškem gričevju 13
Slika 3: Kanalizacijsko omrežje v občini Celje 20
Slika 4: Shema rastlinske čistilne naprave 25
Slika 5: Rastlinska čistilna naprava 27
Slika 6: Sistem s prosto plavajočimi rastlinami 29
Slika 7: Prerez grede v rastlinski čistilni napravi 31
Slika 8: Potencialne lokacije RČN v naselju Slatina v Rožni dolini 35
Slika 9: Potencialno območje za postavitev RČN v naselju Slatina v Rožni dolini na območju 1 36
Slika 10: Potencialne lokacije RČN v naselju Šmartno v Rožni dolini 37
Slika 11: Potencialno območje za postavitev RČN v naselju Šmartno v Rožni dolini na območju 1 39
Slika 12: Potencialne lokacije RČN v naselju Pepelno 40
Slika 13: Potencialno območje za postavitev RČN v naselju Pepelno na območju 1 41
Slika 14: Potencialne lokacije RČN v naselju Otemna 42
Slika 15: Potencialno območje za postavitev RČN v naselju Otemna na območju 2 43
Slika 16: Potencialne lokacije RČN v naselju Jezerce pri Šmartnem 44
Slika 17: Potencialno območje za postavitev RČN v naselju Jezerce pri Šmartnem na območju 4 45
Slika 18: Potencialne lokacije RČN v naselju Rupe 46
Slika 19: Prikaz reliefa v naselju Rupe 47

IZJAVA

Izjavljam, da je diplomsko delo v celoti moje avtorsko delo.

Maša Horvatič