

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:

Hercog, A., 2014. Rastlinska čistilna naprava Grborezi. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Kompare, B., somentorica Griessler Bulc, T.): 31 str.

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:

Hercog, A., 2014. Rastlinska čistilna naprava Grborezi. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Kompare, B., co-supervisor Griessler Buld, T.): 31 pp.

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 ŠTUDIJ  
VODARSTVA IN  
KOMUNALNEGA  
INŽENIRSTVA

Kandidat:

**ANDREJ HERCOG**

**RASTLINSKA ČISTILNA NAPRAVA GRBOREZI**

Diplomska naloga št.: 225/VKI

**CONSTRUCTED WETLAND GRBOREZI**

Graduation thesis No.: 225/VKI

**Mentor:**

prof. dr. Boris Kompare

**Predsednik komisije:**

doc. dr. Dušan Žagar

**Somentor:**

doc. dr. Darko Drev

**Član komisije:**

prof. dr. Matjaž Četina

Ljubljana, 31. 03. 2014

## **STRAN ZA POPRAVKE**

**Stran z napako**

**Vrstica z napako**

**Namesto**

**Naj bo**

**IZJAVA O AVTORSTVU**

S podpisom **Andrej Hercog** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom »**Rastlinska čistilna naprava Grborezi**«.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, 12 marec 2014

---

(podpis)

## **BIBLIOGRAFSKO - DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK**

<b>UKD:</b>	<b>57.017:628.32(497.4)(043.2)</b>
<b>Avtorja:</b>	<b>Andrej Hercog</b>
<b>Mentor:</b>	<b>prof. dr. Boris Kompare</b>
<b>Somentor:</b>	<b>doc. dr. Darko Drev</b>
<b>Somentorica:</b>	<b>doc. dr. Tjaša Griessler Bulc</b>
<b>Naslov:</b>	<b>Rastlinska čistilna naprava Grborezi</b>
<b>Tip dokumenta:</b>	<b>diplomska naloga – univerzitetni študij</b>
<b>Obseg in oprema:</b>	<b>31 str., 5 pregl., 3 sl.</b>
<b>Ključne besede:</b>	<b>rastlinske čistilne naprave, projekt za izvedbo, vertikalni podpovršinski tok, horizontalni podpovršinski tok</b>

### **Izveček**

Livno Polje v Bosni in Hercegovini je največje kraško polje na svetu. Spada med Mokrišča mednarodnega pomena, zaščiten z Ramsarsko konvencijo (The List of Wetlands..., 2013). Reko Cetino, ki teče preko polja, dolvodno uporabljajo za pripravo pitne vode. Na Livnem polju leži naselje Grborezi s približno 1000 prebivalci, ki nima urejenega čiščenja odpadnih voda. Naselje ima novozgrajeno kanalizacijo, ki pa se končuje z betonskem usedalnikom volumna 5 m<sup>3</sup>, od koder odpadna voda prosto izteka v površinski odvodnik Cetino.

Izgradnja čistilne naprave na tem mestu je ključnega pomena za varstvo zaščitenega območja Livno Polje in kvaliteto pitne vode dolvodno. Mednarodna organizacija je izdelala strokovno študijo, v kateri je izpostavljena rastlinska čistilna naprava kot najprimernejša tehnologija za to lokacijo (Gotovac in sod., 2008). Na podlagi usmeritev študije (Gotovac in sod., 2008) in obstoječega idejno tehnološkega projekta št. 48/09 (Ameršek, 2010), smo izdelali nalogo v obliki projekta za izvedbo rastlinske čistilne. Predlagan sistem čiščenja vključuje mehansko predčiščenje ter sedem gred s podpovršinskim tokom vode, zasajenih z navadnim trstom (*Phragmites australis*). Da bi dosegli optimalno učinkovitost čiščenja, smo uporabili kombinacijo gred z vertikalnim in horizontalnim tokom. Predvideli smo tudi protipoplavno zaščito celotnega sistema.

Naloga zajema tehnološki in tehnični opis vseh delov rastlinske čistilne naprave, načrte, popis del in projektantsko oceno investicije. Takšna čistilna naprava bi bila optimalna rešitev problematike odpadnih voda naselja Grborezi, tako z vidika zaščite naravnega okolja in pitne vode, kot tudi s finančnega vidika.

»Ta stran je namenoma prazna.«

## **BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION**

<b>UKD:</b>	<b>57.017:628.32(497.4)(043.2)</b>
<b>Author:</b>	<b>Andrej Hercog</b>
<b>Supervisor:</b>	<b>Prof. Boris Kompare, Ph.D.</b>
<b>Cosupervisor:</b>	<b>Assist. Prof. Darko Drev, Ph.D.</b>
<b>Cosupervisor:</b>	<b>Assist. Prof. Tjaša Griessler Bulc, Ph.D.</b>
<b>Title:</b>	<b>Constructed wetland Grborezi</b>
<b>Document type:</b>	<b>Graduation Thesis – University studies</b>
<b>Notes:</b>	<b>31 p., 5 tab., 3 fig.</b>
<b>Key words:</b>	<b>constructed wetland, detailed design, vertical subsurface flow, horizontal subsurface flow</b>

### **Abstract**

Livanjsko Field in Bosnia and Herzegovina is the largest karst field in the world. It is on the list of Wetlands of International Importance, protected under the Ramsar Convention (The List of Wetlands..., 2013). The river Cetina which runs through the field is downstream used for drinking water preparation. In the Livno Field there is a settlement Grborezi with approximately 1000 residents and no sewage treatment. The settlement has new sewage system, ending in a small concrete septic tank of 5 m<sup>3</sup> in volume for primary treatment, with outlet into surface water Cetina.

Constructing the wastewater treatment system at this location is of key importance for conservation of protected environment Livno Polje as well as downflow drinking water quality. Professional study of this case was made by international organizations, all of them concluding that constructed wetlands are the most appropriate technology (Gotovac in sod., 2008). Based on the study (Gotovac in sod., 2008) and an existing outline scheme number 48/09 (Ameršek, 2010), we made a detailed design of constructed wetland. The proposed system consists of mechanical pretreatment and seven reed beds with subsurface flow. The combination of vertical and horizontal flow treatment wetland was used to achieve optimal efficiency. Anti-flood measures were also considered.

The thesis consists of technological and technical descriptions of treatment components, detailed design, list of materials and cost estimate. This kind of wastewater treatment would be the optimal solution to Grborezi sewage treatment problem as it takes environment protection, drinking water conserving and financial perspective into account.

»Ta stran je namenoma prazna.«



## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se

mentorju prof. dr. Borisu Komparetu za vso pomoč pri izdelavi diplomske naloge;

somentorjema doc. dr. Darku Drevu in doc. dr. Tjaši Griessler Bulc za pomoč pri dokončanju diplomske naloge;

podjetju Limnos d.o.o. ter prof. dr. Danijelu Vrhovšku za pridobljene podatke in usmeritve v času izdelave diplomske naloge;

Iztoku Ameršku za pomoč pri izdelavi načrtov;

Klari Hercog za moralno podporo in usmeritve pri pisanju tekstualnega dela diplomske naloge;

družini za materialno in moralno podporo v času študija in nastajanja naloge.

Hvala tudi vsem ostalim, ki so kakorkoli pripomogli k nastanku diplomskega dela.

»Ta stran je namenoma prazna.«

## KAZALO

<b>1</b>	<b>UVOD</b>	<b>1</b>
1.1	Opredelitev teme diplomske naloge .....	1
1.2	Namen in cilj diplomske naloge .....	1
<b>2</b>	<b>PREGLED LITERATURE</b>	<b>2</b>
2.1	Opis območja in problematike .....	2
2.2	Rastlinska čistilna naprava (RČN).....	3
2.2.1	Tipi RČN .....	4
2.2.2	Delovanje in procesi RČN .....	4
<b>3</b>	<b>METODE</b>	<b>5</b>
3.1	Pridobivanje in urejanje podatkov .....	5
3.2	Terenski ogled lokacije .....	5
3.3	Dimenzioniranje in načrtovanje.....	5
3.4	Določitev količine odpadnih vod.....	6
3.5	Izris načrtov .....	6
3.6	Izdelava popisa del in projektantskega predračuna .....	6
<b>4</b>	<b>REZULTATI IN DISKUSIJA</b>	<b>7</b>
4.1	Umestitev RČN Grborezi v prostor .....	7
4.2	Zasnova RČN .....	7
4.3	Dimenzioniranje RČN Grborezi .....	9
4.4	Načrtovanje in izvedba sestavnih delov sistema.....	10
4.4.1	Dotočni kanal.....	10
4.4.2	Grobe grablje .....	12
4.4.3	Črpališče 1 .....	12
4.4.4	Usedalnik .....	13
4.4.5	Zadrževalnik 1 za fazno polnjenje s črpalko .....	14
4.4.6	Grede rastlinske čistilne naprave .....	14
4.4.7	Zadrževalnik 2 za fazno polnjenje s črpalko .....	17
4.4.8	Iztočni kanal .....	18

---

4.4.9	Povezovalne in razlivne cevi.....	18
4.4.10	Jaški.....	18
4.4.11	Protipoplavna zaščita RČN in gravitacijski pretok .....	18
4.4.12	Rastline .....	20
4.5	Predvidena vzdrževalna dela.....	20
4.6	Ocena vpliva na okolje in pričakovane težave.....	21
4.7	Potencialni problemi tekom obratovanja naprave.....	21
4.8	Popis del in projektantski predračun.....	21

## KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Izhodiščni parametri za dimenzioniranje RČN Grborezi. Povzeto po Gotovac in sod., 2008 in preračunano po Gredbeniškem priročniku, 2009.	9
Preglednica 2: Obremenitev dotoka na RČN Grborezi. Povzeto po Gotovac in sod., 2008 in preračunano v enote kg/dan po Gredbeniškem priročniku, 2009.	9
Preglednica 3: Dovoljene vrednosti parametrov očiščene odpadne vode v Bosni in Hercegovini za izpust v okolje (Uredba, 2006).	10
Preglednica 4: Dimenzije prve filtrirne grede (F – RČN 1), druge filtrirne grede (F – RČN 2), čistilnih gred (Č – RČN 1, 2, 3 in 4) in polirne grede (P – RČN) RČN Grborezi in ocena efektivnih volumnov (Ef. volumen).	15
Preglednica 5: Popis del in projektantski predračun za RČN Grborezi. Vse cene so ocenjene vrednosti posameznih materialov in storitev.	23

**KAZALO SLIK**

Slika 1: Naselje Grborezi z lokacijo obstoječega usedalnika in traso kanalizacije (Gotovac in sod. 2008, str. 11). .....	3
Slika 2: Obstoječi usedalnik, do katerega je speljana kanalizacija iz naselja Grborezi (Foto: Iztok Ameršek).....	5
Slika 3: Delovanje črpalk Grundfos s Super Vortex tekačem nizkih tlačnih višin - velikosti 34, 42, 46 – pretok (Q), ki ga posamezna črpalka zagotavlja pri črpanju vode na določeno višinsko razliko (H) (Zmogljive potopne črpalke..., 2011) .....	13

## OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

RČN	rastlinska čistilna naprava
AB	armiran beton (beton z dodatkom železne armature)
PE	populacijski ekvivalent
F-RČN	filtrirna greda rastlinske čistilne naprave
Č-RČN	čistilna greda rastlinske čistilne naprave
P-RČN	polirna greda rastlinske čistilne naprave
PVC	polivinil klorid
PP	polipropilen
PE	polietilen
PE-HD	polietilen visoke gostote
SN4	togostni razred cevi s pritiskom do 4 KN/m <sup>2</sup>
SN8	togostni razred cevi s pritiskom do 8 KN/m <sup>2</sup>
DN	notranji premer cevi
kW	kilovat
KPK	kemijska potreba po kisiku
BPK <sub>5</sub>	biološka potreba po kisiku v petih dneh
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	amonijev ion
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	nitrit
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	nitrat





## **1 UVOD**

### **1.1 Opredelitev teme diplomske naloge**

Poznamo različne naravne znamenitosti in območja, ki so zaradi svoje biološke pomembnosti in estetske vrednosti zavarovana z različnimi predpisi. Eno izmed takšnih je tudi območje Livnega polja v Bosni in Hercegovini, ki predstavlja eno največjih kraških polj na svetu. Leta 2008 je bilo območje vpisano med območja mokrišč, ki so mednarodnega pomena (The List of Wetlands..., 2013). Na zaščitenem območju leži med drugimi tudi naselje Grborezi. Naselje še nima rešene problematike čiščenja odpadnih voda, kar ogroža zavarovano območje. Kot začetek reševanja te težave, je bila že izvedena mednarodna študija. V študiji so za reševanje problematike odpadnih voda naselja Grborezi na tem poplavnem območju predlagali rastlinsko čistilno napravo (RČN) (Gotovac in sod., 2008).

Izgradnja RČN na obravnavanem območju je smiselna zaradi prednosti, ki se kažejo v visoki učinkovitosti čiščenja odpadne vode za primarno, sekundarno in tudi terciarno stopnjo, kar ustreza potrebam zavarovanega območja (Čepon U. 2013). Poleg tega je RČN kot ekosistem zelo podobna naravnemu mokriščnemu ekosistemu na obravnavanem območju in zato predstavlja blažji poseg v zavarovano naravno okolje in njegove biološke funkcije, kakor drug tip čistilne naprave. Prednosti so tudi v nizkih stroških izgradnje, nizkimi vzdrževalnimi stroški, enostavnemu vzdrževanju, majhni potrebi po energiji ter strojni opremi glede na konvencionalne sisteme, kar je za območje z nizkimi dohodki prav tako pomembno (Kadlec in Wallace, 2009).

Diplomska naloga obravnava izdelavo projekta za izvedbo RČN za čiščenje komunalnih odpadnih vod iz naselja Grborezi na Livnem polju v Bosni in Hercegovini vse od pregleda literature in terenskega ogleda do načrtov, tehničnega opisa detajlov ter popisa del in materiala za izgradnjo RČN s kapaciteto čiščenja 1200 PE.

### **1.2 Namen in cilj diplomske naloge**

Na podlagi vhodnih podatkov, ki jih je pridobilo podjetje Limnos d.o.o. ter študij, ki so bile vključene v izdelavo Idejno tehnološkega projekta št. 48/09 (Ameršek, 2010), je bil cilj diplomske naloge izdelati projekt za izvedbo z natančnim tehnološkim opisom RČN Grborezi in njeno umestitvijo v prostor.

Diplomska naloga je izdelana v obliki projekta za izvedbo ter obsega tehnološke in tehnične podatke z utemeljitvami, skice in načrte za izgradnjo RČN Grborezi s kapaciteto čiščenja 1200 PE. Velikost RČN je bila določena na podlagi rezultatov študije A constructed wetland in the Livno Field Bosnia and Herzegovina (Gotovac in sod., 2008).

## 2 PREGLED LITERATURE

### 2.1 Opis območja in problematike

Livno polje leži v Bosni in Hercegovini vzdolž meje z Republiko Hrvaško na nadmorski višini okoli 750 m in se, široko približno 10 km, razteza 50 km v smeri severozahod - jugovzhod. Polje je kombinacija mokrišč, trstišč in travnikov, med katerimi je nekaj območij rodovitnih polj, severni del pa je porasel z gozdom (Livanjsko polje, 2013). Območje je del velikega sistema povodja reke Cetine in skupaj s podobnimi polji tvori zgornji del povodja reke. Vsako pomlad je Livno polje 50-75% poplavljen. Poplavljanje je posledica taljenja snega v gorah in neprepustnega dna kraškega polja, ki v dolini zadržuje površinsko vodo. Reka Cetina ob južnem koncu polja ponikne in v obliki podpovršinskega vodotoka teče proti jugozahodu na Hrvaško (Livanjsko polje, 2013).

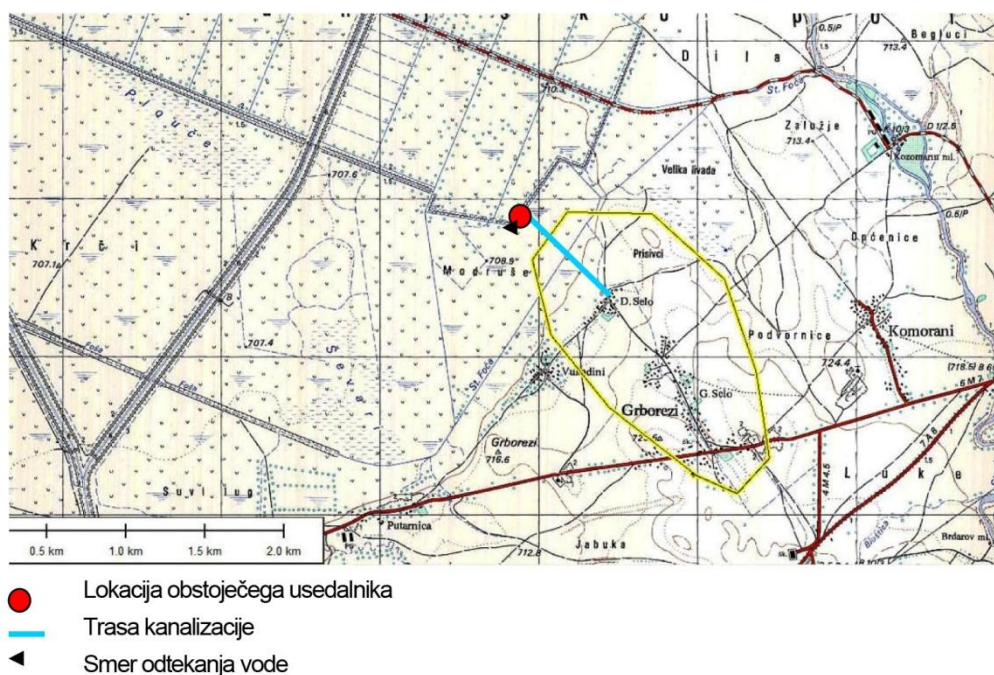
Na močvirnem južnem delu polja se površinska voda zbira v odprtih drenažnih kanalih in se v velikem odprtem kanalu steka v umetno akumulacijo – jezero Buško Blato, ki preko 12 km dolgega cevovoda oskrbuje hrvaško hidroelektrarno Orlovac. Gre za eno največjih akumulacij v Evropi in najstarejšo hidroelektrarno na reki Cetini (HEP proizvodnja, 2013).

Livno polje (Livanjsko polje) je eno največjih kraških polj na svetu ter z vidika biotske pestrosti eno najbogatejših, zato je območje zaščiteno v okviru organizacije WWF (Svetovni sklad za naravo). Na podlagi Ramsarske konvencije o varovanju mokrišč, je bilo Livno polje leta 2008 vpisano na Seznam mokrišč, ki so mednarodnega pomena, zlasti kot habitati vodnih ptic (The List of Wetlands..., 2013). Namen konvencije je vzpostaviti in vzdrževati mednarodno mrežo mokrišč, ki so pomembna za ohranjanje biotske raznovrstnosti, zaradi njihovih ekoloških in hidroloških funkcij, pa tudi za človekovo življenje. Države podpisnice so se zavezale k vključevanju mokrišč v nacionalne razvojne programe in načrtovanju celostnega upravljanja povodij ob spoštovanju načela trajnostne rabe (Ramsarska konvencija, 2013). Načrtovano pospeševanje kmetijstva z izsekavanjem trstičja in monokulturnim poljedelstvom predstavlja grožnjo za ohranjanje Livnega polja, tako z biotskega kot vodovarstvenega vidika (Livanjsko polje, 2013).

Reko Cetino na Hrvaškem uporabljajo za pripravo pitne vode. Kvaliteta pitne vode na tem območju trenutno še ni problematična, vendar je trend kakovosti vode v upadanju. Prav zaradi upadanja kakovosti reke Cetine, so bile narejene različne raziskave z namenom ugotoviti vzroke za naraščajoče onesnaženje. Ena izmed raziskav je pokazala, da ima 50% bakterioloških onesnaženj Cetine izvor v Bosni in Hercegovini (UNEP, 2000). V veliki meri k bakteriološkemu onesnaževanju v Bosni in Hercegovini pripomore nerešen problem odvajanja in čiščenja odpadnih voda na območju Livnega polja (UNEP, 2000).

Odpadna komunalna voda, ki nastaja na obravnavanem območju, se pred iztokom v okolje ne čisti na čistilni napravi. To pomeni, da se je odpadna voda iz posameznih objektov steka neposredno v okolje preko ponikovalnic. Na Livnem polju se nahaja tudi nekaj prašičjih farm, ki nepredelano gnojevko prav tako odvajajo neposredno v podtalje. Mesto Livno, ki je največje naselje na Livnem polju, do sedaj še nima urejenega primerne čistjenja odpadnih komunalnih voda, pač pa se zbrana odpadna voda izteka v potok Bistrica, ki je pritok reke Cetine (UNEP, 2000).

Naselje Grborezi (Slika 1) leži približno na sredi Livnega polja, nekoliko dvignjeno na robu mokrišča, ki je vsako leto poplavljeno. Ob zadnjem popisu prebivalstva leta 1991 je imelo naselje 890 prebivalcev. Naselje nima urejenega čistjenja odpadnih komunalnih voda. Pred približno desetimi leti je bila v naselju zgrajena nova kanalizacija, ki pa se končuje z usedalnikom volumna 5m<sup>3</sup> in prostim površinskim odtokom neposredno v urejen kanal, ki se izliva v reko Cetino (UNEP, 2000).



Slika 1: Naselje Grborezi z lokacijo obstoječega usedalnika in traso kanalizacije (Gotovac in sod. 2008, str. 11).

## 2.2 Rastlinska čistilna naprava (RČN)

RČN je umeten, od okolja ločen sistem, ki posnema biološke procese čistjenja naravnih močvirij. Procese oz. principe delovanja v RČN lahko do določene mere nadziramo preko tehničnih sprememb pretokov, medijev, prepustnosti ipd. Glavni delež čistjenja prispevajo mikroorganizmi, ki naseljujejo vodo, medij in korenine rastlin (Kadlec in Wallace, 2009). Glavna funkcija na močvirsko okolje prilagojenih rastlin, s katerimi so zasajene grede RČN, je uvajanje zraka v medij preko koreninskega sistema in s tem ustvarjanje aerobnih con ob koreninah. Tako v mediju nastanejo mozaično razporejena območja s kisikom in brez, kar izboljša pogoje za biološko razgradnjo organskih snovi v

odpadni vodi in vgrajevanje le teh v mikrobnobio maso (Kadlec in Wallace, 2009). Hkrati rastline s svojimi koreninskimi sistemi nudijo podlago bakterijam za pritrjanje in vgrajujejo mineralizirane snovi (npr. fosfate, nitratre ter mnoge strupene snovi) v rastlinsko biomaso, s čimer izvajajo terciarno čiščenje (Ameršek, 2003).

### 2.2.1 Tipi RČN

Glede na način toka vode skozi sistem ločimo več tipov rastlinskih čistilnih naprav (Kadlec in Wallace, 2009):

- sistemi s prosto vodno površino, ki se dalje delijo na:
  - sisteme s prosto plavajočimi makrofiti,
  - sisteme s potopljenimi makrofiti.
  - sistemi z emergentnimi (ukoreninjenimi) makrofiti
  
- sistemi s podpovršinskim tokom vode, ki so zasajeni z emergentnimi (ukoreninjenimi) makrofiti. Te sisteme dalje delimo glede na pretok vode na:
  - sisteme s horizontalnim tokom vode,
  - sisteme z vertikalnim tokom vode.

Sistemi s horizontalnim podpovršinskim tokom vode so zelo učinkoviti pri odstranjevanju organskih in suspendiranih snovi, kapaciteta odstranjevanja dušika pa je pri teh sistemih nižja v primerjavi s sistemom z vertikalnim tokom (Vidmar, 2011). Kombinacijo teh dveh sistemov običajno imenujemo hibridni sistemi (Sayadi, 2012).

### 2.2.2 Delovanje in procesi RČN

RČN delujejo po enakih zakonitostih kot naravna mokrišča, le da nadziramo mehanizme oz. principe delovanja. Glavni nosilci čiščenja v RČN so medij, mikroorganizmi in rastline. Pri čiščenju vode sodeluje več med seboj povezanih procesov (Vymazal, 1998, Kadlec in Wallace, 2009):

- usedanje ali sedimentacija neraztopljenih delcev na dno, na delce medija in na rastlinske dele,
- filtracija,
- kemično obarjanje,
- adsorpcija in ionska izmenjava na površinah rastlin, rastlinskih ostankov, medija in sedimenta,
- kemične pretvorbe,
- razgradnja, pretvorbe in vgrajevanje onesnaževal in hranil z mikroorganizmi in rastlinami,
- predacija in naravno odmiranje patogenih organizmov.

### 3 METODE

#### 3.1 Pridobivanje in urejanje podatkov

Podatke za diplomsko nalogo smo pridobili iz obstoječe študije za Livanjsko polje (Gotovac in sod., 2008), geodetskega posnetka za izbrano območje (Gotovac, 2010) ter terenskega ogleda. Na podlagi vseh zbranih podatkov smo lahko ocenili smiselnost in izvedljivost izgradnje RČN.

#### 3.2 Terenski ogled lokacije

V sklopu diplomske naloge je bil opravljen terenski ogled in sicer 9.12.2009. Na terenskem ogledu nam je član organizacije WWF g. Mato Gotovac predstavil problematiko odvajanja odpadnih voda iz naselja Grborezi ter dinamiko poplav na Livnem polju. V času obiska smo si ogledali lokacijo obstoječega usedalnika (Slika 2) ter površinski odvodni jarek, v katerega naj bi se odvajala očiščena voda. Dostop do lokacije je bil precej težaven, saj je bila velika večina Livnega polja v času našega obiska poplavljen.



Slika 2: Obstoječi usedalnik, do katerega je speljana kanalizacija iz naselja Grborezi (Foto: Iztok Ameršek).

#### 3.3 Dimenzioniranje in načrtovanje

Osnovni podatek za dimenzioniranje in načrtovanje sistema in definiranje celotne površine je bil podatek, da za ustrezno očiščenje odpadne vode v RČN potrebujemo  $2,5 \text{ m}^2/\text{PE}$  (Bulc, 2013). Tehnološki detajli posameznih jaškov, črpališč, cevi so del tehnološkega razvoja podjetja Limnos d.o.o., pri katerem sem aktivno sodeloval. Hidravlično dimenzioniranje smo izvedli s pomočjo Gradbeniškega priročnika (2009).

### 3.4 Določitev količine odpadnih vod

Količino odpadnih voda smo izračunali s pomočjo enačb, ki so navedene v Gradbeniškem priročniku (2009) v poglavju vodne zgradbe – kanalizacija. Pri izračunu za dimenzioniranje povezovalnega kanalizacijskega voda ter čistilne naprave smo upoštevali enačbo (1):

$$Q_s = q_{kom} + q_t \quad (1)$$

Za dimenzioniranje kanalizacijskega voda ter čistilne naprave praviloma uporabimo dvakratni sušni pretok (2).

$$Q_{s,dvojni} = 2 * q_{kom} + q_t \quad (2)$$

Pri čemer je:

$Q_s$	sušni odtok
$Q_{s,dvojni}$	dvakratni sušni odtok
$q_{kom}$	dnevna količina komunalne odpadne vode
$q_t$	dnevna količina tujih vod

Kadar je potrebno dimenzionirati kanalizacijski vod tudi za meteorno vodo, je skupni količini potrebno prišteti še količino meteornih vod za obravnavano območje.

### 3.5 Izris načrtov

Za izdelavo načrtov in skic smo uporabili programsko orodje AutoCAD Civil 3D 2010 proizvajalca Autodesk. Programsko orodje predstavlja značilno grafično orodje, ki podpira vektorski izris geometrijskih elementov. Orodje omogoča tudi tridimenzionalni izris. Za potrebe diplomske naloge smo uporabili dvodimenzionalno okolje.

### 3.6 Izdelava popisa del in projektantskega predračuna

Popis del smo izdelali na podlagi izrisanih načrtov in detajlov. Posamezni deli popisa del so bili izdelani na podlagi izkušenj iz preteklih izvedenih projektov, pri katerih sem sodeloval (Ameršek in sod., 2012; Ameršek in sod., 2012; Vrhovšek in sod., 2011). Ocenjene vrednosti posameznih postavk v popisu del so bile definirane na podlagi cen materiala in storitev v Sloveniji leta 2013.

## 4 REZULTATI IN DISKUSIJA

### 4.1 Umestitev RČN Grborezi v prostor

Po izvedbi terenskega ogleda in pregleda geodetskega posnetka je jasno razvidno, da je RČN za naselje Grborezi mogoče izgraditi na lokaciji v bližini sedanjega manjšega usedalnika.

Vhodni podatki, ki smo jih uporabil pri lociranju čistilne naprave v prostor so bili iz:

- študije A constructed wetland in the Livno Field, Bosnia and Herzegovina, How to clean the household water in the Village Grborezi (Gotovac in sod., 2008),
- kart obstoječega stanja kanalizacijskega sistema in usedalnika z volumnom 5m<sup>3</sup> (Gotovac in sod., 2008),
- geodetskega načrta, izdelanega za potrebe izdelave projekta (Gotovac, 2010),
- ustnih informacij domačinov o višini poplavne vode,
- terenskega ogleda možne lokacije čistilne naprave.

Iz vseh zgoraj naštetih vhodnih podatkov smo glede na izbrano tehnologijo določil najprimernejšo lokacijo za postavitev naprave. Pri določitvi smo upoštevali tudi želje domačinov ter naročnika WWF Mediterranean Programme – Across the Waters projektne dokumentacije.

Gauss Krugerjeve koordinate iztoka iz čistilne naprave:

X=6413031.0210

Y=4852778.8290

Nadmorska višina: 707,7 m

Lokacija čistilne naprave je predstavljena v grafični prilogi 9.1 Situacija RČN Grborezi.

### 4.2 Zasnova RČN

Po pregledu študije A constructed wetland in the Livno Field, Bosnia and Herzegovina, How to clean the household water in the Village Grborezi (Gotovac in sod., 2008) ter po terenskem ogledu smo potrdili, da je RČN najbolj primeren sistem za reševanje problematike odpadnih voda naselja Grborezi. Ocenili smo, da je najprimernejša lokacija za umestitev RČN blizu obstoječega skupnega usedalnika.

Predlagan sistem je sestavljen iz mehanskega predčiščenja in več zaporedno in vzporedno vezanih gred različnih globin ter različnih tipov glede na pretok vode. Projekt vsebuje kombinacijo sistema s podpovršinskim vertikalnim in horizontalnim tokom.

Na lokaciji obstoječega usedalnika, je predvidena izgradnja večjega armirano betonskega usedalnika, ki bo imel, prav tako kot obstoječ usedalnik, funkcijo usedanja trdih delcev. Mehansko očiščena voda bo speljana skozi več različno velikih gred, kjer se bo voda dokončno očistila. Očiščena voda se bo odvajala v površinski kanal kateri se izliva v reko Cetino. Blato iz usedalnika se bo predvidoma odvažalo na centralno čistilno napravo, ki je predvidena za komunalne odpadne vode mesta Livno in bo imela možnost predelave blata.

Predvidena lokacija RČN se nahaja na ravninskem delu polja. Za uspešno delovanje RČN je potrebno zagotoviti pretok vode iz posamezne grede v naslednjo, za kar je treba vzpostaviti višinsko razliko med posameznimi gredami ali postaviti črpališča. Posamezne grede je potrebno zavarovati pred poplavami, ki se redno pojavljajo na tem območju.

Odpadna voda bo pritekala v črpališče preko grobih grabelj. Iz črpališča se bo s pomočjo dveh potopnih črpalk dvignila na ustrezno višinsko koto in skozi umirjevalni jašek gravitacijsko otekala v troprekadni usedalnik, kjer se bo zadržala večina usedljivih in suspendiranih snovi.

Iz usedalnika se bo mehansko prečiščena voda gravitacijsko stekala v zadrževalnik za izmenično polnjenje. Iz usedalnika se bo voda s pomočjo potopnih črpalk fazno razlivala na površino filtrirne grede s podpovršinskim vertikalnim tokom vode. V njej se bodo odstranili, oziroma zaustavili še vsi ostali in suspendirani trdni delci, ki niso bili uspešno zadržani v usedalniku. Nadalje se bo voda s pomočjo gravitacijskega toka pretakala skozi 5 različno globokih čistilnih gred s horizontalnim tokom. Prva čistilna greda bo neposredno sledila filtrirni, druga in tretja ter četrta in peta pa bodo paroma postavljene vzporedno. Pred zadnjo - polirno gredo se bo voda ponovno zbrala v zadrževalniku za izmenično polnjenje in od tam s pomočjo črpalk fazno razlivala na zadnjo gredo s podpovršinskim vertikalnim tokom (Grafična priloga 9.3. Tloris RČN Grborezi 1200 PE).



### 4.3 Dimenzioniranje RČN Grborezi

Pri dimenzioniranju naprave smo uporabljali vhodne podatke, ki so povzeti v Preglednici 1.

Preglednica 1: Izhodiščni parametri za dimenzioniranje RČN Grborezi. Povzeto po Gotovac in sod., 2008 in preračunano po Gredbeniškem priročniku, 2009.

<b>PROJEKTIRANI PARAMETER</b>	<b>ENOTA</b>	<b>PROJEKTIRANA VREDNOST</b>
Specifična poraba vode	l/preb./dan	184
Dnevna poraba vode	m <sup>3</sup> /dan	220,8
Konični pretok	l/s	14,72
Organska obremenitev	g BPK <sub>5</sub> /osebo/dan	60
Dnevna organska obremenitev	kg BPK <sub>5</sub> /dan	72
Organska obremenitev	mg BPK <sub>5</sub> /l	326

Za dimenzioniranje velikosti RČN je potrebna ocena obremenitve odpadne vode s posameznimi onesnažili. Uporabili smo ocene, ki so navedene v študiji iz leta 2008 (Gotovac in sod., 2008) in jih preračunali v enote, skladno z usmeritvami v Gradbeniškem priročniku (2009). Z izračuni smo določili količino onesnaževal v dotočni komunalni odpadni vodi. (Preglednica 2).

Preglednica 2: Obremenitev dotoka na RČN Grborezi. Povzeto po Gotovac in sod., 2008 in preračunano v enote kg/dan po Gredbeniškem priročniku, 2009.

<b>PARAMETER</b>	<b>Obremenitev dotoka pri Q srednji</b>	
	v mg/l	v kg/dan
suspendirane snovi	600	132,48
KPK	350 – 400	88,32
BPK <sub>5</sub>	200 – 250	66,24
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	30	6,62
celokupni dušik	60	13,25
NO <sub>2</sub>	0,2	0,04
NO <sub>3</sub>	0,2	0,04
maščobe	30	6,62

V preglednici 3 so prikazane mejne vrednosti izhodnih parametrov očiščene odpadne vode, ki jih je na območju Bosne in Hercegovine potrebno dosegati za izpust v okolje (Uredba, 70/2006).

Preglednica 3: Dovoljene vrednosti parametrov očiščene odpadne vode v Bosni in Hercegovini za izpust v okolje (Uredba, 70/2006).

Parameter	Vrednost na iztoku	Minimalni odstotek učinkovitosti odstranjevanja
BPK <sub>5</sub>	25 mg/l O <sub>2</sub>	70 – 90 %
KPK	125 mg/l O <sub>2</sub>	75 %
TSS	35 mg/l	90 %

#### 4.4 Načrtovanje in izvedba sestavnih delov sistema

RČN Grborezi je sestavljena iz več različnih tehnološko in tehnično definiranih delov. Vsak sestavni del naprave smo podrobneje tehnično predstavili in opisali v nadaljevanju. Prav tako smo predstavili osnove za dimenzioniranje posameznih delov čistilne naprave.

##### 4.4.1 Dotočni kanal

Obstoječi dotočni kanal, ki zajema samo fekalno vodo iz naselja Grborezi, predstavlja na lokaciji obstoječega usedalnika cev DN 300. Količino dotočne odpadne vode smo, kljub že zdimenzionirani in postavljeni kanalizacijski cevi, določil še enkrat s pomočjo Gradbeniškega priročnika (2009) in sicer:

##### Sušni odtok

število prebivalcev [A]	1200 PE
norma porabe vode [n <sub>p</sub> ]	184 l/preb./dan

$$\begin{aligned}
 Q_s &= A \cdot n_p \\
 Q_s &= 1200P \cdot 184l / P \cdot dan \\
 Q_s &= 220800l / dan = 221m^3 / dan \\
 Q_s &= 2,55l / s \\
 Q_{s,dvojni} &= Q_s \cdot 2 \\
 Q_{s,dvojni} &= 2,55l / s \cdot 2 \\
 Q_{s,dvojni} &= 5,11l / s
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

Pri čemer je:

Q <sub>s</sub>	sušni odtok
Q <sub>s,dvojni</sub>	dvakratni sušni odtok
A	število prebivalcev
n <sub>p</sub>	norma porabe vode

### **Količina tuje vode**

Za količino tuje vode smo predpostavili 20% vrednosti dvakratnega sušnega odtoka:

$$\begin{aligned}Q_t &= Q_{s,dvojni} \cdot 0,20 \\Q_t &= 5,11l / s \cdot 0,20 \\Q_t &= 1,022l / s\end{aligned}\tag{5}$$

### **Skupna količina vode**

Skupna količina vode je vsota dvakratnega sušnega odtoka in odtoka tuje vode:

$$\begin{aligned}Q_s' &= Q_{s,dvojni} + Q_t \\Q_s' &= 5,11l / s + 1,022l / s \\Q_s' &= 6,132l / s\end{aligned}\tag{6}$$

Pri izračunu industrijske odpadne vode niso upoštevane, ker v naselju ni obstoječe industrije, izgradnja pa se tudi v prihodnje ne načrtuje.

Povezavo med obstoječim dotočnim kanalom in lokacijo čistilne naprave smo predvideli z nadaljevanjem cevi enake dimenzije, t.j. DN 300. Pravilnost dimenzije te cevi smo preverili v Gradbeniškem priročniku (2009). Funkcija obstoječega usedalnika ne bo ohranjena, ker dimenzijsko ne zadošča potrebam načrtovane čistilne naprave, pač pa bo povezava obstoječe kanalizacije in RČN potekala po cevi skozi obstoječ usedalnik, pred njim pa bo revizijski jašek DN 600, ki bo služil za pregled morebitnih nepravilnosti in kot dostop do kanalizacijskih cevi v primeru sanacije kanala.

Dotočni kanal na čistilno napravo mora prečkati obstoječ površinski odvodni jarek. Na lokaciji prečkanja se izvede ojačitev dotočne cevi DN 315 z jekleno cevjo DN 400 na dolžini 5 m, kar je razvidno iz vzdolžnega prereza povezovalnega voda (Grafična priloga 9.2).

Območje, kjer je predvidena čistilna naprava je zelo močvirnato. Poleg tega se v jesenskem in zimskem času podtalna voda dvigne tudi na okoli 80 cm nad obstoječo koto terena. Zaradi vsakoletnih nihanj podtalne vode in nevarnosti premika dotočne cevi smo se odločili za izvedbo pilotov na dotočni cevi. Po izračunih vzgona za prazno cev in upoštevanju teže pilotov smo zaključili, da je potrebno vgraditi betonski pilot s premerom 0,4 m in višino 1,65 m vsake 4 metre.

Na celotni trasi od obstoječega konca kanalizacije cevi do lokacije čistilne naprave je potrebno vgraditi dva revizijska jaška. Predvidena sta AB jaška DN 600 s PVC muldo.

#### 4.4.2 Grobe grablje

Dotočna kanalizacijska cev bo pred vtokom v črpališče prekinjena z AB jaškom DN 1000, v katerem bodo vgrajene grobe grablje s 35 °naklonom rešeta. Rešeto bo imelo odprtine 3 cm. Na koncu rešeta je košara za odstranjevanje večjih mehanskih nečistoč, ki se bodo zadržale na rešetju. Jašek z grabljami bo imel na vrhu vgrajen ekscentrični konus z revizijsko odprtino DN 600. Jašek bo globok 2,3 m in bo imel vgrajeno lestev, ki bo upravljalcu omogočala dostop do grabelj. Grablje bo mogoče čistiti tudi preko revizijske odprtine z daljšim orodjem za čiščenje rešeta.

Rešeto grabelj in orodje za čiščenje grabelj je potrebno izdelati iz inox ASIS 316 materiala. Revizijska odprtina bo zaščiten z rešetastim pokrovom, kar upravljalcu omogoča redne preglede jaška brez odpiranja pokrova.

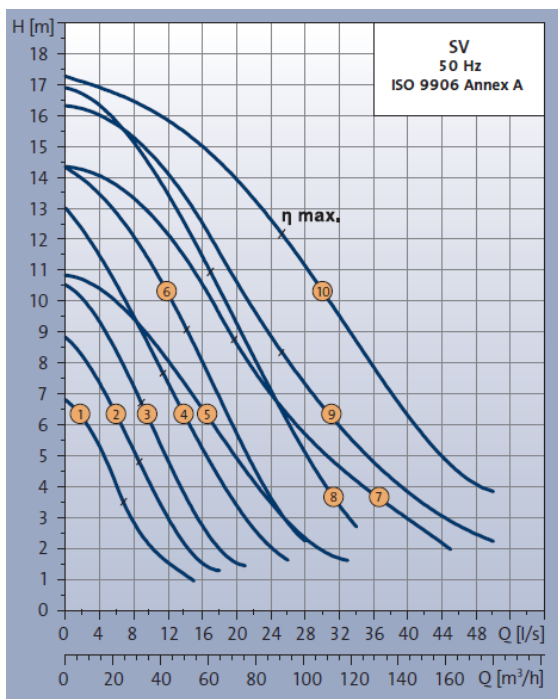
#### 4.4.3 Črpališče 1

Odpadna voda bo po iztoku iz grabelj pritekla v črpališče, ki bo izvedeno v AB jašku DN 2000 s konusom, globokim 4 m (grafična priloga 9.11). Maksimalen dotok vode v črpališče je 6,132 l/s. Višinska razlika med dnom črpalnega jaška ter vtokom v umirjevalni jašek bo 3,8 m. Efektivni volumen črpališča bo 3,77 m<sup>3</sup>.

Revizijska odprtina črpališča bo velikosti DN 600.

V črpališču bosta vgrajeni dve enaki potopni črpalki za odpadno vodo. Na podlagi robnih pogojev je bila izbrana črpalka znamke Grundfos in tip SV 014 B. Območje delovanja črpalk predstavlja druga krivulja v spodnjem grafu (Slika 3). Posamezna črpalka ima moč 1,65 kW in prepušča delce do velikosti premera 80 mm. Črpalka ima Super Vortex tekač.

Krmiljenje črpalk bo izvedeno tako, da bosta delovali izmenično in zagotavljali pretežno neprekinjen dotok vode v umirjevalni jašek in naprej v usedalnik. V kolikor bi prišlo do povečanega pretoka, bi se vklopili obe črpalki hkrati. Krmiljenje bo imelo vgrajene pretokovne zaščite ter varnostne izklope in vklope preko plovnih stikal.



Slika 3: Delovanje črpalk Grundfos s Super Vortex tekačem nizkih tlačnih višin - velikosti 34, 42, 46 – pretok (Q), ki ga posamezna črpalka zagotavlja pri črpanju vode na določeno višinsko razliko (H) (Zmogljive potopne črpalke..., 2011)

Znotraj črpališča mora biti vsa strojna inštalacija sestavljena iz inox ASIS 316 cevi in inox ASIS 316 ventilov. Potopne črpalke bo mogoče dvigniti s pomočjo vzvoda preko jeklenih verig. Za dostop do dna črpališča bodo steno črpališča vgrajene inox letve (Grafična priloga 9.11).

Iz črpališča bo speljana PE-HD cev DN 75, ki bo končala v umirjevalnem AB jašku DN 600. V jašku bo dotočna cev usmerjana v steno zaradi razbremenitve sile vode in dodatnega bogatenja odpadne vode s kisikom. Umirjevalni jašek služi predvsem za umirjanje vode, preden ta steče v usedalnik, kar preprečuje dvigovanje mulja z njegovega dna.

#### 4.4.4 Usedalnik

Troprekadni usedalnik s skupnim volumnom  $140 \text{ m}^3$  bo zagotavljal mehansko odstranjevanje večine vseh grobih in plavajočih snovi iz vode. Glede na raziskave, je ocena količine suspendiranih snovi na iztoku iz tovrstnega usedalnika  $140 \text{ mgO}_2/\text{l}$  (Nivala, 2013). Usedalnik je projektiran po zgledu usedalnikov avstrijskega podjetja TIBA, ki so se po dosedanjih izkušnjah izkazali kot zelo učinkoviti (Zrilič, 2012). Omenjeni usedalniki so izdelani v obročastih segmentih, ki so namenjeni modularni gradnji, in so učinkoviti do velikosti približno  $20 \text{ m}^3$  po segmentu, v našem primeru pa je bilo potrebno volumen usedalnika bistveno povečati, zato se bo razlikoval tudi po obliki. Tipski proizvodi, ki imajo običajno manjše volumne, v našem primeru večinoma niso primerni. Poleg oblike in velikosti se usedalnik razlikuje tudi po prelivnih odprtinah, ki so prav tako večje. Prezračevanje posameznega

prekata usedalnika zagotavljajo zračniki DN75, ki so izvedeni tik pod stropom usedalnika. Efektivni volumen usedalnika bo znašal  $125 \text{ m}^3$ , kar pomeni izračunani zadrževalni čas 13 ur in 35 min.

Usedalnik bo imel v prvem prekату potopno steno, ki predstavlja lovilec olj in maščob. Med prvim in drugim ter drugim in tretjim prekatom bosta predelni steni izdelani do dna. V vsaki predelni steni bodo enakomerno razporejene štiri odprtine, ki zagotavljajo enakomeren tok vode po celotni širini usedalnika (Grafična priloga 9.10). Predelni steni bosta preprečevali, da bi mulj ali plavajoči delci prehajali iz enega prekata v drugega. Na iztočni cevi iz zadnjega prekata smo predvideli cev v obliki T-kosa, kar pomeni še dodaten mehanizem preprečevanja preliva plavajočih delcev. Usedalnik mora biti betonski, odporen na fekalno odpadno vodo.

Mulj, ki bo nastajal v usedalniku, bo potrebno redno črpati in odvažati na čistilno napravo z možnostjo stabilizacije in čiščenja blata. Glede na kapaciteto usedalnika predvidevamo, da bo potreben odvoz mulja enkrat na dve leti. Natančnejši interval se bo določil po rednem spremljanju količine mulja v prvih treh letih delovanja čistilne naprave.

#### **4.4.5 Zadrževalnik 1 za fazno polnjenje s črpalko**

Voda iz usedalnika bo gravitacijsko pritekala v zadrževalnik za fazno polnjenje z volumnom  $10 \text{ m}^3$  (grafična priloga 9.4). Zadrževalnik bo zagotavljal pulzno pretakanje vode na filtrirno gredo. V zadrževalniku je predvidena vgradnja potopne črpalke Grundfos tipa SV 024 BH, ki bo na višini prve grede zagotavljala pretok  $22 \text{ l/s}$  (Slika 3, krivulja 4). Črpalka se bo v primeru polne obremenitve naprave vključila 20-krat dnevno. Začetek in konec črpanja bosta nadzorovana s plovnicama stikaloma v zadrževalniku. Volumen zadrževalnika bo tako na površino prve grede prečrpan v približno osmih minutah.

Pred zadrževalnikom je načrtovan tudi varnostni preliv. Njegova funkcija je preprečiti hidravlično in organsko preobremenitev gred RČN. Za varnostni preliv služi cev DN 150 in je speljan v isti površinski odvodnik kot iztok iz polirne grede RČN.

#### **4.4.6 Grede rastlinske čistilne naprave**

Pri oblikovanju RČN smo se odločili za kombinacijo sistemov z vertikalnim in horizontalnim podpovršinskim tokom vode. Vsak izmed teh dveh sistemov ima namreč določene prednosti pri zagotavljanju čiščenja odpadne vode, s tem da je za optimalno učinkovitost sistema z vertikalnim tokom potrebno pulzno polnjenje grede, kar zahteva črpališče. Glede na to, da je bila predvidena vgradnja dveh črpališč, smo le ta dodatno izkoristili še za vgradnjo gred z vertikalnim podpovršinskim tokom tako, da smo namesto običajnega delovanja črpalk predvideli pulzno prečrpavanje vode s

plovnim stikalom. Tako smo zagotovili pulzno polnjenje dveh gred, ki sledita črpališčema in v njih vgradili sistem za vertikalni tok vode. S tem smo izboljšali potencial za učinkovitost odstranjevanja dušika v celotni RČN z minimalnim povečanjem investicije.

Naprava je sestavljena iz šestih zaporednih gred. Vse grede imajo predviden podpovršinski tok vode s kombinacijo vertikalnega in horizontalnega sistema. Skupna površina vseh gred je 3048 m<sup>2</sup>. V Preglednici 3 so prikazane osnovne dimenzije vseh gred RČN Grborezi. Upoštewane so povprečne globine posameznih gred. Zaradi padca dna in vodoravnega nasutja gred prihaja tekom delovanja RČN do nekoliko povečanih skupnih volumnov gred in učinkovitih volumnov. Učinkoviti volumen predstavlja prostor med delci medija in znaša približno tretjino skupnega volumna grede. Izračunali smo ga na podlagi ocene hidravlične prepustnosti, saj je pri različnih mešanicah peskov in razraslem koreninskem sistemu težko določiti točen učinkoviti volumen posamezne grede.

Preglednica 4: Dimenzije prve filtrirne grede (F – RČN 1), druge filtrirne grede (F – RČN 2), čistilnih gred (Č – RČN 1, 2, 3 in 4) in polirne grede (P – RČN) RČN Grborezi in ocena učinkovitih volumnov (Ef. volumen).

	Dolžina [m]	Širina [m]	Globina [m]	Površina [m <sup>2</sup> ]	Volumen [m <sup>3</sup> ]	Ef. volumen [m <sup>3</sup> ]
F-RČN 1	12	32	0,7	384	268	80
F-RČN 2	12	32	0,5	384	192	57
Č-RČN 1A	28	13,5	0,75	378	283	85
Č-RČN 1B	28	13,5	0,75	378	283	85
Č-RČN 2A	28	13,5	0,75	378	283	85
Č-RČN 2B	28	13,5	0,75	378	283	85
P-RČN	24	32	0,7	768	537	160
<b>SKUPAJ</b>	<b>160</b>	<b>150</b>		<b>3048</b>	<b>2129</b>	<b>637</b>

### Prva filtrirna greda (F – RČN 1)

Posebna funkcija prve grede je filtriranje in zadrževanje delcev in suspendiranih snovi, ki se ne zadržijo v usedalniku. Na ta način so pred velikimi količinami suspendiranih organskih snovi zaščitene druge grede RČN. Voda iz zadrževalnika se bo pulzno razlivala po površini prve filtrirne grede, kjer bo ponikala in se skozi medij pretakala podpovršinsko vertikalno. 10 m<sup>3</sup> vode iz zadrževalnika bo pomenilo 2,6 cm vodnega stolpca na površini grede. Pri gredah z vertikalnim tokom vode skozi medij je pomembno, da se medij med posameznimi polnjenji deloma izsuši. Z izsuševanjem grede zagotovimo večjo vsebnost kisika v mediju, kar omogoča aerobne procese v njem ter posledično večjo učinkovitost sekundarnega čiščenja. Istočasno se odpadna voda pri pretoku skozi dobro prezračen medij obogati s kisikom, kar izboljša učinkovitost čiščenja tudi v naslednjih gredah. V mediju vseh gred bodo zasajene rastline navadni trst (*Phragmites australis*), zato se bo že v prvi gredi začel tudi proces terciarnega čiščenja z vgrajevanjem mineralnih snovi v biomaso rastlin.

*Cevi:*

Dotočne perforirane cevi DN 50 bodo položene na mediju frakcije 2-4 mm. Na iztočne drenažne cevi DN 125 so povezane polne cevi, ki segajo do vrha nasutja medija in služijo dodatnemu prezračevanju spodnje plasti, predvsem v času sušenja med polnjenji grede.

*Medij:*

Medij je vgrajen po slojih različnih frakcij od dna proti površini grede (grafična priloga 9.5):

- 20 cm frakcije 16-32 mm
- 10 cm homogene mešanice 4-8 mm in 8-16 mm v razmerju 1:1
- 40 cm frakcije 2-4 mm

**Druga filtrirna greda (F – RČN 2)**

V drugi filtrirni gredi se dodatno zadržijo v vodi suspendirane snovi. Učinkovitost odstranjevanja finih suspendiranih snovi je boljša v sistemih s podpovršinskim horizontalnim tokom vode, kot v sistemih z vertikalnim tokom (Kadlec in Wallace, 2009), zato je bil za drugo gredo izbran sistem s horizontalnim tokom vode. V mediju se zadržane suspendirane organske snovi tudi razgrajujejo na podlagi bakterijskih procesov, nastale mineralne snovi pa se deloma absorbirajo v rastlinsko in bakterijsko biomaso.

*Cevi:*

Dotočne perforirane cevi DN 125 bodo postavljene na stranskih robovih grede. Iztočna perforirana cev DN 150 je predvidena na sredi grede, kamor je usmerjen 0,5% naklon dna z obeh strani grede. Vse cevi morajo biti obsute s medijem frakcije 16-32 mm, saj bi finejši medij lahko povzročil mašenje perforacij.

*Medij:*

- homogena mešanica frakcij 8-16 in 16-32 v razmerju 1:2 (grafična priloga 9.6)

**Čistilne greda (Č – RČN 1, 2, 3 in 4)**

V štirih čistilnih gredah s horizontalnim tokom vode bo potekala intenzivna razgradnja raztopljenih organskih snovi v odpadni vodi. Organske snovi se v mediju akumulirajo in so predmet bakterijske razgradnje, anorganska hranila pa se vgrajujejo v rastlinsko biomaso. Vnos kisika, potrebnega za bakterijske procese, poteka preko interakcije z rastlinami in s pasivno difuzijo plinov. V teh gredah pride do redukcije vseh bakterij človeškega in živalskega izvora, vključno z redukcijo patogenih bakterij (Kadlec in Wallace, 2009). Po dve in dve gredi bosta vgrajeni vzporedno, s čimer bo zmanjšana hidravlična obremenitev posamezne grede in podaljšan zadrževalni čas vode v njih. Oba parametra pozitivno vplivata na učinkovitost čiščenja.



*Cevi:*

Iztočna cev DN 125 iz druge filtrirne grede bo speljana v razlivni jašek pred vzporednima čistilnima gredama. Iz jaška bo na vsako gredo speljana po ena perforirana cev DN 125. Razlivni jašek bo zagotovil enakomerno distribucijo vode v ti dve perforirani cevi. Na nasprotnem koncu vsake grede, kamor bo usmerjen tudi naklon, bo na dnu perforirana iztočna cev DN 125, ki se bo stekala v skupni jašek. Tako zbrana voda iz prvih dveh čistilnih gred bo na enak način speljana skozi drugi dve vzporedni čistilni gredi iz na koncu zbrana v Zadrževalniku 2. Vse perforirane cevi v gredah morajo biti obsute z medijem frakcije 16-32 mm.

*Medij za Č-RČN 1, 2, 3 in 4:*

- homogena mešanica frakcij 4-8 mm in 8-16 mm v razmerju 1:2 (grafična priloga 9.7 in 9.8)

**Polirna greda (P – RČN)**

Funkcija polirne grede RČN je dodatno odstranjevanje hranilnih snovi iz vode in vnašanje kisika v vodo pred iztokom v recipient. Skozi medij polirne grede se bo voda pretakala podpovršinsko vertikalno. To odločitev smo sprejeli na podlagi dejstva, da je potrebno zadnjo gredo v vsakem primeru dvigniti, zaradi poplavne varnosti, hkrati pa sistem z vertikalnim tokom bolj ustreza funkcijam polirne grede kot sistem s horizontalnim tokom. Polirna greda se bo preko črpalke polnila pulzno. Pri vsakem polnjenju se bo na površino razlilo za 1,3 cm vodnega stolpca delno očiščene vode.

*Cevi:*

Vtočne in iztočne drenažne cevi v polirni gredi so enakih dimenzij kot v filtrirni gredi, le da so tukaj daljše zaradi večje površine grede. Dotočne perforirane cevi DN 50 so položene na medij s frakcijo 0,2-4 mm. Iztočne drenažne cevi DN 125 imajo, podobno kot v filtrirni gredi, preko kolena nameščene polne cevi, ki segajo do vrha nasutja medija in služijo za prezračevanje spodnje plasti.

*Medij:*

Medij je vgrajen po slojih različnih frakcij od dna proti površini grede (grafična priloga 9.9):

- 20 cm frakcije 16-32 mm

- 10 cm homogene mešanice 4-8 mm in 8-16 mm v razmerju 1:1

- 40 cm frakcije 0,2-4 mm

#### **4.4.7 Zadrževalnik 2 za fazno polnjenje s črpalke**

Zadrževalnik 2 bo, glede na pot vode skozi RČN, umeščen pred polirno gredo. Vanj bodo pritekale delno očiščene odpadne vode iz 3. in 4. čistilne grede. Imel bo 10 m<sup>3</sup> efektivnega volumna. Namen tega zadrževalnika je pulzno razlivanje vode na polirno gredo.

V zadrževalniku bo vgrajena potopna črpalka Grundfos tip SV 024 BH, ki bo na površino polirne grede prečrpala 18 L vode na sekundo (Slika 3, krivulja 4). Črpalka bo povezana s perforanimi distribucijskimi cevmi na površini polirne grede. Glede na predvideno količino vode bo, enako kot črpalka v zadrževalniku 1, tudi ta opravila 20 črpanj na dan.

#### **4.4.8 Iztočni kanal**

Iz jaška za uravnavanje nivoja vode v polirni gredi bo speljana polna PVC cev DN 150 do obstoječega površinskega jarka, kjer je predviden iztok v naravo. Jašek za uravnavanje nivoja vode služi tudi kot merilno mesto za odvzem vzorcev vode. Cev bo imela padec 0,5 %. Na razdalji 22,4 m od jaška za uravnavanje nivoja vode v polirni gredi bo vgrajen revizijski jašek AB DN600, v katerega bo speljana cev za varnostni preliv (Grafična priloga 9.1). Na koncu cevi, ki bo vodila do obstoječega površinskega jarka je predvidena žabja zaklopka, ki bo v primeru poplave preprečevala vdor vode v RČN.

#### **4.4.9 Povezovalne in razlivne cevi**

Za vse polne in perforirane dotočne in iztočne cevi smo izbrali cevi iz PVC materiala, trdnosti SN8. Pri izdelavi prebojev folije s cevmi je potrebno uporabiti enak material, da se lahko s pomočjo varjenja zagotovi vodotesnost gred. Zato so na lokacijah prebojev folije predvidene cevi PE-HD.

Perforacije cevi so navedene na načrtih za vsako posamezno cev posebej.

#### **4.4.10 Jaški**

Velikost jaškov in material je izbran na podlagi kriterijev, kot so statična obremenitev, načini vgradnje, zagotavljanje vodotesnosti ipd.

Vsi jaški, ki so večji od DN 1000 in globji od 1 m, so predvideni v armirano betonski izvedbi. Izbira je temeljila predvsem na preprečevanju vzgonskega dviga jaškov ter zagotavljanju statične obremenitve v primeru praznega jaška. Manjši jaški, vgrajeni v grede oz. v njihovo neposredno bližino, so predvideni polietilenski, zaradi enostavnejše, hitrejšje, ter ugodnejše izvedbe.

#### **4.4.11 Protipoplavna zaščita RČN in gravitacijski pretok**

Območje, kamor smo umestili RČN, je ravninsko, kar onemogoča preprosto uporabo gravitacijskega toka vode, in poplavno, kar zahteva poplavno varnost RČN. Poplavljen RČN bi pomenila prehajanje odpadne vode v okolje, mulj, ki prihaja s poplavo, pa bi lahko zamašil RČN. Obe težavi smo reševali celostno. Pretok vode med gredami smo zagotovili z vgradnjo črpališč in postavitvijo gred v terase, poplavno varnost pa smo zagotovili z dvigom teras nad mejo poplavne varnosti in nasipi. Ta

kombinacija raznovrstnih rešitev se je izkazala za boljšo od enoličnega reševanja posameznega problema, saj smo z izgradnjo teras in nasipov ter vgradnjo le dveh črpališč znižali stroške investicije v primerjavi z možnostjo, da bi vse grede dvignili ali zaščitili z nasipi in med vsemi gredami zgradili črpališča. Dve črpališči sta bolj primerna rešitev od izgradnje enega samega, saj bi bila sicer potrebna izgradnja zmogljivejšega in dražjega črpališča in zelo visokih teras oz. nasipov, kar bi podražilo izvedbo. Potrebne pa bi bile tudi velike količine materiala, ki ga v bližnji okolici ni, torej bi bil potreben še dodaten nakup in transport.

Protipoplavno varovanje črpališča, usedalnika in zadrževalnikov smo načrtovali tako, da smo pokrove vseh jaškov locirali nad koto poplavljanja. Pri tem smo upošteval tudi varnostno nadvišanje za 20 cm. Filtrirni gredi in polirna greda bodo dvignjene nad koto poplavljanja, čistilne grede pa bodo zavarovane z nasipi. Predvidena globina nosilnih tal na območju gradnje RČN Grborezi je okoli 40 cm pod obstoječim terenom. Pod celotno površino RČN je potrebno narediti izkop do stabilnih temeljnih tal in izkopan material nadomestiti z nasutjem materiala ustrezne stabilnosti in nosilnosti.

#### F-RČN 1 in 2:

Filtrirni gredi bosta dvignjeni. Material za potrebno nasutje posteljice se bo pridobil z izkopi za usedalnik, črpališče, zadrževalnik 1 in zadrževalnika 2 za fazno polnjenje, preostali del pa bo potrebno zagotoviti z drugega vira. Končna kota površine medija v F-RČN 1 približno 1,85 m višja od kote obstoječega terena, v F-RČN 2 pa 1,15 m.

#### Č-RČN 1, 2, 3 in 4:

Prva in druga čistilna greda bosta delno vkopani pod koto terena, 3 in 4 pa bosta v celoti vkopani. Kot protipoplavno zaščito bo potrebno gredi zavarovati z neprepustnimi nasipi. Kota krone nasipov okrog gred 1 in 2 bo za približno 70 cm višja od kote terena, okrog gred 3 in 4 pa 92 cm. Material za nasipe se bo pridobil z izkopi vkopane čistilne grede, del materiala pa bo potrebno zagotoviti iz drugega vira. Nasipi okoli gred morajo imeti glineno jedro. Stabilnost nasipov bo zagotovljena s skalnato oblogo z naklonskim razmerjem 1:2. Temeljna tla morajo zagotavljati stabilnost nasipov in preprečevati vdor podzemne vode. Če se v fazi gradnje ugotovi možnost vdora podzemne vode v območje nasipov, je potrebno poglobiti glineno jedro v temeljna tla. Brežine nasipov bodo urejene in zatravljene. Kljub temu, da bodo čistilne grede vkopane, mora biti posteljica grede nasuta.

#### P-RČN:

Polirna greda bo v celoti z nasipom dvignjena nad koto terena. Kota medija zadnje grede bo približno 1 m višja od kote terena. Material za nasip posteljice grede bo potrebno zagotoviti iz drugega vira.

#### 4.4.12 Rastline

Vse grede bodo zasajene z navadnim trstom (*Phragmites australis*). Potrebna gostota zasaditve je vsaj 7 rastlin na kvadratni meter grede. Za zasadnjo se lahko uporabijo rizomi z najmanj tremi brsti. Navadni trst se navadno polno razraste po dveh rastnih sezonah. Če se namesto rizomov sadijo eno ali dvo-letne sadike, je ta doba krajša. V čistilnih gredah se v območju dotočnih cevi rastlin ne sadi, saj lahko močne razrasle korenine pospešijo mašenje odprtih perforiranih dotočnih cevi.

#### 4.5 Predvidena vzdrževalna dela

Vzdrževalna dela obsegajo redno odstranjevanje mulja iz usedalnika, čiščenje polnih cevi in perforiranih cevi, pregledovanje črpališč. Poleg tega je potrebno enkrat letno pokositi nadzemne dele rastlin, ki se jih lahko po potrebi uporabi kot izolacijo v zimskem obdobju in se jih šele spomladi odstrani na kompost. Včasih je potrebna tudi dosaditev rastlin v prvi vegetacijski sezoni, če se sestoj ni dobro razvil.

##### **Pregled usedalnika:**

Usedalnik vzdrževalec pregleda enkrat na mesec, pri čemer preveri količino usedlin na dnu. Usedlina se predvidoma enkrat na dve leti odpelje na centralno komunalno čistilno napravo, primerno za odvzem in obdelavo mulja. Hkrati vzdrževalec preveri tudi pretočnost cevi v usedalniku zaradi možnosti zamašitve. S tem bi bil onemogočen pretok vode iz usedalnika do gred rastlinske čistilne naprave.

##### **Pregled pretokov in nivojev vode v čistilnih gredah:**

Vzdrževalec enkrat mesečno pregleda pretoke na dotoku in iztoku iz sistema. Pri čistilnih gredah s horizontalnim tokom vode mora vzdrževalec pregledati nivoje vode v gredah, pri čemer voda na sme biti vidna na površini. Praviloma se pretaka približno 5 do 10 cm pod površino medija. Kontrolirati mora tudi nivoje vode v piazometrih znotraj gred ter v jašku za zadrževanje vode na iztoku.

##### **Pregled jaškov, cevi:**

Vzdrževalec enkrat mesečno pregleda vse polne in perforirane cevi v sistemu in se jih v primeru zamašitve očisti. Enako velja tudi za jaške. Zamašitev cevi ali jaškov se enostavno opazi, saj povzroči površinski tok vode ali zastoj vode v jašku. Posledica takšnih zamašitev je lahko tudi smrad.

##### **Pregled črpališč in zadrževalnikov za pulzno polnjenje**

Enkrat mesečno je potrebno pregledati vsa črpališča in v primeru okvare zamenjati uničene oz. izrabljene dele. Dvakrat na leto oz. skladno z navodili proizvajalca je potrebno narediti redni servis na vseh črpalkah.

### **Pregled rastlinja:**

Rastline se popolnoma razrastejo šele po 2. vegetacijski sezoni. Če se v tej sezoni opazi mesta, kjer se sadike niso razrastle, se jih po drugem letu dosadi. Če se v prvih dveh letih pojavijo nezaželene rastlinske vrste, ga je potrebno ročno odstraniti, saj lahko zavira razrast trsta. Kasneje, ko je trst polno razrasel, odstranjevanje nezaželenih rastlinskih vrst ni več potrebno.

Vsako leto v oktobru ali novembru oz. po prvi zmrzali je potrebno trstičje pokositi 5-10 cm nad tlemi. Trst se pokosi s koso, srpom ali kosilnico za žive meje. Z gred se ga lahko odstrani takoj ali pa šele spomladi. Lahko se ga odloži v kompostnik ali drugo mesto za shranjevanje organskih odpadkov.

### **Okolica RČN:**

Vzdrževanje okolice RČN zajema košnjo trave in preprečevanje erozije na nasipih.

#### **4.6 Ocena vpliva na okolje in pričakovane težave**

Cilj postavitve RČN je celovito zbiranje odplak in njihovo čiščenje pod nadzorom. S postavitvijo RČN se izognemo hrupu, ki sicer nastaja pri delovanju strojnih čistilnih naprav. Zaradi podpovršinskega toka vode v sistemu ni smradu in ne prihaja do razvoja insektov. Poleg tega predstavlja RČN nov habitat za rastline in živali. V primeru RČN Grborezi gre celo za habitat, ki je zelo podoben okoliškemu avtohtonemu habitatu.

#### **4.7 Potencialni problemi tekom obratovanja naprave**

Voda v sistemu RČN pozimi naj ne bi zmrzovala. Zelo huda zmrzal lahko povzroči zmrzovanje vode v površinskem delu medija, a tudi to učinkovitosti čiščenja ne bo bistveno zmanjšalo, lahko pa nekoliko vpliva na popolno razgradnjo dušikovih organskih snovi (Kadlec in Wallace, 2009).

Iz čistilnih jaškov bo potrebno redno odstranjevanje mulja, za zagotovitev učinkovitega delovanja RČN – predvidoma enkrat na dve leti.

Kadar je voda močno obremenjena s suspendiranimi snovmi, lahko na dnu jaškov nastaja usedlina, ki jo je potrebno odstraniti skupaj z usedlinami iz usedalnika.

Tekom delovanja RČN lahko pride do posedanja medija. Če se opazi takšno posedanje, predvsem pri gredah s horizontalnim tokom vode, kjer to pomeni viden nivo vode, je potrebno nasuti pesek enake frakcije, kot je površinska plast (Kadlec in Wallace, 2009).

#### **4.8 Popis del in projektantski predračun**

Popis del in ocena stroškov posameznih del je zbrana v Preglednici 4. Ocena celotne investicije brez davkov je 369.415,20 € z vključenimi 10 % stroškov za nepredvidena dela. V predračun je vključena

tudi dokumentacija, tehnološki nadzor in drugi stroški, ki nastanejo v procesu izgradnje do tehničnega prevzema in poskusnega obratovanja čistilne naprave. Vsi stroški so ocenjeni na podlagi izkušenj s projektiranjem in izgradnjo RČN v Sloveniji in na Hrvaškem podjetja Limnos d.o.o.. Primerjaje splošen standard in s poznavanjem cen nekaterih gradbenih storitev v popisu del predvidevamo, da bi bila investicija v Bosni in Hercegovini lahko še nižja od ocenjene vrednosti. Za RČN Grborezi, ki je predmet te naloge, konkretni predračuni niso bili pridobljeni.

Po zaključku investicije se predvidevajo stroški rednega vzdrževanja - mesečnih pregledov in manjših vzdrževalnih del, košnje in urejanja okolice, servisa črpalk in praznjenje usedalnika. Ocenjujemo, da je začetna investicija nekoliko višja v primerjavi s konvencionalnimi čistilnimi napravami s primerljivo kapaciteto čiščenja predvsem na račun velike površine, ki ji je potrebno odkupiti in obdelati. Stroški vzdrževanja in obratovanja RČN pa so vsekakor nižji v primerjavi z drugimi sistemi.

Preglednica 5: Popis del in projektantski predračun za RČN Grborezi. Vse cene so ocenjene vrednosti posameznih materialov in storitev.

**RASTLINSKA ČISTILNA NAPRAVA GRBOREZI 1200 PE**  
**POPIS DEL, PREDIZMERE IN PROJEKTANTSKI PREDRAČUN - ZBIRNIK**

**A - PREDDELA IN ZAKLJUČNA DELA**

	Opis postavke	Enota	Št. enot	Cena na enoto(€)	Cena skupaj (€)
1	Zakoličba dovodnega kanala RČN Grborezi	kos	1,00	250,00	250,00
2	Zakoličba RČN Grborezi	kos	1,00	1.800,00	1.800,00
3	Odstranitev zgornje humusne plasti zemlje na celotnem območju P=4600 m <sup>2</sup> , h=0,2 m ter odvoz na začasno deponijo (5 km)	m <sup>3</sup>	910,00	4,00	3.640,00
4	Odstranitev zgornje humusne plasti zemlje na območju povezovalnega in odvodnega voda P=4600 m <sup>2</sup> , h=0,2 m ter odvoz na začasno deponijo (5 km)	m <sup>3</sup>	15,00	6,00	90,00
5	Praznjenje obstoječega usedalnika ter odvoz blata na centralno čistilno napravo	kos	1,00	350,00	350,00
2	Prevezava obstoječega usedalnika na nov povezovalni kanal	kos	1,00	150,00	150,00
6	Dobava in vgradnja humusa za končno obdelavo brežin	m <sup>3</sup>	210,00	19,00	3.990,00
7	Ročna obdelava brežin s humusom	m <sup>2</sup>	1.000,00	1,00	1.000,00
8	Dobava in sejanje travne mešanice na obdelane brežine RČN	m <sup>2</sup>	1.000,00	2,00	2.000,00
<b>skupaj - predela in zaključna dela:</b>					<b>13.270,00</b>

**B - POVEZOVALNI VOD**

	Opis postavke	Enota	Št. enot	Cena na enoto(€)	Cena skupaj (€)
1	Strojni izkop za dovodni kanal in AB pilote	m <sup>3</sup>	77,00	6,00	462,00
2	Dobava in vgradnja PVC cevi DN 300	m <sup>1</sup>	66,00	60,00	3.960,00
3	Dobava in gradnja AB pilotov	kos	14,00	80,00	1.120,00
4	Dobava in vgradnja AB jaška DN 600 s PVC muldo h=1,55 m	kos	1,00	340,00	340,00
5	Dobava in vgradnja jeklena cev DN 400, l=5 m	kos	1,00	320,00	320,00
6	Zasutje dovodnega kanala, skupaj z ustrezno zbitostjo materiala	m <sup>3</sup>	60,00	8,00	480,00
2	Strojni izkop za odvodni kanal	m <sup>3</sup>	20,00	6,00	120,00
5	Dobava in vgradnja AB jaška DN 600 s PVC muldo h=1 m	kos	1,00	290,00	290,00
6	Dobava in vgradnja PVC cevi DN 150	m <sup>1</sup>	60,00	16,00	960,00
<b>skupaj - povezovalni vod:</b>					<b>8.512,00</b>

**C - RASTLINSKA ČISTILNA NAPRAVA****1. ZEMELJSKA DELA**

	Opis postavke	Enota	Št. enot	Cena na enoto(€)	Cena skupaj (€)
1	Strojni izkop za grablje	m <sup>3</sup>	3,00	6,00	18,00
2	Strojni izkop za črpališče	m <sup>3</sup>	18,00	6,00	108,00
3	Strojni izkop za usedalnik	m <sup>3</sup>	165,00	6,00	990,00
4	Strojni izkop za zadrževalnik 1 za izmenično polnjenje	m <sup>3</sup>	10,00	6,00	60,00
5	Strojni izkop za čistilno gredo 1,2,3 in 4	m <sup>3</sup>	1.240,00	6,00	7.440,00
6	Strojni izkop za zadrževalnik 2 za izmenično polnjenje	m <sup>3</sup>	10,00	6,00	60,00
7	Vgradnja izkopne zemlje za izvedbo filtrirne grede 1 in 2 ter polirne grede	m <sup>3</sup>	700,00	8,00	5.600,00
8	Vgradnja preostale zemlje za izvedbo protipoplavnih nasipov okoli čistilne grede 1,2,3 in 4	m <sup>3</sup>	540,00	8,00	4.320,00
9	Dobava in vgradnja glinenega jedra za izvedbo protipoplavnih nasipov	m <sup>3</sup>	300,00	29,00	8.700,00
10	Dobava in vgradnja tampona 0-32 za izvedbo dovodne poti	m <sup>3</sup>	100,00	26,00	2.600,00
11	Zasutje gradbenih jam za grablje, črpališče, usedalnik, dveh zadrževalnikov ter vmesnih jaškov	m <sup>3</sup>	30,00	8,00	240,00
	Dobava in vgradnja medija (prani drobljenec ali rečni prodec) za rastlinsko ČN od tega v:				
	Medij - Filtrirna greda 1				
12	Prani drobljenec ali rečni prodec - frakcija 2-4	m <sup>3</sup>	155,00	35,00	5.425,00
13	Prani drobljenec ali rečni prodec - frakcija 4-8	m <sup>3</sup>	20,00	35,00	700,00
14	Prani drobljenec ali rečni prodec - frakcija 8-16	m <sup>3</sup>	20,00	35,00	700,00
15	Prani drobljenec ali rečni prodec - frakcija 16-32	m <sup>3</sup>	80,00	35,00	2.800,00
	Medij - Filtrirna greda 2				
16	Prani drobljenec ali rečni prodec - frakcija 8-16	m <sup>3</sup>	80,00	35,00	2.800,00
17	Prani drobljenec ali rečni prodec - frakcija 16-32	m <sup>3</sup>	160,00	35,00	5.600,00
	Medij - Čistilna greda 1 in 2				
18	Prani drobljenec ali rečni prodec za izvedbo peščne zavese - frakcija 2-4	m <sup>3</sup>	38,00	35,00	1.330,00
19	Prani drobljenec ali rečni prodec - frakcija 4-8	m <sup>3</sup>	220,00	35,00	7.700,00
20	Prani drobljenec ali rečni prodec - frakcija 8-16	m <sup>3</sup>	440,00	35,00	15.400,00
	Medij - Čistilna greda 3 in 4				
21	Prani drobljenec ali rečni prodec za izvedbo peščne zavese - frakcija 2-4	m <sup>3</sup>	38,00	35,00	1.330,00
22	Prani drobljenec ali rečni prodec - frakcija 4-8	m <sup>3</sup>	220,00	35,00	7.700,00
23	Prani drobljenec ali rečni prodec - frakcija 8-16	m <sup>3</sup>	440,00	35,00	15.400,00
	Medij - Polirna greda				
24	Prani drobljenec ali rečni prodec - frakcija 0,2-4	m <sup>3</sup>	310,00	35,00	10.850,00
25	Prani drobljenec ali rečni prodec - frakcija 4-8	m <sup>3</sup>	40,00	35,00	1.400,00



26	Prani drobljenec ali rečni prodec - frakcija 8-16	m <sup>3</sup>	40,00	35,00	1.400,00
27	Prani drobljenec ali rečni prodec - frakcija 16-32	m <sup>3</sup>	160,00	35,00	5.600,00
<b>skupaj - zemeljska dela:</b>					<b>116.271,00</b>

## 2. MONTAŽNA DELA

	Opis postavke	Enota	Št. enot	Cena na enoto(€)	Cena skupaj (€)
1	Dobava in vgradnja AB jaška DN 1000 s konusom in rešetastim pokrovom za izvedbo grabelj	kos	1,00	490,00	490,00
2	Izdelava in vgradnja inox grabelj z čistilnim priborom	kos	1,00	520,00	520,00
3	Dobava in vgradnja AB črpališča DN 2000	kos	1,00	1.800,00	1.800,00
4	Dobava in vgradnja potopnih črpalk Grundfos SV 014 B P=1,65 kW	kos	2,00	1.400,00	2.800,00
5	Dobava in vgradnja strojne opreme za črpališče (nepovratnih ventilov, DN 75 inox cevi, vodila za dvig črpalk, noga črpalke...)	kos	2,00	700,00	1.400,00
6	Povezovalna cev PE DN 80 med črpališčem in umirjevalnim jaškom	m <sup>1</sup>	5,00	12,00	60,00
7	Dobava in vgradnja AB umirjevalnega jaška DN 600 h=0,5 m s pokrovom	kos	1,00	160,00	160,00
8	Izdelava usedalnika V=125 m <sup>3</sup> (opaženje, armatura, vodotesni beton MB 30, pregradne stene, pokrovi)	kos	1,00	40.000,00	40.000,00
9	Jašek PE DN 600 s pokrovom za izvedbo varnostnega preliva	kos	1,00	190,00	190,00
10	Izdelava AB zadrževalnika za izmenično polnjenje V=10 m <sup>3</sup>	kos	1,00	2.500,00	2.500,00
11	Dobava in vgradnja potopnih črpalk Grundfos SV 024 B P=1,65 kW	kos	4,00	1.600,00	6.400,00
12	Dobava in vgradnja strojne opreme za črpališče (nepovratnih ventilov, DN 75 inox cevi, reducir iz DN 75 na DN 100 vodila za dvig črpalk, noga črpalke...)	kos	4,00	700,00	2.800,00
13	Dobava in vgradnja polnih PE cevi DN 100	m <sup>1</sup>	74,00	14,00	1.036,00
14	Dobava in vgradnja T-kosa reducirni (objemka - ogrlica) PE DN 100-50-100	kos	30,00	35,00	1.050,00
15	Dobava in vgradnja PE čepa DN 100	kos	4,00	25,00	100,00
16	Dobava in vgradnja perforiranih PE cevi DN 50	m <sup>1</sup>	480,00	6,00	2.880,00
17	Dobava in vgradnja PE folije 2 mm	m <sup>2</sup>	3.710,00	15,00	55.650,00
18	Izdelava cevni prebojev na PE foliji	kos	16,00	55,00	880,00
19	Dobava in vgradnja polnih PVC DN 125 cevi	m <sup>1</sup>	105,00	9,00	945,00
20	Dobava in vgradnja perforiranih PVC DN 125 cevi	m <sup>1</sup>	634,00	11,00	6.974,00

21	Dobava in vgradnja PVC DN 125 koleno 90	kos	42,00	7,00	294,00
22	Dobava in vgradnja PVC DN 125 T-kos	kos	26,00	15,00	390,00
23	Dobava in vgradnja cev PVC DN 150 za izvedbo varnostnega preлива	kos	150,00	16,00	2.400,00
24	Dobava in vgradnja jaška PE DN 800 za uravnavanje nivoja vode v gredi s pokrovom	kos	4,00	260,00	1.040,00
25	Dobava in vgradnja jaška PE DN 600 za izmenično polnenje s pokrovom	kos	1,00	190,00	190,00
26	Dobava in vgradnja AB črpališča DN 2500 V=10 m3	kos	1,00	2.100,00	2.100,00
<b>skupaj - montažna dela:</b>					<b>135.049,00</b>

**D - ELEKTRO DELA****1. RAZDELILEC**

	Opis postavke	Enota	Št. enot	Cena na enoto(€)	Cena skupaj (€)
1	Dobava in montaža zbirne elektro omare	kos	1,00	1.400,00	1.400,00
2	Podstavek za zbirno omaro	kos	1,00	180,00	180,00
3	Izvedba vezja, krmiljenje za vse tri črpališča, pretokovne zaščite, GSM modem za javljanje napak...	kos	1,00	4.800,00	4.800,00
4	Vezni material za izvedbo ožičenja ( vodniki, žica, tulci, kabelski čevlji, vrstne sponke....)	kpl	1,00	170,00	170,00
5	Oprema za pritrditev el. opreme ( kanali, perforirani nosilci, izolatorji, kabelski nosilci, letve, pokrovi okrovi....)	kpl	1,00	160,00	160,00
<b>skupaj - razdelilec RČ:</b>					<b>6.710,00</b>

**2. ELEKTROINŠTALACIJE IN OSTALA ELEKTRO DELA**

	Opis postavke	Enota	Št. enot	Cena na enoto(€)	Cena skupaj (€)
1	Kabel NYY, priklop dovodnega kabla, priklop črpalk, izvedba galvanskega spoja, zaščitna, cev, vodnik...	kpl	1,00	1.350,00	1.350,00
2	Meritve zaščite pred udarom el toka, meritve izolacijske trdnosti in meritve ponikalne upornosti ozemljitve	kpl	1,00	500,00	500,00
<b>skupaj - elektroinštalacije in ostala elektro dela:</b>					<b>1.850,00</b>

**E – OSTALA NEOPREDELJENA DELA**

	Opis postavke	Enota	Količina	Cena (€)	Skupaj (€)
1	Dobava in zasaditev rastlin - navadni trst v gredi rastlinske ČN.	kos	30.480	1,50	45.720,00
2	Izdelava obratovalnega dnevnika, navodil za vzdrževanje ter šolanje upravljalca	kos	1,00	1.850,00	1.850,00
3	Tehnološki nadzor nad izgradnjo ter spremljanje obratovanja v dobi poskusnega obratovanja	kos	1,00	3.400,00	3.400,00
4	Izdelava geodetskega posnetka izvedenega stanja	kos	1,00	1.300,00	1.300,00
5	Izdelava PID projekta	kos	1,00	1.900,00	1.900,00
<b>skupaj - ostala neopredeljena dela:</b>					<b>54.170,00</b>

**REKAPITULACIJA****A - PREDELA IN ZAKLJUČNA DELA**

<b>1</b>	<b>PREDELA IN ZAKLJUČNA DELA</b>	<b>13.270,00</b>
	NEPREVIDENA DELA 10%	<b>1.327,00</b>
	<b>SKUPAJ :</b>	<b>14.597,00</b>

**B - POVEZOVALNI VOD**

<b>1</b>	<b>POVEZOVALNI VOD</b>	<b>8.512,00</b>
	NEPREVIDENA DELA 10%	<b>851,20</b>
	<b>SKUPAJ :</b>	<b>9.363,20</b>

**C - RASTLINSKA ČISTILNA NAPRAVA**

<b>1</b>	<b>1. ZEMELJSKA DELA</b>	<b>116.271,00</b>
<b>2</b>	<b>2. MONTAŽNA DELA</b>	<b>135.049,00</b>
	NEPREVIDENA DELA 10%	<b>25.132,00</b>
	<b>SKUPAJ :</b>	<b>276.452,00</b>

**D - ELEKTRO DELA**

<b>1</b>	<b>1. RAZDELILEC</b>	<b>6.710,00</b>
<b>2</b>	<b>2. ELEKTROINŠTALACIJE IN OSTALA ELEKTRO DELA</b>	<b>1.850,00</b>
	NEPREVIDENA DELA 10%	<b>856,00</b>
	<b>SKUPAJ :</b>	<b>9.416,00</b>

**E – OSTALA NEOPREDELJENA DELA**

<b>1</b>	<b>OSTALA NEOPREDELJENA DELA</b>	<b>54.170,00</b>
	NEPREVIDENA DELA 10%	<b>5.417,00</b>
	<b>SKUPAJ :</b>	<b>59.587,00</b>

**SKUPAJ A + B + C + D+ E****369.415,20**CENA z DDV  
(22%)**450.686,54**

## **VIRI**

Ameršek, I., Hercog, A. 2010. Idejno tehnološki projekt št. 48/09. Ljubljana, Limnos Podjetje za aplikativno ekologijo d.o.o.: 21 str.

Ameršek, I. 2003. Izcedne vode v sonaravni sanaciji odlagališč odpadkov. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta (samozaložba I. Ameršek): 59 str.

Ameršek, I., Zupančič J. M. 2009. Idejni projekt za izdelavo rastlinske čistilne naprave "Limnowet" za naselje Sodinci. Ljubljana, Limnos Podjetje za aplikativno ekologijo d.o.o.: 29 str.

Ameršek, I., Hercog, A., Vidmar, U. 2012. Mala komunalna rastlinska čistilna naprava "Limnowet" Lisca (49 PE) : projekt za izvedbo RČN. Ljubljana, Limnos Podjetje za aplikativno ekologijo d.o.o.: 30 str.

Ameršek, I., Hercog, A., Vidmar, U. 2012. Projekt za izvedbo rastlinske čistilne naprave "Limnowet" za naselje Ravno v občini Dobje. Ljubljana, Limnos Podjetje za aplikativno ekologijo d.o.o.: 22 str.

Bulc, G. T. 2013. Okoljske tehnologije in ekoremediacije. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta: 84 str.

Čepon, U. 2013. Analiza delovanja čistilnih naprav za odpadne vode pri planinskih kočah. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba U. Čepon): 100 str.

Gotovac, M., Mancini, R., van Herk, J., Hammenga, A., Wanningen, H. 2008. A constructed wetland in the Livno Field, Bosnia and Herzegovina, How to clean the household water in the Village Grborezi, Barcelona. WWF Mediterranean Programme - Across the Waters: 27 str.

Gotovac, M. 2010. Situacijski snimak terena – Podloga za projektiranje R 1:500. Osebna komunikacija (7. 6. 2010.)

Kadlec, H. R., Wallace S. D. 2009. Treatment wetlands. Second edition. Boca Raton, CRC Press: 1016 str.

HEP proizvodnja. 2013.

<http://www.hep.hr/proizvodnja/osnovni/hidroelektrane/jug/default.aspx><http://www.hep.hr/proizvodnja/osnovni/hidroelektrane/jug/default.aspx> (Pridobljeno 16. 7. 2013.)

Livanjsko Polje. 2013. [http://wwf.panda.org/bs/slatkovodni/livanjsko\\_polje](http://wwf.panda.org/bs/slatkovodni/livanjsko_polje) (Pridobljeno 15. 7. 2013.)

Nivala, J. 2013. Comparative analysis of constructed wetlands: The design and construction of the ecotechnology research facility in Langenreichenbach, Germany. *Ecological Engineering* 61: 527–543.

Ramsarska konvencija. 2013. <http://www.ramsar.si/ramsar.html> (Pridobljeno 16. 7. 2013.)

Sayadi, M. H. 2012. Hybrid constructed wetlands for wastewater treatment: A worldwide review. *Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences* 2(4): 204-222 str.

The List of Wetlands of International Importance. 2013. <http://www.ramsar.org/pdf/sitelist.pdf> (Pridobljeno 16. 7. 2013.)

UNEP. 2000. River Cetina Watershed and the Adjacent Coastal Area – Environmental and Socioeconomic Profile. Mediterranean Action Plan PAP/RAC, Split, Priority Action Programme.

Uredba o uslovima ispuštanja otpadnih voda u prirodne recipijente i sisteme javne kanalizacije. Službene novine Federacije Bosne i Hercegovine”, broj 70/06.

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): 87 str.

Vrhovšek, M., Ameršek, I., Hercog, A. 2011. Biljni uređaj Plavić (100 PE). Ljubljana. Limnos Podjetje za aplikativno ekologijo d.o.o.: 14 str.

Vymazal, J. 1998. *Constructed Wetlands for Wastewater Treatment in Europe*. Backhuys Publishers: str 1-60.

Zmogljive potopne črpalke za odpadne vode 1,65 - 29 kW. GRUNDFOS odpadne vode; prodajni katalog 2011. <http://si.grundfos.com/> (Pridobljeno 4. 6. 2011.)

Zrilič, N. 2012. Preverjanje učinkovitosti delovanja male rastlinske čistilne naprave. Diplomsko naloga. Maribor, Univerza v Mariboru, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo (samozaložba N. Zrilič): 42 str.

Žitnik, J., Žitnik, D., Berdajs, A. idr. 2009. Gradbeniški priročnik. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije, d.d.: 693 str.





## KAZALO PRILOG

### PRILOGA A: NAČRTI RASTLINSKE ČISTILNE NAPRAVE GRBOREZO 1200 PE.

A. 1:	Situacija RČN Grborezi	M 1:250
A. 2:	Vzdolžni prerez povezanega voda	M 1:100
A. 3:	Tloris RČN Grborezi 1200 PE	M 1:100
A. 4:	Vzdolžni prerez RČN Grborezi	M 1:100
A. 5:	Prečni prerez 1-1 RČN Grborezi	M 1:100
A. 6:	Prečni prerez 2-2 RČN Grborezi	M 1:100
A. 7:	Prečni prerez 3-3 RČN Grborezi	M 1:100
A. 8:	Prečni prerez 4-4 RČN Grborezi	M 1:100
A. 9:	Prečni prerez 5-5 RČN Grborezi	M 1:100
A. 10:	Usedalnik RČN Grborezi	M 1:50
A. 11:	Črpališče DN 2000	M 1:50