

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Klančnik, J., 2016. Rastlinska čistilna naprava na ekološki kmetiji Kapl. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Drev, D.): 50 str.

Datum arhiviranja: 09-09-2016

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Klančnik, J., 2016. Rastlinska čistilna naprava na ekološki kmetiji Kapl. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Drev, D.): 50 pp.

Archiving Date: 09-09-2016

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



Jamova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si

UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI
PROGRAM VODARSTVO IN
KOMUNALNO INŽENIRSTVO

Kandidatka:

JASMINA KLANČNIK

**RASTLINSKA ČISTILNA NAPRAVA NA EKOLOŠKI
KMETIJI KAPL**

Diplomska naloga št.: 311/VKI

**CONSTRUCTED WETLAND ON THE ECOLOGICAL
FARM KAPL**

Graduation thesis No.: 311/VKI

Mentor:

doc. dr. Darko Drev

Ljubljana, 06. 09. 2016

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

Spodaj podpisana študentka JASMINA KLANČNIK, vpisna številka 26105247, avtorica pisnega zaključnega dela študija z naslovom:

RASTLINSKA ČISTILNA NAPRAVA NA EKOLOŠKI KMETIJI KAPL

IZJAVLJAM

1. Obkrožite eno od variant a) ali b)

a) da je pisno zaključno delo študija rezultat mojega samostojnega dela;

b) da je pisno zaključno delo študija rezultat lastnega dela več kandidatov in izpolnjuje pogoje, ki jih Statut UL določa za skupna zaključna dela študija ter je v zahtevanem deležu rezultat mojega samostojnega dela;

2. da je tiskana oblika pisnega zaključnega dela študija istovetna elektronski obliki pisnega zaključnega dela študija;

3. da sem pridobila vsa potrebna dovoljenja za uporabo podatkov in avtorskih del v pisnem zaključnem delu študija in jih v pisnem zaključnem delu študija jasno označila;

4. da sem pri pripravi pisnega zaključnega dela študija ravnala v skladu z etičnimi načeli in, kjer je to potrebno, za raziskavo pridobila soglasje etične komisije;

5. soglašam, da se elektronska oblika pisnega zaključnega dela študija uporabi za preverjanje podobnosti vsebine z drugimi deli s programsko opremo za preverjanje podobnosti vsebine, ki je povezana s študijskim informacijskim sistemom članice;

6. da na UL neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve avtorskega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico dajanja pisnega zaključnega dela študija na voljo javnosti na svetovnem spletu preko Repozitorija UL;

7. da dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v pisnem zaključnem delu študija in tej izjavi, skupaj z objavo pisnega zaključnega dela študija.

V Ljubljani, 25. 8. 2016

Podpis študentke: Jasmina Klančnik

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	502/504:628.32(497.4)(043.2)
Avtor:	Jasmina Klančnik
Mentor:	doc. dr. Darko Drev
Naslov:	Rastlinska čistilna naprava na ekološki kmetiji Kapl
Tip dokumenta:	Diplomska naloga – univerzitetni študij
Obseg in oprema:	50 strani, 5 preglednic, 3 grafov, 30 slik
Ključne besede:	rastlinska čistilna naprava, odpadna voda, ekološka kmetija, močvirske rastline

IZVLEČEK

V svoji diplomski nalogi sem predstavila in opisala idejo o rastlinski čistilni napravi, ki bo predstavljala podlago za izgradnjo rastlinske čistilne naprave na ekološki kmetiji Kapl. Glede na dane pogoje ter želje in ideje bodočih upravljavcev, smo izdelali načrt izgradnje rastlinske čistilne naprave na zelo strmem pobočju za dve populacijski enoti.

Celoten sistem bo sestavljen iz treh usedalnikov in treh rastlinskih gred z osmimi različnimi vrstami močvirskih rastlin. Ker sem ocenila hibridni sistem kot najbolj ustrezen tip čiščenja odpadnih voda, bosta prva in tretja greda imeli vertikalni tok, druga pa horizontalnega. V vseh treh gredah bo potekal podpovršinski tok, da se izognemo razvoju mrčesa in neprijetnih vonjav. Osem rastlinskih vrst bo razporejenih v tri rastlinske grede glede na njihove lastnosti čiščenja odpadnih voda in glede na čas cvetenja.

Diplomska naloga je lahko kot uporaben pripomoček za idejo o izgradnji rastlinskih čistilnih naprav ob individualnih stanovanjskih objektih na podobnih lokacijah.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTATION INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: 502/504:628.32(497.4)(043.2)
Author: Jasmina Klančnik
Supervisor: doc. dr. Darko Drev
Title: Constructed Wetland on the Ecological Farm Kapl
Notes: 50 pages, 5 tables, 3 graphs, 30 pictures
Key words: constructed wetlands, wastewater, ecological farm, marsh plants

ABSTRACT

In my thesis I have presented and described an idea about constructed wetland, which will present the basis for building of constructed wetland on the ecological farm Kapl. According to the given conditions, wishes and ideas of future managers we have made a plan of building constructed wetland on a very steep hillside for two population equivalents.

The whole system will consist of three settling tanks and three plant beds with eight different plant species of marsh plants. Because I have evaluated the hybrid system as the most suitable type of cleaning the wastewater, the first and the third bed will have a vertical flow and the second bed will have a horizontal flow. In all of the three beds the flow will be held subsurface, so we avoid the development of insects and unpleasant smells. Eight plant species will be allocated to three of plant beds based on their cleaning properties of the wastewater and based on time of flowering.

The thesis can be as an useful tool for idea of building constructed wetlands at individual residential buildings in similar locations.

ZAHVALA

Zahvaljujem se

mentorju doc. dr. Darku Drevu za dane nasvete in predloge pri izdelavi te diplomske naloge;

Eriki Klančnik in Milanu Filipiču za podatke, ideje, nasvete in predloge ter vso ostalo pomoč in moralno podporo ob nastajanju te diplomske naloge;

Ivici in Francu Aljančiču za pomoč pri prevajanju tujih jezikov ter moralno podporo ob nastajanju te diplomske naloge;

Matjažu Mikloši za pomoč pri iskanju podatkov in moralno podporo ob nastajanju te diplomske naloge.

KAZALO

1	UVOD	1
2	RASTLINSKA ČISTILNA NAPRAVA.....	2
3	TIPI RASTLINSKIH ČISTILNIH NAPRAV	4
3.1	Sistemi s površinskim tokom	4
3.1.1	Sistemi s prosto plavajočimi makrofiti	5
3.1.2	Sistemi s potopljenimi makrofiti	5
3.1.3	Sistemi z emergentnimi makrofiti.....	6
3.2	Sistemi s podpovršinskim tokom	7
3.2.1	Sistemi s horizontalnim podpovršinskim tokom	7
3.2.2	Sistemi z vertikalnim podpovršinskim tokom.....	8
3.2.3	Hibridni sistemi	9
4	MOČVIRSKE RASTLINE	10
4.1	Privzem vode in hranilnih snovi.....	11
5	ZNAČILNOSTI IN SESTAVA KOMUNALNIH ODPADNIH VODA.....	14
6	EKOLOŠKA KMETIJA KAPL	16
6.1	Lokacija	16
6.2	Meteorološke razmere	16
6.3	Opis kmetije.....	19
6.4	Trenutno stanje na kmetiji	20
6.5	Vlagoljubne rastline, ki uspevajo na ekološki kmetiji Kapl.....	21
6.5.1	Okrogolistna pijavčnica (<i>Lysimachia nummularia</i>).....	21
6.5.2	Navadna pijavčnica (<i>Lysimachia vulgaris</i>).....	21
6.5.3	Navadna kalužnica (<i>Caltha palustris</i>).....	22
6.5.4	Navadna krvenka (<i>Lythrum salicaria</i>).....	23
6.5.5	Navadno ločje (<i>Juncus effusus</i>).....	24
6.5.6	Vodna perunika (<i>Iris pseudacorus</i>)	25
6.5.7	Širokolistni rogoz (<i>Typha latifolia</i>)	25
6.5.8	Previsni šaš (<i>Carex pendula</i>).....	26
7	RASTLINSKA ČISTILNA NAPRAVA KAPL.....	27
7.1	Določitev najprimernejšega prostora za postavitev RČN	27
7.2	Načrtovanje in izvedba RČN	27
7.2.1	Splošno o RČN Kapl.....	27
7.2.2	Sestavni deli in objekti RČN	28
7.2.2.1	Dotočni kanal.....	31
7.2.2.2	Usedalnik 1	32

7.2.2.3	Usedalnik 2	32
7.2.2.4	Usedalnik 3	33
7.2.2.5	Jašek s pekucnikom 1	33
7.2.2.6	Rastlinska greda 1	34
7.2.2.7	Rastlinska greda 2	36
7.2.2.8	Jašek s prekucnikom 2	38
7.2.2.9	Rastlinska greda 3	39
7.2.2.10	Manjši bazen za z vodo za zalivanje sadik	42
7.2.2.11	Brežine	43
7.2.3	Predvidena vzdrževalna dela:	43
7.2.3.1	Usedalniki	43
7.2.3.2	Jaški in cevi	44
7.2.3.3	Pretok in nivo vode	44
7.2.3.4	Rastlinje	44
7.2.3.5	Okolica	44
7.2.3.6	Kompostnik	44
7.2.4	Vpliv na okolje	45
8	ZAKLJUČEK	46
9	VIRI	48

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Vsebnost glavnih onesnaževal v odpadni vodi v kmetijstvu in na podeželju (Von Sperling, 2007)	14
Preglednica 2: Povprečna poraba vode v litrih na prebivalca dnevno (Von Sperling, 2007).....	14
Preglednica 3: Količina snovi v gramih v odpadni vodi na prebivalca dnevno (Von Sperling, 2007) ..	15
Preglednica 4: Povprečne mesečne temperature tal v stopinjah Celzija na različnih globinah v letu 2015 za Celje – Medlog (ARSO, 2016).....	18
Preglednica 5: Količina porabljenih izdelkov letno (Klančnik, E. 2016)	20

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Višina padavin v milimetrih po mesecih v letu 2015 v Laškem (ARSO, 2016).....	17
Grafikon 2: Trajanje v urah sončnega obsevanja za Lisco po mesecih v letu 2015 (ARSO, 2016)	17
Grafikon 3: Minimalne temperature na različnih globinah zemljine za vsak mesec v letu 2015 v kraju Celje – Medlog	19

KAZALO SLIK

Slika 1: Shema sistema RČN (Limnowet, 2016).....	3
Slika 2: Shema sistema s prosto plavajočimi makrofiti (Bulc in Vrhovšek, 2007)	5
Slika 3: Potopljeni makrofiti so na desni (LMVP, 2016).....	6
Slika 4: Primer sistema z emergentnimi makrofiti (Vymazal, 2010).....	6
Slika 5: Shema sistema s horizontalnim podpovršinskim tokom (Bulc in Vrhovšek, 2007)	8
Slika 6: Shema sistema z vertikalnim podpovršinskim tokom (Bulc in Vrhovšek, 2007).....	8
Slika 7: Shema hibridnega sistema RČN (Vymazal, 2005)	9
Slika 8: Zračni posnetek kmetije Kapl (Google Zemljevidi, 2016).....	16
Slika 9: Okroglostna pijavčnica (Foto: Jasmina Klančnik, 2016).....	21
Slika 10: Navadna pijavčnica (Wikipedia, 2016).....	22
Slika 11: Navadna kalužnica (Vrt & Narava, 2016).....	22
Slika 12: Navadna krvenka (Ekološka kmetija Kapl, 2016)	23
Slika 13: Navadno ločje (Ekološka kmetija Kapl, 2016).....	24
Slika 14: Vodna perunika (Foto: Jasmina Klančnik, 2016)	25
Slika 15: Širokolistni rogoz (Wikipedia, 2016).....	26
Slika 16: Previsni šaš (Ekološka kmetija Kapl, 2016).....	26
Slika 17: Trije usedalniki (lastni vir)	28
Slika 18: Shema sistema RČN Kapl (lastni vir)	30
Slika 19: Betonska cev za namen prvega usedalnika (Foto: Jasmina Klančnik, 2016)	32
Slika 20: Plastičen sod (300 l) za namen drugega usedalnika (Foto: Jasmina Klančnik, 2016).....	33
Slika 21: Plastičen sod (200 l) za namen tretjega usedalnika (Foto: Jasmina Klančnik, 2016)	33
Slika 22: Jašek s prekucnikom (lastni vir)	34
Slika 23: Lesen hrastov sod (528 l) za namen prve rastlinske grede (Foto: Jasmina Klančnik, 2016) ..	35
Slika 24: Prerez rastlinske grede s horizontalnim podpovršinskim tokom (lastni vir)	36
Slika 25: Trenutno stanje, izkopane jame za namen izgradnje rastlinske grede (Foto: Jasmina Klančnik, 2016).....	37
Slika 26: Jašek s prekucnikom (lastni vir)	39
Slika 27: Rastlinska greda z vertikalnim tokom, plasti grede (lastni vir)	39
Slika 28: Rastlinska greda z vertikalnim tokom, tloris (lastni vir)	40
Slika 29: Trenutno stanje, izkopani jami za namen izgradnje rastlinskih gred (Foto: Jasmina Klančnik, 2016).....	42
Slika 30: Manjši bazen za zbiranje očiščene vode (lastni vir).....	43

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

B	bor
BPK5	biološka potreba po kisiku v petih dneh
C	ogljik
Ca	kalcij
cm	centimeter
Co	kobalt
CO ₂	ogljikov dioksid
Cu	baker
Fe	železo
g	gram
H	vodik
ha	hektar
K	kalij
KPK	kemijska potreba po kisiku
l	liter
m	meter
m ³	kubični meter
Mg	magnezij
mg	miligram
ml	mililiter
mm	milimeter
Mn	mangan
Mo	molibden
N	dušik
Na	natrij
O	kisik
P	fosfor
PE	populacijski ekvivalent
PVC	polivinil klorid
RČN	rastlinska čistilna naprava
S	žveplo
Zn	cink
%	odstotek

SLOVAR MANJ ZNANIH BESED IN TUJK

Adsorpcija	zgoščevanje plinastih in raztopljenih snovi na površini trdnih snovi
Anoksičen	brez prostega kisika
Črna voda	človeško blato + urin + voda za splakovanje + toaletni papir
Dispergirana biomasa	razpršeni mikroorganizmi v vodi
Ekoremediacija	uporaba naravnih procesov za obnovo in zaščito okolja
Elektrolit	v obliki ionov raztopljena ali staljena snov, ki prevaja električni tok
Emergent	rastlina, katere steblo in listi segajo nad vodno gladino
Flotacija	tehnološki postopek, pri katerem se od vode ločijo lažje snovi s tem, da se dvignejo na površje
Glikoliza	kemični proces razgradnje sladkorjev v enostavnejše spojine ob sproščanju energije
Ion	eno ali mnogoatomni električno nabiti delec
Koreninski laski	celice, skozi katere rastlina sprejema vodo in hranilne snovi
Lenticеле	prezračevalne odprtine
Rastlinska čistilna naprava	oblika ekoremediacije za čiščenje vode s pomočjo rastlin
Reducirati	zmanjšati
Respiracija	dihanje
Rizom	korenika
Rizosfera	korenine + rizomi + medij + mikroorganizmi
Sinteza	sestavitev, združitev v novo celoto
Siva voda	odpadna voda iz umivalnikov, tušev in kuhinje
Transpiracija	proces izhajanja vode skozi površino rastline
Usedalnik	velika posoda ali priprava za ločevanje trdnih delcev iz tekočine z usedanjem

1 UVOD

Ljudje se vse bolj zavedamo danosti in koristi, ki nam jih ponuja narava, in se počasi, korak za korakom, poskušamo približati načinu življenja, ki je prijaznejši do naravnih vrednot. Posamezne ustanove, podjetja in ljudje so se v nekem trenutku odločili živeti na način, ki je za naravno okolje čim manj škodljiv. Lepo se je zavedati, da je tako mislečih vedno več. Ekološka kmetija Kapl je že ena izmed njih.

Mešana samooskrbna miroljubna kmetija je v ekološko kontrolo vključena že od leta 2001. Nahaja se sredi mešanih gozdov v severovzhodnem delu občine Laško, tik ob meji z občino Šentjur pri Celju, v zaselku Mačkovec na nadmorski višini okrog 500 m, leži na mehkih karbonatnih kameninah (lapor) in meri 4,9 ha, od česar je 2,8 ha gozda. Celotno področje kmetije se nahaja na različno strmih pobočjih, obrnjenih v različne smeri neba. Zaradi težje dostopnosti in oddaljenosti od večjih krajev, ima kmetija manjše lastno zajetje pitne vode in za odvajanje odpadne vode ni priključena na komunalno kanalizacijo.

Zaradi omenjenega načina življenja, so se na kmetiji pred časom odločili za gradnjo lastne rastlinske čistilne naprave (v nadaljevanju RČN), saj je po njihovem mnenju to najustreznejši način za čiščenje njihovih odpadnih voda. RČN za njih predstavlja opcijo za čiščenje odpadnih voda, ki je najbolj podobna naravi, najmanj zahtevna za vzdrževanje in cenovno najugodnejša.

Izgradnja RČN na kmetiji je tudi po mojem mnenju najbolj smiselna, saj ima poleg že naštetih lastnosti zelo visoko učinkovito sposobnost čiščenja. Delovanje RČN je zelo podobno principu delovanja naravnih močvirij, zato predstavlja lažji poseg v naravno okolje.

V tej diplomski nalogi sem s pomočjo želja in idej, ki sem jih dobila na kmetiji, raziskovala različne možnosti namestitve RČN v prostor in postavitve na pogled drugačnih rastlinskih gred ter s pomočjo literature in danih podatkov zasnovala idejo za izgradnjo RČN Kapl.

2 RASTLINSKA ČISTILNA NAPRAVA

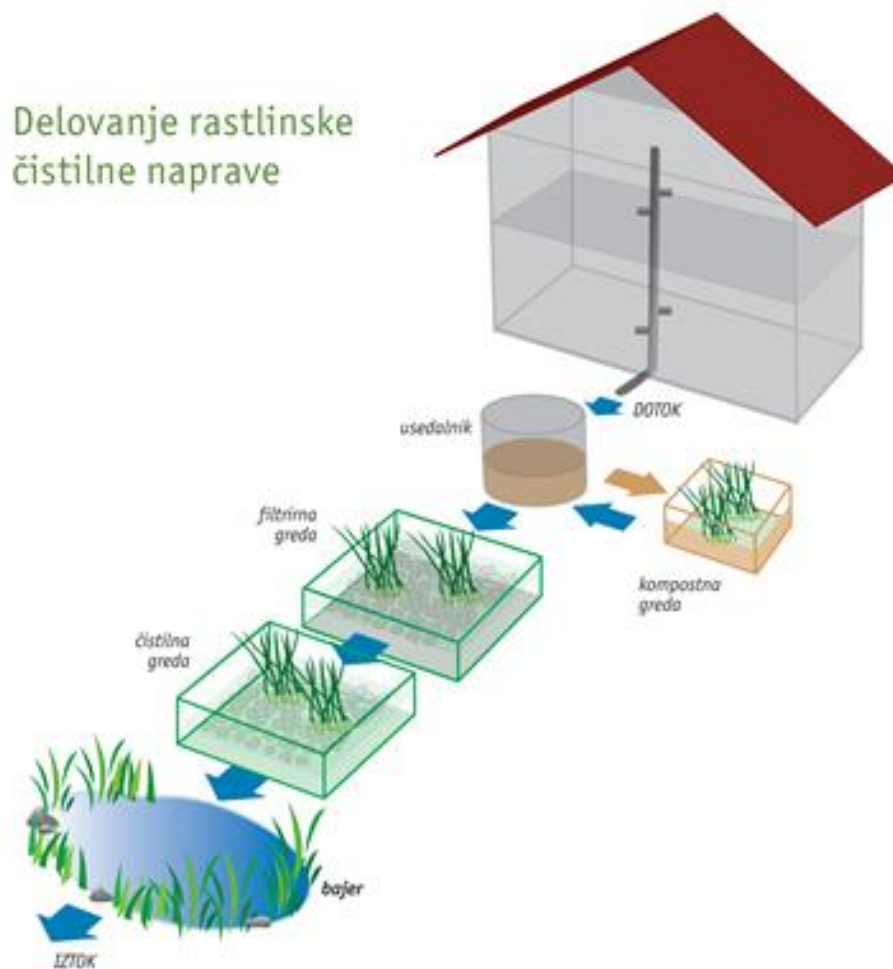
RČN so sodobna umetna močvirja, ki s fizikalnimi in biokemijskimi procesi posnemajo funkcije naravnih. Močvirja imajo precej višjo samočistilno sposobnost vode v primerjavi z ostalimi ekosistemi. Komunalna odpadna voda se v RČN očisti do stopnje, da so pri izstopni vodi vrednosti hranil zanemarljive.

Njihova uporaba je razširjena pri turističnih kmetijah, hotelih, kampih in posameznih domovih, saj lahko prenašajo nihanja obremenitve in zahtevajo le malo vzdrževanja. Zaradi naravnega videza, se dobro zlivajo z naravnim okoljem.

Osnovni princip delovanja RČN je, da se odpadna voda gravitacijsko vodi preko serije različnih prekatov, voda pa se med svojim zadrževanjem zaradi kemijskih in bioloških procesov očisti. Proces biokemijske razgradnje se vršijo od začetka do konca pretakanja vode skozi sistem. Odpadno vodo se v začetku vodi preko večprekatnega usedalnika ali preko več enoprekatnih, v katerih se usedajo grobi delci. Goščo iz usedalnikov se izprazni po potrebi oziroma, ko je posamezen usedalnik poln. Odpadna voda se nato iz zadnjega usedalnika pretaka preko več zaporedno nameščenih gred (filtrirne, čistilne, polirne), ki so vodotesno ločene od okolja. V gredah je nameščen substrat, ki ga sestavljajo različne velikosti pranega drobljenca ali rečnega proda do debeline 64 mm. Substrat ima zelo veliko površino, saj so mikroorganizmi porazdeljeni po celotni površini vsakega prodnika. Substrat se lahko dopolni s šoto, različnimi prstmi ali površinsko aktivnimi snovmi. V substrat so lahko zasajene vlagoljubne rastline, ki porabijo presežek hranil za svojo rast, lahko pa rastline prosto plavajo v vodi ali na njeni gladini. Glavni nosilci čiščenja odpadnih voda v RČN so mikroorganizmi, substrat in rastline. Mikroorganizmi, ki prispevajo do 80 % čiščenja v celotnem sistemu, se naselijo na rastline in na substrat, ki ima ogromno aktivno površino za pritrnitev biofilma. Preostalih 20 % se prečisti s pomočjo substrata in rastlin. Naloga rastlin je tudi dovajanje kisika preko koreninskega sistema v nižje plasti in odvajanje nastalih produktov biokemijske razgradnje. Pri sistemih s plavajočim rastlinjem je glavni nosilec čiščenja dispergirana biomasa, ki v sožitju z rastlinami čisti onesnaženo odpadno vodo. V primeru sistema z algami, se pri fotosintezi sprošča kisik, ki ga potrebuje aerobna bakterijska biomasa za svojo rast. Povprečni zadrževalni čas odpadne vode od vstopa do izstopa znaša med 75 in 90 urami. Med obdobji brez dotoka pa se lahko voda zadrži daljše časovno obdobje in tako nosilci čiščenja v sistemu ostanejo aktivni.

Strupene snovi se v procesu čiščenja razgradijo, delno vgradijo v rastline, delno pa ostajajo v substratu, od koder se iz prvih bazenov v cikličnih obdobjih lahko odstranijo. Po potrebi se sistem zaključuje z bazenom za večnamensko uporabo prečiščene vode (namakanje oziroma zalivanje zelenih

površin, gašenje požarov, gojenje vodnih kultur, sanitarne namene in podobno) ali kot krajinski element. Mulj iz mehanske stopnje se kompostira v kompostni gredi, ki je v osnovi podobna RČN.



Slika 1: Shema sistema RČN (Limnowet, 2016)

3 TIPI RASTLINSKIH ČISTILNIH NAPRAV

Glede načina toka vode v napravi, ločimo dva tipa RČN, ki ju nato lahko delimo še glede na druge lastnosti (Roš in Zupančič, 2010, Vymazal, 2008):

- RČN s površinskim tokom, kjer onesnažena odpadna voda teče nad medijem:
 - sistemi s prosto plavajočimi makrofiti,
 - sistemi s potopljenimi makrofiti,
 - sistemi z emergentnimi makrofiti.

- RČN s podpovršinskim tokom, kjer onesnažena odpadna voda teče skozi medij, v katerem so ukoreninjene rastline (Roš in Zupančič, 2010, Vymazal, 2010):
 - sistemi s horizontalnim tokom,
 - sistemi z vertikalnim tokom,
 - hibridni sistemi.

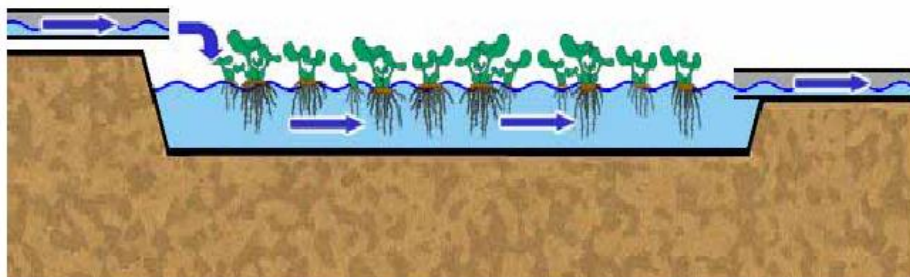
3.1 Sistemi s površinskim tokom

Te vrste RČN imajo zelo podoben videz naravnim močvirjem, katere lahko imenujemo tudi lagune. Vodna površina je vidna in je v stiku z atmosfero. Na dnu gred je medij, najpogosteje iz prsti, ki pomaga pri vezavi fosforja, pod njim so neprepustna tla iz gline ali folije, nad medijem pa se horizontalno pretaka voda, ki obliva različne vodne rastline. Grede z globino manj kot 4 m, so gosto zaraščene z močvirskimi rastlinami, katere so lahko prosto plavajoči, potopljeni ali emergentni makrofiti. Najpogosteje se uporabljata vodna hijacinta (*Eichornia crassipes*) in vodna leča (*Lemna spp.*). V lagunskih čistilnih napravah, ki so pogosto kombinacija čiščenja onesnažene odpadne vode z dispergirano biomaso in s plavajočim rastlinjem, se zelo pogosto uporabljajo tudi alge, katere v naravi največ CO₂ iz ozračja odstranijo tiste, ki živijo v morju. Značilen je aerobni pas pod vodno površino, kjer potekajo hitre biokemijske reakcije in odstranjevanje organskih snovi je zelo učinkovito. Zaradi sončne svetlobe, ki prodira skozi zgornje plasti vode, je učinkovitost odstranjevanja patogenih mikroorganizmov precej povečana. V nižjih plasteh, kamor svetloba ne seže, se oblikuje anoksično okolje s pripadajočimi mikrobnimi procesi. Čiščenje vode poteka s sedimentacijo, adsorbicijo, anaerobnimi reakcijami in asimilacijo v biomaso, saj se s tem odstranjujejo težke kovine, suspendirane snovi, fosfor in dušik.

Pri tovrstnih sistemih, ni težav z mašenjem medija, vendar se večinoma potrebuje večjo površino za doseganje enakih rezultatov kot pri sistemih s podpovršinskim tokom, saj je površina, na katero se naselijo mikroorganizmi, manjša. Potrebno je tudi redno odstranjevanje biomase. Lahko se pojavijo tudi druge težave, kot so neprijetne vonjave, razvoj mrčesa, zamrznitev pri nizkih temperaturah in nevarnost utopitve mimoidočih ljudi in živali. Te sisteme je bolje uporabljati v krajih s toplejšo klimo in kjer je za varnost ljudi in živali poskrbljeno z zaščitno ograjo.

3.1.1 Sistemi s prosto plavajočimi makrofiti

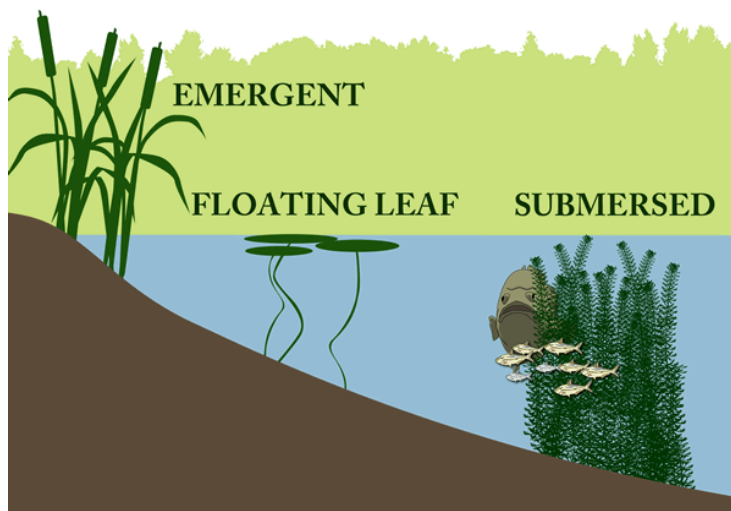
Pri tej vrsti sistemov se najpogosteje uporablja vodno hijacinto (*Eichornia crassipes*), saj ima specifične korenine, ki zagotavljajo veliko površino za naselitev mikroorganizmov. Za to vodno rastlino je značilno vegetativno razmnoževanje ter hitra in bujna rast. Zaradi hranil v onesnaženi vodi, se biomasa teh rastlin hitro povečuje, kar pa pozitivno vpliva na čiščenje vode. Voda se med plavajočimi koreninami umirja. Delci se usedajo ali pa se ulovijo na mikroorganizmih, ki so pritrjeni na koreninah. Skozi korenine se dovaja kisik. Zaradi senčenja pod rastlinami algam ni omogočen razvoj. Namesto vodne hijacinte, ki je občutljiva na nizke temperature, se najpogosteje uporablja tudi vodno lečo (*Lemna spp.*) V vsakem primeru pa je potrebno redno odstranjevanje biomase (Vymazal, 2008).



Slika 2: Shema sistema s prosto plavajočimi makrofiti (Bulc in Vrhovšek, 2007)

3.1.2 Sistemi s potopljenimi makrofiti

Pri tovrstnih sistemih se makrofiti nahajajo pod vodno gladino. V večini primerov korenine rastlin služijo le za njihovo pritrditev v medij, saj privzem hranil poteka preko površine nadzemnega dela, torej listov in stebela. Na rastlinah so pritrjeni mikroorganizmi, ki imajo pri čiščenju onesnažene vode bistveno nalogo. Voda se med rastlinami umirja in delci se usedajo. S fotosintezo rastlin se poveča vsebnost kisika v vodi. Ta sistem se lahko uporablja le za manj obremenjene odpadne vode, saj je potrebna zelo visoka vsebnost kisika v onesnaženi vodi.



Slika 3: Potopljeni makrofiti so na desni (LMVP, 2016)

3.1.3 Sistemi z emergentnimi makrofiti

Značilno za sisteme z emergentnimi ukoreninjenimi makrofiti so plitve grede z globino vode od 20 do 40 cm in debelino medija prepletenega s koreninami od 20 do 30 cm. Gosta vegetacija pokriva velik del površine, običajno več kot 50 %. Rastlin se običajno ne odstranjuje, saj je s tem omogočen proces denitrifikacije v nižjih anaerobnih plasteh. Sistemi so učinkoviti pri odstranjevanju organskih snovi s pomočjo mikroorganizmov. Suspendirane snovi učinkovito odstranijo s pomočjo poselitve in filtriranjem skozi gosto vegetacijo. Vsebnost fosforja je običajno nizka zaradi omejenega stika vode z delci tal, ki adsorbirajo fosfate. Privzem v rastline predstavlja le začasno skladiščenje, saj se hranila sprostijo nazaj v vodo po odmrtnosti rastlin (Vymazal, 2010).



Slika 4: Primer sistema z emergentnimi makrofiti (Vymazal, 2010)

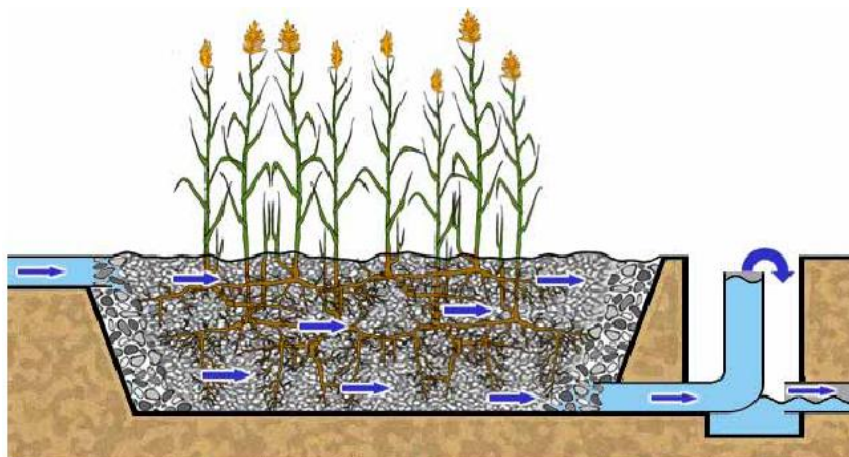
3.2 Sistemi s podpovršinskim tokom

Pri sistemih s tokom vode pod površino medija vodna gladina ni vidna. Dno gred predstavlja vodotesna folija. Medij sestavljajo različne frakcije pranega drobljenca in rečnega proda vse do debeline 64 mm ter šota, različne prsti in površinsko aktivne snovi. Mikroorganizmi tvorijo biofilm, saj se nahajajo po celotni površini delcev medija in koreninskega sistema rastlin. Skupna površina biofilma je torej ogromna, kar omogoča zelo učinkovito čiščenje odpadne vode, saj mikroorganizmi predstavljajo do 80 % čiščenja. Preostalih 20 % se prečisti s privzemom v substrat in s pomočjo rastlin, ki porabljajo presežek hranil za svojo rast. Najpogosteje uporabljene rastline so navadni trst (*Phragmites australis*), šaš (*Carex*), rogoz (*Typha latifolia*), ločje (*Juncus*) in perunika (*Iris*).

Tovrstni sistemi so primerni tudi za kraje s hladnejšo klimo, saj tudi v času negativnih temperatur v določeni globini pod površino greda ne zamrzne. Upočasnjeno je le delovanje. Nadzemni deli rastlin prenašajo kisik v nižje plasti grede, kjer se nahajajo mikroorganizmi. Pri teh sistemih je potrebna redna vsakoletna košnja rastlin in odstranjevanje njihovega presežka. Potrebno je tudi zelo učinkovito predhodno mehansko čiščenje odpadne vode, saj v primeru mehansko slabo očiščene odpadne vode lahko zelo hitro pride do zamašitve medija, ki je ključnega pomena za delovanje naprave. Stična površina odpadne vode, medija in bakterij je bistveno večja kot pri sistemu s površinskim tokom, kar predstavlja tudi učinkovitejše čiščenje. Pri podpovršinskem toku tudi ni bojzani glede razvoja neprijetnih vonjav, mrčesa ter nevarnosti nesreč, saj so površine gred podobne cvetličnim oz. vrtnim gredicam.

3.2.1 Sistemi s horizontalnim podpovršinskim tokom

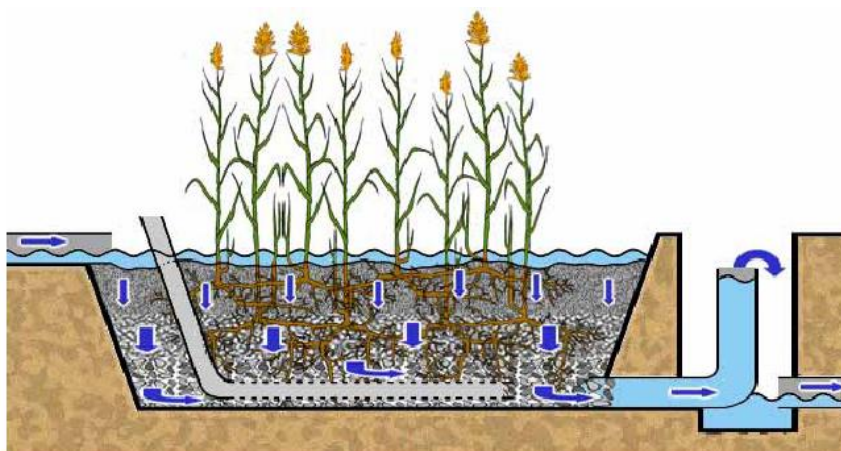
Te vrste sistemi so praviloma sestavljeni iz več zaporednih gred, ki so napolnjene s substratom in preko katerih teče neprekinjen počasen horizontalen tok onesnažene vode pod površino medija. Onesnažena odpadna voda se med pretakanjem očisti s pomočjo fizikalnih in kemijskih procesov ter aerobnih in anaerobnih bakterij. Aerobna območja nastajajo okrog koreninskih sistemov rastlin, ki preko svojega nadzemnega dela prenašajo kisik v substrat. Na koncu posamezne grede voda izteka skozi iztok. Ti sistemi so izredno učinkoviti pri odstranjevanju organskih in suspendiranih snovi, težkih kovin, ter fekalnih bakterij, nekaj težav pa lahko povzročijo hranilne snovi in mašenje substrata (Bulc, 2013, Bresciani idr., Vymazal 2005, Vymazal 2010).



Slika 5: Shema sistema s horizontalnim podpovršinskim tokom (Bulc in Vrhovšek, 2007)

3.2.2 Sistemi z vertikalnim podpovršinskim tokom

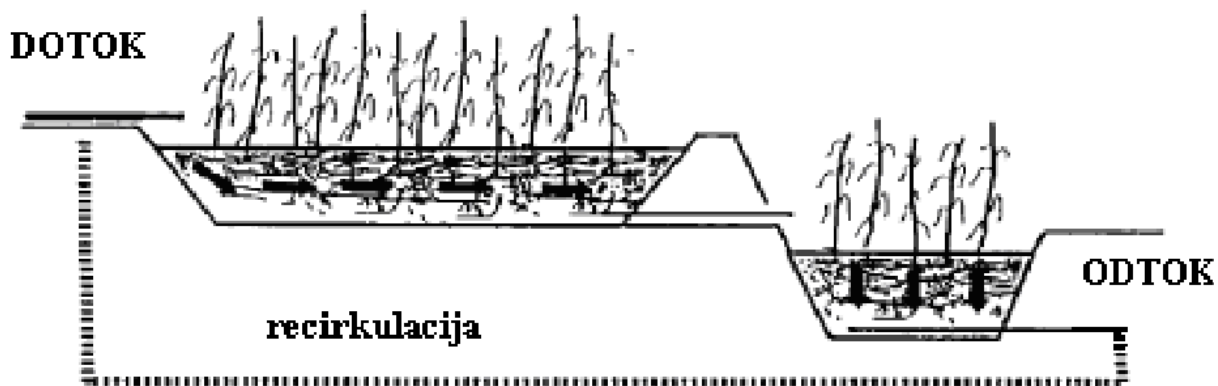
Zgradba in način polnjenja gred z onesnaženo odpadno vodo se pri sistemu z vertikalnim tokom razlikujeta od sistema s horizontalnim tokom. Posebnost sistema z vertikalnim podpovršinskim tokom je intervalen dotok odpadne vode, ki povzroča preplavitev celotne površine medija v gredi. Tok poteka vertikalno od površine proti dnu grede. Voda se pretaka skozi medij in se s pomočjo drenažnih cevi zbira na dnu grede. Grede niso vedno poplavljeni, kar omogoča lažjo difuzijo in dostopnost atmosferskega kisika v substratu in intenzivnejše nitrifikacijske procese. Zaradi prezračenosti sistema, je zelo učinkovito odstranjevanje dušika in fosforja ter nižanje BPK_5 . Medij sestavljajo različne horizontalne plasti materiala, kjer je osrednji sloj sestavljen iz grobega peska, ki predstavlja večjo specifično površino za razvoj biomase. Tovrstni sistemi so najpogosteje zasajeni z navadnim trstom (*Phragmites australis*), saj ima globok in zgoščen koreninski in rizomski sistem (Bulc, 2013, Bresciani idr., Vymazal 2005, Vymazal 2008, Vymazal 2010).



Slika 6: Shema sistema z vertikalnim podpovršinskim tokom (Bulc in Vrhovšek, 2007)

3.2.3 Hibridni sistemi

Različni sistemi se lahko tudi kombinirajo, saj se z uporabo prednosti posameznih sistemov doseže višji učinek čiščenja, poleg tega pa se tudi izogne pomanjkljivostim. Večina hibridnih naprav združuje sistem z vertikalnim in sistem s horizontalnim tokom onesnažene odpadne vode. V vertikalnih sistemih se zmanjšajo vrednosti BPK_5 in dušika, v horizontalnih pa se odstranijo neraztopljene snovi (Bulc, 2013, Vymazal, 2010).



Slika 7: Shema hibridnega sistema RČN (Vymazal, 2005)

4 MOČVIRSKE RASTLINE

Rastline, ki se najpogosteje uporabljajo v RČN, so v večini primerov vrste, ki uspevajo v okoliških naravnih mokriščih. Rastline se tako z lahkoto prilagodijo razmeram v RČN, saj že naravno živijo v podobnih habitatih. Tako RČN, poleg njene glavne vloge, tudi pomaga pri ohranjanju domorodnih vrst rastlin. Bolje pa je uporabiti nebodičaste in nestrupene vrste rastlin (Bresciani idr.).

Uporaba tovrstnih rastlin ima kar nekaj prednosti pred uporabo eksotičnih vrst (Bresciani idr.):

- Presajanje in razmnoževanje rastlin je enostavnejše.
- Rastline se v kratkem času prilagodijo lastnostim tal.
- Rastline so odporne na podnebne značilnosti.
- Rastline so vajene okolja z veliko hranili.
- Rastline imajo zelo dobro razvit koreninski sistem.
- Rastline so odporne na nadmorsko višino.
- Rastline v primerjavi s pleveli zelo hitro rastejo in dobro uspevajo.

Uporaba avtohtonih vrst rastlin je bistvenega pomena, da se ne spreminja ekološkega ravnotežja, še posebej v območjih z visoko naravno vrednostjo, kot so zavarovana območja, območja redkih ali ogroženih biotopov, kraji krajinske vrednosti in narodni parki (Bresciani idr.).

Učinkovitost čiščenja odpadnih voda je povezana z uporabo različnih vrst močvirskih rastlin, saj se med seboj razlikujejo v podzemnem delu, občutljivosti na spremembe, sposobnosti privzema strupenih in hranilnih snovi, produktivnosti in podobnem (Bulc, 2013).

Rastline imajo v sistemu čiščenja onesnažene vode različne funkcije (Bulc, 2013):

- Rastline sodelujejo pri procesu filtracije in adsorpcije suspendiranih in usedljivih snovi.
- Rastline preko koreninskega sistema prenašajo kisik v rizosfero in s tem omogočajo razvoj organizmov in oksidacijske procese.
- Rastline nudijo svojo površino mikroorganizmom, da se na njej naselijo.
- Rastline zmanjšujejo število patogenih bakterij s svojimi izločki oz. antibiotiki.
- Rastline s svojim prepletom korenin in rizomov povečujejo hidravlično prevodnost. Z razvojem in odmiranjem bogatega prepleta, ki tvori mikropore, privzemajo organske in anorganske snovi.

V sistemu s podpovršinskim tokom se najpogosteje uporabljajo: *Phragmites australis*, *Typha latifolia*, *Typha angustifolia*, *Schoenoplectus lacustris* in *Juncus spp.* Vloga rastlin pri sistemih z vertikalnim in horizontalnim tokom je med seboj različna. Glavna naloga rastlin pri horizontalnem toku je dovajanje kisika v spodnje dele rastline, kar poveča učinkovitost postopkov čiščenja odpadne vode. Potrebujemo se rastline, ki s svojimi koreninami sežejo 60 do 70 cm globoko. Za sisteme z vertikalnim tokom lahko izberemo druge rastline, ker njihova funkcija dovajanja kisika tukaj ni tako bistvena, saj je medij že zaradi samega vodnega toka bogato zasičen s kisikom (Bresciani idr.).

Močvirske rastline so prilagojene na življenje na vodnih področjih, saj imajo razvita zračna tkiva, adventivne korenine in lenticle, s katerimi se prezračujejo podzemni deli rastlin. Tovrstne rastline vseeno najboljše uspevajo v prezračenih pogojih. Do glikolize lahko privede že rahlo zmanjšanje prisotnosti kisika, to pa povzroči anaerobno respiracijo. Pri tem se poveča koncentracija etanola, ki pa je strupen za rastline. Prezračevanje je prav tako pomembno za rast aerobnih mikroorganizmov, ki potencialno nevarne snovi pretvarjajo v nestrupene. Rast rastlin je precej povezana s pretokom vode skozi rastlinske grede, kar vpliva na razpoložljivost hranilnih snovi in količino kisika (Bulc, 2013).

Različne vrste rastlin imajo različno sposobnost privzemanja organskih in anorganskih snovi. *Scirpus validus* je najučinkovitejši za zmanjšanje fenola ter N, P, K in Cl. *Schoenoplectus lacustris* učinkovito odstranjuje težke kovine. Sitec (*Scirpus*) in ločje (*Juncus*) metabolično razgrajujeta ogljikovodike. (Bulc, 2013).

Rastline, ki imajo visoko produkcijo, za določen čas prevzamejo precejšnjo količino hranilnih snovi. Odmiranje rastlin privede do sproščanja teh snovi, kar pa zaznamo na iztoku vode iz sistemov (Bulc, 2013).

4.1 Privzem vode in hranilnih snovi

Največ vode rastline uporabijo za transpiracijo. Približno 500 g vode rastline uporabijo za prirastek 1 kg suhe snovi. Transpiracija rastline ohlaja in jim omogoča, da se kljub močni sončni pripeki in soncu ne opečejo. Voda je topilo in hkrati transportno sredstvo za organske in anorganske spojine. Transpiracijski koeficient je količina transpirirane vode, ki se izloči iz lista na prirast ali sintezo suhe snovi. Koeficient je odvisen od rastlinske vrste, gostote gojenja rastlin, namakanja in podobno (Krajncič, 2008).

Dejavniki, ki vplivajo na sprejem vode (Krajncič, 2008):

- aeracija oz. prezračenost zemljišča,
- temperatura zemljine,
- sestava, količina in koncentracija kapilarne vode,
- starost koreninskih laskov.

Voda se lažje sprejema, ko so koreninski laski mlajši. Na ta način se sprejema predvsem kapilarna voda, ki se lažje sprejema, če je manj koncentrirana. Nekateri ioni (npr. Na^{2+}) pospešujejo sprejem kapilarne vode. Kalcijevi ioni in neelektroliti (saharoza, sečnina) zmanjšujejo sprejem kapilarne vode. Voda se lažje sprejema iz razrahljane in prezračene zemljine, kot pa iz zbite. Poleg tega na sprejem kapilarne vode vpliva tudi temperatura zemljine (Krajncič, 2008).

Koncentracija hranilnih snovi v raztopini mora biti nižja kot v celicah rastline. Rastline potrebujejo od 1,75 do 2 promila mineralnih snovi oz. od 1,75 do 2 g mineralnih snovi na 1 l destilirane vode. Dejavniki, ki vplivajo na sprejem ionov so npr. vrsta rastline, mikroorganizmi v zemljini, pH zemljine in temperatura (Krajncič, 2008).

Velika večina rastlin najmočneje sprejema K, N, P in Mg v začetku vegetacije, ker so to najpomembnejši elementi za razvoj koreninskega sistema in listov, ki so predhodniki intenzivne fotosinteze in kasnejše sinteze rezervnih hranilnih snovi. Sprejem fosforja je najmočnejši v začetku, nato postopoma upada, ob koncu ga rastline sprejemajo le še v majhnih količinah. Sprejem natrija, kalcija in drugih elementov pa je najmočnejši v kasnejših fazah razvoja (Krajncič, 2008).

V okolici korenin rastlin živijo mikroorganizmi rizosfere. Tovrstni mikroorganizmi vplivajo na sprejem hranilnih snovi na več načinov (Krajncič, 2008):

- razgrajujejo velike organske molekule v manjše molekule,
- pospešujejo sprejem predvsem fosfatov,
- vsrkavajo zračni dušik in ga reducirajo do amoniaka, katerega naprej oksidirajo nitrifikacijske bakterije, ki živijo v zgornjih razrahljanih slojih zemljine.

Rastline sprejemajo ogljik, vodik in kisik iz vode in zraka, ostale elemente pa iz zemljine. Rastline potrebujejo predvsem 16 elementov, ki se delijo glede na količino, ki je zastopana v rastlini (Krajncič, 2008):

- makrohranilni elementi (več kot 0,1 % v rastlini): C, H, O, N, P, S, K, Ca in Mg,
- mikrohranilni elementi (manj kot 0,1 % v rastlini): Fe, B, Mn, Zn, Cu, Mo in Co.

Hranilni elementi imajo v rastlinah več pomenov (Krajncič, 2008):

- so gradbeni elementi organskih spojin,
- so aktivatorji encimov,
- z elektrokemijsko funkcijo vzdržujejo primerne ionske koncentracije in pH vrednosti,
- so stabilizatorji velikih organskih molekul.

Nitrati, ki jih sprejemajo rastline, se najprej reducirajo do amoniaka, ki se nato vgrajuje v organske spojine. Fosfati se najbolje vsrkavajo pri pH vrednostih zemljine oz. raztopine od 5 do 6,5 (Krajncič, 2008).

5 ZNAČILNOSTI IN SESTAVA KOMUNALNIH ODPADNIH VODA

Hišne odpadne vode so si po sestavi precej podobne, razlikujejo se le po koncentraciji. Pod neugodnimi pogoji je lahko škodljiva vsaka snov. Komunalne odpadne vode lahko vsebujejo tudi bakterije, patogene klice, viruse in podobno. V povprečju dnevno na osebo nastane okrog 150 l odplak, ki v petih dneh biološke razgradnje porabijo 60 g kisika (BPK₅) (Žitnik idr., 2012).

Preglednica 1 prikazuje prisotnost najpomembnejših snovi v odpadni vodi na področju kmetijstva in na podeželju.

Preglednica 1: Vsebnost glavnih onesnaževal v odpadni vodi v kmetijstvu in na podeželju (Von Sperling, 2007)

Snov	Prisotnost snovi
Suspendirane snovi	Majhna
Biorazgradljive organske snovi	Majhna
Hranilne snovi	Majhna
Patogeni organizmi	Majhna
Biološko nerazgradljive snovi	Srednja
Kovine	Nepomembna
Neorganske raztopljene snovi	Majhna

Preglednica 2 prikazuje dnevno povprečno porabo vode na prebivalca na podeželju in v vaseh.

Preglednica 2: Povprečna poraba vode v litrih na prebivalca dnevno (Von Sperling, 2007)

	Št. prebivalcev	Poraba vode
Podeželje	Do 5000	90 - 140
Vas	5000 - 10000	100 - 160

Odpadne komunalne vode imajo različne lastnosti. Temperatura je malce višja od pitne vode, vendar je odvisna od letnega časa. Temperatura tudi vpliva na mikrobiološke aktivnosti, topnost plinov in viskoznost odplak. Sveže onesnažene odpadne vode so rahlo sive barve in imajo relativno neprijeten vonj. Motnost onesnaženih odpadnih voda, ki je večja pri svežih in koncentriranih odplakah, povzročajo suspendirane snovi (Von Sperling, 2007).

Preglednica 3 prikazuje povprečno količino snovi v odpadni onesnaženi vodi v državah v razvoju.

Preglednica 3: Količina snovi v gramih v odpadni vodi na prebivalca dnevno (Von Sperling, 2007)

Snov	Količina snovi
BPK₅	40 - 60
KPK	80 - 120
N	6,0 - 10,0
P	0,7 - 2,5

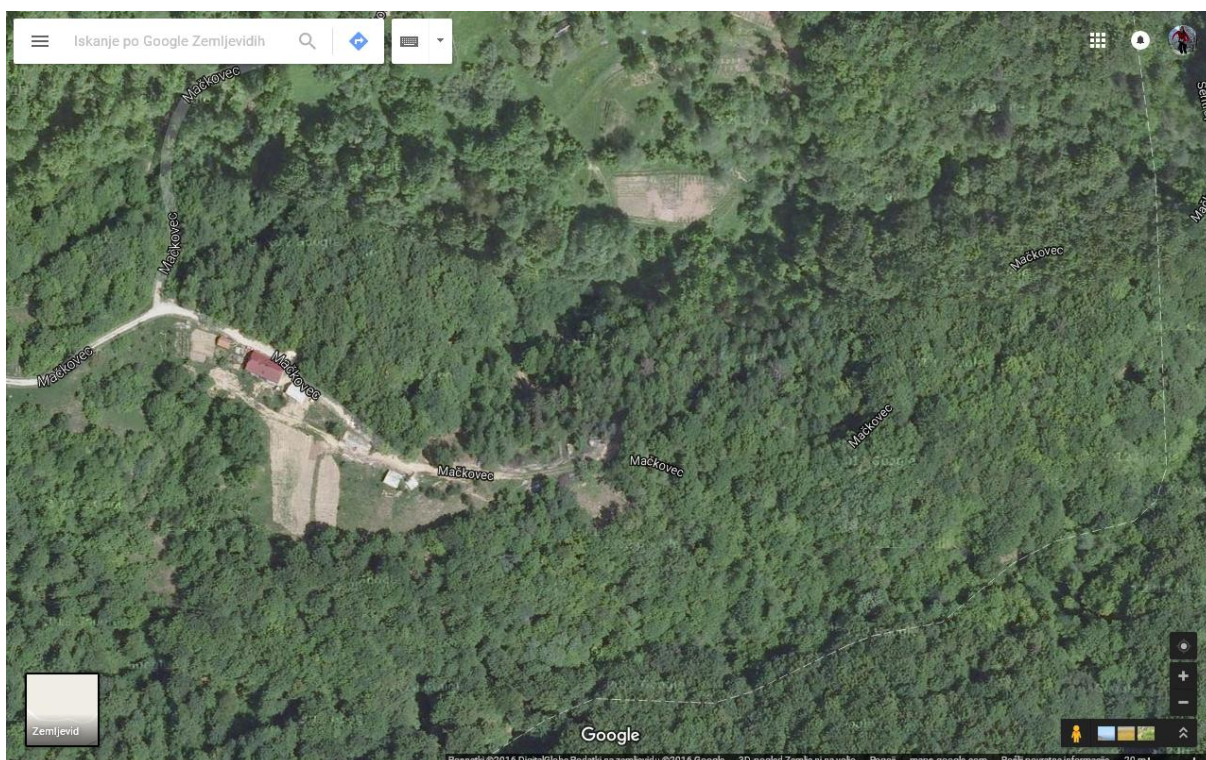
Gostejše usedline usedalnikov, ki jih imenujemo tudi fekalno blato, vsebujejo kužne klice, zato jih ne smemo odlagati na kmetijske površine brez predhodne obdelave. V fekalnem blatu se zaradi nagnitja nahajajo večje količine težko razgradljivih organskih snovi z močnim neprijetnim vonjem in so lahko vir okužb ter delujejo toksično in zaviralno (Žitnik idr., 2012).

Odpadno blato z vsebnostjo 2 % trdnih suhih snovi vsebuje 98 % vode, kar lahko predstavlja 100 kg blata z vsebnostjo 2 kg suhe snovi in 98 kg vode (Von Sperling, 2007).

6 EKOLOŠKA KMETIJA KAPL

6.1 Lokacija

Ekološka kmetija Kapl se nahaja sredi mešanih gozdov v severovzhodnem delu občine Laško, tik ob meji z občino Šentjur pri Celju, v zaselku Mačkovec na nadmorski višini okrog 500 m. Kmetija, ki je od leta 2001 uradno vključena v ekološko kontrolo, leži na mehkih karbonatnih kameninah (lapor) in meri 4,9 ha, od česar je 2,8 ha gozda. Celotno področje kmetije se nahaja na različno strmih pobočjih, obrnjenih v različne smeri neba (Klančnik, 2009).



Slika 8: Zračni posnetek kmetije Kapl (Google Zemljevidi, 2016)

Zaradi težje dostopnosti, močne razpršenosti poselitve in oddaljenosti od večjih krajev, ima kmetija manjše lastno zajetje pitne vode in za odvajanje odpadne vode ni priključena na komunalno kanalizacijo.

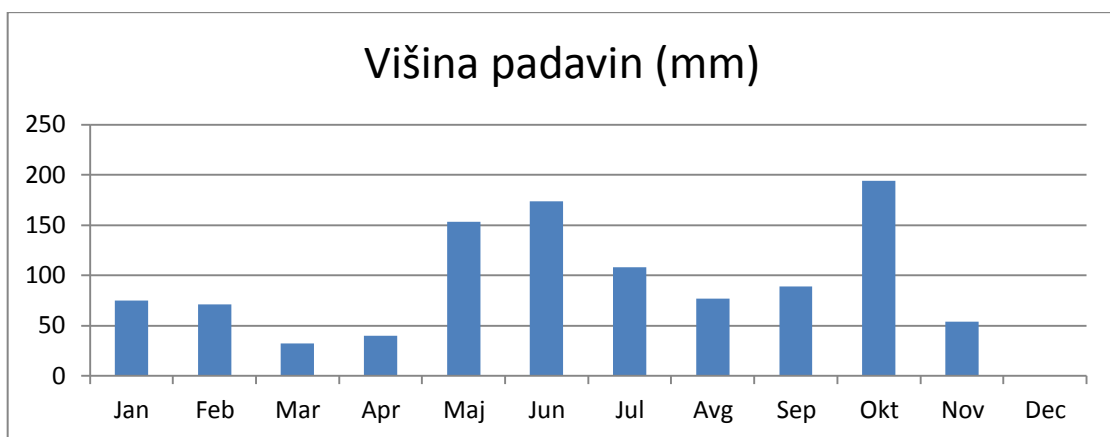
6.2 Meteorološke razmere

Čeprav se kmetija nahaja na nadmorski višini le okrog 500 m, se vremenske razmere večinoma razlikujejo od ostalih krajev s podobno nadmorsko višino. Megla je zelo redka, občasno tudi močan veter pa je pogosto prisoten. Poleti se močni nalivi pogosto pojavljajo. Na prisojnih legah ob sončnem vremenu hitro postane zelo vroče. V zimskem času sneg obstane dlje (Klančnik, 2009).

Vremenske razmere so občasno podobne razmeram v Laškem, ki leži na nadmorski višini 260 m, občasno pa razmeram na Lisci, ki leži na nadmorski višini 948 m. Oba kraja se nahajata v bližini, zato si lahko pomagamo z meteorološkimi podatki teh dveh krajev. Prav tako si v skrajnem primeru lahko delno pomagamo z vremenskimi razmerami v Celju.

Najbližji kraj s podatki o višini padavin je Laško. Grafikon prikazuje višino padavin v milimetrih posamezno za vsak mesec v letu 2015.

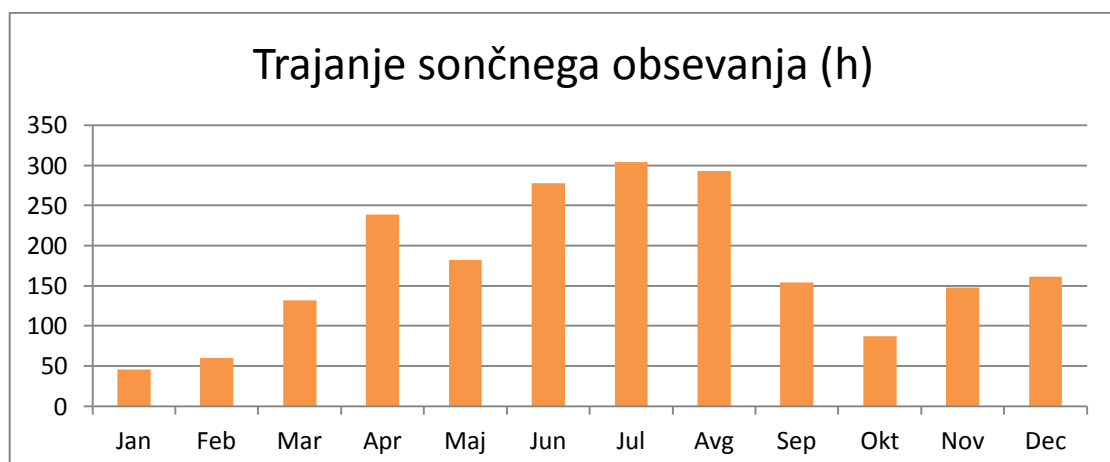
Grafikon 1: Višina padavin v milimetrih po mesecih v letu 2015 v Laškem (ARSO, 2016)



Iz grafikona je razvidno, da je najmanjša višina padavin v zimskih mesecih. Grafikon prikazuje le višino padavin v letu 2015, vendar lahko za ostala leta sklepamo, da so razmere podobne.

Podatki v urah sončnega obsevanja sem vzela za Lisco, saj je to najbližja in najbolj podobna lokacija, za katero se lahko pridobi te podatke.

Grafikon 2: Trajanje v urah sončnega obsevanja za Lisco po mesecih v letu 2015 (ARSO, 2016)



Iz grafikona je razvidno, da je časovno največ sončnega obsevanja v poletnih mesecih. Čeprav grafikon prikazuje le čas sončnega obsevanja za leto 2015, pa so si časi ostalih let precej podobni.

Največja količina padavin nastaja v poletnih mesecih, najmanjša pa v zimskih. Ravno tako je tudi z urami sončnega obsevanja. Sonce obseva največje število ur v poletnih mesecih, najmanj pa v zimskih. Iz tega lahko sklepamo, da je zemljina preko celega leta približno enakomerno navlažena, saj v poletnih mesecih, ko so temperature najvišje in je zaradi tega izhlapevanje vode iz zemljine in rastlin največje, pade tudi največ padavin.

Ker nisem dobila podatkov o temperaturi zemljine za kraj Mačkovec, sem uporabila podatke za kraj Celje – Medlog, ki je najbližje obravnavanemu predelu. Preglednica 4 prikazuje povprečne mesečne temperature na različnih globinah v letu 2015.

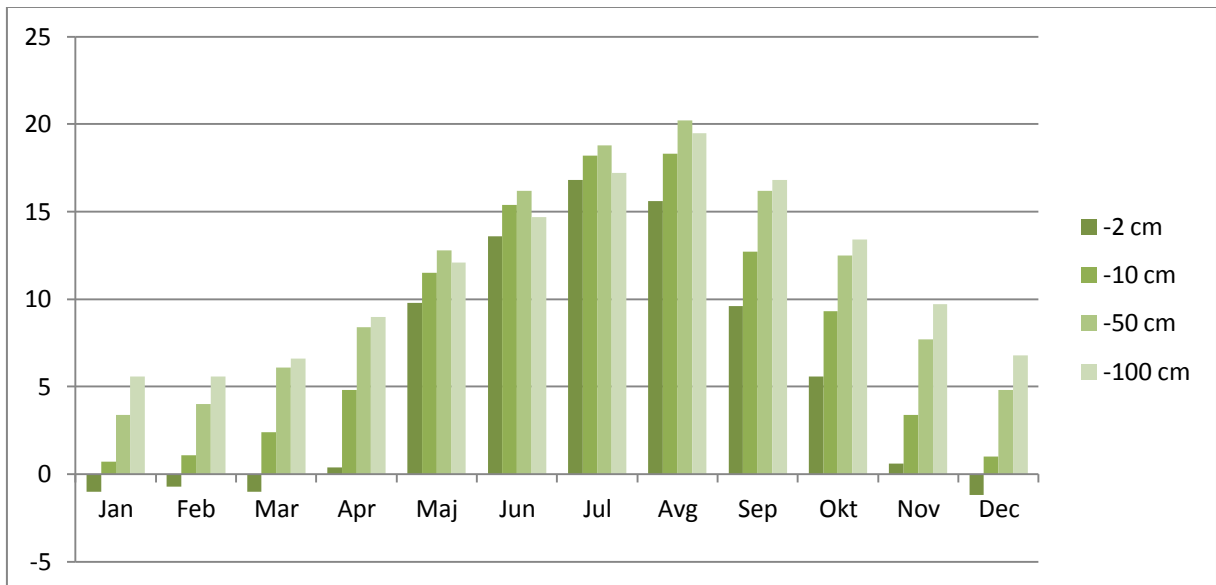
Preglednica 4: Povprečne mesečne temperature tal v stopinjah Celzija na različnih globinah v letu 2015 za Celje – Medlog (ARSO, 2016)

Globina	-2 cm	-2 cm	-2 cm	-10 cm	-10 cm	-10 cm	-50 cm	-50 cm	-50 cm	-100 cm	-100 cm	-100 cm
Mesec	Pov	Min	Max	Pov	Min	Max	Pov	Min	Max	Pov	Min	Max
Jan	1,8	-1,0	9,9	7,9	0,7	9,9	5,1	3,4	6,2	6,8	5,6	7,9
Feb	2,4	-0,7	10,8	2,9	1,1	6,8	4,6	4,0	6,0	6,1	5,6	6,6
Mar	7,0	-1,0	18,8	7,0	2,4	11,6	7,2	6,1	9,2	7,6	6,6	8,9
Apr	12,8	0,4	29,7	11,6	4,8	16,5	10,7	8,4	13,0	10,2	9,0	12,1
Maj	18,6	9,8	34,6	17,4	11,5	22,3	15,3	12,8	16,8	14,0	12,1	15,3
Jun	22,7	13,6	38,6	21,1	15,4	26,3	18,7	16,2	20,2	16,9	14,7	17,9
Jul	26,3	16,8	40,6	24,8	18,2	30,9	21,8	18,8	23,5	19,5	17,2	21,0
Avg	23,7	15,6	34,5	23,0	18,3	27,0	21,5	20,2	22,7	20,2	19,5	21,0
Sep	17,9	9,6	31,4	18,3	12,7	24,4	18,9	16,2	21,3	18,7	16,8	20,2
Okt	12,0	5,6	21,6	12,7	9,3	16,3	14,3	12,5	16,1	14,9	13,4	16,7
Nov	6,6	0,6	16,9	7,6	3,4	11,0	10,3	7,7	12,5	11,7	9,7	13,4
Dec	2,9	-1,2	11,5	3,5	1,0	7,3	6,4	4,8	8,0	8,2	6,8	9,5
Leto	13,0	-1,2	40,6	13,2	0,7	9,9	13,0	3,4	23,5	12,9	5,6	21,0

Iz preglednice je razvidno, da zemljina z večanjem globine pridobiva na temperaturi. Možnost zamrznitve je le nekaj centimetrov pod površino tal in le za krajši čas. Čeprav preglednica prikazuje le temperature iz leta 2015, se temperature v ostalih letnih obdobjih bistveno ne spreminjajo.

Bolj podrobno nas zanimajo minimalne temperature zemljine na različnih globinah, zato sem iz podatkov prejšnje preglednice vzela le minimalne temperature za vsak mesec v letu 2015 in sestavila naslednji grafikon.

Grafikon 3: Minimalne temperature na različnih globinah zemljine za vsak mesec v letu 2015 v kraju Celje – Medlog



Iz grafikona je razvidno, da temperatura z globino zemljine narašča. Negativne temperature se pojavljajo le v zimskih mesecih in le pri globini zemljine 2 cm. Na globini zemljine 10 cm so tudi minimalne temperature ves čas pozitivne. Iz grafikona je razvidno tudi, da se temperatura z globino zemljine veliko bolj spreminja v zimskih mesecih kot v poletnih. Ravno tako lahko iz grafikona razberemo, da se temperatura v zimskih mesecih z globino zemljine zvišuje, medtem ko se v poletnih mesecih temperatura zvišuje le do določene globine (-50 cm) in nato začne padati.

6.3 Opis kmetije

Na mešani samooskrbni ekološki kmetiji Kapl, ki je miroljubne vrste, stalno stanujeta dve osebi. Kmetija ima manjše število drobnice in perutnine. Njihovo majhno lastno vodno zajetje se nahaja na sosednji višje ležeči parceli. Ob iztoku črne in sive vode trenutno uporabljajo dva usedalnika, kjer na koncu minimalni presežek odpadne vode ponikne. Goščo iz usedalnikov po potrebi izpraznijo in prenesejo na kompostni kup, ki je po plasteh na debelo mešan z odpadnimi rastlinami. Po kompostiranju material uporabijo za cvetlične gredice. Način kmetovanja in vse aktivnosti temeljijo na spoštovanju narave in njenih vrednot. Za lastno prehrano in krmo živali uporabljajo le doma pridelano ekološko hrano. Skrbijo za biotsko pestrost. Stroje se uporablja izjemno redko, saj se večino del opravi ročno. Namakanja in škropljenja ni, edini način gnojenja je, da se po spravi pridelkov na njivah pasejo živali. Ker je količina pitne vode zelo omejena, še posebej v poletnih sušnih obdobjih, se je tudi ne porablja veliko, kar pomeni, da je tudi izpust odpadne vode zelo majhen. Detergente v zelo majhnih količinah uporabljajo precej poredko.

6.4 Trenutno stanje na kmetiji

Zaradi majhnega lastnega vodnega zajetja na sosednji višje ležeči parceli in zelo omejene količine pitne vode, predvsem v poletnih sušnih obdobjih, je tudi poraba pitne vode precej omejena. Zaradi naravi bolj prijaznega načina življenja in ker pri pripravi hrane uporabljajo zelo malo maščob, za pomivanje posode le redko uporabijo detergent (le $\frac{1}{2}$ litra v osmih letih). Perilo perejo po posebnem postopku, pri katerem v mesecu porabijo po dve žlici pralnega praška. Mehčalca za perilo ne uporabljajo. Pri čiščenju in pranju uporabljajo kis za vlaganje. V straniščno školjko poleg vode in človeških izločkov pride povprečno 40 rolic hitro razgradljivega neodišavljenega toaletnega papirja letno. Poleg tega v enem letu porabijo še po eno zobno kremo, pol litra šampona za lase in pol kosa naravnega mila (Klančnik, E. 2016).

Preglednica 5: Količina porabljenih izdelkov letno (Klančnik, E. 2016)

Izdelek	Količina
Hitro razgradljiv neodišavljen toaletni papir	40 rolic
Detergent za pomivanje posode	1/16 l
Pralni prašek	24 žlic
Zobna krema	1 tuba
Naravno trdo milo	$\frac{1}{2}$ kosa
Šampon za lase	$\frac{1}{2}$ l

Ocenjena povprečna dnevna poraba vode v bivalnem objektu je okrog 160 l. Od tega se 100 l porabi za osebno higieno, 20 l v kuhinji in 40 l za splakovanje stranišča. Kotliček z vodo za splakovanje stranišča je nastavljen na minimum, to je 6 l, in ima možnost predčasnega ustavljanja za varčevanje z vodo. Dvakrat mesečno se v pralnem stroju po posebnem varčevalnem postopku pere perilo, pri čemer se pri enem pranju porabi 50 l vode. Torej skupna ocenjena poraba vode v dneh s pranjem perila je 210 l, v enem mesecu ali 30 dneh pa 4900 l (Klančnik, E. 2016).

Iz bivalnega objekta vodi en iztok za odpadne sive vode in drugi za odpadne črne vode. Cevi iz obeh iztokov sta napeljana vzporedno od sredine stene južnega dela hiše proti jugu po terenu navzdol do triprekatne greznice. Tik pred greznico se cevi ločita. Cev s črno vodo je napeljana v prvi prekat, kjer se usedajo največji in najtežji delci. Odpadna voda nato iz prvega prekata teče preko drugega do tretjega, kjer se priključi cev s sivo vodo. Zaradi majhne količine pitne vode, ki vstopa v objekt, je tudi količina odpadne vode iz objekta majhna. Gošča iz prvega in drugega prekata greznice se izprazni po potrebi in se jo odnese na kompostni kup v bližini usedalnikov. Kompostni kup je poleg greznične

gošče sestavljen še iz debelih slojev ostankov rastlin. Zrel kompost uporabljajo za cvetlične gredice in podobne vrtnarske namene.

6.5 Vlagoljubne rastline, ki uspevajo na ekološki kmetiji Kapl

6.5.1 Okroglolistna pijavčnica (*Lysimachia nummularia*)

Okroglolistna pijavčnica je pokrivna srednje medovita rastlina, ki uspeva v senčni, poldnevni in sončni legi (Petauer, 1993). Ukoreninjuje se na kolencih in raste na tleh, bogatih z dušikom (Notranjski regijski park, 2016). V višino zraste od 10 do 50 cm in cveti v rumeni barvi od meseca maja do avgusta (Schauer, 2008). Rastlina se agresivno širi ob ugodnih pogojih, vendar se zelo enostavno ročno odstrani. Je zimzelena in zdrži celo padce temperature pod -40 stopinj Celzija (Wikipedia, 2016). Priporočeno sajenje je od 5 do 7 sadik na kvadratni meter (Trajnice Golob-Klančič, 2016).



Slika 9: Okroglolistna pijavčnica (Foto: Jasmina Klančnik, 2016)

6.5.2 Navadna pijavčnica (*Lysimachia vulgaris*)

Navadna pijavčnica je srednje medovita rastlina (Petauer, 1993). V višino zraste od 50 do 150 cm in cveti v rumeni barvi v piramidasto grozdastih socvetjih od meseca maja do avgusta. Vezana je na sončna rastišča z vlažnimi tlemi (Schauer, 2008, Notranjski regijski park, 2016). Rastlina ni zimzelena. Priporočeno sajenje je od 5 do 7 sadik na kvadratni meter (Trajnice Golob-Klančič, 2016). Na kmetiji raste v velikih količinah.



Slika 10: Navadna pijavčnica (Wikipedia, 2016)

6.5.3 Navadna kalužnica (*Caltha palustris*)

Navadna kalužnica zraste v višino od 15 do 50 cm in cveti v živo zlato rumeni barvi od meseca marca do junija (Schauer, 2008, Notranjski regijski park, 2016). Je srednje medovita rastlina (Petauer, 1993). Ima mnogo od 2 do 3 mm debelih mrežastih korenin. Najbolj ji ustreza voda bogata s kisikom. Zelo dobro privzema nitrata in fosfate. Pogosto je prisotna ob pronicanju vode bogate z železom (Wikipedia, 2016). Uspeva v močvirju ali vodi do globine 15 cm in potrebuje stalno namočenost v zemljini, ki je bogata s hranili. Razmnožuje se s semeni pozno poleti ali z delitvijo zgodaj spomladi in jeseni (Vrt & Narava, 2016). Je strupena rastlina in razširjena po vsej Sloveniji (Notranjski regijski park, 2016).



Slika 11: Navadna kalužnica (Vrt & Narava, 2016)

6.5.4 Navadna krvenka (*Lythrum salicaria*)

Navadna krvenka je pogosta rastlina v vlažnih tleh po vsej Sloveniji in zraste v višino od 30 do 120 cm ter cveti v klasastem socvetju v roza vijolični barvi od meseca junija do septembra (Schauer, 2008, Notranjski regijski park, 2016). Koreninski sistem je sestavljen iz ene velike olesenele množice korenin. Cvetove obišče velika množica različnih žuželk, kar se lahko označi s sindromom generalnega oprraševanja. Rastlina proizvede do 2,7 milijona drobnih semen letno, ki se preprosto prenašajo s pomočjo vetra ali vode ter kalijo v vlažnih tleh po prezimovanju. Tovrstne rastline se lahko razmnožujejo tudi z delitvijo kosov korenin v spomladanskem času. Ko je rastlina ustaljena, jo je težko odstraniti. Navadna krvenka je uspešen model biološkega zatiranja škodljivcev. Poleg tega je rastlina odličen vir hrane raznim vrstam hroščev (Wikipedia, 2016). Rastlina se obrezuje po cvetenju, da se prepreči samosejanje. Na splošno nima bolezni, lahko jo poškodujejo le polži (Royal Horticultural Society, 2016). Uspeva na sončni in polsenčni legi. Rastlina ni zimzelena. Priporočeno sajenje je od 7 do 10 sadik na kvadratni meter (Trajnice Golob-Klančič, 2016).



Slika 12: Navadna krvenka (Ekološka kmetija Kapl, 2016)

6.5.5 Navadno ločje (*Juncus effusus*)

Navadno ločje je rastlina, ki je zelo odporna na onesnaženo vodo. V sebi kopiči velike koncentracije škodljivih snovi, tudi živo srebro in fenole. Uničuje v vodi prisotne bolezenske klice, tako onesnažena voda po čiščenju postane pitna. Rastlina je odporna tudi na sušna obdobja in zaradi svojega koreninskega sistema tla štiti pred erozijo (Petauer, 1993). V višino zraste od 30 do 120 cm in cveti od meseca junija do avgusta (Schauer, 2008). Rastlina uspeva na sončni ter polsenčni legi in ni zimzelena. Priporočeno sajenje je od 5 do 7 rastlin na kvadratni meter (Trajnice Golob-Klančič, 2016). Rastlina nudi zavetje mnogim malim sesalcem, divjim pticam ter ostalim divjim živalim. (Wikipedia, 2016). Razmnožuje se s semeni s pomočjo vetra ali vode. Koreninski sistem je sestavljen iz kratkih rizomov in grobih vlaknastih korenin. Razmnoževanje s semeni je dolgotrajno in problematično. Običajno se razmnoži z odkopavanjem in presajanjem rizomov (Illinois Wildflowers, 2016). Na kmetiji Kapl raste v velikih količinah.



Slika 13: Navadno ločje (Ekološka kmetija Kapl, 2016)

6.5.6 Vodna perunika (*Iris pseudacorus*)

Vodna perunika, ki ima debelo mesnato koreniko, v višino zraste od 50 do 100 cm in cveti z velikimi cvetovi v živo rumeni barvi meseca maja in junija. Uspeva le ob vodah oz. zelo mokrih tleh. V Sloveniji je zavarovana z Uredbo o zavarovanih prostoživečih rastlinskih vrstah (Schauer, 2008, Notranjski regijski park, 2016). Rastlina uspeva v vodi do globine 15 cm ali v stalno namočeni anoksični zemljini. Odlično veže hranilne snovi in težke kovine. Razmnožuje se enostavno z delitvijo korenin od sredine poletja do začetka jeseni ali s semeni s pomočjo vode (Vrt & Narava, 2016, Wikipedia, 2016). Rastlina ni zimzelena ter uspeva v sončni, polsenčni in senčni legi. Priporočeno sajenje je od 5 do 7 sadik na kvadratni meter (Trajnice Golob-Klančič, 2016).



Slika 14: Vodna perunika (Foto: Jasmina Klančnik, 2016)

6.5.7 Širokolistni rogoz (*Typha latifolia*)

Širokolistni rogoz, ki ima močno plazečo koreniko, je razširjen po vsej Sloveniji. V višino zraste od 1 do 3 m ter cveti od meseca junija do septembra (Hergan, 2011, Notranjski regijski park, 2016). Raste na sončni ali polsenčni legi na hranljivih tleh, bogatih z dušikom. Prilagojen je rasti na namočenih tleh, kjer primanjkuje kisika, vendar lahko preživi tudi daljše obdobje brez prisotnosti vode (Notranjski regijski park, 2016). Lahko raste tudi iz vode do globine 1 m, kjer je voda lahko tudi slana. Rastlina zelo rada izpodriva ostale rastlinske vrste (Wikipedia, 2016). Koreninski sistem je sestavljen iz debelih rizomov in vlaknastih korenin. Rastlina je dober habitat za gosenice različnih moljev, močvirskih živali in ptic (Illinois Wildflowers, 2016). Rastlina ni zimzelena. Priporočeno sajenje je od 3 do 5 rastlin na kvadratni meter (Trajnice Golob-Klančič, 2016).



Slika 15: Širokolistni rogoz (Wikipedia, 2016)

6.5.8 Previsni šaš (*Carex pendula*)

Previsni šaš v višino zraste od 50 do 150 cm ter cveti od meseca maja do julija. Nahaja se v vlažnih listnatih gozdovih v senčni legi (Schauer, 2008, Trajnice Golob-Klančič, 2016). Razmnožuje se s semeni v jesenskem času ali z delitvijo od sredine pomladi do začetka poletja. Obreže se po cvetenju. Na splošno nima bolezni, lahko jo napadejo le listne uši (Royal Horticultural Society, 2016). Rastlina je zimzelena ter uspeva v sončni in polsenčni legi. Priporočeno sajenje je od 5 do 7 rastlin na kvadratni meter (Trajnice Golob-Klančič, 2016).



Slika 16: Previsni šaš (Ekološka kmetija Kapl, 2016)

7 RASTLINSKA ČISTILNA NAPRAVA KAPL

7.1 Določitev najprimernejšega prostora za postavitev RČN

Po večkratnem ogledu terena ter glede na trenutno stanje in mnenje s kmetije, smo določili najprimernejši prostor za postavitev RČN. Lokacija, ki se nahaja ob severozahodnem vogalu tako imenovane Prve njive, je glede na dane razmere najugodnejša, saj zaradi bližine hiše in trenutnega stanja odvajanja odpadnih voda, dodatno izkopavanje terena in nameščanje novih odtočnih cevi ni potrebno. Trenutni dve cevi za odvajanje črne in sive vode se bosta tudi ob vzpostavitvi sistema delovanja RČN uporabljali v isti namen. Do lokacije trenutne triprekatne greznice je možen dostop tudi z manjšim delovnim vozilom. Poleg tega je na južni strani hiše največ primerne prostora za gradnjo novih objektov, saj prostor severno od hiše ne predstavlja več last kmetije Kapl, zahodno stoji garaža, vzhodno pa objekt, ki je sestavljen iz odprtega hleva ter prostora za shranjevanje krme in orodja.

RČN bo locirana na sončno lego med Prvo njivo in robom mešanega gozda. S tem se ohrani celotna površina njive, ki je zelo pomembna za pridelovanje hrane in krme. Poleg tega se ohranijo vsa drevesa, ki predstavljajo rob gozda. Sončna lega RČN je veliko bolj primernejša od senčne, saj rastline za svojo čim boljšo rast in učinkovitost čiščenja odpadnih voda potrebujejo precej svetlobe. Poleg tega se s sončno svetlobo odstranijo nekatere bakterije. Ob času cvetenja močvirskih rastlin bo nastal tudi lepši razgled iz hiše in dvorišča proti gredam RČN.

Seveda pa obstaja tudi nekaj težav pri tej lokaciji. Zaradi velike strmine področja, okrog 45%, je zelo težak dostop gradbene mehanizacije in dostave materiala. Zemljina je precej zbita in trda ter zelo težko obdelana ročno.

7.2 Načrtovanje in izvedba RČN

7.2.1 Splošno o RČN Kapl

Poraba pitne vode na kmetiji je zelo majhna, ocenjena na 210 l v dnevih pranja perila (dvakrat mesečno) oziroma 160 l v ostalih dnevih. Meteorna voda je preko žlebov in cevi speljana v bazene in zadrževalnike, namenjene živalim in zalivanju sadik. V bližini ni nobenega vodnega telesa, ki bi lahko spreminjal pretok in koncentracijo odpadne vode.

Vsi usedalniki, zračniki in cevi pri RČN Kapl bodo prekriti z zemljino ali z rastlinjem. Vidne bodo le rastlinske grede, ki pa bodo precej drugačnega videza od rastlinskih gred pri običajnih RČN v

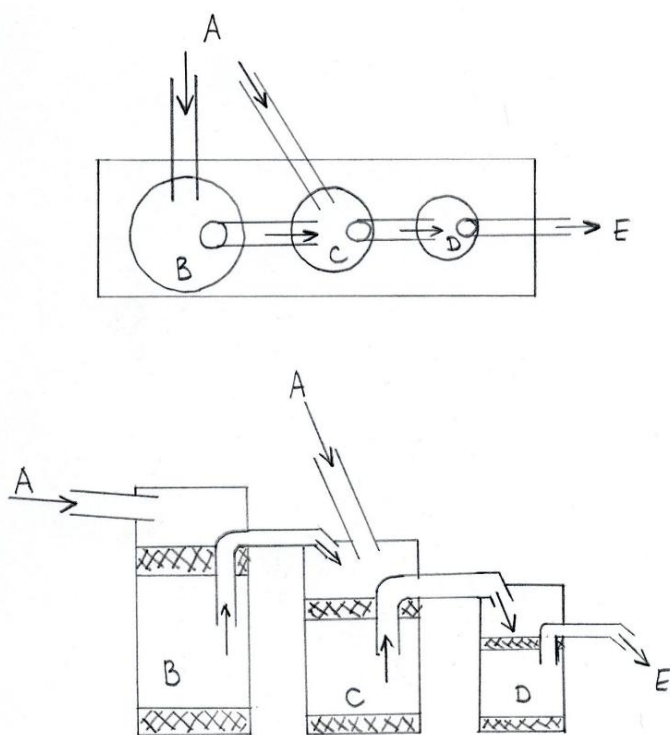
Sloveniji. Uporabili bomo 8 različnih močvirskih rastlinskih vrst, ki že dlje časa uspevajo na kmetiji. Rastline so izbrane predvsem glede na njihove lastnosti čiščenja odpadne vode in glede na barvo in čas cvetenja.

Prav tako bo prva rastlinska greda nenavadne oblike, saj bo sestavljena iz okroglega lesenega sode, ki se zelo lepo podaja okolici in ima vse lastnosti, ki jih potrebuje rastlinska greda.

Da bi se izognili razvoju mrčesa in neprijetnih vonjav, smo določili, da bodo vse grede imele podpovršinski tok.

Glede na različne teorije in uspešnosti delovanja že obstoječih RČN, sem se odločila, da bo pri RČN Kapl uporabljen hibridni sistem čiščenja odpadne vode. Torej prva in tretja greda bosta imeli vertikalni tok, druga pa horizontalnega.

7.2.2 Sestavni deli in objekti RČN



Slika 17: Trije usedalniki (lastni vir)

Legenda:

A – dotok

B – prvi usedalnik

C – drugi usedalnik

D – tretji usedalnik

E – iztok

Odpadne vode iz bivalnega objekta bodo iztekale preko dveh različnih cevi, prva za črne vode in druga za sive vode. Nato bodo sledili trije usedalniki, pri katerih bo v prvega pritekala črna voda, v drugega siva voda in delno očiščena voda iz prvega usedalnika. Nato se bo pretakala delno očiščena voda iz drugega usedalnika še preko tretjega. Vsak od treh usedalnikov bo imel svoj zračnik z namenom razvoja mikroorganizmov in zaradi nihanja nivoja vsebine v usedalnikih.

To predčiščenje je zelo pomembno, da je kvalitetno opravljeno, saj v primeru, ko mehansko slabo očiščena voda priteče na rastlinsko gredo, lahko hitro povzroči zamašitev filtrirne grede. V takih primerih je potrebna sanacija grede, kjer se gredo najprej razdere in nato ponovno zgradi ter nasadi močvirske rastline, ki lahko za rast potrebujejo precej časa, med tem pa RČN ne deluje optimalno.

Po predčiščenju se bo odpadna voda spustila po cevi v malo nižje ležeči jašek s prekucnikom in se po določenem času preko različnih cevi razlila preko prve rastlinske grede z manjšo okroglo površino, kjer bo tok skozi gredo vertikalni.

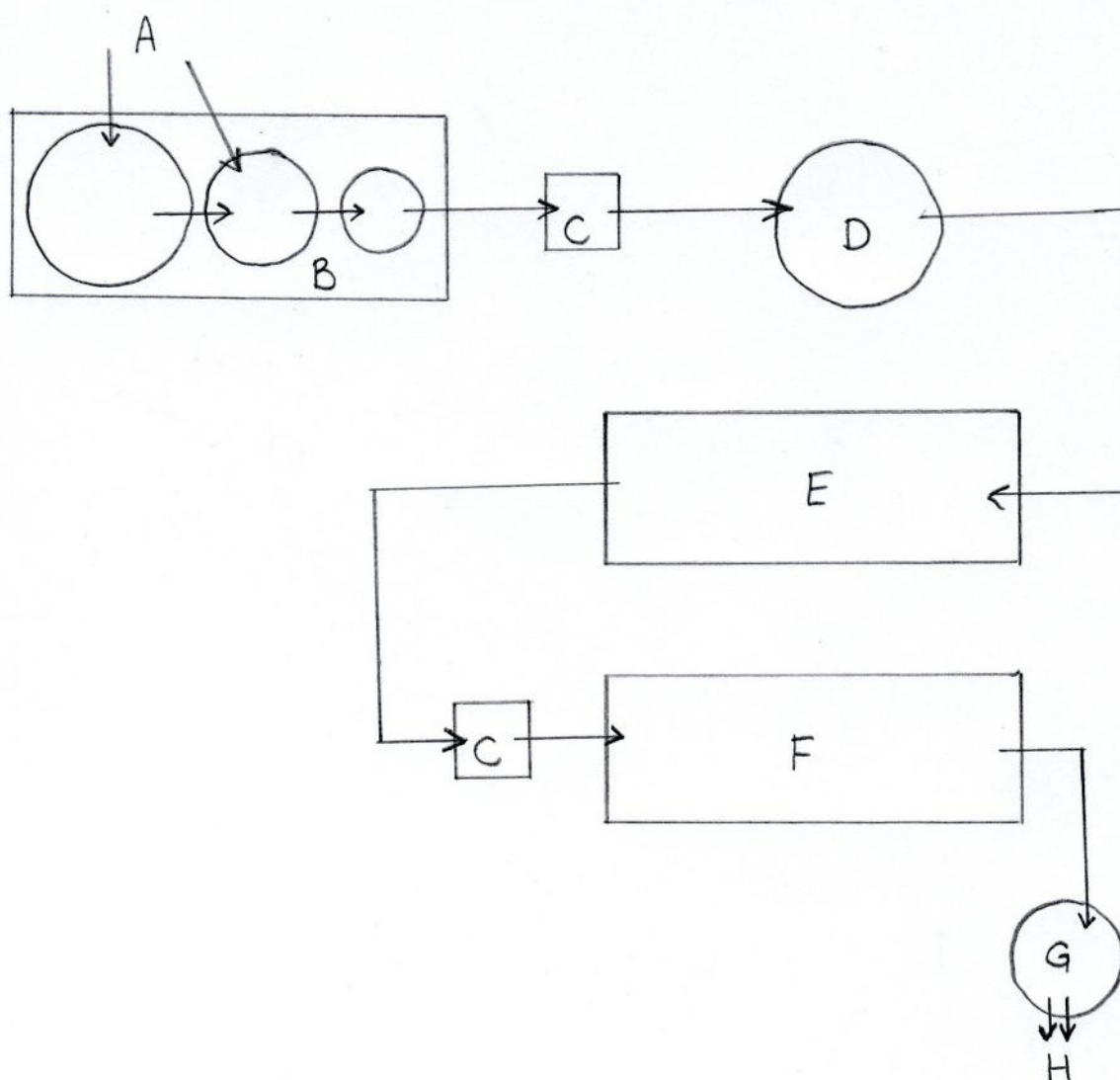
Za tem se bo preko cevi odpadna voda ponovno spustila v malo nižje ležečo drugo rastlinsko gredo pravokotne oblike, kjer bo tok skozi gredo horizontalni.

Po daljšem času se bo voda ponovno preko cevi spustila v malo nižje ležeči jašek s prekucnikom in ko bo ta poln, se bo razlila preko različnih cevi preko celotne površine tretje rastlinske grede pravokotne oblike, v kateri bo potekal vertikalni tok.

Iz zadnje grede se bo prečiščena voda prelila v manjši površinski odprt bazen, ki bo namenjen zalivanju sadik. Tik pred tem bazenom bo možen dostop za odvzem vzorcev vode. Poleg tega bodo možni dostopi za odvzem vzorcev vode za domačo rabo tudi na nekaterih drugih predelih RČN. Ob možnem pojavu prevelike količine vode v zadnjem odprtem bazenu, se bo voda površinsko netočkovno razlila preko širokega ustnika na travnik. Take količine vode se sicer ne pričakuje glede na zelo majhen dotok pitne vode v stanovanjski objekt in zaradi tega tudi precej majhno porabo.

Vse dotočne in iztočne cevi bodo imele omogočeno morebitno čiščenje. Prav tako bodo tudi jaški s prekucniki dostopni za odpravo morebitnih napak.

Do zamrzovanja cevi in ostalih ključnih delov sistema v zimskem času ne bo prihajalo. Cevi se bodo zaradi strmega pobočja nahajale različno, a dovolj globoko pod površjem, kjer ne bo prihajalo do negativnih temperatur, poleg tega pa bo padec dovoljeval večjo hitrost vode po ceveh med gredami.



Slika 18: Shema sistema RČN Kapl (lastni vir)

Legenda:

A – dotok

B – usedalniki

C – jašek s prekucnikom

D – prva rastlinska greda, vertikalni tok

E – druga rastlinska greda, horizontalni tok

F – tretja rastlinska greda, vertikalni tok

G – manjši bazen za zbiranje očiščene vode

H – iztok z ventilom in iztok s širokim ustnikom

Glede skupne površine rastlinskih gred obstajajo tudi različna mnenja. Na zemljiščih z večjo vrednostjo se za 1 PE zavzemajo za le 1 m² površine rastlinske grede, medtem ko se po Kickuthovi enačbi uporablja celo 5 m² površine pri horizontalnem sistemu grede. Po mnogih raziskavah se danes

uveljavlja od 2 do 2,5 m² za horizontalne sisteme in od 1,5 do 5 m² za vertikalne sisteme grede RČN za 1 PE (Bulc, 2013).

Skupno površino rastlinskih gred pri RČN Kapl bo določalo več dejavnikov. Na kmetiji stalno stanujeta 2 osebi, kar predstavlja 2 PE. Manjše število drobnice in perutnine ne vpliva na količino odvedene odpadne vode. Nekajkrat letno je možen manjši obisk, ki pa vpliva na količino odpadne vode, vendar ne več kot jo določa pritek pitne vode preko majhnega lastnega zajetja v bivalni objekt. Glede na površino prve rastlinske grede okrogle oblike s premerom 76 cm in dveh enakih pravokotnih rastlinskih gred, širine 140 cm in dolžine 260 cm, bo skupna površina merila skoraj 8 m², kar po nekaterih teorijah zadošča celo za 8 PE.

Globina rastlinskih gred je običajno med 0,3 m in 1,2 m. Najpogosteje se uporablja 0,6 m za horizontalne sisteme RČN in 1 m za vertikalne sisteme RČN. Pri manjših globinah prihaja do evapotranspiracije in zamrzovanja, pri večjih globinah pa je rizomski in koreninski sistem oslavljen (Bulc, 2013).

Globina prve rastlinske grede pri RČN Kapl je v naprej določena z višino lesenega hrastovega soda, ki se bo uporabil v ta namen, in znaša 94 cm. Globina druge rastlinske grede, kjer bo potekal horizontalni tok, bo 60 cm, globina tretje, kjer bo potekal vertikalni tok, pa 1 m.

7.2.2.1 Dotočni kanal

Iztočni cevi, ki trenutno vodita iz bivalnega objekta do triprekatne greznice, bosta tudi ob delovanju RČN imeli enako funkcijo. Prva PVC cev premera 110 mm bo v prvi usedalnik dovajala črno vodo, druga PVC cev premera 75 mm pa sivo vodo v drugi usedalnik. Deli PVC cevi so med seboj povezani z gumijastimi tesnili. Cev s črno vodo bo na prvi betonski usedalnik pritrjena betonsko.

Za iztok črne vode iz cevi v prvi usedalnik smo določili koordinate:

Y = 528463,5

X = 112845

oziroma

46° 9' 32,99" N

15° 21' 49,52" E.

7.2.2.2 Usedalnik 1

Prvi usedalnik, kamor bo pritekala črna voda, bo betonski, okrogle oblike s premerom 100 cm in višino 100 cm. Tik pred začetkom obratovanja usedalnika, ga je potrebno do vrha napolniti z vodo. S tem se prepreči zamašitev dotočnih in iztočnih cevi v začetnem obdobju delovanja. V prvem usedalniku se bodo delci težji od vode usedali na dno, lažji pa se bodo pomikali na površje. Gošča, sestavljena iz usedljivih delcev črne vode, se bo iz usedalnika praznila vsaj enkrat letno, čeprav se ne pričakuje, da bi bil usedalnik v tem času poln težkih delcev.



Slika 19: Betonska cev za namen prvega usedalnika (Foto: Jasmina Klančnik, 2016)

7.2.2.3 Usedalnik 2

Drugi usedalnik bo predstavljal 300 litrski plastičen sod za zbiranje deževnice v obliki prisekanega stožca z višino 90 cm, zgornjim premerom 69 cm in spodnjim premerom 58 cm. Vanj bo pritekala voda iz dveh cevi. Skozi en pritok bo pritekala delno očiščena voda iz prvega usedalnika, skozi drug pritok pa bo pritekala siva voda. Tik pred začetkom obratovanja usedalnika, ga je potrebno do vrha napolniti z vodo. S tem se prepreči zamašitev dotočnih in iztočnih cevi v začetnem obdobju delovanja. Funkcija tega usedalnika je enaka funkciji prvega. Delci težji od vode se bodo usedali na dno usedalnika, lažji pa se bodo pomikali na površje. Gošča usedalnika, sestavljena iz usedljivih delcev sive vode in iz morebitnih usedljivih delcev črne vode, se bo praznila enkrat letno, skupno s praznjenjem gošče prvega usedalnika. Tudi tu se ne pričakuje, da bi bil usedalnik v tem času poln težkih delcev.



Slika 20: Plastičen sod (300 l) za namen drugega usedalnika (Foto: Jasmina Klančnik, 2016)

7.2.2.4 Usedalnik 3

Tretji usedalnik bo 200 litrski plastičen sod za zbiranje deževnice v obliki prisekanega stožca z višino 84 cm, zgornjim premerom 64 cm in spodnjim premerom 46 cm. Vanj bo pritekala delno očiščena voda iz drugega usedalnika z namenom dodatnega usedanja težjih in flotacije lažjih delcev, saj se zaradi hitrega in kratkotrajnega dotoka sive vode v drugi usedalnik odpadna voda v njem lahko izrazito premeša in obstaja možnost, da bi brez tretjega usedalnika slabo očiščena voda odtekla na prvo rastlinsko gredo, kjer bi kaj hitro lahko prišlo do zamašitve medija. Tik pred začetkom obratovanja tretjega usedalnika, ga je potrebno do vrha napolniti z vodo, saj se s tem prepreči zamašitev dotočnih in iztočnih cevi v začetnem obdobju delovanja. Morebitna gošča se bo iz usedalnika praznila po potrebi.

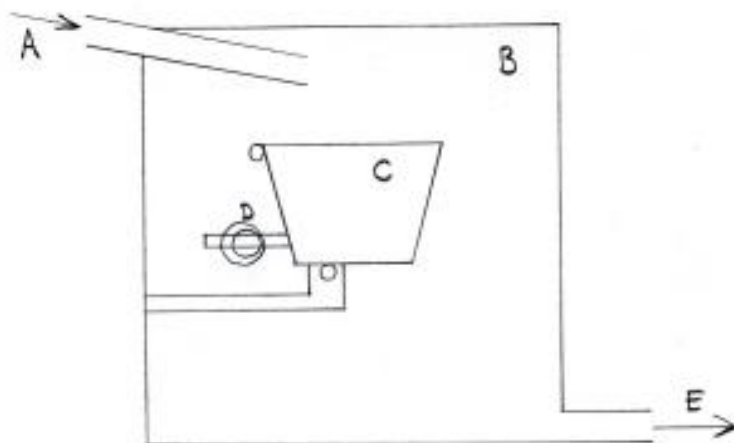


Slika 21: Plastičen sod (200 l) za namen tretjega usedalnika (Foto: Jasmina Klančnik, 2016)

7.2.2.5 Jašek s pekucnikom 1

Iz tretjega usedalnika se bo delno prečiščena voda preko PVC cevi premera 75 mm spustila v precej nižje ležeči jašek s pekucnikom. Voda bo dotekala v prekucno posodo, ki se bo lahko prevračala

samo v eno smer, kajti na drugi strani bo imela protiutež, s katero se bo določala količina vode v prekucni posodi. Ko bo v prekucni posodi dovolj vode, se bo posoda prevrnila za kot manjši od 90 stopinj in razlila vso količino vode v jašek, iz katerega se bo voda takoj prelila naprej preko cevi v prvo rastlinsko gredo.



Slika 22: Jašek s prekucnikom (lastni vir)

Legenda:

A – dotok

B – jašek

C – prekucna posoda

D – protiutež za določanje količine vode

E – iztok

7.2.2.6 Rastlinska greda 1

Prva rastlinska greda bo narejena iz 528 litrskega lesenega hrastovega soda za vino z višino 94 cm ter zgornjim in spodnjim premerom 76 cm, za katerega smo se odločili zaradi naravnega materiala, ki je vodotesen, ter zaradi vizualne posebnosti, ki je primerna za kmečka dvorišča. Hrastov sod zaradi svoje vodotesnosti znotraj ne bo obdan s polietilensko vodotesno folijo, ki se običajno uporablja pri gradnji rastlinskih gred RČN.

Sod bo po plasteh napolnjen s prodom različnih frakcij. Spodnja plast debeline 20 cm bo sestavljena iz prodnikov frakcije od 16 do 32 mm. Naslednja plast debeline 34 cm bo sestavljena iz prodnikov dveh mešanih frakcij, od 4 do 8 mm in od 8 do 16 mm, v razmerju 1:1. Frakcija zgornje 20 cm debele plasti pa bo od 2 do 4 mm. 20 cm od zgornjega roba soda bo namenjenih brežinam, ki bodo zadrževale vodo v gredi ob polnitvah.

Nivo vode, ki se ga bo lahko preverjalo in spreminjalo s pomočjo nivojskega jaška, se bo nahajal pod površino medija, saj se bo s tem preprečilo razmnoževanje mrčesa in neprijetnih vonjav. Voda se bo skozi gredo pretakala vertikalno s podpovršinskim tokom.



Slika 23: Lesen hrastov sod (528 l) za namen prve rastlinske grede (Foto: Jasmina Klančnik, 2016)

Delno očiščena voda bo iz jaška s prekucnikom pritekala na rastlinsko gredo pulzno, saj se bo razlila iz prekucne posode le, ko bo ta polna oziroma, ko bo v njej določena količina vode. Voda bo tekla iz jaška preko ene cevi s premerom 75 mm v dve perforirani cevi s premerom 50 mm, ki bosta potekali preko rastlinske grede vzporedno 20 cm nad medijem. Obe perforirani cevi, ki bosta na koncu zaprti s čepi, se bosta z odpadno vodo napolnili v trenutku. Tako se bo voda preko luknjic s premerom 4 mm na razdalji med 10 in 15 cm v ceveh prelila po vsej površini rastlinske grede in jo za nekaj časa preplavila, nato pa začela pronicati vertikalno skozi medij proti dnu grede. Na dnu grede bodo položene drenažne cevi za odvajanje delno očiščene vode. Površina in dno grede nimata naklona.

V medij bomo zasadili 2 sadiki širokolistnega rogoza (*Typha latifolia*) in 3 sadike navadne kalužnice (*Caltha palustris*).

Širokolistni rogoz (*Typha latifolia*) smo izbrali, ker:

- zelo dobro uspeva na hranljivih tleh, bogatih z dušikom,
- je odporen na slano vodo,
- uspeva na sončni legi,
- je dober habitat različnim vrstam živali,
- cveti od junija do septembra,
- se po videzu precej razlikuje od ostalih vrst rastlin na kmetiji.

Navadno kalužnico (*Caltha palustris*) smo izbrali, ker:

- zelo dobro privzema nitrate in fosfate,
- ji najbolj ustreza voda bogata s kisikom,
- je pogosto prisotna ob vodi bogati z železom,
- uspeva v vodi bogati s hranili,
- ima mnogo mrežastih korenin,
- je medovita rastlina,
- cveti v živo zlato rumeni barvi od marca do junija.

Cevi, ki bodo potekale 20 cm nad medijem, večino časa ne bodo vidne, saj jih bo s svojimi listi prekrival širokolistni rogoz, ki lahko zraste v višino tudi do 3 m. Cevi bodo lahko vidne le pred začetkom obratovanja RČN. Čeprav se bodo cevi nahajale 20 cm nad medijem, odpadna voda v njih v zimskem času ne bo zmrzovala, saj vanje doteka pulzno. Torej cevi, ki bodo večino časa prazne, se bodo napolnile in izpraznile v kratkem času, voda pa bo skozi njih tekla z dovolj veliko hitrostjo.

7.2.2.7 Rastlinska greda 2

Druga rastlinska greda bo običajne pravokotne oblike, širine 1,4 m, dolžine 2,6 m in globine 0,6 m. Na dno in ob stene izkopane jame bo položen filc, nanj polietilenska vodotesna folija, na njo pa zopet filc zaradi zaščite pred predrtnjem folije, saj bi porezane korenine dreves, trd lapor in na novo nasut medij lahko poškodovali folijo. Ob dotoku in iztoku bo nasut prod večjih frakcij (od 16 do 32 mm), v vmesnem delu pa bo homogena mešanica frakcij od 4 do 8 mm in od 8 do 16 mm v razmerju 1:2. Nivo dotoka se bo nahajal le malo višje od iztoka vode iz grede. Površina grede ne bo imela naklona, dno grede pa bo imelo naklon 3 %.



Slika 24: Prerez rastlinske grede s horizontalnim podpovršinskim tokom (lastni vir)

Legenda:

A – dotok

B – rastlinska greda

C – iztok

Nivo vode, ki se ga bo lahko preverjalo in spreminjalo s pomočjo nivojskega jaška, se bo nahajal pod površino medija, saj se bo s tem preprečilo razmnoževanje mrčesa in neprijetnih vonjav. Voda se bo skozi gredo pretakala pod površino horizontalno.



Slika 25: Trenutno stanje, izkopane jame za namen izgradnje rastlinske grede (Foto: Jasmina Klančnik, 2016)

Zasadili bomo štiri različne močvirske rastline, po 6 sadik na kvadratni meter površine grede, predvidoma 5 sadik navadnega ločja (*Juncus effusus*), 5 sadik okroglostne pijavčnice (*Lysimachia nummularia*), 6 sadik vodne perunike (*Iris pseudacorus*) ter 6 sadik navadne krvenke (*Lythrum salicaria*). Poleg lastnosti posameznih rastlin, je razlog za tako raznovrsten izbor rastlin tudi to, da na kmetiji želijo še bolj naraven videz in naravno funkcijo čiščenja v posamezni gredi RČN. Monokulture so lahko dobro gojišče določenih vrst škodljivcev. Rastline so izbrane glede na njihove lastnosti čiščenja odpadne vode ter čas in barvo cvetenja.

Navadno ločje (*Juncus effusus*) smo izbrali, ker:

- uničuje v vodi prisotne bolezenske klice,
- ima koreninski sistem, s katerim tla ščiti pred erozijo,
- je prilagojeno sončni legi,
- nudi zavetje mnogim malim sesalcem, divjim pticam ter ostalim divjim živalim,
- cveti od junija do avgusta,
- se na kmetiji Kapl nahaja v velikih količinah.

Okroglostno pijavčnico (*Lysimachia nummularia*) smo izbrali, ker:

- dobro privzema dušik,
- skrbi za manjše izhlapevanje vode iz tal,
- uspeva na sončni legi,
- je zimzelena iz prenese padce temperature tudi po -40 stopinj Celzija,
- cveti v rumeni barvi od maja do avgusta,
- je medovita in prekrivna rastlina.

Vodno peruniko (*Iris pseudacorus*) smo izbrali, ker:

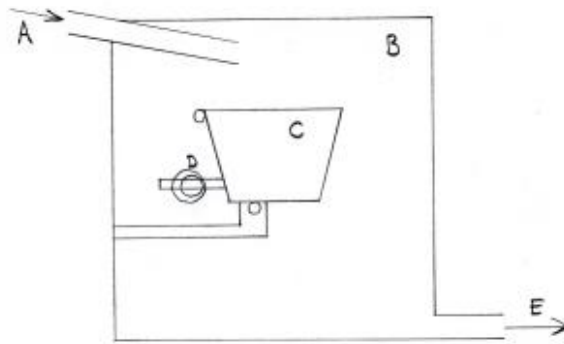
- zelo dobro privzema hranilne snovi in težke kovine,
- dobro uspeva v anoksični zemljini,
- dobro uspeva na sončni legi,
- cveti z velikimi cvetovi v živo rumeni barvi meseca maja in junija,
- je zavarovana rastlina.

Navadno krvenko (*Lythrum salicaria*) smo izbrali, ker:

- je uspešen model biološkega zatiranja škodljivcev,
- je odličen vir hrane mnogim vrstam žuželk,
- dobro uspeva na sončni legi,
- cveti v klasastem socvetju v roza vijolični barvi od junija do septembra.

7.2.2.8 Jašek s prekucnikom 2

Iz druge rastlinske grede se bo delno prečiščena voda preko PVC cevi premera 75 mm spustila v nižje ležeči jašek s prekucnikom. Voda bo dotekala v prekucno posodo, ki se bo lahko prevračala samo v eno smer, kajti na drugi strani bo imela protiutež, s katero se bo določala količina vode v prekucni posodi. Ko bo v prekucni posodi dovolj vode, se bo posoda prevrnila za kot manjši od 90 stopinj in razlila vso količino vode v jašek, iz katerega se bo voda takoj prelila naprej preko cevi v tretjo rastlinsko gredo.



Slika 26: Jašek s prekucnikom (lastni vir)

Legenda:

A – dotok

B – jašek

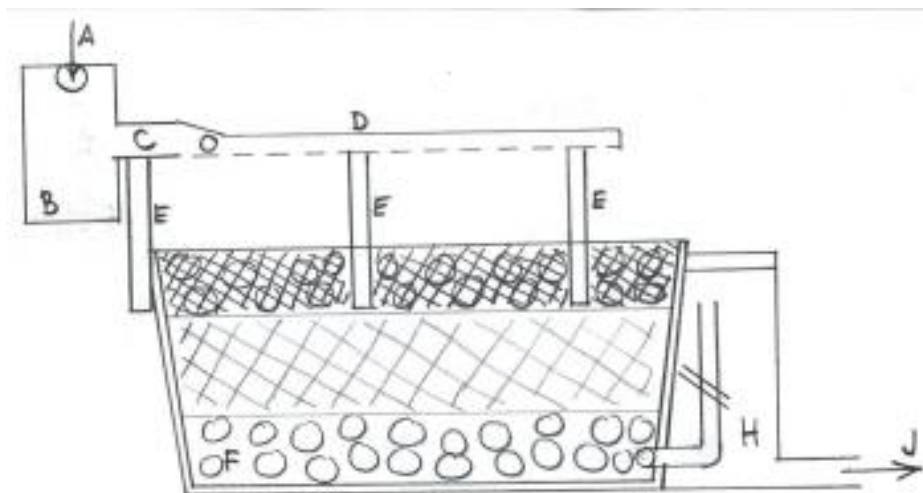
C – prekucna posoda

D – protiutež za določanje količine vode

E – iztok

7.2.2.9 Rastlinska greda 3

Tretja rastlinska greda bo običajne pravokotne oblike, širine 1,4 m, dolžine 2,6 m in globine 1 m. Na dno in ob stene izkopane jame bo položen filc, nanj polietilenska vodotesna folija, na njo pa zopet filc zaradi zaščite pred predrtnjem folije, saj bi porezane korenine dreves, trd lapor in na novo nasut medij lahko poškodovali folijo. Greda bo napolnjena s tremi različnimi plastmi različnih frakcij. Spodnja plast debeline 20 cm bo sestavljena iz prodnikov frakcije od 16 do 32 mm. Naslednja plast debeline 50 cm bo sestavljena iz prodnikov dveh mešanih frakcij, od 4 do 8 mm in od 8 do 16 mm, v razmerju 1:1. Frakcija zgornje 20 cm debele plasti pa bo od 2 do 4 mm.



Slika 27: Rastlinska greda z vertikalnim tokom, plasti grede (lastni vir)

Legenda:

A – dotok

B – jašek s prekucnikom

C – PVC cev premera 75 mm

D – perforirane cevi premera 50 mm

E – nosilna konstrukcija za cevi

F – rastlinska greda

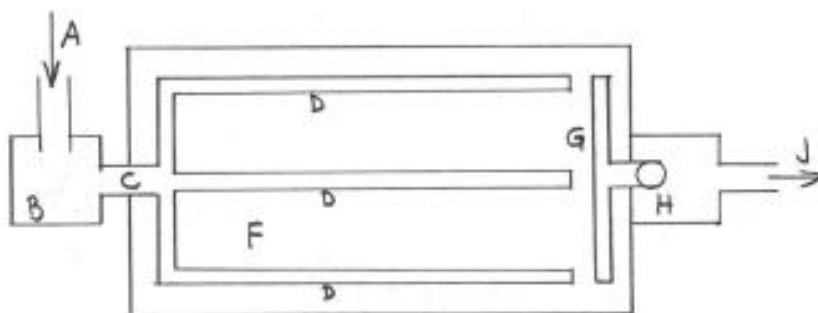
H – nivojski jašek

J – iztok

Površina in dno grede bosta brez naklona. Tik nad filcem bodo položene drenažne cevi za odvajanje vode. Nivo vode, ki se ga bo lahko preverjalo in spreminjalo s pomočjo nivojskega jaška, se bo nahajal pod površino medija, saj se bo s tem preprečilo razmnoževanje mrčesa in neprijetnih vonjav.

Delno očiščena voda bo iz jaška s prekucnikom pritekala na rastlinsko gredo pulzno, saj se bo razlila iz prekucne posode le, ko bo ta polna oziroma, ko bo v njej določena količina vode. Voda bo tekla iz jaška preko ene cevi s premerom 75 mm v tri perforirane cevi s premerom 50 mm, ki bodo potekale preko rastlinske grede vzporedno 20 cm nad medijem. Vse tri perforirane cevi, ki bodo na koncu zaprte s čepi, se bodo z odpadno vodo napolnile v trenutku. Tako se bo voda preko luknjic s premerom 4 mm na razdalji med 10 in 15 cm v ceveh prelila po vsej površini rastlinske grede in jo za nekaj časa preplavila, nato pa začela pronicati vertikalno skozi medij proti dnu grede. Voda se bo pretakala skozi gredo pod površino z vertikalnim tokom.

Cevi, ki bodo potekale 20 cm nad medijem, večino časa ne bodo vidne, saj jih bodo s svojimi listi prekrivale močvirske rastline. Cevi bodo lahko vidne le pred začetkom obratovanja RČN. Čeprav se bodo cevi nahajale 20 cm nad medijem, odpadna voda v njih v zimskem času ne bo zmrzovala, saj vanje doteka pulzno. Torej cevi, ki bodo večino časa prazne, se bodo napolnile in izpraznile v kratkem času, voda pa bo skozi njih tekla z dovolj veliko hitrostjo.



Slika 28: Rastlinska greda z vertikalnim tokom, tloris (lastni vir)

Legenda:

A – dotok

B – jašek s prekucnikom

C – PVC cev premera 75 mm

D – perforirane cevi premera 50 mm

F – rastlinska greda

G – drenažne cevi

H – nivojski jašek

J – iztok

Zasadili bomo štiri različne vrste močvirskih rastlin, predvidoma po 6 sadik na kvadratni meter površine rastlinske grede, 3 sadike širokolistnega rogoza (*Typha latifolia*), 6 sadik previsnega šaša (*Carex pendula*), 6 sadik navadne kalužnice (*Caltha palustris*) in 6 sadik navadne pijavčnice (*Lysimachia vulgaris*). Poleg lastnosti posameznih rastlin, je razlog za tako raznovrsten izbor rastlin tudi to, da na kmetiji želijo še bolj naraven videz in naravno funkcijo čiščenja v posamezni gredi RČN. Monokulture so lahko dobro gojišče določenih vrst škodljivcev. Rastline so izbrane glede na njihove lastnosti čiščenja odpadne vode ter čas in barvo cvetenja.

Širokolistni rogoz (*Typha latifolia*) smo izbrali, ker:

- zelo dobro uspeva na hranljivih tleh, bogatih z dušikom,
- je odporen na slano vodo,
- uspeva na sončni legi,
- je dober habitat različnim vrstam živali,
- cveti od junija do septembra,
- se po videzu precej razlikuje od ostalih vrst rastlin na kmetiji.

Navadno kalužnico (*Caltha palustris*) smo izbrali, ker:

- zelo dobro privzema nitrata in fosfate,
- ji najbolj ustreza voda bogata s kisikom,
- je pogosto prisotna ob vodi bogati z železom,
- uspeva v vodi bogati s hranili,
- ima mnogo mrežastih korenin,
- je medovita rastlina,
- cveti v živo zlato rumeni barvi od marca do junija.

Previsni šaš (*Carex pendula*) smo izbrali, ker:

- je zimzelena rastlina,
- cveti od maja do julija,
- dobro uspeva na sončni legi.

Navadno pijavčnico (*Lysimachia vulgaris*) smo izbrali, ker:

- dobro uspeva na sončni legi,
- je medovita rastlina,
- cveti v rumeni barvi v piramidasto grozdastih socvetjih od maja do avgusta,
- na kmetiji raste v večjih količinah.

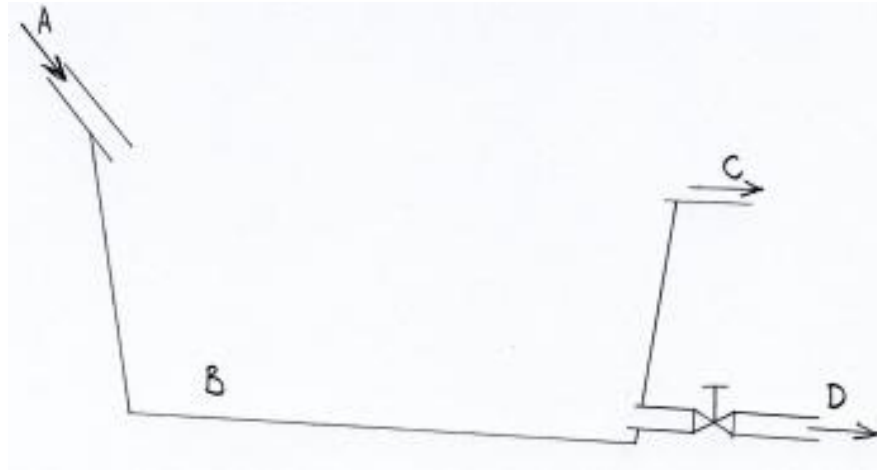


Slika 29: Trenutno stanje, izkopani jami za namen izgradnje rastlinskih gred (Foto: Jasmina Klančnik, 2016)

7.2.2.10 Manjši bazen za z vodo za zalivanje sadik

Iz tretje rastlinske grede bo očiščena voda tekla preko cevi s premerom 75 mm v manjši odprt bazen, ki bo namenjen zalivanju sadik. Iztočna cev iz rastlinske grede bo predstavljala tudi možen dostop za odvzem vzorca prečiščene vode za potrebe analize. Čista voda se bo zbirala v bazenu do nivoja širokega ustnika, ki ji bo omogočal netočkovni preliv iz bazena na travnik v primeru večje količine vode. Take količine se sicer ne pričakuje zaradi majhnega dotoka pitne vode v bivalni objekt, s tem povezanega majhnega odtoka odpadne vode ter zaradi ponovne uporabe očiščene vode iz zadnjega

bazena. Na dnu ob steni bazena se bo nahajala dodatna odprtina z ventilom za namene praznjenja in čiščenja bazena. Dno bazena bo imelo naklon, da se bo bazen lahko popolnoma izpraznil.



Slika 30: Manjši bazen za zbiranje očiščene vode (lastni vir)

Legenda:

A – dotok

B – bazen

C – iztok s širokim ustnikom

D – iztok z ventilom

7.2.2.11 Brežine

Vse rastlinske grede bodo obdane z brežinami nad površino medija. Prva greda, sestavljena iz lesenega hrastovega soda, bo imela višino brežin 20 cm, druga in tretja greda, ki bosta pravokotni, pa 30 cm. Pri prvi in tretji gredi, ki bosta imeli vertikalni tok, bodo brežine poleg ostalih nalog omogočale tudi kratkotrajno poplavljanje gred zaradi pulznega polnjenja.

7.2.3 Predvidena vzdrževalna dela:

7.2.3.1 Usedalniki

Usedalniki se bodo preverjali predvidoma vsaka dva meseca. Pregledala se bo količina usedlin na dnu ter dotočne in iztočne cevi. Čeprav usedalniki ne bodo polni, se bo vsaj enkrat letno celotna usedlina preložila v kompostnik, kjer se bo mešala z večjo količino delov odpadnih rastlin.

7.2.3.2 Jaški in cevi

Enkrat mesečno se bodo pregledale vse cevi po sistemu, ter se v primeru zamašitve očistile. Prav tako se bodo pregledovali jaški in prekucniki ter se bodo takoj odpravile morebitne mehanske napake v delovanju sistema.

7.2.3.3 Pretok in nivo vode

Enkrat mesečno se bodo po sistemu pregledovali dotoki in iztoki vode. Nivo vode na rastlinskih gredah ne sme biti viden, razen v času polnjenja gred z vertikalnim tokom.

7.2.3.4 Rastlinje

Različne vrste rastlin potrebujejo različna časovna obdobja preden se popolnoma razrastejo. Če se bo po tem obdobju opazilo prazna mesta, se bodo določene rastline dosadile. V primeru pojava neželenih rastlinskih vrst, se jih bo ročno odstranilo. Ker pri RČN Kapl rastlinske grede predstavljajo manjšo površino, se bodo napake zelo hitro odkrile in tudi popravile.

Vsako leto v spomladanskem času se bodo rastline pokosile nekaj centimetrov nad tlemi. Običajno košnja poteka jeseni, vendar je neobvezna in odvisna tudi od vrste rastlin. Nadzemni deli rastlin ustvarjajo mikroklimo. Tako zemljina v zimskem času ne zamrzne tako hitro in pogoji za razvoj mikroorganizmov v njej so boljši. Pokošene dele rastlin se bo preneslo v kompostnik, kjer se bo odlagala gošča iz usedalnikov.

7.2.3.5 Okolica

Potrebno bo preverjati zaščitno ograjo oziroma električnega pastirja okrog RČN, da nebi zaradi vdora gozdnih in domačih živali prišlo do zmanjšanja količine rastlin ter izkopavanja medija rastlinskih gred.

Okolica rastlinskih gred se bo redno kosila. Rastline, ki bi lahko zavirale rast posajenih rastlin na gredah, naj ne rastejo v bližini. Predvidoma bodo za lepši estetski videz zasajene cvetoče in plodovite rastline (gozdne jagode, gadovec, več vrst perunik in podobno).

7.2.3.6 Kompostnik

V neposredni bližini usedalnikov se bo nahajal kompostnik, v katerega se bo vsaj enkrat letno naložila gošča iz vseh treh usedalnikov. Gošča iz usedalnikov se bo v kompostnik nalagala enakomerno

porazdeljeno po površini vsebine kompostnika. Poleg tega se bodo vanj nalagali tudi kosi odpadnih rastlin, s katerimi se bodo preprečevale neprijetne vonjave. Kompostnik bo sestavljen iz štirih sten, sestavljenih iz lesenih palic, ki bodo omogočale dobro zračenje. Dno kompostnika bodo predstavljala naravna tla, saj se bo s tem povečala prisotnost mikroorganizmov, deževnikov in ostalih živalskih vrst. Zrel kompost ima porozno strukturo in vonj po zemljini. Na kmetiji ga bodo uporabljali za okrasne gredice in ostale vrtnarske namene.

7.2.4 Vpliv na okolje

RČN Kapl bo obratovala brez pomoči črpalk, saj se bo nahajala na brežini, kjer se bo padec terena dobro izkoristil. Črpalke za delovanje potrebujejo električno energijo in neprestano oddajajo neprijeten zvok brnenja.

Zaradi podpovršinskega toka v vseh treh rastlinskih gredah ne bo prihajalo do razvoja neprijetnih vonjav in mrčesa.

Voda, ki bo vstopala v sistem RČN Kapl, bo onesnažena minimalno, zato bo ob iztoku iz sistema zelo dobro očiščena in neškodljiva za okolje.

Očiščena voda v zadnjem bazenu bo namenjena zalivanju sadik. Torej se bo porabljala sproti in se tako razpršila po večji površini.

Od usedalnikov bodo vidni le pokrovi, vendar bodo tudi te delno prekrivale rastline, ki rastejo tik ob njih. Povsem vidne bodo le rastlinske grede, ki pa bodo predstavljale nov habitat in hrano za manjše živalske vrste ter lepo urejeno okolico hiše.

8 ZAKLJUČEK

Svojo diplomsko nalogo sem namenila raziskovanju prednosti in slabosti delovanja različnih tipov rastlinskih čistilnih naprav ter nekaterim močvirskim rastlinskim vrstam, saj sem želela dobiti najbolj optimalno idejo o izgradnji rastlinske čistilne naprave na ekološki kmetiji Kapl, ki se nahaja na strmih pobočjih.

Po pregledu literature, raziskovanju terena in trenutnega stanja na kmetiji ter glede na želje in ideje bodočih upravljavcev rastlinske čistilne naprave, sem določila bistvene lastnosti bodoče RČN Kapl.

Glede na trenutno lokacijo iztoka odpadne vode iz bivalnega objekta in glede na površino, ki jo zahteva rastlinska čistilna naprava, je najbolj primerna lokacija postavitve RČN Kapl na južni strani hiše, ob severozahodnem vogalu Prve njive. Razlogov za to je več. Zaradi bližine hiše in trenutnega stanja odvajanja odpadnih voda, dodatno izkopavanje terena in nameščanje novih odtočnih cevi ne bo potrebno. Trenutni dve cevi za odvajanje črne in sive vode se bosta tudi ob vzpostavitvi sistema delovanja rastlinske čistilne naprave uporabljali v isti namen. Poleg tega je na južni strani hiše največ primerne prostora za gradnjo novih objektov, saj so ostale lokacije neprimerne oziroma so namenjene drugim pomembnim objektom. Rastlinska čistilna naprava bo locirana na sončno lego med Prvo njivo in robom mešanega gozda. S tem se ohrani celotna površina njive, ki je zelo pomembna za pridelovanje hrane in krme. Poleg tega se ohranijo vsa drevesa, ki predstavljajo rob gozda. Sončna lega rastlinske čistilne naprave je veliko bolj primernejša od senčne, saj rastline za svojo čim boljšo rast in učinkovitost čiščenja odpadnih voda potrebujejo precej svetlobe. Poleg tega se s sončno svetlobo odstranijo nekatere bakterije. Ob času cvetenja močvirskih rastlin bo nastal tudi lepši razgled iz hiše in dvorišča proti gredam rastlinske čistilne naprave. Vseeno pa bo izgradnja RČN Kapl nekako otežena zaradi velike strmine pobočja. Zemljina je precej zbita in trda ter se zelo težko obdela ročno, dostop gradbene mehanizacije in dostave materiala pa je prav tako težak.

RČN Kapl bo imela tri usedalnike, kjer bo omogočeno dobro predčiščenje. V prvi usedalnik bo pritekala črna voda, v drugega delno očiščena voda prvega usedalnika ter siva voda, v tretjega pa le delno očiščena voda drugega usedalnika. Tretji usedalnik bo namenjen dodatnemu odstranjevanju težjih delcev, saj se zaradi hitrega in kratkotrajnega dotoka sive vode v drugi usedalnik odpadna voda v njem lahko izrazito premeša in obstaja možnost, da bi brez tretjega usedalnika slabo očiščena voda odtekla na prvo rastlinsko gredo, kjer bi kaj hitro lahko prišlo do zamašitve medija. Dimenzije in oblike vseh treh usedalnikov so v naprej določene z že kupljenimi posodami in materialom.

Gošča iz usedalnikov se bo praznila vsaj enkrat letno in se bo prelagala na kompostnik, kjer se bo mešala z debelejšimi sloji kosov odpadnih rastlin. Po kompostiranju se bo zrel porozen material z vonjem po zemlji uporabljal za vrtnarske namene.

RČN Kapl bo imela tri rastlinske grede, katerih lokacije in približne dimenzije so že določene z v ta namen izkopanimi jamami. Glede na teorije in prakse že obstoječih rastlinskih čistilnih naprav, sem se odločila za hibridni sistem delovanja. Tako bo v prvi in tretji rastlinski gredi skozi medij potekal vertikalni tok, v drugi pa horizontalni. Vse grede bodo imele podpovršinski tok, da se bomo izognili razvoju mrčesa in neprijetnih vonjav.

V grede bodo zasajene različne vrste močvirskih rastlin, saj je raznolikost rastlinskih in živalski vrst eden ključnih dejavnikov na kmetiji. Poleg tega so monokulture precej manj odporne proti škodljivcem. Zasadili bomo osem različnih vrst močvirskih rastlin, ki na kmetiji že dlje časa uspevajo. Uporabili bomo širokolistni rogoz (*Typha latifolia*), navadno ločje (*Juncus effusus*), navadno krvenko (*Lythrum salicaria*), okroglostno pijavčnico (*Lysimachia nummularia*), vodno peruniko (*Iris pseudacorus*), previsni šaš (*Carex pendula*), navadno pijavčnico (*Lysimachia vulgaris*) in navadno kalužnico (*Caltha palustris*). Rastline bodo zasajene v grede glede na njihove lastnosti čiščenja odpadne vode in glede na cvetenje.

Ob koncu čiščenja se bo očiščena voda iz tretje grede prelila v manjši bazen, ki bo namenjen zalivanju sadik. V primeru prevelike količine vode, se bo lahko netočkovno prelila preko širokega ustnika na travnik. Tik pred bazenom pa bo možen dostop za odvzem vzorcev vode za namene analiziranja.

RČN Kapl bo zgrajena za 2 PE, saj na kmetiji stalno stanujeta le 2 osebi, manjše število perutnine in drobnice pa ne spreminja količine odpadne vode. Možni so občasni obiski, za katere bo v bližnji prihodnosti zgrajeno tudi kompostno stranišče. V primeru prenočitve ali dopustovanja obiskovalcev pa se bo količina odpadne vode povečala le do zelo omejene količine, saj zaradi manjšega lastnega zajetja velika poraba vode ni možna. Skupna površina rastlinskih gred bo skoraj 8 m², kar po nekaterih teorijah zadošča celo za 8 PE.

9 VIRI

Ameršek, I., Mezek, T. 2011. Rastlinska čistilna naprava. Rešitev problema komunalnih odpadnih voda v gorah?. Planinski vestnik 116, 7: str. 10-12.

ARSO <http://www.arso.gov.si/> (Pridobljeno 17. 8. 2016)

Bresciani, R. idr. Guidelines on constructed wetland for wastewater treatment in the alpine environment. Marguareis Natural Park: 52 str.

http://www.parcomarguareis.it/WebContents/CMS/Menu_560/Module_877/LINEE%20GUIDA%20FITODEP%20EN_web_1861.pdf (Pridobljeno 5. 5. 2016.)

Bulc, G. T. 2013. Okoljske tehnologije in ekoremediacije. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta: 89 str.

Bulc, G. T., Vrhovšek, D. 2007. Rastlinske čistilne naprave za čiščenje odpadnih voda. V: Letna konferenca katedre za biotehnologijo, Pomen biotehnologije in mikrobiologije za prihodnost: Voda, 18. in 19. januar 2007: 18 str.

Ekološka kmetija Kapl <https://www.facebook.com/profile.php?id=100008269201844&fref=ts> (Pridobljeno 29. 7. 2016)

Filipič, M. 2016 Pridobivanje podatkov, fotografij in skic, trenutno stanje, posvetovanje. Osebna komunikacija. (od 29. 5. 2016 do 26. 8. 2016.)

Google Zemljevidi <https://www.google.si/maps> (Pridobljeno 28. 7. 2016.)

Hercog, A. 2014. Rastlinska čistilna naprava Grborezi. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba A. Hercog): 49 str.

Hercog, A. 2013. Uporaba rastlinskih čistilnih naprav v Sloveniji. Seminarska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba A. Hercog): 64 str.

Hergan, R. 2011. Vodne in močvirske rastline v krajinskem parku Rački ribniki - Požeg in botaničnem vrtu Tal 2000 : spoznajmo naše vodne in močvirske rastline. Rače, Botanični vrt Tal 2000 & Občina Rače-Fram: 54 str.

<http://www.race-fram.si/dokument.aspx?id=3599> (Pridobljeno 9. 5. 2016)

Illinois Wildflowers <http://illinoiswildflowers.info> (Pridobljeno 15. 8. 2016)

Klančnik, E. 2016. Pridobivanje podatkov, fotografij in skic, trenutno stanje, posvetovanje. Osebna komunikacija. (od 29. 5. 2016 do 26. 8. 2016.)

Klančnik, E. 2009. Pridelovanje koruze na naravi prijazen način. Diplomaska naloga. Šentjur, Šolski center Šentjur, Višja strokovna šola (samozaložba E. Klančnik): 44 str.

Klančnik, J. 2016. Uporaba rastlinskih čistilnih naprav na slovenskih planinah in v visokogorju. Seminarska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba J. Klančnik): 70 str.

Kovač, P. 2006. Geografija občine Laško. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Oddelek za geografijo (samozaložba P. Kovač): 91 str.

http://geo.ff.uni-lj.si/pisnadela/pdfs/dipl_200603_petra_kovac.pdf (Pridobljeno 15. 8. 2016)

Krajncič, B. 2008. Fiziologija rastlin. Maribor, Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede: 299 str.

Limnowet <http://www.limnowet.si/> (Pridobljeno 7. 5. 2016)

LMVP, The Lakes of Missouri Volunteer Program <http://www.lmvp.org/> (Pridobljeno 7. 5. 2016)

Notranjski regijski park <http://www.notranjski-park.si/> (Pridobljeno 7. 8. 2016)

Petauer, T. 1993. Leksikon rastlinskih bogastev. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: 688 str.

Roš, M., Zupančič, G.D. 2010. Čiščenje odpadnih voda. Velenje, Visoka šola za varstvo okolja: 332 str.

Royal Horticultural Society <https://www.rhs.org.uk/> (Pridobljeno 15. 8. 2016)

Schauer, T. 2008. Rastlinski vodnik. Muenchen, Nemčija, Modrijan založba, d. o. o.: 496 str.

Trajnice Golob-Klančič <http://www.trajnice.com/> (Pridobljeno 28. 7. 2016)

Vidmar, U. 2011. Primerjava vertikalnih in horizontalnih sistemov rastlinskih čistilnih naprav. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba U. Vidmar): 104 str.

Von Sperling, M. 2007. Wastewater Characteristics, Treatment and Disposal, Vol. 1. London, UK, IWA Publishing: 63 str.

Vrt & Narava <http://vrtnarava.si/> (Pridobljeno 15. 8. 2016)

Vymazal, J. 2010. Constructed Wetlands for Wastewater Treatment. Water, 2. julij 2010: str. 530-549. http://smiley.nmsu.edu/pdnwc/docs/water-02-00530_wetlands%20wastewater%20treatment.pdf (Pridobljeno 5. 5. 2016.)

Vymazal, J. 2008. Constructed Wetlands for Wastewater Treatment: A Review. V: Sengupta, M. (ur.) in Dalwani, R. (ur.). Proceeding of Taal 2007: The 12th World Lake Conference: str 965-980. <http://wldb.ilec.or.jp/data/ilec/wlc12/H-%20Constructed%20Wetlands/H-1.pdf> (Pridobljeno 5. 5. 2016)

Vymazal, J. 2005. Horizontal sub-surface flow and hybrid constructed wetlands systems for wastewater treatment. V: Ecological Engineering 25, Elsevier: str. 478-490. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.473.6715&rep=rep1&type=pdf> (Pridobljeno 5. 5. 2016.)

Wikipedia <https://en.wikipedia.org> (Pridobljeno od 5. do 8. 5. 2016 ter 15. 8. 2016)

Žitnik, D., Žitnik, J., Berdajs, A. idr. 2012. Gradbeniški priročnik. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije, d.d.: 868 str.