

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:

Pečečnik, D., 2014. Primerjava med kompaktnimi, grajenimi in rastlinskimi čistilnimi napravami. Diplomsko naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Panjan, J., somentor Krzyk, M.): 70 str.

Datum arhiviranja: 04-11-2014

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:

Pečečnik, D., 2014. Primerjava med kompaktnimi, grajenimi in rastlinskimi čistilnimi napravami. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Panjan, J., co-supervisor Krzyk, M.): 70 pp.

Archiving Date: 04-11-2014

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

Kandidat:

**DENIS PEČEČNIK**

**PRIMERJAVA MED KOMPAKTNIMI, GRAJENIMI IN  
RASTLINSKIMI ČISTILNIMI NAPRAVAMI**

Diplomska naloga št.: 248/VKI

**WETLANS, COMPACT AND BUILT WATER  
TREATMENT SYSTEMS**

Graduation thesis No.: 248/VKI

**Mentor:**

izr. prof. dr. Jože Panjan

**Predsednik komisije:**

izr. prof. dr. Dušan Žagar

**Somentor:**

asist. dr. Mario Krzyk

Ljubljana, 27. 10. 2014



## IZJAVE

Podpisani Denis Pečečnik izjavljam, da sem avtor diplomskega dela z naslovom »Kompaktne, grajene in rastlinske čistilne naprave«.

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

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, 30. 9. 2014

Denis Pečečnik

**BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK**

<b>UDK:</b>	<b>628.32(497.4)(043.2)</b>
<b>Avtor:</b>	<b>Denis Pečečnik</b>
<b>Mentor:</b>	<b>prof. dr. Jože Panjan</b>
<b>Somentor:</b>	<b>asist. dr. Mario Krzyk</b>
<b>Naslov:</b>	<b>Kompaktne, grajene in rastlinske čistilne naprave</b>
<b>Tip dokumenta:</b>	<b>diplomska naloga – univerzitetni študij</b>
<b>Obseg in oprema:</b>	<b>70 str., 15 pregl., 24 sl., 5 pril.</b>
<b>Ključne besede:</b>	<b>male čistilne naprave, rastlinske čistilne naprave, lagunske čistilne naprave, SBR, biofilter, nepretočne greznice</b>

**Izveček**

V diplomski nalogi obravnavamo male komunalne čistilne naprave (MČN) do 2000 PE, pri čemer se osredotočamo na medsebojno primerjavo različnih tipov in si prizadevamo izluščiti najboljše opcije, ki so na voljo slovenskemu uporabniku. Medtem ko različni tipi MČN delujejo po različnih principih, sta s stališča uporabe pomembna zlasti okoljski in ekonomski vidik. Kot najbolj učinkovite se pri tem izkažejo rastlinske in lagunske MČN, vendar je njihova uporaba omejena s prostorskega in kapacitetnega vidika. V kolikor te omejitve niso problematične, predstavljajo rastlinske in lagunske MČN rešitev, ki ne zahteva kompleksnih izvajalnih del, visokih investicijskih stroškov, električne energije za obratovanje in hkrati ne predstavlja posega v krajinsko okolje.

**BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT**

<b>UDC:</b>	<b>628.32(497.4)(043.2)</b>
<b>Author:</b>	<b>Denis Pečečnik</b>
<b>Supervisor:</b>	<b>assoc. prof. Jože Panjan, Ph. D.</b>
<b>Cosupervisor:</b>	<b>assist. Mario Krzyk, Ph.D</b>
<b>Title:</b>	<b>Wetlands, compact and built water treatment systems</b>
<b>Document type:</b>	<b>Graduation Thesis – University studies</b>
<b>Scope and tools:</b>	<b>70 p., 15 tab., 24 fig., 5 ann.</b>
<b>Keywords:</b>	<b>small wastewater treatment systems, constructed wetlands, lagoon wastewater treatment plant, SBR, biofilter, septic tanks</b>

**Abstract**

In the thesis we discuss small waste water treatment plants (WWTP) up to 2000 PE and we focus on the comparison of different types and strive to extract the best available options for Slovenian users. While different types of WWTP operate on different principles, the particularly important point of use are the environmental and economic aspects. In this regard, the most effective are shown to be plant and lagoon WWTP, but their use is limited by the spatial and capacity aspects. If these restrictions are not problematic, plant and lagoon WWTP are representing a solution, that doesn't require complex executable part, high investment costs and electricity for operation and at the same time does not constitute interference in the landscape environment.

## ZAHVALA

Za pomoč, čas in podporo pri nastajanju diplomskega dela se iskreno zahvaljujem mentorju izr. prof. dr. Jožetu Panjanu in somentorju asist. dr. Mariu Krzyku.

Še posebej se zahvaljujem tudi staršema, ki sta me v času študija in ob nastajanju diplomske naloge podpirala in mi ves čas stala ob strani.

**KAZALO VSEBINE**

Bibliografsko-dokumentacijska stran in izvleček	II
Bibliographic-documentalistic information and abstract	III
Izjave	IV
Zahvala	V
<b>1 UVOD .....</b>	<b>1</b>
1.1 Male čistilne naprave.....	2
1.2 Opredelitev osnovnih pojmov .....	3
1.3 Čiščenje odpadnih voda MČN do 2000 PE .....	4
<b>2 PRIMERJAVA TEHNOLOGIJ .....</b>	<b>8</b>
2.1 Kompaktne male čistilne naprave.....	9
2.1.1 Naprave s pritrjeno biomaso .....	10
2.1.2 Naprave z razpršeno biomaso .....	14
2.1.3 Zaporedni biološki reaktorji (SBR) .....	16
2.2 Greznice.....	18
2.2.1 Nepretočne greznice .....	19
2.2.2 Pretočne greznice.....	20
2.3 Rastlinske čistilne naprave .....	21
<b>3 PROSTORSKO, GEOLOŠKO IN VODNO OKOLJE .....</b>	<b>25</b>
3.1 Lokalne in lokacijske tehnične zahteve .....	27
3.2 Okolijski inženiring .....	29
<b>4 EKONOMSKI VIDIK.....</b>	<b>32</b>
4.1 Investicijski stroški.....	33
4.1.1 Investicijski stroški MČN z razpršeno biomaso (SBR) .....	33
4.1.2 Investicijski stroški MČN naprave s pritrjeno biomaso (biofilter) .....	34
4.1.3 Investicijski stroški rastlinske MČN.....	34
4.1.4. Investicijski stroški lagunske MČN .....	35
4.1.5 Investicijski stroški nepretočne greznice .....	35
4.2 Obratovalni stroški .....	36



4.2.1 Obratovalni stroški MČN z razpršeno biomaso (SBR) .....	37
4.2.2 Obratovalni stroški MČN s pritrjeno biomaso (biofilter) .....	37
4.2.3 Obratovalni stroški rastlinske MČN .....	38
4.2.4 Obratovalni stroški lagunske MČN .....	38
4.2.5 Obratovalni stroški nepretočne greznice .....	39
4.3 Primerjava stroškov .....	39
<b>5 RAZPRAVA .....</b>	<b>44</b>
<b>6 ZAKLJUČEK .....</b>	<b>46</b>
<b>VIRI .....</b>	<b>47</b>

**KAZALO PREGLEDNIC**

<b>Preglednica 1: Vrednosti parametrov PE (Panjan, 2004).....</b>	<b>4</b>
<b>Preglednica 2: Investicijski stroški MČN z razpršeno biomaso (SBR).....</b>	<b>34</b>
<b>Preglednica 3: Investicijski stroški MČN s pritrjeno biomaso (biofilter) (Molinos Senante, Garrido Baserba, Reif, Hernández Sancho in Poch, 2012).....</b>	<b>34</b>
<b>Preglednica 4: Investicijski stroški rastlinske MČN .....</b>	<b>34</b>
<b>Preglednica 5: Investicijski stroški lagunske MČN (Rodriguez Garcia, Molinos Senante, Hospido, Hernandez Sancho, Moreira in Feijoo, G., 2011) .....</b>	<b>35</b>
<b>Preglednica 6: Investicijski stroški nepretočne greznice MČN (OECD, 2014).....</b>	<b>36</b>
<b>Preglednica 7: Obratovalni stroški MČN z razpršeno biomaso (SBR) .....</b>	<b>37</b>
<b>Preglednica 8: Obratovalni stroški MČN s pritrjeno biomaso (biofilter) .....</b>	<b>38</b>
<b>Preglednica 9: Obratovalni stroški rastlinske MČN .....</b>	<b>38</b>
<b>Preglednica 10: Obratovalni stroški lagunske MČN.....</b>	<b>39</b>
<b>Preglednica 11: Obratovalni stroški nepretočne greznice (OECD, 2014) .....</b>	<b>39</b>
<b>Preglednica 12: : Primerjava investicijskih stroškov (v €/PE) .....</b>	<b>40</b>
<b>Preglednica 13: Primerjava obratovalnih stroškov (v €/PE).....</b>	<b>41</b>
<b>Preglednica 14: Primerjava skupnih stroškov (v €/PE za obdobje 20 let) .....</b>	<b>42</b>
<b>Preglednica 15: Primerjava skupnih stroškov v 20 letih .....</b>	<b>43</b>

**KAZALO SLIK**

<b>Slika 1: Male čistilne naprave .....</b>	<b>9</b>
<b>Slika 2: Kompaktne čistilne naprave.....</b>	<b>10</b>
<b>Slika 3: Precejalnik (Ravnak, 2014) .....</b>	<b>11</b>
<b>Slika 4: Mala čistilna naprava s precejalnikom (Hellstrm in Jonsson, 2004) .....</b>	<b>12</b>
<b>Slika 5: Potopnik (Žiberna, 2014).....</b>	<b>13</b>
<b>Slika 6: Potopnik (Kapus, 2014).....</b>	<b>13</b>
<b>Slika 7: Biofilter (Jerman, 2014).....</b>	<b>14</b>
<b>Slika 8: Naprava z razpršeno biomaso (Separat, 2014) .....</b>	<b>14</b>
<b>Slika 9: Čistilna naprava z aktivnim biološkim blatom (Kompore, Atanasova, Uršič, Drev in Vahtar, 2007) .....</b>	<b>15</b>
<b>Slika 10: Kontinuiran sistem čistilne naprave z aktivnim blatom (Kompore, Atanasova, Uršič, Drev in Vahtar, 2007) .....</b>	<b>16</b>
<b>Slika 11: SBR (Roto, 2014) .....</b>	<b>17</b>
<b>Slika 12: Cikel SBR (DWC, 2014).....</b>	<b>17</b>
<b>Slika 13: Greznica (PSS, 2014).....</b>	<b>18</b>
<b>Slika 14: Dvoprekatna greznica (SIST DIN 4261-1, 1996) .....</b>	<b>19</b>
<b>Slika 15: Rastlinska čistilna naprava (Limos, 2014) .....</b>	<b>21</b>
<b>Slika 16: Rastlinska čistilna naprava (Prezelj, 2009).....</b>	<b>23</b>
<b>Slika 17: Laguna (Regeneracija, 2014).....</b>	<b>24</b>
<b>Slika 18: Občutljiva območja (MOP, 2014).....</b>	<b>26</b>
<b>Slika 19: Kemijsko stanje vodnih teles.....</b>	<b>28</b>
<b>Slika 20: Možnosti obdelave blata iz MČN .....</b>	<b>30</b>
<b>Slika 21: Odstranjevanje nitratov s pomočjo okoljskih in ekoloških tehnologij .....</b>	<b>30</b>
<b>Slika 22: Primerjava investicijskih stroškov.....</b>	<b>40</b>
<b>Slika 23: Primerjava obratovalnih stroškov .....</b>	<b>41</b>
<b>Slika 24: Primerjava stroškov za obdobje 20 let .....</b>	<b>42</b>

**SEZNAM PRILOG**

<b>Priloga A: DOPIS PONUDNIKOM.....</b>	<b>A</b>
<b>Priloga B: SEZNAM KONTAKTIRANIH PONUDNIKOV.....</b>	<b>B</b>
<b>Priloga C: INVESTICIJSKI STROŠKI SBR, 500 PE .....</b>	<b>C</b>
<b>Priloga D: KONFIGURACIJA STROŠKOV ZA SBR 500 PE.....</b>	<b>D</b>
<b>Priloga E: KONFIGURACIJA STROŠKOV ZA SBR 1000 PE.....</b>	<b>E</b>
<b>Priloga F: KONFIGURACIJA STROŠKOV ZA SBR 2000 PE .....</b>	<b>F</b>

## 1 UVOD

Leta 2007 je Vlada Republike Slovenije na podlagi tretjega odstavka 17. člena Zakona o varstvu okolja (Uradni list RS, št. 39/06 ) izdala Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz malih komunalnih čistilnih naprav (Uradni list RS, št. 98/2007). Skladno z uredbo je komunalno odpadno vodo prepovedano odvajati v greznico ali jo v njej obdelovati, zato morajo lastniki hiš na območjih brez kanalizacije najkasneje do leta 2017 zgraditi male komunalne čistilne naprave. V diplomski nalogi *Kompaktne, grajene in rastlinske čistilne naprave* primerjamo male čistilne naprave do 2000 PE.

Pri primerjavi malih čistilnih naprav se sprva osredotočamo na predstavitev osnovnih pojmov, pomembnih za razumevanje področja malih komunalnih čistilnih naprav, kot so male komunalne čistilne naprave (MČN), populacijski ekvivalent (PE) in vrednosti njegovih parametrov, komunalna odpadna voda, celinska voda, površinska voda, vodovarstveno območje ipd. V drugem poglavju predstavljamo in med seboj primerjamo tehnologije čiščenja odpadnih vod z MČN ter glede na načine čiščenja predstavljamo klasifikacijo MČN. Pri predstavitvi tipov MČN izpostavljamo kompaktne naprave (med katere razvrščamo naprave s pritrjeno biomaso, naprave z razpršeno biomaso in zaporedne biološke reaktorje – SBR), greznice (nepretočne in pretočne) ter rastlinske čistilne naprave. Različne tipe v nadaljevanju obravnavamo glede na geološko, prostorsko in vodno okolje, pri čemer se osredotočamo na občutljiva območja v Sloveniji in lokalne ter lokacijske tehnične zahteve v okviru okoljskega inženiringa. V zadnjem delu naloge se posvečamo še na ekonomski vidik in različne tipe MČN (SBR kot primer čistilne naprave z razpršeno biomaso, čistilne naprave s pritrjeno biomaso, rastlinske čistilne naprave, lagune in rastlinske čistilne naprave) primerjamo s stališča investicijskih in vzdrževalnih stroškov.

Ekonomski vidik različnih čistilnih naprav smo sprva načrtovali predstaviti na podlagi analize realnih ponudb različnih slovenskih ponudnikov, ki opravljajo izgradnjo, implementacijo in vzdrževanje malih čistilnih naprav. Pri zbiranju ponudb smo se tako z dopisom (glej prilogo 1) obrnili na 23 ponudnikov (glej prilogo 2) oziroma za vsak tip čistilne naprave poskušali pridobiti 5 od 6 ponudb, skupaj za različne dimenzije torej 87 ponudb. Žal od 86 odstotkov ponudnikov nismo prejeli odziva, med tremi respondenti pa prvi ponudnik ponuja zgolj naprave do 32 PE, drugi ponudnik pa je podal pavšalno oceno. Tretji ponudnik je predložil konfiguracije stroškov za izgradnjo in vzdrževanje naprave tipa SBR (glej priloge 3, 4, 5, 6), ki jih uporabljamo za izračune investicijskih in vzdrževalnih stroškov za SBR. Zaradi manjka interesa za sodelovanje s strani preostalih ponudnikov smo se tako pri predstavitvi ekonomskega vidika različnih tipov MČN oprli na podatke sekundarnih virov in na cenike, ki jih na spletnih straneh objavljajo tuja podjetja.

## 1.1 Male čistilne naprave

Čistilna naprava je naprava za obdelavo odpadne vode, torej za zmanjševanje ali odpravljanje njene onesnaženosti. Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz malih komunalnih čistilnih naprav (Uradni list RS, št. 98/2007, 2. člen) **malo komunalno čistilno napravo** opredeljuje kot »napravo za čiščenje komunalne odpadne vode z **zmogljivostjo čiščenja, manjšo od 2000 populacijskih ekvivalentov**<sup>1</sup>, v kateri se komunalna odpadna voda zaradi njenega čiščenja obdeluje z biološko razgradnjo na naslednje načine:

- s prezračevanjem v naravnih ali prezračevanih lagunah v skladu s standardom SIST EN 12255-5,
- v bioloških reaktorjih s postopkom z aktivnim blatom v skladu s standardom SIST EN 12255-6,
- v bioloških reaktorjih s pritrjeno biomaso v skladu s standardom SIST EN 12255-7,
- z naravnim prezračevanjem s pomočjo rastlin v rastlinski čistilni napravi z vertikalnim tokom.

Kot malo komunalno čistilno napravo z zmogljivostjo čiščenja do 50 PE uredba dovoljuje tudi naprava za čiščenje komunalne odpadne vode, ki je izdelana v skladu s standardi od SIST EN 12566-1 do SIST EN 12566-5 in iz katere se v skladu s temi standardi odvaja očiščena odpadna voda neposredno v površinsko vodo preko filtrirne naprave za predčiščeno komunalno odpadno vodo ali posredno v podzemno vodo preko sistema za infiltracijo v tla (Uradni list RS, št. 98/2007, 2. člen).

Komunalna odpadna voda se po čiščenju v mali komunalni čistilni napravi odvaja ali posredno v podzemno vodo ali neposredno v celinsko površinsko vodo ali neposredno v morje ali rečno ustje izven območja kopalnih voda in vplivnega območja. V podzemno vodo se odpadna voda iz male čistilne naprave ne odvaja:

- na najožjih vodovarstvenih območjih po predpisih, ki urejajo vode,
- na ožjih ali širših vodovarstvenih območjih, če odvajanje komunalne odpadne vode prepoveduje predpis, ki ureja na teh območjih vodovarstveni režim,
- manj kot 600 m od obale naravnega (razen presihajočega) jezera,
- manj kot 600 m od obale jezera, ki je umetno vodno telo ali
- manj kot 600 m od obale oziroma brega kopalne vode ali vode na vplivnem območju kopalnih voda.

---

<sup>1</sup> Populacijski ekvivalent (PE) je enota za obremenjevanje vode, določena s predpisom, ki ureja emisijo snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod v vode in javno kanalizacijo, in je podrobneje opredeljen v poglavju 1.2 Opredelitev osnovnih pojmov.

Neposredno v celinsko površinsko vodo se odpadna voda iz male čistilne naprave ne odvaja:

- če je voda namenjena pripravi pitne vode,
- če gre za kopalno vodo ali vodo na vplivnem območju kopalnih voda,
- če gre za vodo naravnega (razen presihajočega) jezera,
- če gre za vodo jezera, ki je umetno vodno telo,
- če gre za vodo vodnega objekta za zadrževanje voda ali
- če gre za površinsko vodo na vodovarstvenem območju in odvajanje komunalne odpadne vode prepoveduje predpis, ki ureja na tem območju vodovarstveni režim.

Upravljalci morajo zagotavljati izvajanje obratovalnega monitoringa za komunalno ali skupno čistilno napravo. Za male komunalne čistilne naprave z zmogljivostjo manjšo od 2.000 PE mora izvajanje obratovalnega monitoringa kot storitev javne službe zagotavljati izvajalec lokalne javne službe odvajanja in čiščenja komunalne in padavinske odpadne vode za vsako malo komunalno čistilno napravo na območju občine, kjer izvaja javno službo, ne glede na to, ali malo komunalno čistilno napravo upravlja sam v okviru izvajanja storitev javne službe ali jo upravlja druga oseba (ARSO, 2014).

## 1.2 Opredelitev osnovnih pojmov

Pri primerjanju čistilnih naprav komunalne odpadne vode se srečujemo z različnimi pojmi in pojavi, ki jih v diplomskem delu razumemo skladno z veljavnimi teoretičnimi opredelitvami.

**Komunalno odpadno vodo** tako razumemo kot vodo, ki nastaja v bivalnem okolju gospodinjstev, in sicer z uporabo vode v sanitarnih prostorih, pri kuhanju, pranju ter ostalih gospodinjskih opravilih. Komunalna odpadna voda nastaja tudi v objektih javne rabe in v proizvodnih oziroma storitvenih dejavnostih, če gre pri tem za gospodinjstvu podobno rabo. Kot komunalno odpadno vodo razumemo tudi tehnološko odpadno vodo, katere povprečni dnevni pretok ne presega  $15 \text{ m}^3$  dnevno ali  $5000 \text{ m}^3$  letno, hkrati pa obremenjevanje vode ne presega 50 PE. (SIST DIN 4261-1, 1996).

**PE (populacijski ekvivalent)** pri tem označuje ekvivalent količine onesnaženja, ki ga ena odrasla oseba povprečno povzroči v enem dnevu. Pri industrijskem in kmetijskem onesnaževanju tako vrednosti posameznih parametrov preračunamo v vrednosti, ki jih povzroča en prebivalec, pri čemer računata samo **kemijska potreba po kisiku (KPK)** in **biokemijska potreba po kisiku (BKP)**. KPK predstavlja merilo za organsko onesnaženje v površinskih in odpadnih vodah, za določitev vrednosti pa so v uporabi različni oksidanti, denimo kalijev permanganat ( $\text{KMnO}_4$ ), kalijev bikromat ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ), kalijev jodat ali cerijev sulfat. Kalijev permanganat je v rabi zlasti pri določevanju KPK različnih vrst

čistih voda, kot so denimo pitni ali manj onesnaženi odvodniki. Za določanje onesnaženosti bolj onesnaženih odvodnikov, torej zlasti odpadnih voda, kalijev permanganat ni primeren, saj ne oksidira vseh organskih snovi. Za določanje onesnaženosti odpadnih voda je tako v rabi skoraj izključno kalijev bikromat, ki je zaradi velike oksidacijske sposobnosti in enostavnega postopka določitve prebitka dikromata uporaben za izjemno širok spekter vzorcev. Poleg KPK je za merjenje onesnaženosti voda v uporabo tudi BPK, ki predstavlja množino kisika, potrebnega za oksidacijo razgradljivih organskih snovi s pomočjo mikroorganizmov v vzorcu (Panjan, 2004).

Tipično onesnaženje ene odrasle osebe v enem dnevu znaša 120 gramov kisika za KPK in 60 gramov kisika za BPK. Poleg KPK in BPK povprečno onesnaženje ene odrasle osebe v enem dnevu zajema tudi še nekatere druge parametre, kot so suspendirane (izločljive) snovi (SS), organski dušik z amonijakom in amonijev dušik, organski dušik ter fosfor. Vrednosti parametrov so predstavljene v preglednici 1:

Preglednica 1: Vrednosti parametrov PE (Panjan, 2004)

Parameter	Vrednosti PE
Kemijska potreba po kisiku (KPK)	120 g/dan
Biokemijska potreba po kisiku, izražena v 5 dneh (KPK <sub>5</sub> )	60 g/dan
Suspendirane snovi (SS)	70 g/dan
Organski dušik z amonijakom (TKN)	11 g/dan
- od tega amonijev dušik (NH <sub>4</sub> – N)	75 %
Organski dušik N <sub>org</sub>	25 %
Celotni fosfor (vključno z detergenti)	1,8 g/dan

### 1.3 Čiščenje odpadnih voda MČN do 2000 PE

Naravni pogoji na področju Slovenije, kot sta relief in specifični poselitveni vzorci z velikim številom naselij z manj kot 2.000 prebivalcev, močno vplivajo na obseg in strukturo komunalne infrastrukture in na organizacijo komunalne dejavnosti. Potrebno je tako relativno veliko število kanalizacijskih sistemov, od katerih jih le malo vključuje tudi čistilne naprave, in leta 1994 je bilo v Sloveniji 522 čistilnih naprav za vodo in kanalizacijo, od tega 422 industrijskih in 100 komunalnih. Kanalizacijo na območju celotne države upravlja več kot 50 upravljavcev, med katerimi so različna podjetja, obrati in lokalne skupnosti. Kanalizacijski sistemi so relativno majhni in eno samo podjetje pogosto upravlja več kot en sistem za zbiranje in odvod odpadnih voda. Skupna dolžina kanalizacijskega omrežja v Sloveniji znaša skoraj 4.000 kilometrov, od tega primarno zajema 736 kilometrov, sekundarno pa 3.237 kilometrov z 12.336 priključki. Vključenost prebivalcev na javno kanalizacijsko omrežje pa je



zaradi velike razpršenosti naselij v Sloveniji skromno, in sicer znaša le 53 odstotkov (Gobec in Kranjc, 2004).

Posamezne dislocirane manjše označevalce, katerih iz takšnih ali drugačnih razlogov ni mogoče priključiti na kanalizacijski sistem, je tako treba reševati z individualnimi čistilnimi napravami. V primerih najmanjših onesnaževalih enot se lahko predvidi reševanje z greznicami oziroma septičnimi jamami, ki morajo biti v vsakem primeru vodotesne, sicer pa se dopuščata še dve možni rešitvi z aplikacijo greznic. Ena možnost je izdelava objekta brez pretoka, ki je grajen z namenom zadrževanja odpadnih vod in rednih odvozov na za to predvideno komunalno čistilno napravo, druga možnost pa je izdelava objekta, ki je za potrebe kapacitet koncipiran tako, da je poleg mehanske zagotovljena tudi biološka stopnja čiščenja, odpadne vode pa se po prehodu biološke stopnje iztekajo v podzemni drenažni sistem (Trauner, 1993). V naravni vodni krogotok se pri tem smejo vključiti le snovi, ki jih naravni ekološki sistem prenese in neškodljivo razgradi. Količine v naravni krogotok vrnjenih snovi se morajo s pomočjo čistilnih naprav zmanjšati na tako stopnjo, da jih naravni ekološki sistem prenese ter neškodljivo razgradi, v čistilnih napravah izločene snovi pa se morajo neškodljivo uporabiti ali odstraniti (Simončič, 2010).

Zlasti v zadnjih desetletjih so zazidalne površine ter promet močno porasli in zaradi vedno večjih obremenitev okolja je danes ustrezno čiščenje odpadnih vod pred izpustom v vodotoke vse bolj pomembno, hkrati pa stroški čiščenja v čistilnih napravah zahtevajo tudi ustrezno ekonomsko ravnanje z odpadnimi vodami. Zaščita okolja tako zahteva vse boljše delujoče kanalizacijsko omrežje ter čistilne naprave, porast urejenih površin pa se odraža tudi na znatno višjih ter sunkovitejših odtokih s teh vedno večjih površin, ki vse večkrat prekoračijo odtočno zmožnost vodotokov ter tako povzročajo pogoste visoke vode ter poplave. Na vse večjo pogostost in količino visokih vod še dodatno vplivajo tudi krčenje gozdnih površin, tanjšanje humusne plasti zaradi gnojenja z umetnimi gnojili, melioracija površin, urejanje vodotokov. Ker s temi posegi drastično zmanjšujemo zadrževalno sposobnost tal, obstajajo težnje zmanjšati vodotoke, jih zadržati, ponikati, k čemur nas silijo tudi vse višje komunalne takse ter davki za izpust v vodo ter obratovalni stroški čiščenja na čistilnih napravah (Drev, 2012).

V preteklosti so bile kot primerne obravnavane mehansko-biološke čistilne naprave, vendar pa realnost kaže, da samo take biološke čistilne naprave ne dosežajo ustrezne zaščite in stalnega izboljšanja stanja vodotokov, temveč so potrebni še dodatni zaščitni ukrepi. Poleg mehansko-biološke stopnje čiščenja se tako danes zahteva tudi nadaljnje čiščenje na III. stopnji, spremenil pa se je tudi način obremenitve čistilne naprave. Poleg odpadne vode iz gospodinjstev, industrije ter obrti na čistilno napravo odvajamo in biološko očistimo tudi onesnažene padavinske vode. Zgolj neonesnažene ali malenkostno onesnažene dele padavinskih odtokov ter tujih vod čim prej vračamo direktno v

naravni krogotok. Osnovno načelo je namreč sicer preprečitev oziroma omejitev onesnaževanja, poleg tega pa je vedno pomembnejše tudi zadrževanje ter preprečevanje oziroma dušenje padavinskih hidravličnih sunkov v vodotokih, saj to povzroča odplaknitev mikroorganizmov v strugah vodotokov. Poleg samega čiščenja je tako naloga ter cilj kanalizacijskih naprav in čistilnih naprav tudi preprečevanje dušenja padavinskih hidravličnih sunkov v vodotokih (Drev, 2012).

V večjih mestih po Sloveniji so večinoma v uporabi funkcionalne velike čistilne naprave, ki so bile v preteklosti že dograjene, nekaj jih je še potrebno dograditi in nekaj sanacije, nedvoumno pa se bomo v prihodnosti usmerili zlasti v investiranje v male komunalne čistilne naprave manjših naselij pod 2000 PE. V Sloveniji so male čistilne naprave pomembne zato, ker živi prebivalstvo v skoraj šest tisoč naseljih z manj kot dva tisoč prebivalci in le 92 slovenskih mest ima nad 2000 prebivalcev (Simončič, 2010). Vse večja je tudi ponudba tipskih montažnih čistilnih naprav, ki pa v večini primerov ponujajo kapacitete do 500 PE. Male čistilne naprave, h katerim prištevamo čistilne naprave do 2000 PE, se tako gradijo za majhna naselja z razpršeno individualno gradnjo, pri gorskih in nenačrtno zgrajenih naseljih pa tudi v sosekah, kjer ni bil zgrajen javni kanalizacijski sistem. Ponekod drugod v svetu, na primer v Nemčiji, zaradi drugačne poselitvene in geografske specifikke, med male čistilne naprave uvrščamo zgolj MČN le do 500 PE. Tehnološke rešitve za male čistilne naprave se zelo razlikujejo, saj se uporabljajo tako anaerobni kot aerobni postopki ter tako imenovane alternativne tehnologije čiščenja, ki so v rabi pri rastlinskih in lagunskih čistilnih napravah. Mali sistemi čiščenja odpadnih voda se od večjih razlikujejo zlasti po tem, da zelo nihajo dotoki, da je odpadna voda bolj obremenjena, ker je praviloma zgrajen ločen kanalizacijski sistem. Veliko sistemov je obremenjenih le sezonsko, stroški investicij in delovanja ter vzdrževanja manjših čistilnih naprav z manjšo kapaciteto PE pa so tudi veliko večji kot pri velikih sistemih (Vrbančič, 2012).

Najpogosteje so med MČN do 2000 PE v uporabi čistilne naprave z anaerobnimi postopki s pretočnimi ali z nepretočnimi greznicami in emšerke, ki so lahko tudi v montažni izvedbi. Male čistilne naprave z aerobnimi postopki so lahko na mestu zgrajene mehansko-biološke čistilne naprave ali industrijsko izdelane kot kompaktne čistilne naprave. Delujejo lahko s pritirjeno biomaso, kot denimo precejalniki, biodiski, biofiltri ali pa z lebdečo biomaso, med katere sodijo postopki s poživiljenim blatom. Eden najstarejših načinov čiščenja je tudi čiščenje onesnažene vode v tleh, ki ga kot postopek čiščenja uporabljajo najpreprostejše naravne naprave. Med take alternativne postopke sodijo uporaba delno očiščene ali neočiščene vode za namakanje, neposredno ponikanje, ponikovalna polja in talni filtri ter rastlinske in lagunske čistilne naprave. Osnovni procesi, ki potekajo v tleh so: precejanje, usedanje, adsorpcija in poraba hranil za rast rastlin. Ti naravni alternativni postopki čiščenja pa so učinkoviti in za okolje neškodljivi le v zelo omejenih in majhnih količinah vode, ki ne sme vsebovati nevarnih ali strupenih snovi oziroma jih lahko vsebuje le v omejenih količinah glede na posamezne vrste tal in rastlin. Še posebno pozornost je treba pri tem posvetiti tem postopkom na

kraških tleh, kjer lahko hitro onesnažimo kraške podzemne vodonosnike. Vsekakor so ti postopki primerni le za posamezne objekte oziroma gospodinjstva ali naselja z do nekaj deset PE do največ nekaj sto PE z urejenimi rastlinskimi čistilnimi napravami s predhodnim mehanskim čiščenjem in močvirskimi lagunami. Pri tem lahko upoštevamo, da je odpadna voda koristno gnojilo (Simončič, 2010).

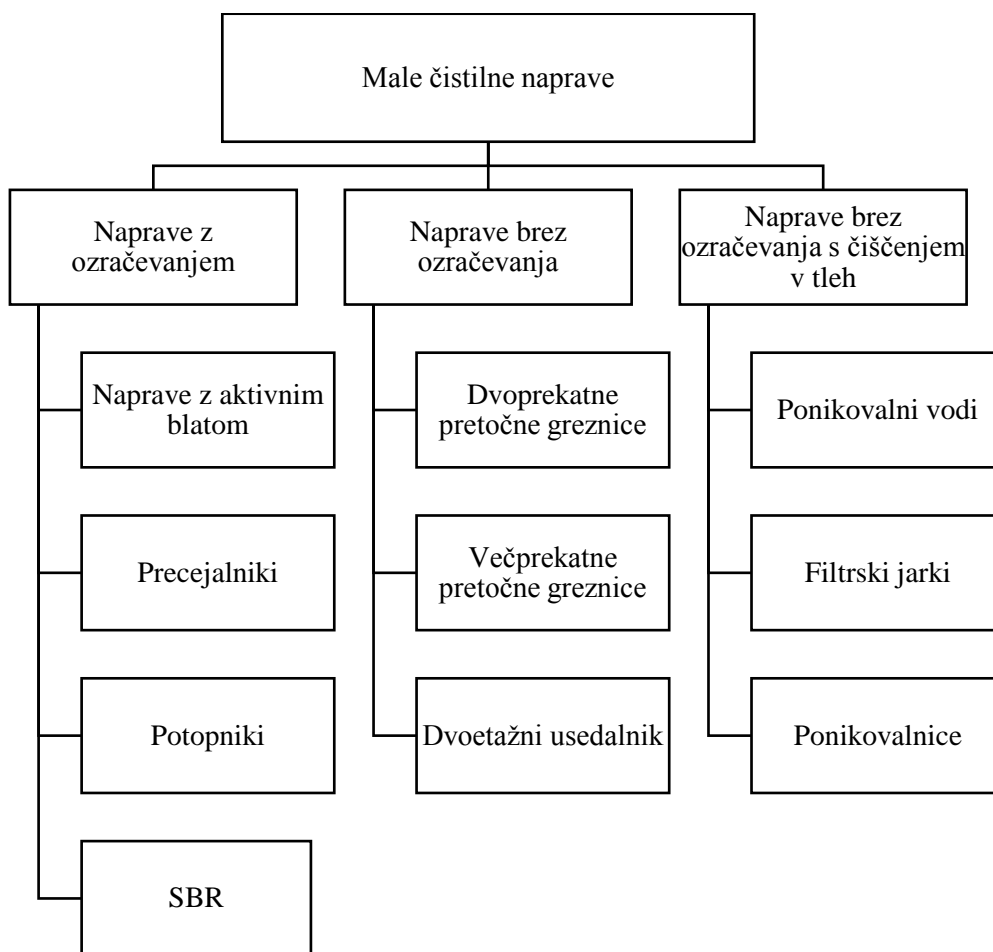
## 2 PRIMERJAVA TEHNOLOGIJ

Za čiščenje odpadnih vod je na razpolago več tehnoloških postopkov, ne glede na način čiščenja pa ima vsaka čistilna naprava dva produkta, in sicer očiščene odpadne vode in blato. Ločimo tri stopnje čiščenja, običajno pa se izvajata samo prvi dve, in sicer (Velis, Longhurst, Drew, Smith in Pollard, 2009):

- primarno čiščenje ali mehansko čiščenje z usedanjem, kjer z mehanskimi postopki odstranimo večje neraztopljene delce onesnaženja,
- sekundarno čiščenje ali biološko čiščenje, kjer mikroorganizmi odstranijo biološko razgradljive snovi, ki bi sicer v okolju povzročalo pomanjkanje kisika ter
- terciarno čiščenje, ki je namenjeno odstranjevanju dušikovih in fosforjevih spojin iz komunalne odpadne vode, služi pa preprečevanju evtrofikacije, tj. prekomerne zarasti vodotokov.

Postopek čiščenja je lahko povsem biološki, povsem kemijski ali pa kombiniran. Biološko čiščenja odpadne vode zajema različne procese, s katerimi se iz vode odstranjujejo neželene snovi, kot so organsko onesnaženje, dušik in fosfor. Procese vršijo različni mikroorganizmi, ki jim onesnaženje služi kot hrana, tako da gre pri biološkem čiščenju pravzaprav za pretvorbo onesnaženja v mikrobiološko maso. Postopek biološkega čiščenja je pogojen z dobrimi pogoji za rast mikroorganizmov, ki jim z drugimi besedami pravimo tudi biološko blato (Spellman, 2013).

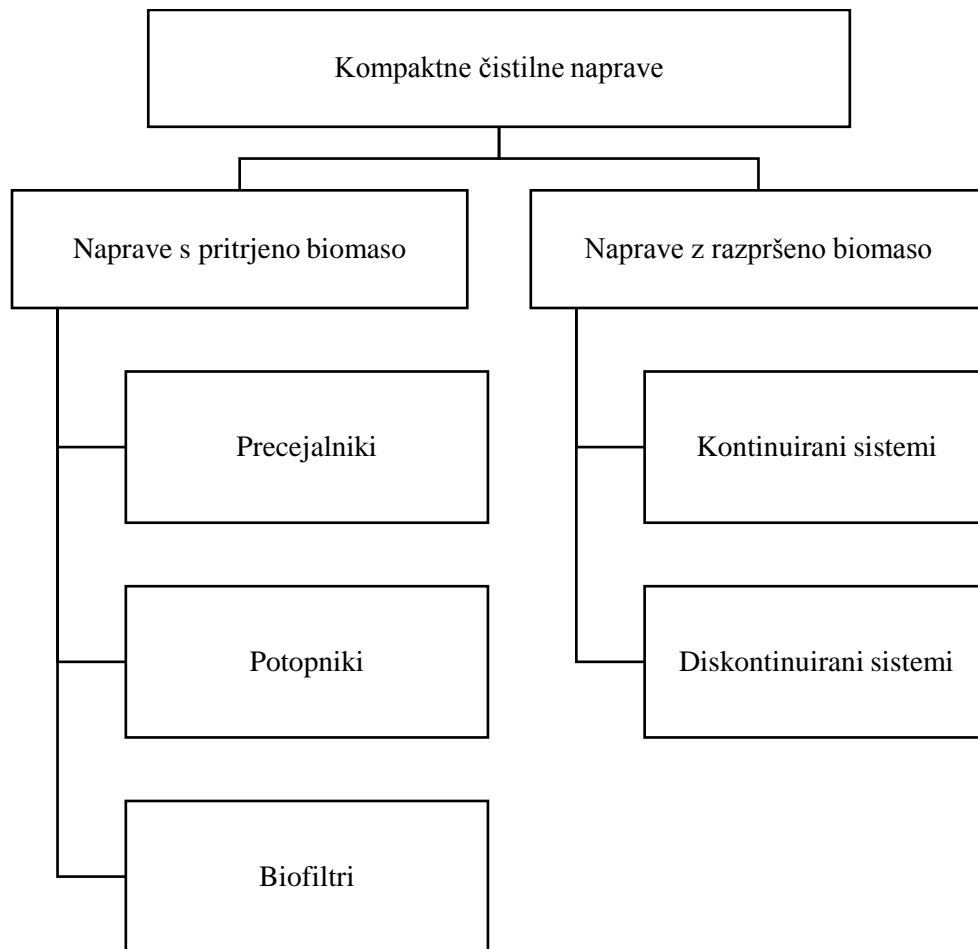
Glede na način izvedbe biokemičnega razkroja delimo čistilne naprave na **naprave brez ozračevanja** in **naprave z ozračevanjem**. Male čistilne naprave brez ozračevanja so običajno preprostejše naprave za obdelavo hišnih odpadnih vod, z omejenim dotokom in brez posebnih mehanizmov za dovajanje zraka v vodo. Naprave z ozračevanjem v rangu tipskih čistilnih naprav pa običajno predstavljajo sisteme **primarnega usedalnika**, kjer se iz odpadne vode odstrani pretežni del usedljivih trdih delcev, **reaktorja**, v katerem se vrši aerobna razgradnja (aeracijski bazen ali precejalnik), in **sekundarnega usedalnika**, v katerem je odstranjeno v aerobnem procesu nastalo odvečno biološko blato. Včasih je pred reaktorjem nameščen tudi primarni usedalnik (Spellman, 2013).



Slika 1: Male čistilne naprave

## 2.1 Kompaktne male čistilne naprave

Kompaktne čistilne naprave delimo na čistilne naprave s pritrjeno biomaso, čistilne naprave z razpršeno biomaso in rastlinske čistilne naprave. Med biološke čistilne naprave s pritrjeno biomaso uvrščamo precejalnike, potopnike in biofiltre, med naprave z razpršeno biomaso pa kontinuirane in diskontinuirane sisteme (Peternej, 2014).



Slika 2: Kompaktne čistilne naprave

Pri **napravah s pritrjeno biomaso aktivno blato**, ki predstavlja mešanico odpadne vode in mikroorganizmov, ni razpršeno v vodi, temveč je pritrjeno oziroma priraščeno na nosilcih. Med **naprave z razpršeno biomaso** sodijo kontinuirani sistemi, v katerih se voda neprekinjeno pretaka skozi različne faze oziroma posode v sistemu, in diskontinuirani sistemi, v katerih vse faze čiščenja potekajo v isti posodi (Kiser, Westerhoff, Benn, Wang, Perez-Rivera in Hristovski, 2009).

### 2.1.1 Naprave s pritrjeno biomaso

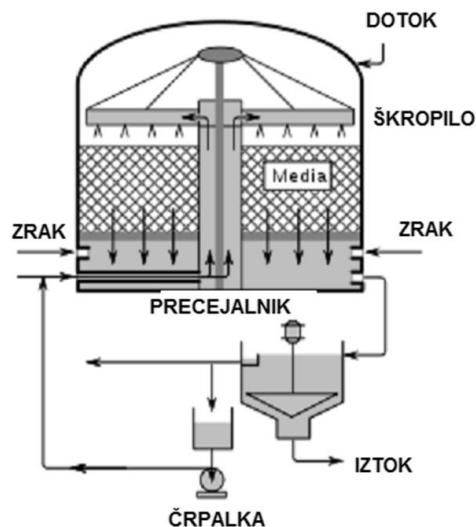
**Precejalniki** predstavljajo najstarejši postopek čiščenja odpadne vode in so prisotni zlasti v pretočnih greznicah ali pa v greznicah z delnim biološkim čiščenjem. Zaradi cenovne dostopnosti in visokih učinkov čiščenja so primerni zlasti za manjša naselja do 1.000 PE. Polnilno maso v precejalnikih predstavljajo gramoz ali plastični nosilci, ki služijo kot naselitvena površina za bakterijsko kulturo, podobna kot prodniki in sedimenti na dnu rek. Proces biološkega samočiščenja v tekočih vodah je najbolj intenziven na dnu, podobno pa tako tudi v precejalnikih na prerastu oziroma pritrjeni biomasii ali biofilmu. Razlika med pritrjeno biomaso v naravi, kot so kamni v potoku in rekah, ter biomaso na precejalnikih je v tem, da na čistilni napravi ni primarnih reducentov, kot so zelene rastline, v naravnih

okoljih pa so ti seveda prisotni. Precejalniki tako predstavljajo izboljšane talne filtre, pri čemer je drobno zrnat material v talnih filtrih pri precejalnikih zamenjan s 100- do 200-krat večjim zrnjem. Precejalniki so torej od talnih filtrov boljši v tem, da zagotavljajo učinkovitejše in stalno prezračevanje v celotni globini precejalnika, oskrba s kisikom iz zraka pa poteka z naravnim prezračevanjem s površine. Biomasa se v precejalniku glede na svoj življenjski cikel obnavlja, po odlučanju pa sedimentira v sekundarnem usedalniku naprave (Kompere, 2007).



Slika 3: Precejalnik (Ravnak, 2014)

Delovanje precejalnikov temelji na zadrževanju mikroorganizmov, ki se pritrjujejo na nosilni material, ter periodičnem dovajanjem odpadne vode z metodo oroševanja. Na ta način večina vode med dvema oroševanjema odteče in omogoča dostop zraka, ki nahrani biofilm na polnilu. S precejalnikom se tako reciklira obdelana voda in se zagotovi večji zadrževalni čas. Pomembno vlogo pri tem igra biološko blato, ki je v največji meri sestavljeno iz bakterij, nalepljenih na površino polnilnega materiala in med seboj. Bakterije organsko snov delno oksidirajo, delno pa jo porabijo kot gradivo za lastno razmnoževanje. Poleg aerobnih, anaerobnih in fakultativno anaerobnih bakterij biološko blato vsebuje tudi glive, alge in praživali, najti pa je mogoče tudi druge organizme, kot so črvi, insekti, ličinke in polži, tipični prebivalec precejalnikov je tudi ličinka mušice. Vsi ti organizmi rahljajo biološko rušo in omogočajo boljše izpiranje (Horvat, 2000). Biološko blato se začne sčasoma luščiti in tako se na nosilcih ustvarijo pogoji za rast nove biološke mase. Odpadno blato se nabira v sekundarnem usedalniku, delno pa se lahko črpa v primarni del čistilne naprave, da se omogoči cepljenje blata. Ob ustrezni koncentraciji se blato tudi redno ali občasno odstranjuje (Drev in Vehtar, 2007).



Slika 4: Mala čistilna naprava s precejalnikom (Hellstrm in Jonsson, 2004)

Med prednosti precejalnikov s stališča uporabnika v prvi vrsti sodita majhna poraba energije in relativno majhne prostorske potrebe. Precejalnike je tudi možno uporabljati praktično na vsakem zemljišču (Horvat, 2000). Naprave so odporne na visoke obremenitve, hkrati pa sta zanje značilna nizek odstotek biološkega blata ter dobre sposobnosti njegovega usedanja. Precejalniki zagotavljajo tudi visoko stopnjo čiščenja (Hellstrm in Jonsson, 2004). Med slabostmi precejalnikov velja izpostaviti precejšnje stroške vzdrževanja ob potrebi stalnega in pogostega nadzora (Muga in Mihelcic, 2008). Namreč obstaja relativno visoka možnost, da pride do zamašitve polnilnega materiala in s tem do prekinitve dovoda zraka ter zastajanja odpadne vode na površini precejalnika. Če pride do takega izpada in popravi opreme, potrebuje nato mikrobna populacija kar nekaj dni za svojo obnovitev (Hellstrm in Jonsson, 2004).

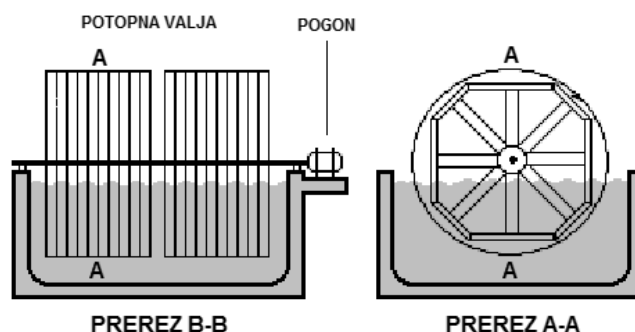
**Potopniki** ali **biodiski** so sestavljeni iz nepomične podlage, ki se izmenično potaplja v vodo ter je izmenično izpostavljena zraku. Glavne dele naprave predstavljajo ohišje, ki je obenem tudi rezervoar, polkrožni žleb, pogonski sistem z rotorjem ter pokrov naprave. Na napravo je pritrjena biomasa (mikroorganizmi), prezračevanje pa zagotavlja zelo počasno vrtenje sistemov plošč. Na ploščah se zaraste biomasa, ki onesnaženje iz odpadne vode (ogljikove in dušikove organske spojine) porablja za svojo rast. Biomasa sprejema kisik, ko je del plošče nad gladino in se hrani, ko je pod gladino. Valjasto telo (boben) potopnika z veliko razvito površino se do polovice potopi v odpadno vodo in z rotiranjem se tako biološki ruši izmenoma dovajajo zrak, voda in hranilo. Ko je debelina obrasti prevelika, biomasa po delčkih odpade in tone na dno, kjer gnije in čaka na odvoz. Na prosto površino na plošči pa se naseli nova biomasa (Peternelj, 2014).





Slika 5: Potopnik (Žiberna, 2014)

Za 1 m<sup>3</sup> normalno obremenjene vode je potrebnih približno 10 m<sup>3</sup> zraka ter 0,3 m<sup>3</sup> biološke mase potopnika, zato je ključnega pomena dimenzioniranje bobna, pri čemer je dobra stran potopnikov, da je bobne mogoče po potrebi modularno dograjevati (Kapus, 2014). Dobre lastnosti potopnikov so tudi majhna poraba energije, enostavna tehnologija, zanesljivo delovanje, minimalne potrebe po vzdrževanju, dobri učinki čiščenja, majhna količina blata, in majhna poraba električne energije. Naprava je odporna tudi na nihanje hidravlične in biološke obremenitve (Grady, Daigger, Love, Filipe in Leslie Grady, 2011). Slabosti potopnikov so na drugi strani zlasti veliki gibljivi deli, ki lahko pri nepreverjenih napravah povzročajo probleme (Kapus, 2014). Potopniki zahtevajo tudi pogost nadzor delovanja, zaradi specifične konstrukcije pa zavzamejo tudi več prostora od precejalnikov in naprav z aktivnim blatom. Zaradi velike površine je v zimskem času potrebna tudi dodatna zaščita proti zmrzali (Spellman, 2013).



Slika 6: Potopnik (Kapus, 2014)

**Biofilter** je po zasnovi podoben precejalniki, glavna razlika pa je, da je biofilter v celoti vkopan v zemljo in ni odkrit na površini. Biofilter ima tudi drugačno sestavo precejalnika, saj je sestavljen iz več različnih plasti in materialov (Tallec, Garnier in Gousailles, 2006).



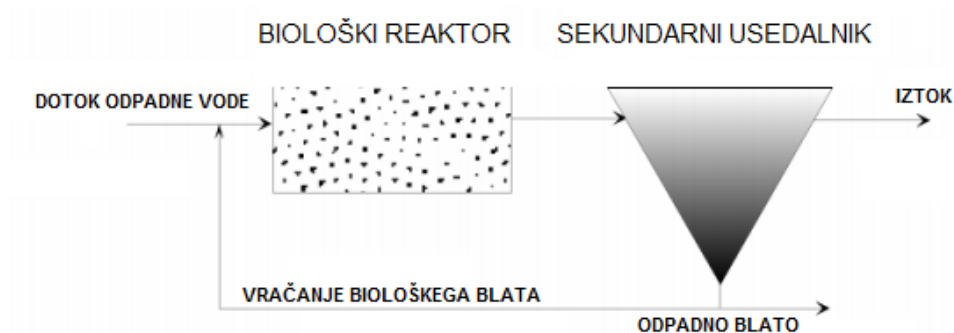
Slika 7: Biofilter (Jerman, 2014)

### 2.1.2 Naprave z razpršeno biomaso

Naprave z razpršeno biomaso ali naprave z aktivnim blatom temeljijo na principu prosto lebdeče aktivne biomase. Osnovna gradnika naprave z aktivnim blatom sta biološki reaktor ali aeracijski bazen ter naknadni ali sekundarni usedalnik, prosto lebdeča aktivna biomasa pa se pri tem vrača v biološki reaktor. Surova odpadna voda priteka v biološki reaktor, kjer mikroorganizmi oziroma aktivno biološko blato razgrajujejo neusedljivo onesnaženje in ga uporabljajo za svojo rast. Tako nastalo mešanico vode in biološkega blata nato peljemo iz reaktorja v usedalnik, kjer se biološko blato prične usedati, preostala vodna masa pa odteka naprej v recipient (Kompare, Atanasova, Uršič, Drev in Vahtar, 2007).

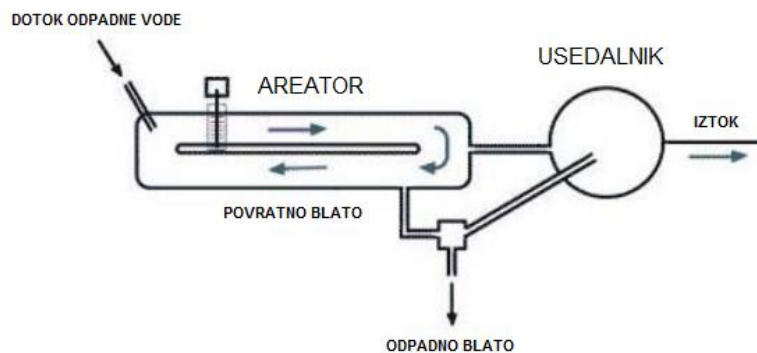


Slika 8: Naprava z razpršeno biomaso (Separat, 2014)



Slika 9: Čistilna naprava z aktivnim biološkim blatom (Kompare, Atanasova, Uršič, Drev in Vahtar, 2007)

Za **kontinuirne sisteme** čistilnih naprav z aktivnim biološkim blatom je značilno, da se voda kontinuirano pretaka skozi različne reaktorje (faze, posode). Za potrebe druge stopnje čiščenja zadostuje en aeracijski reaktor, kjer poteka biološko odstranjevanje organskega onesnaženja, za potrebe tretje stopnje čiščenja pa je treba ustvariti dodatne za odstranjevanje dušika (denitrifikacija) in/ali fosforja (defosfatizacija). Dušik se pri tem odstranjuje v okolju brez kisika (anoksični pogoji), odstranjevanje fosforja pa zahteva okolje brez kisika in nitrata (anaerobni pogoji). Takšne pogoje ustvarjamo bodisi z dodatnimi reaktorji ali pa z vzpostavitvijo ustreznih pogojev v posameznih conah istega reaktorja, pri čemer govorimo o oksidacijskih jarkih. Gre za modificirane biološke čistilne naprave s poživljenim blatom, običajno sestavljene iz bazenov ovalne ali okrogle oblike, kjer voda kroži. Z ustreznim aeriranjem se ustvarijo oksične in anoksične cone znotraj bazena, kar omogoča tako odstranjevanje organskega onesnaženja (druga stopnja čiščenja) kot tudi dušika in fosforja (tretja stopnja čiščenja) (Kompare, Atanasova, Uršič, Drev in Vahtar, 2007).



Slika 10: Kontinuiran sistem čistilne naprave z aktivnim blatom (Kompore, Atanasova, Uršič, Drev in Vahtar, 2007)

Za **diskontinuirne sisteme** čistilnih naprav z aktivnim biološkim blatom je značilno, da vse faze čiščenja (biokemijski procesi in sedimentacija) potekajo v istem reaktorju. Princip delovanja temelji na različnih manevrih, s katerimi v reaktorju ustvarjamo pogoje, ki ustrezajo pogojem za posamezne faze čiščenja. Ko odpadna voda priteče v reaktor, se vklopi ozračevanje, pri čemer se aktivirajo procesi oksidacije organskega onesnaženja, in če je ta faza dovolj dolga, se vrši tudi nitrifikacija. Ob izklopu prezračevanja se voda umiri in tako nastopi usedanje nastalega biološkega blata, sledi pa izpust očiščene vode, ki se je izbistrila nad usedlim blatom (Kompore, Atanasova, Uršič, Drev in Vahtar, 2007).

### 2.1.3 Zaporedni biološki reaktorji (SBR)

Zaporedni biološki reaktor (v nadaljevanju SBR) sestavljata dve komori. SBR vodo čisti v več ciklih in izvaja ločeno primarno mehansko obdelavo odpadne vode, sistem na drugi biološki stopnji pa temelji na principu čiščenja odpadne vode z aktivnim blatom. Tehnologija čiščenja v SBR reaktorjih zajema dnevne cikle, ki jih sestavljajo štiri zaporedne faze, in sicer faza polnjenja, faza prezračevanja ali aerobna faza, faza sedimentacije in faza praznjenja.

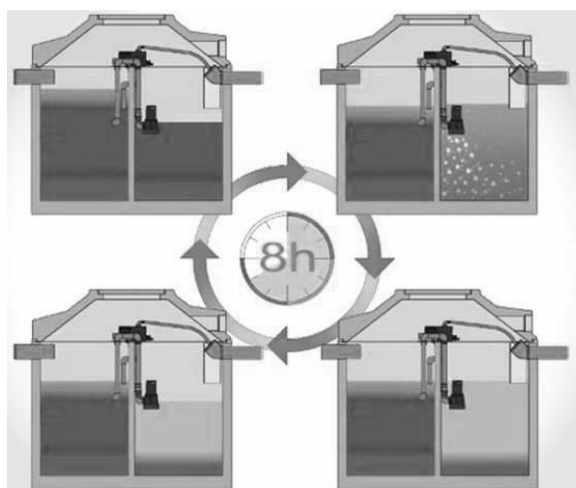
V prvi fazi se bazen le napolni z odpadno vodo in običajno v tej fazi še ni vpihovanja zraka. V prvi fazi je potrebno le dobro mešanje, da se zagotovi dober kontakt biološkega blata z dovedeno hrano in se s tem pospeši razkroj snovi. Med drugo fazo, fazo prezračevanja ali aerobno fazo se začne intenzivno dovajati kisik, ki ga mikroorganizmi potrebujejo za razkroj snovi, in ki je tako potreben za nastanek novega aktivnega blata. Fazi prezračevanja sledi faza sedimentacije oziroma usedanja, ko se aktivno blato z usedanjem loči od očiščene vode. Zadnja v ciklu je faza praznjenja, v kateri se očiščena odpadna voda črpa ali preliva na iztok. Z dna se istočasno po potrebi tudi aktivno blato

prečrpava v zalogovnike ali pa na stiskalnico. Po zaključeni četrti fazi je bazen pripravljen na nov cikel.



Slika 11: SBR (Roto, 2014)

Čas med dvema iztokoma očiščene vode oziroma obratovalni cikel je določen glede na lastnosti odpadnih vod, zahtevanega cilja čiščenja in drugih robnih zahtev. Znotraj cikla lahko obstoječim potrebam in pogojem obratovanja do določene mere prilagajamo dolžino in deloma tudi vrstni red posameznih faz (Rismal, 2004).



Slika 12: Cikel SBR (DWC, 2014)

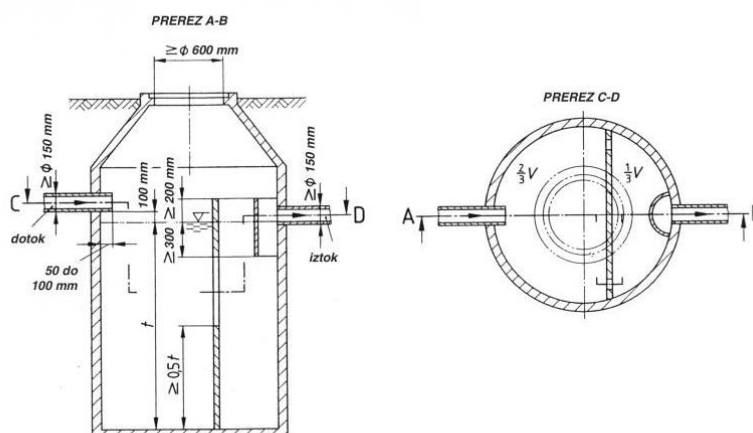
## 2.2 Greznice

Grajene čistilne naprave so dvo- ali večprekatni, pretočni ali nepretočni bazeni za zbiranje komunalnih odpadnih vod iz objektov, ki niso priključeni na javno kanalizacijo in služijo za zadrževanje trdnih delcev iz odpadne vode in anaerobno čiščenje (Lah, 1995). Grajene čistilne naprave so v rabi za zbiranje in delno čiščenje gospodinjskih odpadnih voda, pri čemer poznamo nepretočne greznice za suha stranišča, nepretočne greznice za hišne odpadne vode in pretočne greznice za hišne odpadne vode (Metcalf in Eddy, 2003). Najpogosteje predstavljajo zgolj začasno rešitev za odvajanje odpadnih voda, kjer je predvidena izgradnja kanalizacije, uporabljamo pa jih lahko največ za 50 oseb, za več kot 50 oseb pa je treba zgraditi čistilno napravo z mehanskim in biološkim čiščenjem. V greznicah poteka anaerobna biološka razgradnja, ki pa ni dokončna, zato je treba greznico prazniti. Greznice so oblikovane bodisi v krožni bodisi pravokotni obliki ter običajno opremljene s preprekami, ki razdelijo celotni volumen na prekate, vstopne odprtine pa omogočajo neoviran nadzor in čiščenje. Običajno so dvo- ali večprekatne, hišna odpadna voda pa je vanje speljana po kanalih (Bergant, 2014).



Slika 13: Greznica (PSS, 2014)

Po obsegu čiščenja greznice delimo na greznice, ki služijo predvsem usedanju tj. mehanskemu čiščenju, in greznice, kjer se odpadne vode poleg mehanske obdelave očistijo še v anaerobnem postopku. Prve so običajno konstruirane kot dvoprekatne, druge kot tri- ali večprekatne (SIST DIN 4261-1, 1996). Usedalniki lahko obstajajo kot samostojna naprava za mehansko in delno biološko čiščenje ali pa nameščeni pred biološko čistilno napravo vršijo predčiščenje (Horvat, 2000).



Slika 14: Dvoprekatna greznica (SIST DIN 4261-1, 1996)

### 2.2.1 Nepretočne greznice

Nepretočna greznica je neprepusten zbiralnik za komunalno odpadno vodo, v katerem se voda zadrži in ne izteka v okolje (Mlakar, 2014). Prednost nepretočnih greznic je, da zaradi svoje nepropustnosti in nepretočnosti ne povzročajo škode v okolju, vendar pa ta lastnosti prinaša tudi slabost s stališča uporabnika, in sicer potrebo po pogostem praznjenju (najmanj enkrat na tri mesece) in posledično visoke vzdrževalne stroške (Lazar, 2007). Nepretočne greznice tako predstavljajo najdražjo obliko ravnanja z odpadnimi vodami, zato so v rabi zgolj le v primerih, ko druge možnosti za čiščenje ali zbiranje odpadne vode niso izvedljive (Žnidaršič, 2007).

Leta 2010 sprejeta dopolnitev Uredbe o emisiji snovi pri odvajanju in čiščenju odpadne vode iz malih komunalnih čistilnih naprav (Ur. l. RS št. 98/2007, 30/2010) po koncu leta 2017 na vseh območjih prepoveduje odvajanje in obdelovanje komunalne odpadne vode v pretočni greznici. Lastniki stavb, kjer odvajanje odpadne vode ne poteka v javno kanalizacijo, morajo tako poleg možnosti čiščenje odpadnih voda zagotoviti v mali komunalni čistilni napravi tudi možnost zbiranja v nepretočni greznici.

### 2.2.2 *Pretočne greznice*

Pretočna greznica je naprava za čiščenje komunalne odpadne vode brez ozračevanja, v kateri se komunalna odpadna voda anaerobno obdelava skladno s standardoma SIST DIN 4261 – del 1 in SIST EN 752-1: 1995 (Lazar, 2007). V pretočni greznici se komunalna odpadna voda pretaka iz usedalnega prekata v enega ali več prekatov za anaerobno obdelavo odpadne vode. Pretočna greznica za 10 oseb mora biti dvoprekatna, za nad 10 oseb pa večprekatna. Obdelana odpadna voda se na iztoku iz objekta odvaja v okolje, običajno z infiltracijo v tla, ni pa odtokov iz greznice dopustno odvajati v površinske vode. Neposreden odtok iz greznic je izjemoma dovoljen s ponikanjem v okolno zemljišče pred ponikovalnice oziroma ponikovalnih vodov, če pri tem niso ogroženi obstoječi ali potencialni vodni viri. Pretočna greznica je dovoljena le, če je bila v uporabi že konec leta 2007, hkrati pa le še do zakonsko postavljenih rokov, in sicer do leta 2015 za objekte na občutljivih in vodovarstvenih območjih ter do leta 2017 za vse ostale objekte (Simončič, 2014).

Princip čiščenja v pretočnih greznicah temelji na biokemijskih procesih, pri katerih določene skupine bakterij reagirajo na organske materiale v nečistih vodah. Pretočna greznica je sestavljena iz dveh delov. V prvem delu skupina anaerobnih bakterij v pomanjkanju zraka opravlja razgradnjo in presnovo sestavljenih organskih snovi v fekalni vodi, v drugem delu pa skupina aerobnih bakterij vrši oksidacijski proces sproščenih organskih snovi in sestavlja iz njih neorganske, stabilne snovi. Končni produkt takega prečiščevanja je voda z velikim odstotkom mineralnih snovi, med katerimi je denimo največ nitratov, ki so koristni in uporabni v poljedelstvu. V pretočni greznici poteka tudi humifikacija, s katero se izboljšuje kvaliteta tal (Gill, O'lunaigh, Johnston, Misstear in O'suilleabhain, 2009).

Pomembna prednost pretočnih greznic pred nepretočnimi je v stroških vzdrževanja, saj so ti zaradi pogostega praznjenja pri nepretočnih greznicah neprimerno večji kot pri pretočnih (Grady, Daigger, Love, Filipe in Leslie Grady, 2011). Tudi samo vzdrževanje je sicer preprosto, hkrati pa greznica zahteva minimalni nadzor delovanja. Delovanje samo ne zahteva električne ali kakšne druge oblike energije in ni ovirano od morebitnih prekinitev dotoka, kot pri ostalih čistilnih napravah. Tudi gradnja pretočne greznice je, prav tako kot gradnja nepretočne greznice, preprosta. Pomembna prednost, ki jo za razliko od dvoprekatnih prinašajo večprekatne greznice, je anaerobna razgradnja, ki pripomore k povečanju prostora v greznici. Na ta način so večprekatne greznice tudi bolj zanesljive in učinkovitejše pri biološkemu čiščenju, zaradi boljše porazdelitve obremenitve pa nudijo tudi več prostora za blato (Metcalf in Eddy, 2003).

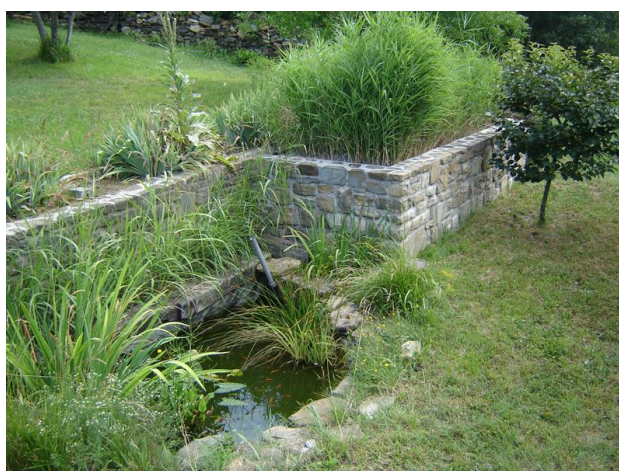
Slabost pretočne greznice na drugi strani je zagotovo, da ne zagotavlja zadovoljive stopnje čiščenja, zaradi česar so primerne zgolj kot začasna rešitev ali pa kot oblika predčiščenja. Nemalokrat pa povzročajo tudi vire emisij smradu v okolje (Dudley in May, 2007), in ker poleg mehanskega čiščenja



omogočajo le delno anaerobno biološko čiščenje, iztok iz greznice pogosto predstavlja nagnito in smrdljivo vodo brez kisika. Večprekatne greznice so tudi veliko večje od dvoprekatnih in posledično znatno dražje (Gill, O'lunaigh, Johnston, Misstear in O'suilleabhain, 2009).

### 2.3 Rastlinske čistilne naprave

**Rastlinske čistilne naprave** temeljijo na posnemanju samočistilne sposobnosti narave. Sestavljene so iz zaporednih gredi, ki so izolirane s folijo in napolnjene s substratom, skozi katerega se voda podpovršinsko pretaka, voda pa se čisti s sodelovanjem mikroorganizmov in močvirskih rastlin (Solano, Soriano, Ciria, 2004). Rastlinska čistilna naprava predstavlja ekološko rešitev čiščenja odpadnih voda gospodinjstev ali industrije in deluje s pomočjo vodnih rastlin (Vrhovšek in Vidmar, 2014). Rastlinske čistilne naprave so najprimernejše za manjša naselja velikosti do 500 PE in so običajno v rabi zlasti za čiščenje odpadnih voda pri posameznih dislociranih objektih, za čiščenje primarnega iztoka iz greznic ali sekundarnega iztoka iz lagun, za čiščenje odpadnih voda s cestišč izcednih voda odlagališč komunalnih odpadkov ter za terciarno čiščenje (Panjan, 2002). Uporabljajo se na območjih, kjer ni urejeno kanalizacijsko omrežje ali kot proces terciarnega čiščenja pri obstoječih čistilnih napravah. Gre za alternativni model klasični kanalizaciji in greznicam. Prednost rastlinskih čistilnih naprav pa je tudi v tem, da je prečiščeno vodo mogoče speljati nazaj v oskrbovalni sistem kot vodo za splakovanje stranišč, zalivanje vrtov in pranje avtomobilov. Edinstvena prednost rastlinskih čistilnih naprav pa je tudi njihova zelena površina, ki vpliva tako na mikroklimo, biodiverzitetu in daje pokrajini večjo ekonomsko in socialno vrednost (Vrhovšek in Vidmar, 2014).



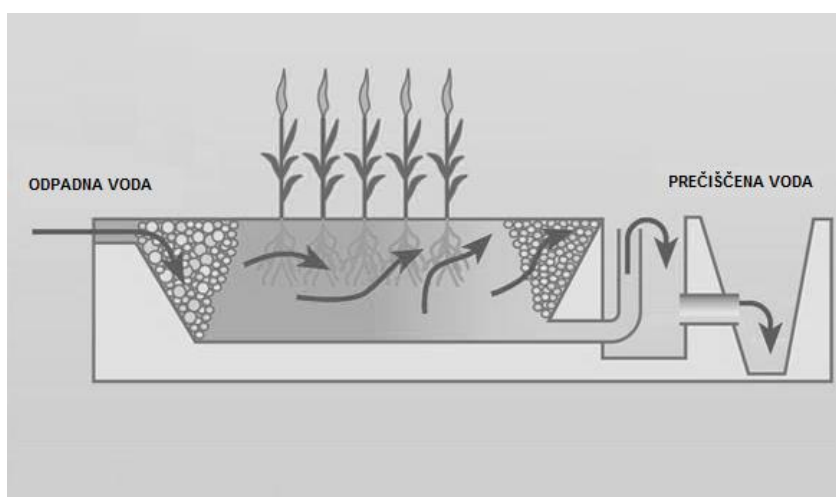
Slika 15: Rastlinska čistilna naprava (Limos, 2014)

Rastlinske čistilne naprave so sestavljene in usedalnika in mokrišča ter v osnovi posnemajo samočistilno sposobnost narave (Ameršek, 2011). Postopek čiščenja običajno poteka v dveh fazah, pri čemer se v prvi fazi v usedalniku izloči večina mehanskih nečistoč, nato pa v drugi fazi v mokrišču

potečeta aerobna in anaerobna mikrobiološka razgradnja preostalih nečistoč, da je iztekajoča voda iz čistilne naprave primerna za izpust v okolje. Usedalnik rastlinske čistilne naprave je dimenzioniran tako, da se v njem usedajo mehanske nečistoče, ter da v njem poteče prva faza mikrobiološke razgradnje. Odpadna voda se iz usedalnika s pomočjo distribucijskega sistema razliva po filtrirnem pasu grobega kamenja in nadaljuje pot skozi sistem pod površino substrata (medija). Bistvo čistilne naprave je mokrišče, kjer se deloma prečiščena voda iz usedalnika očisti dokončno, ko pride v stik z rizosfero (korenine in rizomi), substratom in mikroorganizmi (Arias, Istenic, Nielsen, Wium-Andersen in Vollertsen, 2012).

Mokrišče rastlinske čistilne naprave predstavlja neprepusten bazen, polnjen z gramozom in prekrit s plastjo zemlje, v kateri rastejo močvirske rastline. Tok odpadne vode je pri tem speljan pod plastjo zemlje, ki zadrži neprijetne vonjave, očiščena odpadna voda pa se nato s pomočjo drenaže zbere na koncu sistema v iztok. Nivo vode se uravnava s pomočjo spreminjanja pretoka na dotoku in iztoku. Čiščenje odpadne vode poteka s pomočjo različnih mešanic substrata, mikroorganizmov in močvirskih rastlin. Substrat je pomemben za filtracijo suspendiranih delcev in patogenih bakterij, sedimentacijo suspendiranih delcev v praznih prostorih substrata ter sorpcijo, adsorpcijo in ionsko izmenjavo. Najpomembnejšo vlogo pri tem igrajo mikroorganizmi s svojo sposobnostjo razgradnje in vgradnje različnih snovi v biomaso, naselitev in preživetje aerobnim mikroorganizmom pa omogočajo rastline s svojim koreninskim sistemom (Zupančič Justin, 2009).

Poleg že omenjenih prednosti rastlinske čistilne naprave odlikujejo tudi nizki stroški izgradnje, obratovanja in vzdrževanja, saj za delovanje ne potrebujejo niti energije niti strojne opreme, izdelava pa jo lahko tudi vsak gradbeni izvajalec. Slabost predstavljajo zlasti velika površina, ki jo potrebujemo za izgradnjo rastlinske čistilne naprave ter v velikih sanacijskih delih pri zamašitvi drenaž. Te slabosti lahko deloma amortiziramo z izgradnjo naprave v več poljih posameznih površin od 25–50 m<sup>2</sup>, da se v primeru zamašitve sanira samo prizadeto polje (Vrhovšek in Vidmar, 2014). Pomanjkljivost rastlinskih čistilnih naprav je tudi slabše delovanje pozimi zaradi upočasnitve ali prekinitve vegetacije ob nizkih temperaturah. Zimsko delovanje rastlinske čistilne naprave sicer omogoča zlasti dejstvo, da so glavni nosilci čiščenja mikroorganizmi in ne rastline (Zupančič Justin, 2009).



Slika 16: Rastlinska čistilna naprava (Prezelj, 2009)

Ločimo dva osnovna tipa rastlinskih čistilnih naprav, in sicer naprave s pritrjenim rastlinjem (sistemi z ukoreninjenimi emergentnimi makrofiti) in naprave s plavajočim rastlinjem (sistemi s prosto plavajočimi makrofiti). Za čiščenje komunalnih odpadnih voda je najprimernejši sistem s prosto plavajočimi rastlinami, kjer se uporablja rastlina vodna hijacinta, ki je najbolj raziskana od vseh vodnih rastlin. Sistemi z vodno hijacinto so pri tem primerni tako za primarno čiščenje odpadne vode, kot tudi za sekundarno in terciarno biološko čiščenje (Vrhovšek in Vidmar, 2014).

Med rastlinske čistilne naprave prištevamo tudi lagunske MČN. Lagunska in rastlinska MČN v primerjavi z ostalimi MČN zlasti zavzemata večjo površino, kar ne predstavlja težav na podeželju, zaplete pa se lahko v gosteje poseljenih krajih, razlike pa se pojavljajo tudi med samo rastlinsko in lagunsko MČN. Za vgradnjo tako lagunske kot rastlinske MČN potrebujemo nekoliko nagnjen teren, saj se voda po napravi pretaka gravitacijsko in obe napravi delujeta brez prisilnega prečrpavanja, kar pomeni tudi manjše stroške delovanja, gradnje in vzdrževanja. Obe vrsti čistilnih naprav sta sestavljeni iz **primarnega usedalnika in čistilnega dela**, vendar pa je pri lagunski MČN to **plitva laguna**, v kateri se izvajajo procesi čiščenja, biomasa pa je pritrjena na dno in brežino lagune. Rastlinsko MČN pa nasprotno sestavljata zaporedno povezani gredi, v katerih se pretaka odpadna voda, in sicer pod površjem zemljine (peska), kar preprečuje nastanek smradu ali razvoj nadležnih insektov. Voda teče skozi substrat, na vrhu katerega so zasajene rastline. Na poti skozi substrat, naseljen z mikroorganizmi, se voda čisti, dodatno pa za to poskrbijo rastline (Ulčar, 2013).



Slika 17: Laguna (Regeneracija, 2014)

V lagunskih MČN potekajo čistilni procesi na naraven način, in sicer v prvi anaerobni laguni poteče usedanje grobih delcev in se na ta način ustvari plast sedimenta na dnu, v drugi, fakultativno anaerobni laguni, pa nastopi še oksidacija organskih snovi. Kisik, ki je pri tem potreben, doseže vodno telo s procesom difuzije iz zraka in s fotosintezo alg. Bakterije, ki izvajajo oksidacijo, in alge živijo v simbiozi, tako da bakterije rabijo kisik in pri tem proizvajajo ogljikov dioksid, alge pa rabijo ogljikov dioksid in proizvajajo kisik. V odvisnosti od razpoložljive količine kisika v lagunah ločimo **anaerobne, fakultativno anaerobne in aerobne lagune**. V anaerobnih lagunah je potrebna količina kisika za oksidacijo večja od razpoložljive, torej od tiste, ki pride iz zraka in količine proizvedene s strani alg. Razgradnjo organskih snovi vršijo anaerobne bakterije in pri tem proizvajajo metan. V fakultativno anaerobnih lagunah pa razpoložljiv kisik, ki se vključuje iz zraka in s fotosintezo, zadostuje za aerobno bakterijsko aktivnost, vendar pa zraka zmanjka, ko se fotosinteza ponoči ustavi. Takrat nastopi anaerobna oksidacija, ko razgradnjo vršijo fakultativni anaerobi, ki lahko delujejo v oksičnih in anoksičnih pogojih. V aerobnih lagunah pa ne prihaja do anaerobnih pogojev, tako da je kisika vedno dovolj za aerobno oksidacijo organskih snovi. Ta tip lagun služi zlasti za bakteriološko stabilizacijo vode, torej za odstranitev patogenih mikroorganizmov. Običajno gradimo sistem lagunskih MČN, pri katerih gre za verigo različnih tipov, od katerih so prva ali prvi dve laguni anaerobni, zadnjih par je aerobnih, med njimi pa se nahajajo fakultativno anaerobne lagune. Prva laguna v takem sistemu se s časom zapolni z usedlinami, zato je potrebno občasno odstranjevanje usedlega blata, običajno na 5 ali 10 let (Kompore et. al, 2007).

### 3 PROSTORSKO, GEOLOŠKO IN VODNO OKOLJE

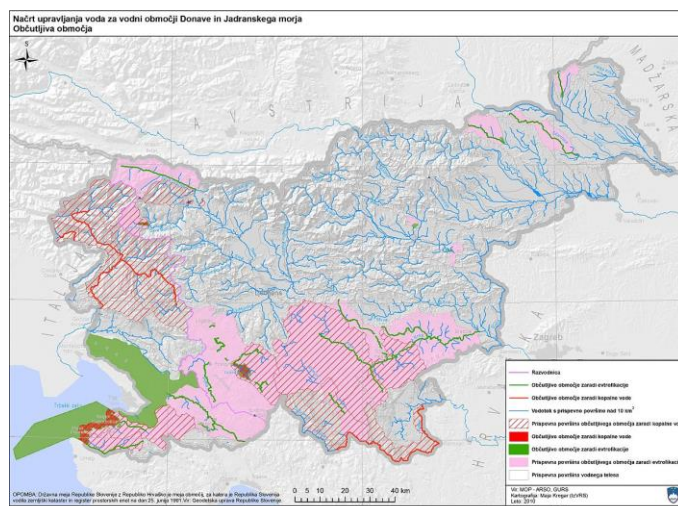
Konfiguracija terena, sestava tal, karakter naselij, zatečeno stanje in ekonomika v večini manjših naselij Slovenije pogojujejo ločene sisteme kanalizacije. Slovenska zakonodaja s področja odvajanja in čiščenja komunalnih odpadnih voda sistemsko ureja različno tipologijo poselitve, in sicer od velikih območij poselitve z visoko gostoto poselitve, preko manjših območij poselitve s srednjo gostoto poselitve, pa vse do razpršene poselitve. V procesu odločanja o možnostih uvajanju malih ali komunalnih čistilnih naprav sodelujejo tako država, občine, izvajalci javne služne odvajanja in čiščenja odpadne vode kot tudi sami viri obremenitev, tj. gospodinjstva in organizacije. Med različne statusse sistemov odvajanja uvrščamo javne sisteme, skupne sisteme in individualne sisteme (MKO, 2005).

Javni sistemi so sistemi, zgrajeni v javnem interesu oziroma namenjeni izvajanju javne gospodarske službe ter so pretežno v lasti občin ali koncesioniranih izvajalcev javne službe. Javni sistemi (javna infrastruktura) so najbolj razširjeni sistemi za odvajanje in čiščenje komunalne odpadne vode. Skupne sisteme za odvajanje in čiščenje komunalnih odpadnih voda vzpostavi več skupnost lastnikov več stavb, ki si delijo lastništvo skupnega sistema in določajo mehanizme upravljanja s skupnim sistemom. Prednost skupnih sistemov so zlasti občutno manjši investicijski stroški in manjši stroški obratovanja. Dodatna prednost navedenih skupnih sistemov je tudi bolj kontinuirana obremenitev skupne male komunalne čistilne naprave (do 50 PE), saj je vsaj minimalna obremenitev čistilne naprave zagotovljena tudi v primeru daljše odsotnosti enega od solastnikov. Individualni ali lastniški sistemi enega lastnika se v primeru enostanovanjskih hiš glede na statistično velikost gospodinjstva običajno projektirajo na obremenitev 4 do 6 populacijskih ekvivalentov (PE) (MKO, 2005).

V procesu odločanja na področju individualnega čiščenja v malih individualnih čistilnih napravah imajo določene pristojnosti vsi navedeni subjekti, tj. država, občine, izvajalci službe odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode in sami viri, osnovni proces odločanja pa se izvaja v skladu s programskimi smernicami, ki izhajajo iz državnega operativnega programa. Izgradnje individualnih MČN so pri tem predvidene na območjih, kjer ni javne kanalizacije in kjer javne kanalizacije tudi v prihodnje ne bo.

Za velik del Slovenije je značilna redka poselitev, zato je zelo razširjena uporaba malih čistilnih naprav z omejeno obremenitvijo do 2000 PE. Za sam način čiščenja se odločamo na podlagi različnih dejavnikov, med katerimi so seveda tudi geološko, prostorsko in vodno okolje.

Za občutljiva območja, kot so vodovarstvena območja ali Kras, je potrebna višja stopnja čiščenja odpadne vode, kot zmorejo greznice. Na teh območjih je treba komunalno odpadno vodo očistiti vsaj do II. stopnje ali pa celo do III. stopnje, ki pomeni odstranjevanje hranil (Kompac et. Al, 2007).



Slika 18: Občutljiva območja (MOP, 2014)

Pri urejanju čiščenja voda glede na prostorsko, geološko in vodno okolje je pomembno poudariti, da se v Sloveniji 75 odstotkov prebivalstva oskrbuje s pitno vodo iz organiziranih vodovodov. 43 odstotkov celotne porabe pitne vode tako v Sloveniji zajemamo iz izvirov in studencev, 54 odstotkov črpamo iz podtalnice in 3 odstotke iz površinskih vodnih virov z dodatnim čiščenjem. V splošnem je pri tem kakovost vodnih virov še zadovoljiva, vendar je količina vode ponekod že ogrožena zaradi neustrezne zavarovanosti vodnih virov. Kar 36 od 126 evidentiranih pomembnih virov za oskrbo s pitno vodo je namreč le 36 zavarovanih z ustreznimi občinskimi odloki o zavarovanju. Ob tem pa je v vodovodnih sistemih zaradi dotrajanosti omrežja včasih opaziti tudi celo do 50-odstotne izgube vode v omrežju (Polutnik Kocuvan in Globevnik, 2014).

### 3.1 Lokalne in lokacijske tehnične zahteve

Z lokacijskega vidika je pri gradnji malih čistilnih naprav potrebno zagotoviti možnost enostavnega in varnega dostopa do naprave, preverjanje delovanja, omogočiti jemanje vzorcev na dotoku in iztoku iz naprave ter enostavno odstranjevanje odvečnega blata ob vsakem času. Odprtine za vzdrževanje in nadzor naprave morajo imeti svoj pokrov, ki ga lahko brez težav in posebnih pripomočkov odpre ena oseba. Varstveni pas okrog obstoječega ali predvidenega objekta za pridobivanje pitne vode in drugih objektov mora biti tolikšen, da ne povzroča zanje škodljivih ali nadležnih motenj. Pri tem je potrebno upoštevati tudi predpise, ki se nanašajo na varstvo voda. (SIST DIN 4261-1, DIN 4261-2, 1984). V konstrukcijskem pogledu so male čistilne naprave izoblikovane tako, da njihova gradnja ne zahteva posebne opreme in da jih je mogoče graditi z uporabo običajnih metod za gradnjo objektov. Imeti morajo vzdržljivo in stabilno konstrukcijo ter biti vodotesne in odporne proti koroziji. Naprave zaprtega tipa morajo imeti nameščeno ustrezno ventilacijo. Deli naprave, ki so občutljivi na mraz, morajo biti ustrezno zaščiteni. (DIN 4261-2, 1984)

Kadar se iztok očiščene vode iz naprave izliva v površinske vode, mora biti iztočni del dostopen in zaščiten pred zunanjimi vplivi. Razporeditev dotokov, iztokov ter povezav med posameznimi celicami in deli naprav mora biti takšna, da je zagotovljen čim bolj enakomeren pretok skozi napravo. (SIST DIN 4261-1). Velikost in razporeditev strojne opreme (naprave za ozračevanje, črpalka za precejalnike, pogonski motor pri potopniških valjih) in vgradnih delov mora biti izbrana tako, da jo je po potrebi mogoče brez težav zamenjati. (DIN 4261-2, 1984)

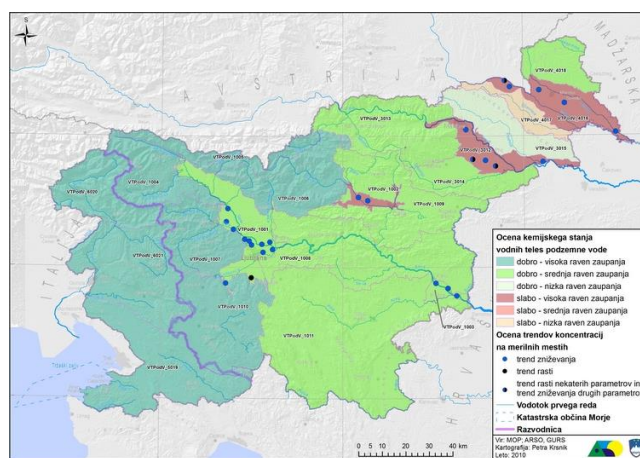
Naselja, v katerih letna obremenitev zaradi nastajanja komunalne odpadne vode na 1 hektar presega 20 PE, morajo biti opremljena z javno kanalizacijo. Na vodovarstvenem območju ali na občutljivem območju mora biti naselje opremljeno z javno kanalizacijo za odvajanje komunalne odpadne vode že v primeru, da letna obremenitev zaradi nastajanja komunalne odpadne vode na 1 hektar presega 10 PE. Na območjih, ki jih skladno s temi uredbami ni treba opremiti z javno kanalizacijo, se zahteva izgradnja male komunalne čistilne naprave (Uradni list RS, 47/05).

V Sloveniji je situacija z ravnanjem odpadnih vodna specifična zaradi razpršene poselitve, saj približno polovica prebivalstva živi v krajih z manj kot 2.000 prebivalci. Značilno podeželska območja predstavljajo kar 30,5 odstotkov celotnega ozemlja države, taka razpršena poselitve pa narekuje drugačen pristop k odvajanju in čiščenju odpadnih voda, ki opredeljuje le čistilne naprave nad 2.000 PE. Zaradi omenjene slovenske specifike je bila sprejeta tudi dopolnilna uredba za male čistilne naprave pod 2.000 PE (Uradni list, RS 103/2002).

Čeprav je Slovenija po površini majhna, se na njenem ozemlju pojavljajo **različni tipi vodotokov**, ki so posledica **pestre geološke sestave tal in razgibanega reliefa**. Država ima razmeroma gosto hidrografsko omrežje in na številnih področjih se pojavljajo redna ali občasna poplavljanja, medtem ko se nekateri drugi predeli soočajo s pomanjkanjem vode in sušo, kar je v največji meri posledica velike razlike v količini padavin med predeli na zahodu države in tistimi na vzhodu. Tudi poseljenost in z njo **pritiski na vodno okolje so različni**. Na kakovost voda zlasti vpliva kmetijstvo, zato je treba veliko pozornosti posvetiti kmetijsko-okolijskim ukrepom. Država si mora prizadevati za realizacijo ciljev okoljske politike, to je zagotavljanje trajnostnega izkoriščanja vodnega bogastva, izboljšanje ekološkega stanja, kjer še ni dobro, in za ohranjanje, kjer je. V zadnjih letih so bile tako zgrajene številne komunalne čistilne naprave, nekaj pa jih je še v gradnji. **Delež prebivalcev, katerih odpadne vode se čistijo na komunalnih ali skupnih čistilnih napravah, presega polovico.**

Posebno skrb v Sloveniji zahtevajo **kraške vode** zaradi njihove ranljivosti oziroma **majhne samočistilne sposobnosti**. Ker naj bi te vode predstavljale skoraj **polovico zalog podzemne vode**, je njihovo varovanje še posebej pomembno. Zaradi gospodarskih dejavnosti so **najbolj obremenjena vodna telesa tudi na severovzhodu Slovenije**. Glede na triletni niz podatkov je z visoko ravno zaupanja določeno slabo kemijsko stanje za Savinjsko, Dravsko in Mursko dolino ter z nizko za vzhodne Slovenske gorice. V kraških in razpoklinskih vodonosnikih, ki predstavljajo okoli 50 odstotkov zalog podzemne vode, je podzemna voda zaradi manjše poseljenosti in redkejših kmetijskih površin manj obremenjena s pesticidi in nitrati (VD06), (VD05). Za ta vodna telesa je določeno dobro kemijsko stanje z visoko ali srednjo ravno zaupanja. Kemijsko stanje podzemnih voda prikazuje slika 11:

Slika 19: Kemijsko stanje vodnih teles



Vir: Polutnik Kocuvan in Globevnik, 2014



### 3.2 Okolijski inženiring

Okolijski inženiring omogoča različne inženirske rešitve varovanja okolja z razumevanjem kompleksnih povezav med vrstami v ekosistemih. Razumevanje razlik v ekološkem pristopu in pristopu brez upoštevanja ekološkega vidika, kljub že obstoječemu poglobljenemu znanju o ekologiji in inženirstvu. Na področju uporabe ekološkega inženirstva poznamo (Griessler Bulc, 2013, str. 10):

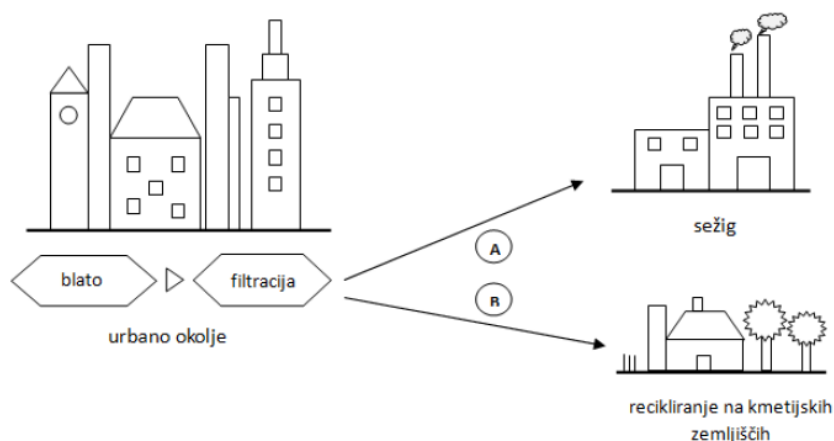
- obnovo poškodovanih ekosistemov in zmanjševanje razvojnih aktivnosti,
- upravljanje, izkoriščanje in ohranjanje naravnih virov,
- vključevanje družbe in ekosistemov v grajena okolja (npr. v krajinsko arhitekturo, urbanistično načrtovanje in urbano vrtnarstvo) ter
- oblikovanje ekoloških sistemov kot alternativo človeško ustvarjenih oziroma energetsko potratnih sistemov za zadovoljevanje različnih človeških potreb (npr. rastlinske čistilne naprave za čiščenje odpadnih voda).

Osnovni gradniki ekološkega inženirstva so tako samooblikovanje, varovanje ekosistemov in biotske raznovrstnosti, sonce kot vir energije in sožitje z naravo. Ekološko inženirstvo vključuje dane oblikovne kapacitete samega ekosistema in deluje v odvisnosti od številčnosti in raznovrstnosti vrst in ekosistemov. Energija za vzdrževanje in delovanje ekosistema prihaja v ekološkem inženiringu neposredno ali posredno od sonca, zanašanje na tehnološke vire energije je ustrezno manjše. Razvoj družbe se tako razvija skupaj oziroma z upoštevanjem narave. Značilnost rešitev ekološkega inženirstva je, da se problemi rešujejo »pri viru nastanka« (begin-of-pipe) in da se upošteva načelo trajnosti: problemi se ne zamikajo v času in se ne prestavijo na drug prostor. Ekološko inženirstvo ustvarja ekološke, ekonomske in družbene koristi (koncept win-win) ter širi uporabo obnovljivih virov energije in surovih materialov. Značilnosti rešitev ekološkega inženirstva sta tudi spodbujanje decentralističnih rešitev in spodbujanje vključevanja in sodelovanja lokalnega prebivalstva (Griessler Bulc, 2013).

Tudi pri reševanju ali zmanjševanju problema onesnaževanja lahko uporabimo tako okoljske kot ekološke tehnologije, s katerimi varujemo naravno okolje pred onesnaženjem s pomočjo konvencionalnih čistilnih naprav za čiščenje odpadne vode. Različne načine zaščite in obnove okolja z uporabo okolijskega ali ekološkega inženirstva prikazuje slika 4, kjer se lahko odločamo med dvema možnostma, in sicer (slika 11):

- obdelavo in sežigom blata iz čistilne naprave ali
- obdelavo in uporabo blata na kmetijskih zemljiščih.

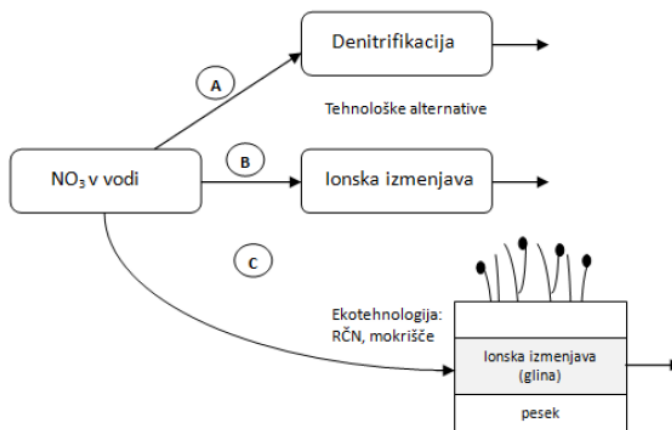
Slika 20: Možnosti obdelave blata iz MČN



Vir: Griessler Bulc, 2013, str. 7

Za odstranjevanje nitratov iz vode, kjer lahko uporabimo različne okoljske tehnologije, kot sta denitrifikacija in ionska izmenjava ali ekotehnologije.

Slika 21: Odstranjevanje nitratov s pomočjo okoljskih in ekoloških tehnologij



Vir: Griessler Bulc, 2013, str. 8

Vodna direktiva temelji na povodjih kot naravnih geografskih in hidroloških enotah, zato postajajo različne okoljske in ekološke tehnologije za izboljšanje ekološkega stanja voda razvojno in tržno izjemno zanimive. V okviru ekoloških tehnologij v ospredje stopajo tudi ekoremediacije, ki krepijo naravno ravnovesje okolja z izkoriščanjem naravnih procesov v naravnih in deloma tudi v umetnih vodnih ekosistemih za zagotavljanje boljšega izkoriščanja vodnih virov, za odstranjevanje škodljivih učinkov onesnaževanja in za ohranjanje biološke raznovrstnosti. V okviru ekoremediacije uporabljamo naravne sisteme in procese za obnovo in zaščito okolja. Namen uvajanja ekoremediacij je

na novo ustvariti razmere, ki so značilne za naravne ekosisteme, to je raznolikost biotopov in ohranjanje ekosistemskega ravnotežja. Med ekoremediacije sodijo denimo tudi:

- rastlinske čistilne naprave,
- stranski rokavi za dodatno čiščenje vodotoka,
- zadrževalniki in lagune za čiščenje odpadnih voda,
- pasivne tehnologije za ločevanje in čiščenje vode ter
- vegetacijski jarki, vegetacijski pasovi, blažilna območja, sonaravna močvirja, revitalizacije struge, akvaponika, hidroponika ipd.

Glavne funkcije ekoremediacij so zadrževanje vode in kompenzacija hidravličnih viškov, zmanjševanje erozijskih pojavov, sedimentacija delcev, čiščenje odvečnih hranilnih in strupenih snovi, ohranjanje in povečevanje biodiverzitete in ne nazadnje tudi ustvarjanje novih habitatov. Pri uvajanju ekoremediacij, denimo rastlinskih čistilnih naprav, pa moramo nujno upoštevati, da gre za pasivne sisteme, ki enako kot naravni procesi potrebujejo dlje časa kot tehnološke rešitve, da dosežejo svoje polno oziroma zrelo delovanje in njihovi učinki so razvidni šele po enem ali več letih. Pri sanacijah okolja, kjer je potreben hiter odziv in takojšni učinki, zato ekoremediacije pogosto niso primerne, lahko pa imajo pomembno vlogo pri poizvedbi hitrega ukrepa zaradi svojih dolgoletnih, samočistilnih oziroma remediacijskih sposobnosti.

Rastlinske čistilne naprave danes veljajo za najbolj poznane ekoremediacije, ki se v svetu, predvsem pa v mediteranskih državah, vse bolj uveljavljajo kot najbolj primerna tehnologija za čiščenje in ponovno uporabo komunalnih odpadnih voda manjših naselij, industrijskih odpadnih voda, površinskega odtoka z avtocestnih površin ter izcednih voda, zaprtih odlagališč komunalnih odpadkov, oziroma kapacitet do 1000 PE. Razumevanje strukture, funkcije in delovanja rastlinske čistilne naprave služi kot osnova za razumevanje večine ekoremediacij in nekaterih ekotehnologij oziroma novih zelenih tehnologij. Z vpogledom v ekologijo in enostavne inženirske rešitve, ki so osnova za ustrezno delovanje ekotehnologij in ekoremediacij, pa se lahko približamo tudi zapiranju snovnih zank in viziji, da vsak odpadek spremenimo v nekaj uporabnega in tako prispevamo k trajnostnemu razmišljanju in delovanju pri sanaciji okolja in izboljševanju življenjskih razmer človeka. Ekoremediacije so pogosto tudi cenovno dostopne, tako pri investiciji kot pri vzdrževanju, a so učinkovite in primerljive s tehnološko bolj zahtevnimi sistemi. Na ta način lahko za sanacijo nekaterih območij dopolnjujejo ostale okolijske tehnologije oziroma so mestoma celo ustrežnejše od bolj poznanih okoljskih tehnologij, razlogi za to pa so poleg samih nižjih stroškov tudi lažje vzdrževanje in lažje razumevanje procesov remediacije ter večnamenski učinek (Griessler Bulc, 2013).

#### 4 EKONOMSKI VIDIK

Stroški odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode so povezani s stroški izvedbe in stroški delovanja sistema čiščenja. Stroški delovanja sistema so pri tem pogojeni s stroški vzdrževanja in upravljanja, torej tekočimi stroški energije in materialov ter stroški obveznih storitev, ki omogočajo pravilno delovanje čistilne naprave (MKO, 2005). Tako obratovalni kot vzdrževalni stroški se med različnimi tehnologijami čistilnih naprav in greznicami seveda razlikujejo, zato v nadaljevanju predstavljamo izračune investicijskih in vzdrževalnih stroškov, pridobljenih iz ponudb različnih dobaviteljev v Sloveniji. Z ekonomskega vidika na ta način primerjamo pet tipov malih komunalnih čistilnih naprav, in sicer MČN z razpršeno biomaso (SBR), MČN s pritrjeno biomaso (biofilm), rastlinske MČN, lagunske MČN in nepretočne greznice. Znotraj posameznih tipov čistilne naprave z ekonomskega vidika primerjamo tudi glede na različne dimenzije, in sicer MČN za 500 PE, MČN za 1000 PE in MČN za 2000 PE.

Izbor načina odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode se sicer v prvem koraku izvede na nivoju občine, pri čemer opredelimo načine urejanja na posameznih poselitvenih območjih. V primeru odločitve občine, da se na nekem območju razpršene poselitve odvajanje in čiščenje komunalnih odpadnih voda rešuje z individualnimi ali skupnimi malimi komunalnimi čistilnimi napravami, pa mora nato vsak posamezni lastnik stavbe sprejeti investicijsko odločitev o načinu izvedbe ustreznega individualnega odvajanja in čiščenja njegovih odpadnih voda. Pri primerjavi različnih alternativ, ki so mu pri tem na voljo, je tako bistvenega pomena primerjava stroškov, in sicer tako investicijskih kot tudi tekočih stroškov vzdrževanja in obratovanja male komunalne čistilne naprave (Kompore, 2007).

Celostna ekonomska analiza stroškov različnih tipov MČN odgovarja tudi na vprašanje, ali je izgradnja določenega tipa čistilne v določenem okolju sploh izvedljiva in ali se nam ponujajo možne alternative izvedbe (Kompore, 2007), vendar se sami v nadaljevanju osredotočamo zlasti na ekonomski vidik s stališča investitorja. Ekonomska analiza sicer izraža ekonomsko sprejemljivost izgradnje, pri čemer je bistvenega pomena, ali skupne koristi presegajo skupne stroške, torej ali je izgradnja določenega tipa naprave ekonomsko upravičena tudi z vidika stroškov, ki jo povzroča onesnaženje, poseg v naravno okolje ipd. Širša medsebojna primerjava med različnimi možnimi rešitvami podaja končno rešitev, ki je sprejemljiva tako iz tehnološkega, družbenega, kakor tudi okoliškega vidika. Ekonomski vidik poleg učinkovitosti čiščenja posameznega tipa sistema torej načeloma predstavlja tudi podlago za končno odločitev glede izbora optimalne metode odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode v širši skupnosti (Kompore, 2007). V analizi stroškov, ki sledi, pa se osredotočamo izključno na primerjavo investicijskih stroškov in stroškov upravljanja, ki zadevajo skrbnika MČN.

## 4.1 Investicijski stroški

Pri obravnavi stroškov izgradnje in uporabe MČN moramo upoštevati investicijske stroške in stroške upravljanja, torej stroške obratovanja in vzdrževanja. Investicijski stroški pri tem zajemajo vse stroške, ki nastanejo ob izvedbi projekta. Najvišji investicijski strošek pri vodenju komunalne odpadne vode na čistilno napravo predstavlja izgradnja kanalizacijskega sistema, zato je čiščenje odpadnih voda na mestu njihovega nastanka v primeru razpršene poselitve lahko najcenejša rešitev. Investicijski stroški izgradnje kanalskega sistema predstavljajo 38-odstotni delež celotnih stroškov, medtem ko predstavljajo investicijski stroški izgradnje čistilne naprave 23 odstotkov. Slednje kaže na smiselnost gradnje malih čistilnih naprav za posamezno območje poselitve ali manjšo skupino območij poselitve z izgradnjo krajšega kanalizacijskega sistema (MKO, 2014).

### 4.1.1 Investicijski stroški MČN z razpršeno biomaso (SBR)

Vgraditev SBR sistema je možna v že obstoječe greznice, če je volumen obstoječe greznice zadosten in je greznica vodotesna. Izračun investicijskih stroškov zato običajno vključuje tudi dobavo in montažo nove greznice z vgrajeno inštalacijo, ki krmili SBR postopek. V ceni je treba upoštevati ceno nabave, dostave in montaže čistilne naprave ter vsa potrebna zemeljska dela za priključitev in montažo čistilne naprave. Izpust iz čistilne naprave je mogoč v obstoječi bližnji odvodnik, v nasprotnem primeru pa s ponikanjem preko ponikalnic, zato lahko pri izračunu stroškov upoštevamo tudi stroške investicije izvedbe ponikalnic.

Podrobno konfiguracijo investicijskih stroškov SBR v velikosti 500 PE smo pridobili od slovenskega ponudnika, čigar prodajni program zajema proizvode za izvedbo vodovodnih in kanalizacijskih sistemov, čistilnih naprav ter izvedbo in sanacijo odlagališč odpadkov (čistilne naprave, lovilci olj in/ali maščob, revizijski in vodovodni jaški, črpališča, cisterne za vodo in različne kemikalije). Med investicijskimi stroški SBR v obsegu 500 PE ponudnik navaja stroške vgradnje, ki vključujejo strojni izkop, zasipanje, beton in armature, v višini 4.029,40 € (glej prilogo 3), ter stroške opreme v višini 157.110,07 € (glej prilogo 4). Investicijski stroški SBR v obsegu 500 PE tako skupno znašajo 161.139,47 €. Pri izračunu investicijskih stroškov naprave za 1000 PE in 2000 PE sledimo navodilu ponudnika, da se stroški vgradnje podvojijo. Podvojenim stroškom vgradnje v višini 8.058,8 € nadalje pri SBR v obsegu 1000 PE prištejemo stroške opreme v višini 205.525,30 € (glej prilogo 4), pri SBR v obsegu 2000 PE pa stroške opreme v višini 313.926,66 € (glej prilogo 5). Skupno tako izgradnja SBR v obsegu 1000 PE nanese 213.584,10 €, izgradnja SBR v obsegu 2000 PE pa 321.985,46 €.

Preglednica 2: Investicijski stroški MČN z razpršeno biomaso (SBR)

Velikost [PE]	Investicijski stroški [€]	€/PE
<b>500 PE</b>	161.139,47	322,28 €
<b>1000 PE</b>	213.584,10	213,58 €
<b>2000 PE</b>	321.985,46	160,99 €

#### 4.1.2 Investicijski stroški MČN naprave s pritrjeno biomaso (biofilter)

Za izračun investicijskih stroškov MČN s pritrjeno biomaso uporabljamo izračun investicijskih stroškov za biofilter. Ker nismo pridobili realnih ponudb slovenskih ponudnikov in tako neposrednih podatkov, se pri podajanju vrednosti opiramo na izračune Molinos Senante, Garrido Baserba, Reif, Hernández Sancho in Poch (2012), ki v svoji raziskavi okoljskih in ekonomskih vidikov MČN (do 2000 PE) razvijajo podporni sistem okoljskega odločanja.

Preglednica 3: Investicijski stroški MČN s pritrjeno biomaso (biofilter) (Molinos Senante, Garrido Baserba, Reif, Hernández Sancho in Poch, 2012)

Velikost [PE]	Investicijski stroški [€]	€/PE
<b>500 PE</b>	143.545,34	287,09
<b>1000 PE</b>	263.574,32	263,57
<b>2000 PE</b>	326.398,39	163,19

#### 4.1.3 Investicijski stroški rastlinske MČN

Pri izračunu investicijskih stroškov rastlinske MČN se opiramo na pavšalno oceno, prejeto od slovenskega ponudnika, ki se ukvarja s projektiranjem, razvojem in prodajo rastlinskih čistilnih naprav za komunalno, industrijsko in izcedno vodo s pripadajočo komunalno infrastrukturo. Ponudnik je kot referenco stroškov podal skupne stroške zadnjega lastnega projekta, in sicer rastlinsko MČN v velikosti 700 PE, ki je pomenila strošek v višini 250.000,00 €. Ponudnik je iz tega sam izpeljal zaključek, da znaša povprečna cena izgradnje rastlinske MČN za 1 PE v povprečju 357,00 € in da se za večje naprave cena na PE nekoliko zmanjša.

Preglednica 4: Investicijski stroški rastlinske MČN

Velikost [PE]	Investicijski stroški [€]	€/PE
<b>500 PE</b>	178.500,00	357,00
<b>1000 PE</b>	357.000,00	357,00
<b>2000 PE</b>	714.000,00	357,00

#### 4.1.4. Investicijski stroški lagunske MČN

Investicijske stroške lagunske MČN povzemamo po Rodriguez Garcia, Molinos Senante, Hospido, Hernandez Sancho, Moreira in Feijoo, G. (2011), saj nam za lagunske MČN, prav tako kot za MČN s pritrjeno biomaso, ni uspelo pridobiti nobene realne ponudbe slovenskih ponudnikov. Investicijski stroški lagunske MČN v obsegu 2000 PE<sup>2</sup> po izračunih avtorjev znašajo 472.780,23 € ali 236,39 €/PE. Strošek na en PE z manjšanjem obsega lagunske MČN pada tako kot pri ostalih tipih in tako strošek na PE za lagunsko MČN v obsegu 1000 PE znaša 261,46 €, strošek na PE za lagunsko MČN v obsegu 500 PE pa znaša 296,93 €. Lagunska MČN v obsegu 1000 PE torej, kot kaže preglednica 5, pomeni strošek v višini 261.460,54 € in lagunska MČN v obsegu 500 PE strošek v višini 148.465,65 € (Rodriguez Garcia et. al, 2011).

Preglednica 5: Investicijski stroški lagunske MČN (Rodriguez Garcia, Molinos Senante, Hospido, Hernandez Sancho, Moreira in Feijoo, G., 2011)

Velikost [PE]	Investicijski stroški [€]	€/PE
<b>500 PE</b>	148.465,65	296,93
<b>1000 PE</b>	261.460,54	261,46
<b>2000 PE</b>	472.780,23	236,39

#### 4.1.5 Investicijski stroški nepretočne greznice

Investicijske stroške nepretočne greznice izpeljujemo z izračunom po formuli OECD (2014):

$$- 95 * \log(\text{PE}) + 835 = x \text{ [€/PE]}$$

Pri tem izračunu je že predvideno, da je izgradnja kanalizacijske cevi že realizirana, investicijski strošek torej ne vključuje tudi izgradnje kanalizacije. Izračun po formuli OECD zahteva nasprotno pot izračuna, saj formula poda strošek nepretočne greznice za en PE. Investicijski strošek nepretočne greznice v velikosti 500 PE tako znaša 578,60 €, strošek nepretočne greznice v velikosti 1000 PE 550,00 € in strošek nepretočne greznice v velikosti 2000 PE 521,40 €. Iz izračunanih vrednosti za en PE izpeljujemo še investicijske stroške za nepretočno greznico v velikosti 500 PE, 1000 PE in 2000 PE. Celoten strošek v teh primerih, kot kaže preglednica 6, znaša za greznico v velikosti 500 PE.

<sup>2</sup> Rodriguez Garcia s sodelavci (2011) za dimenzioniranje MČN uporablja enote MGD (milijon galonov dnevno ali 0,04381 m<sup>3</sup>/dan), ki jih v PE pretvarjamo po pretvorbi: 8 m<sup>3</sup>/dan ustreza 50 PE (Spellman, 2004).

Preglednica 6: Investicijski stroški nepretočne greznice MČN (OECD, 2014)

Velikost [PE]	Investicijski stroški [€]	€/PE
500 PE	289.300,00	578,60
1000 PE	550.000,00	550,00
2000 PE	1.042.800,00	521,40

Ne glede na te izračune je treba pripomniti, da se v nepretočni greznici lahko po Pravilniku o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne in padavinske vode zbira le komunalna odpadna voda, katere letna obremenitev okolja ni večja od 50 PE (Uradni list RS, št. 105/2002).

#### 4.2 Obratovalni stroški

Pri izbiranju med različnimi načini odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode je nujno upoštevati tudi stroške obratovanja in upravljanja, saj predstavljajo velik delež skupnih stroškov in so bistvenega pomena pri odločanju za izbiro tehnologije čiščenja. Stroški obratovanja in vzdrževanja zajemajo stroške obdelave in odvoza odvečnega blata, stroške električne energije, stroške letnih servisnih del, izvajanje nadzora nad malimi čistilnimi napravami v skladu s predpisi, ki urejajo izvajanje javne službe odvajanja in čiščenja za male čistilne naprave, in ostale tekoče stroške (Kompere, 2007). Obratovalne stroške predstavljamo na letni ravni, v nadaljevanju obratovalne stroške različnih tipov MČN primerjamo glede na povprečno vrednost višine letnih obratovalnih stroškov na 1 PE. Posebej so predstavljene tudi pridobljene in izračunane vrednosti obratovalnih stroškov za velikosti 500 PE, 1000 PE in 2000 PE.

Ob obratovalnih stroških moramo upoštevati dejavnike, ki so vezani na cene različnih storitev, za katere ne moremo biti prepričani, da se v obravnavanem obdobju ne bodo spreminjale. Letna taksa za obremenjevanje okolja tako denimo trenutno znaša 26 € na PE, cena električne energije se trenutno giblje okoli 0.7€/kWh (<http://www.elektro-ljubljana.si/>, <http://www.elektro-maribor.si/>), cena čiščenja mulja za pretočne greznice in biološke čistilne naprave okoli 12 €/m<sup>3</sup>, cena čiščenja mulja za nepretočne greznice okoli 0.5 €/m<sup>3</sup> (<http://www.kraski-vodovod.si>, <http://www.komunala-kranj.si>, <http://www.vo-ka.si>), cena odvoza mulja z 10 m<sup>3</sup> cisterno 1.25 €/km, povprečna razdalja transporta mulja pa je okoli 50 km (Kompere, 2007), vendar se lahko te cene skozi čas bistveno spreminjajo. Pri obratovalnih stroških moramo tako vedno upoštevati, da gre za predpostavko, ki se lahko v prihodnosti glede na nihanje tržnih cen bistveno spreminja.



#### 4.2.1 Obratovalni stroški MČN z razpršeno biomaso (SBR)

Pri vzdrževalnih in obratovalnih stroških SBR čistilne naprave moramo upoštevati stroške čiščenja in odvoza blata, stroške električne energije, letnega servisa in takse za obremenjevanje okolja (Uradni list RS, št. 41/1995). Obratovalne in vzdrževalne stroške SBR predstavljamo na osnovi ponudbe istega ponudnika kot investicijske stroške SBR. Ponudnik je ob predložitvi konfiguracije opozoril, da se stroški upravljanja pri napravah v velikosti 1000 in 2000 PE podvojijo glede na naprave v velikosti 500 PE. Za napravo v velikosti 500 PE pri tem ponudnik predpostavlja letne stroške električne energije v višini 1.925,45 € in letne stroške odvoza ter čiščenja blata v višini 1.617,43 €, skupno torej 3.542,88 €. Izpeljava izračuna stroška za en PE kaže, da tudi pri obratovalnih in vzdrževalnih stroških strošek na PE pada v odvisnosti od velikosti naprave, vendar moramo v tem primeru upoštevati tudi pavšalno oceno stroškov upravljanja naprav v velikosti 1000 in 2000 PE glede na stroške upravljanja naprave v velikosti 500 PE. Pri stroških vzdrževanja SBR lahko pričakujemo tudi dodatne stroške, ki lahko nastanejo ob poškodbi opreme (glej preglednico 7).

Preglednica 7: Obratovalni stroški MČN z razpršeno biomaso (SBR)

<b>Velikost [PE]</b>	<b>Letni obratovalni in vzdrževalni stroški [€]</b>	<b>€/PE</b>
<b>500 PE</b>	3.542,88	7,09
<b>1000 PE</b>	7.085,76	7,09
<b>2000 PE</b>	7.085,76	3,5

#### 4.2.2 Obratovalni stroški MČN s pritrjeno biomaso (biofilter)

Tako kot pri izračunu investicijskih stroškov MČN s pritrjeno biomaso se tudi pri izračunu obratovalnih stroškov MČN s pritrjeno biomaso opiramo na izračun investicijskih stroškov za biofilter Molinos Senante in sodelavcev (2012). Izračuni pri tem kažejo, da znaša letni obratovalni strošek MČN s pritrjeno biomaso v obsegu 500 PE povprečno 8.184,36 €, letni obratovalni strošek MČN s pritrjeno biomaso v obsegu 1000 PE 15.698,32 € in letni obratovalni strošek MČN s pritrjeno biomaso v obsegu 2000 PE 28.534,25 €. Preračunano v en PE, znaša obratovalni strošek od 14,27 € za MČN s pritrjeno biomaso v obsegu 2000 PE do 16,37 € za MČN s pritrjeno biomaso v obsegu 500 PE na leto (glej preglednico 8).

Preglednica 8: Obratovalni stroški MČN s pritrjeno biomaso (biofilter)

Velikost [PE]	Letni obratovalni in vzdrževalni stroški [€]	€/PE
<b>500 PE</b>	8.184,36	16,37
<b>1000 PE</b>	15.698,32	15,70
<b>2000 PE</b>	28.534,25	14,27

#### 4.2.3 Obratovalni stroški rastlinske MČN

Obratovalni stroške rastlinske MČN so po informacijah ponudnika, čigar pavšalno oceno uporabljamo tudi pri izračunu investicijskih stroškov rastlinske MČN, minimalni, saj redna vzdrževalna dela zajemajo zgolj tedenski ogled, praznjenje usedalnika in košnjo rastlin spomladi. Pri nekaterih tipih rastlinskih MČN je treba na obdobje 10 let menjati tudi pesek v prvi gredi, kar predstavlja za napravo velikosti 500 PE strošek okoli 5.000,00 €. Glede na zbrane podatke tako obratovalne stroške rastlinske MČN računamo kot letni strošek praznjenja<sup>3</sup> in povprečni letni strošek menjave peska (glej preglednico 9).

Preglednica 9: Obratovalni stroški rastlinske MČN

Velikost [PE]	Letni obratovalni in vzdrževalni stroški [€]	€/PE
<b>500 PE</b>	680,00	1,36
<b>1000 PE</b>	1.060,00	1,06
<b>2000 PE</b>	1.620,00	0,81

#### 4.2.4 Obratovalni stroški lagunske MČN

Tako kot investicijske stroške lagunske MČN tudi obratovalne stroške MČN povzemamo po Rodriguez Garcia s sodelavci (2001).<sup>4</sup> Vrednost letnega obratovalnega stroška za lagunsko MČN v obsegu 500 PE pri tem znaša 4.738,258 €, vrednost stroška za lagunsko MČN v obsegu 1000 PE 8.493,8128 € in vrednost stroška za lagunsko MČN v obsegu 2000 PE 15.773,806 € (glej preglednico 10).

<sup>3</sup> Stroške praznjenja računamo po predpostavki 30 l/PE in ceniku 12 €/m<sup>3</sup> (MKO, 2014).

<sup>4</sup> Pri izračunu ohranjamu pretvorbo MGD: 8 m<sup>3</sup>/dan ustreza 50 PE (Spellman, 2004).

Preglednica 10: Obratovalni stroški lagunske MČN

Velikost [PE]	Letni obratovalni stroški [€]	€/PE
<b>500 PE</b>	4.738,258	9,48
<b>1000 PE</b>	8.493,8128	8,49
<b>2000 PE</b>	15.773,806	7,89

#### 4.2.5 Obratovalni stroški nepretočne greznice

Obratovalne stroške nepretočne greznice prav tako kot investicijske stroške izpeljujemo z izračunom po formuli OECD (2014), in sicer:

$$\text{letni strošek [€]} = 8 * \text{PE} + 100$$

S formulo pridemo do rezultata, da znaša povprečni letni obratovalni strošek nepretočne greznice med 8,05 in 8,20 € na PE. Letni obratovalni strošek za nepretočno greznico v obsegu 500 PE tako znaša 4.100,00 €, letni obratovalni strošek za nepretočno greznico v obsegu 1000 PE 8.100,00 € in letni obratovalni strošek za nepretočno greznico v obsegu 2000 PE 16.100,00 (glej preglednico 11).

Preglednica 11: Obratovalni stroški nepretočne greznice (OECD, 2014)

Velikost [PE]	Obratovalni stroški [€]	€/PE
<b>500 PE</b>	4.100,00	8,20
<b>1000 PE</b>	8.100,00	8,10
<b>2000 PE</b>	16.100,00	8,05

#### 4.3 Primerjava stroškov

Pri primerjavi stroškov različnih tipov MČN moramo upoštevati tako investicijske kot obratovalne stroške. Pri natančni primerjavi različnih tipov MČN z ekonomskega vidika moramo upoštevati tudi predvideno življenjsko dobo MČN, ki za gradbeni del velja 25 let ter za strojni in elektro del 13 let (Kompore, 2007). Pri izračunih, podanih v nadaljevanju, je treba opozoriti, da se sami v primerjavi osredotočamo na pridobljene in izračunane vrednosti, ki ne zajemajo življenjske dobe MČN in njenih delov, temveč zgolj obratovalne in tekoče vzdrževalne stroške.

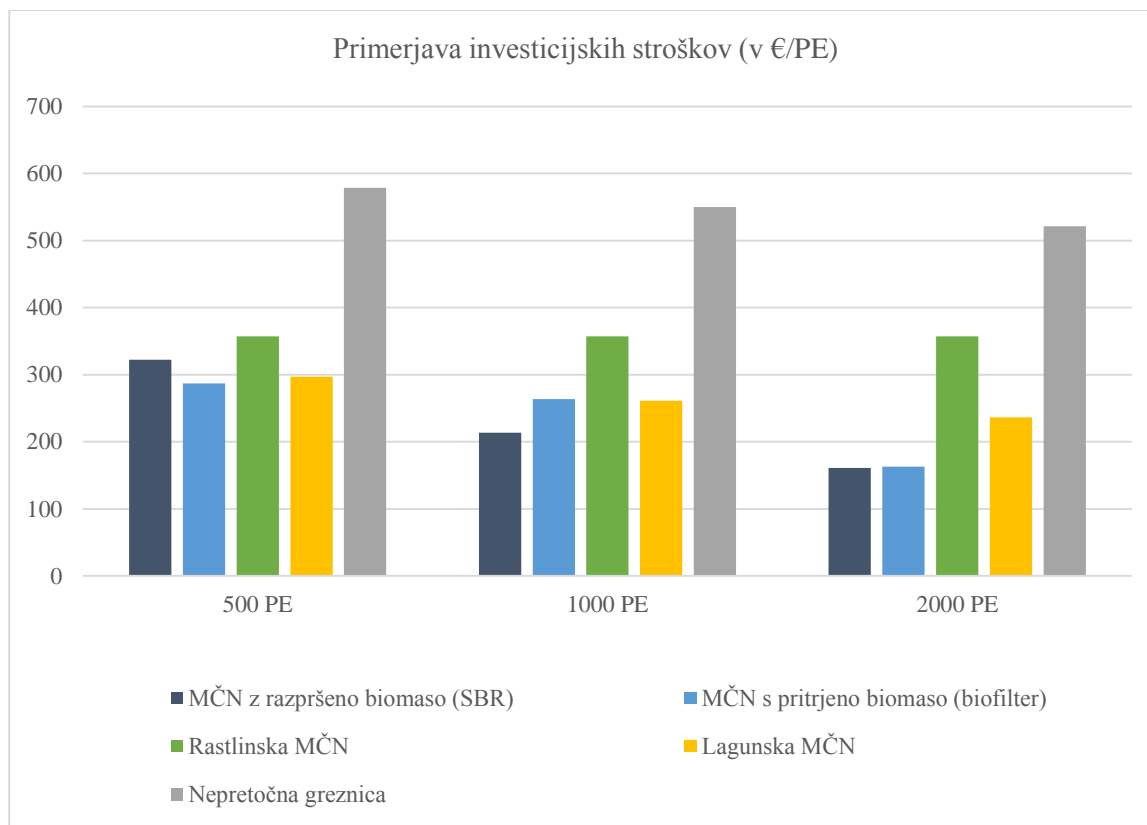
Primerjava investicijskih stroškov različnih tipov MČN kaže, da z vidika investicije največji strošek predstavljajo nepretočne greznice, in sicer od 521,40 do 578,60 €/PE oziroma v povprečju 550,00 €/PE (glej preglednico 12 in sliko 22). Nepretočne greznice tako v povprečju pomenijo skoraj dvakrat

večji investicijski strošek kot ostale vrste v primerjavo zajetih MČN, katerih skupna povprečna cena investicije znaša 273,04 €/PE. Najmanj investicijskih stroškov zahteva MČN z razpršeno biomaso (SBR) z 232,28 €/PE, podobno nizke stroške pa tudi MČN s pritrjeno biomaso (biofilter) z 237,95 €/PE (glej preglednico 12 in sliko 22).

Preglednica 12: Primerjava investicijskih stroškov (v €/PE)

Tip MČN	500 PE	1000 PE	2000 PE	Povprečna vrednost investicije
MČN z razpršeno biomaso (SBR)	322,28	213,58	160,99	232,28
MČN s pritrjeno biomaso (biofilter)	287,09	263,57	163,19	237,95
Rastlinska MČN	357,00	357,00	357,00	357,00
Lagunska MČN	296,93	261,46	236,39	264,92
Nepretočna greznica	578,60	550,00	521,40	550,00

Slika 22: Primerjava investicijskih stroškov



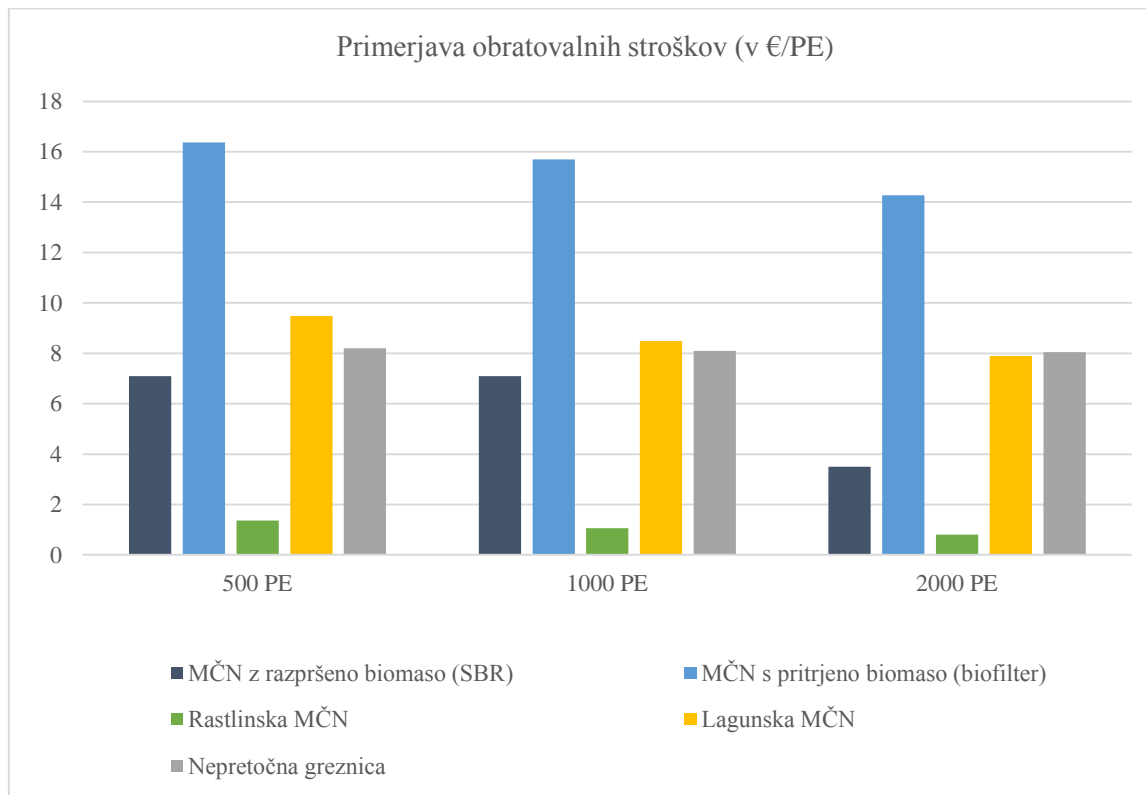
Primerjava obratovalnih stroškov MČN kaže še večje razlike med posameznimi tipi kot primerjava investicijskih stroškov. Največje obratovalne stroške tako prinaša MČN s pritrjeno biomaso (biofilter), pri kateri povprečni obratovalni stroški znašajo kar 15,45 €/PE. Skoraj pol manjše stroške zahteva

obratovanje lagunske MČN in nepretočne greznice, in sicer znašajo povprečni obratovalni stroški lagunske MČN 8,62 €/PE in obratovalni stroški nepretočne greznice 8,12 €/PE. MČN z razpršeno biomaso (SBR) za obratovanje zahteva stroške v vrednosti 5,89 €/PE, daleč najmanjše obratovalne stroške pa prinaša uporaba rastlinske MČN, kjer obratovalni stroški v povprečju znašajo le 1,08 €/PE (glej preglednico 13 in sliko 23).

Preglednica 13: Primerjava obratovalnih stroškov (v €/PE)

Tip MČN	500 PE	1000 PE	2000 PE	Povprečna vrednost obr. str.
MČN z razpršeno biomaso (SBR)	7,09	7,09	3,5	5,89
MČN s pritrjeno biomaso (biofilter)	16,37	15,7	14,27	15,45
Rastlinska MČN	1,36	1,06	0,81	1,08
Lagunska MČN	9,48	8,49	7,89	8,62
Nepretočna greznica	8,2	8,1	8,05	8,12

Slika 23: Primerjava obratovalnih stroškov



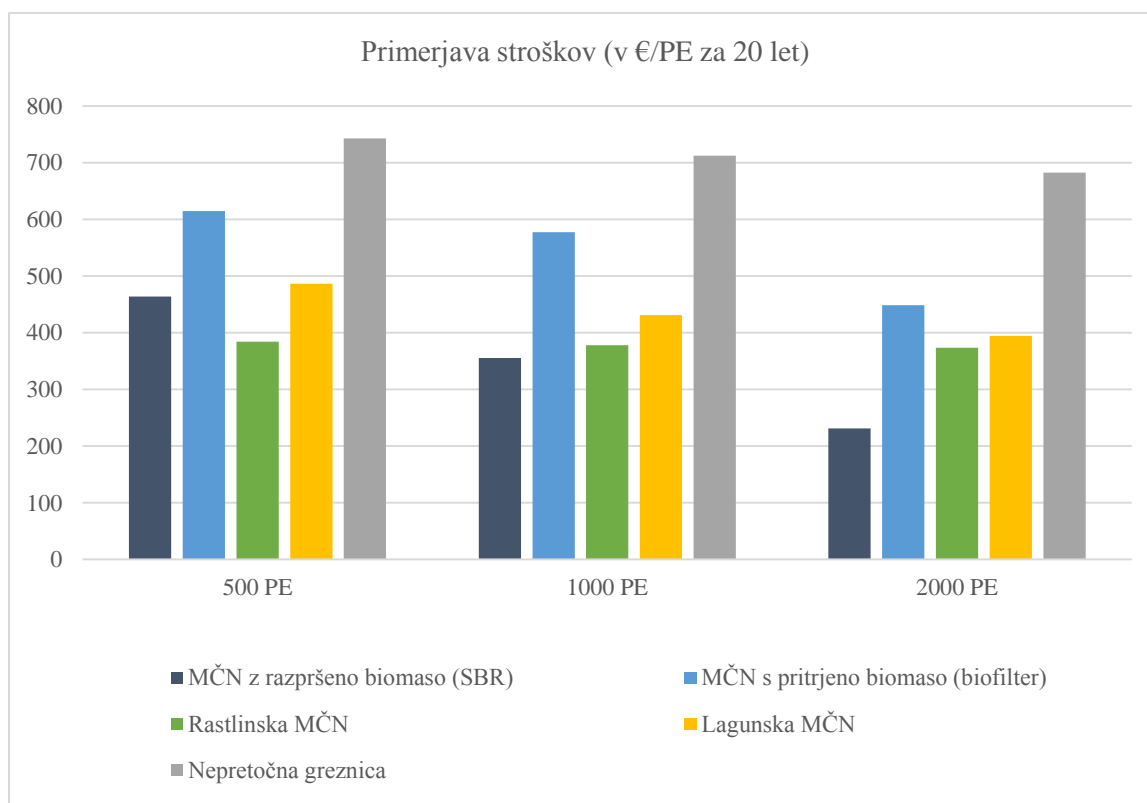
Primerjavo različnih tipov MČN z ekonomskega vidika zaokrožujemo z združenim izračunom investicijskih stroškov in obratovalnih stroškov za dobo 20 let. Pridobljeni povprečni letni obratovalni

stroški posameznih tipov MČN so tako prilagojeni dobi 20 let, k tako pridobljeni vrednosti obratovalnih stroškov pa prištevamo še investicijske stroške. Iz preglednice 14 in slike 24 pri tem vidimo, da se razlike med posameznimi tipi MČN ob združenju investicijskih in obratovalnih stroškov z ekonomskega vidika amortizirajo. Povprečni strošek za MČN tako v 20 letih znaša 485,04 €/PE, od česar najbolj odstopa nepretočna greznica, kjer povprečni strošek na PE znesse 712,33 €. Z ekonomskega vidika je ne glede na velikost MČN najbolj učinkovita MČN z razpršeno biomaso (SBR), saj povprečni strošek znaša 350,15 €/PE (glej preglednico 14 in sliko 24).

Preglednica 14: Primerjava skupnih stroškov (v €/PE za obdobje 20 let)

Tip MČN	500 PE	1000 PE	2000 PE	Povprečna vrednost stroškov
MČN z razpršeno biomaso (SBR)	464,08	355,38	230,99	350,15
MČN s pritrjeno biomaso (biofilter)	614,49	577,57	448,59	546,88
Rastlinska MČN	384,2	378,2	373,2	378,53
Lagunska MČN	486,53	431,26	394,19	437,33
Nepretočna greznica	742,6	712	682,4	712,33

Slika 24: Primerjava stroškov za obdobje 20 let



V preglednici 15 predstavljamo še izračune konkretnih stroškov posameznih tipov MČN glede na njihove različne velikosti. Iz tabele vidimo, da znaša strošek nepretočne greznice v velikosti 2000 PE v 20 letih 1.364.800 €, strošek MČN z razpršeno biomaso (SBR) v velikosti 2000 PE pa 461.980 €. Pri čistilnih napravah manjše dimenzije je razmerje med stroški glede na tip MČN manjše, in sicer strošek nepretočne greznice v velikosti 500 PE znaša 371.300 €, strošek rastlinske MČN pa 192.100 €. Pri primerjavi tipov MČN z ekonomskega vidika moramo torej upoštevati tudi dobo, za katero se MČN izgrajuje, kar je aktualno zlasti na območjih, kjer se v prihodnosti predvideva priključitev na javno kanalizacijo.

Preglednica 15: Primerjava skupnih stroškov v 20 letih

<b>Tip MČN</b>	<b>500 PE</b>	<b>1000 PE</b>	<b>2000 PE</b>
<b>MČN z razpršeno biomaso (SBR)</b>	232.040	355.380	461.980
<b>MČN s pritrjeno biomaso (biofilter)</b>	307.245	577.570	897.180
<b>Rastlinska MČN</b>	192.100	378.200	746.400
<b>Lagunska MČN</b>	243.265	431.260	788.380
<b>Nepretočna greznica</b>	371.300	712.000	1.364.800

## 5 RAZPRAVA

Slovenija zahteva s svojo specifično reliefno in poselitveno strukturo posebno obravnavo upravljanja z odpadnimi vodami, saj skoraj polovica prebivalcev nima možnosti priključka na javno kanalizacijsko omrežje. Ob naraščajočih okoljskih obremenitvah tako postaja vse aktualnejša tematika malih komunalnih čistilnih naprav. Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz malih čistilnih naprav iz leta 2007 uporabnikom od leta 2017 naprej tudi prepoveduje obdelovanje odpadne vode v pretočni greznici, zaradi česar se in bodo še v prihodnjih letih številni srečevali z vprašanjem izbire najustrežnejših tipov MČN, med katerimi v diplomski nalogi predstavljamo precejalnike, potopnike, sisteme SBR, pretočne in nepretočne greznice ter naprave s čiščenjem v tleh. Na slovenskem tržišču se trenutno pojavljajo različni ponudniki različnih tipov MČN, med katerimi z ekonomskega vidika obravnavamo MČN z razpršeno biomaso (SBR), MČN naprave s pritrjeno biomaso (biofilter), rastlinske MČN, lagunske MČN in nepretočne greznice.

Pri čiščenju odpadnih voda ločimo tri stopnje čiščenja, običajno pa se izvajata samo prvi dve, in sicer primarno ali mehansko čiščenje z usedanjem, kjer z mehanskimi postopki odstranimo večje neraztopljene delce onesnaženja, ter sekundarno ali biološko čiščenje, kjer mikroorganizmi odstranijo biološko razgradljive snovi, ki bi sicer v okolju povzročale pomanjkanje kisika. Postopek čiščenja je lahko povsem biološki, povsem kemijski ali pa kombiniran. Glede na način izvedbe biokemičnega razkroja delimo čistilne naprave na naprave brez ozračevanja in naprave z ozračevanjem. Naprave z ozračevanjem običajno zajemajo sisteme primarnega usedalnika, kjer se iz odpadne vode odstrani pretežni del usedljivih trdih delcev, reaktorja, v katerem se vrši aerobna razgradnja (aeracijski bazen ali precejalnik), in sekundarnega usedalnika, v katerem je odstranjeno v aerobnem procesu nastalo odvečno biološko blato. Poznamo čistilne naprave s pritrjeno biomaso (precejalnike, potopnike in biofiltre), čistilne naprave z razpršeno biomaso in rastlinske čistilne naprave. Pri teh napravah aktivno blato predstavljata mešanica odpadne vode in mikroorganizmov, ki nista razpršena v vodi, temveč pritrjena oziroma priraščena na nosilcih. Zaporedni biološki reaktor ali SBR sestavljata dve komori in SBR tako vodo čisti v več ciklih in izvaja ločeno primarno mehansko obdelavo odpadne vode, sistem na drugi biološki stopnji pa temelji na principu čiščenja odpadne vode z aktivnim blatom. Tehnologija čiščenja v SBR reaktorjih zajema dnevne cikle, ki jih sestavljajo štiri zaporedne faze, in sicer faza polnjenja, faza prezračevanja ali aerobna faza, faza sedimentacije in faza praznjenja. Najpreprostejše ravnanje z odpadno vodo predstavljajo neprepustne greznice, ki pa zahtevajo pogosto praznjenje in tako visoke vzdrževalne stroške.

Med najbolj trajnostne oblike MČN lahko uvrstimo rastlinske in lagunske MČN, ki temeljijo na posnemanju samočistilne sposobnosti narave ter za svoje delovanje ne potrebujejo električne energije. Najprimernejše so za manjša naselja velikosti do 500 PE in so običajno v rabi zlasti za čiščenje



odpadnih voda pri posameznih dislociranih objektih in na območjih, kjer ni urejeno kanalizacijsko omrežje. Edinstvena prednost rastlinskih in lagunskih MČN je njihova zelena površina, ki vpliva na mikroklimo in biodiverzitetu ter hkrati daje pokrajini večjo ekonomsko in socialno vrednost. Rastlinske in lagunske MČN odlikujejo tudi nizki stroški izgradnje, obratovanja in vzdrževanja, saj za delovanje ne potrebujejo niti energije niti strojne opreme, izdelava pa jo lahko tudi vsak gradbeni izvajalec. Slabost rastlinskih in lagunskih MČN pa predstavljajo zlasti precej velika površina, potrebna za izgradnjo, ter obsežna sanacijska dela, če pride do zamašitve drenaž.

Pogosto pa so s stališča končnega uporabnika najpomembnejša kategorija MČN investicijski in obratovalni stroški posamezne naprave. Splošna primerjava z ekonomskega vidika je pri različnih tipih MČN zgolj deloma ustrezna, saj se uporabniku v okviru različnih tipov ponujajo zelo različne konkretne možnosti, zato je vsekakor smiselno pri presojanju z ekonomskega vidika vedno upoštevati konkretne okoliščine in konkretne ponudbe. Splošna primerjava investicijskih stroškov različnih tipov MČN, opravljena na pogladi različnih virov, sicer kaže, da z vidika investicije največji strošek predstavljajo nepretočne greznice, najmanj investicijskih stroškov pa zahtevajo MČN z razpršeno biomaso (SBR) ter MČN s pritrjeno biomaso. Primerjava obratovalnih stroškov MČN kaže še večje razlike med posameznimi tipi kot primerjava investicijskih stroškov, in sicer največje obratovalne stroške zahteva MČN s pritrjeno biomaso (biofilter), skoraj pol manjše stroške pa obratovanje lagunske MČN in nepretočne greznice. Daleč najmanjše obratovalne stroške prinaša uporaba rastlinske MČN, kjer obratovalni stroški v povprečju znašajo le 1,08 €/PE. Razlike med posameznimi tipi MČN z ekonomskega vidika pa se amortizirajo ob združenju investicijskih in obratovalnih stroškov. Povprečni strošek za MČN tako v 20 letih znaša 485,04 €/PE, od česar kot najdražja rešitev odstopa nepretočna greznica, najbolj učinkovita pa je MČN z razpršeno biomaso (SBR), saj povprečni strošek znaša 350,15 €/PE.

Glede na primerjavo prednosti in slabosti z različnih vidikov se tako kot najbolj učinkovita rešitev kažejo alternativne tehnologije čiščenja v obliki rastlinskih in lagunskih MČN. Rastlinske in lagunske MČN na eni strani ne predstavljajo izrazito visokega investicijskega stroška, hkrati pa ne potrebujejo zahtevnega vzdrževanja. Z okoljskega vidika so najbolj učinkovite, saj za svoje delovanje ne potrebujejo električne energije, hkrati pa tudi kot take ne predstavljajo posega v krajinsko okolje. Omejitvi, s katerimi se pri rastlinskih in lagunskih MČN srečujemo, pa sta količina prostora in kapaciteta, saj postavitev takega čistilnega sistema zahteva veliko več prostora kot v primerih ostalih tipov MČN, hkrati pa rastlinske in lagunske MČN niso primerne za večje kapacitete od 500 PE. V teh primerih je tako smiselno posegati po MČN z razpršeno biomaso (SBR), kot najmanj učinkovite z različnega vidika pa se kažejo nepretočne greznice.

## 6 ZAKLJUČEK

Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz malih komunalnih čistilnih naprav, ki je v veljavo prišla leta 2007, uporabnikom prepoveduje odvajanje in obdelovanje odpadne vode v greznicah in tako morajo lastniki objektov brez kanalizacije uporabiti male komunalne čistilne naprave. Ker je na trgu več tipov malih čistilnih naprav do 2000 PE, v diplomskem delu predstavljamo različne tipe in opravljamo njihovo medsebojno primerjavo. Male čistilne naprave obravnavamo glede na geološko, prostorsko in vodno okolje, osrednjo primerjavo pa opravljamo na podlagi ekonomskega vidika različnih tipov malih čistilnih naprav. V primerjavo glede na ekonomski vidik zajemamo obračune investicijskih in obratovalnih stroškov različnih tipov malih čistilnih naprav in ugotavljamo, da se razlike med posameznimi tipi ob združenju investicijskih in obratovalnih stroškov amortizirajo. Višji investicijski strošek tako običajno prinese nižje obratovalne stroške in obratno. Povprečni strošek, ki združuje tako investicijske kot obratovalne stroške, za različne tipe malih čistilnih naprav tako v 20 letih znaša 485,04 €/PE. Kot ekonomsko najmanj učinkovita se pri tem kaže rešitev v obliki nepretočne greznice, kot ekonomsko najbolj učinkovita pa je mala čistilna naprava z razpršeno biomaso oziroma SBR.

Ob upoštevanju širšega spleta prednosti in slabosti različnih tipov malih čistilnih naprav pa se kot najbolj učinkovite rešitve kažejo alternativne tehnologije čiščenja odpadnih vod, kot so rastlinske in lagunske čistilne naprave. Rastlinske in lagunske čistilne naprave namreč na eni strani ne predstavljajo višjih investicijskih ali obratovalnih stroškov, hkrati pa sta tako izgradnja kot vzdrževanje teh tipov čistilnih naprav enostavna in ne zahtevata kompleksnih postopkov. Rastlinske in lagunske čistilne naprave se poleg tega izjemno učinkovite tudi z okoljskega vidika, saj v prvi vrsti delujejo na osnovi posnemanja naravnih čistilnih postopkov, v drugi vrsti pa za svoje delovanje niti ne potrebujejo električne energije. Rastlinske in lagunske čistilne naprave tako predlagamo kot najboljšo izbiro za uporabnike, ki nimajo možnosti priključitve na javno kanalizacijo. V primeru neizvedljivosti rastlinske ali lagunske čistilne naprave uporabnikom priporočamo uporabo SBR, iz različnih vidikov pa odsvetujemo uporabo nepretočnih greznic.

## VIRI

- Ameršek, I. 2011. Rastlinska čistilna naprava. Rešitev problema komunalnih odpadnih voda v gorah? *Planinski vestnik* 116, 7: 10–12.
- Arias, C. A., Istenič, D., Nielsen, A. H., Wium-Andersen, T., & Vollertsen, J. 2012. A new Approach to Run Off pollution treatment. Planted wetponds. Abstract from Proceedings from the 7th SWS 2012 European Chapter Meeting, Aarhus, Denmark:
- ARSO, 2014a. Naprave.  
[http://okolje.arso.gov.si/onesnazevanje\\_voda/vsebine/naprave](http://okolje.arso.gov.si/onesnazevanje_voda/vsebine/naprave) (Pridobljeno 24. 7. 2014)
- Bergant, J. 2014. Greznice. Lesce, Regeneracija d.o.o:
- Drev, D. 2012. Preiskava vpliva iztokov iz komunalnih čistilnih naprav na kakovost površinskih voda. *Gradbeni vestnik* 61, 2: 103–108.
- Dudley, B., May, L. 2007. Estimating the phosphorus load to waterbodies from septic tanks.
- DWC, 2014. SBR animation.  
<http://www.dwc-water.com/technologies/small-sewage-treatment/sbr/about-sbr/index.html> (Pridobljeno 20. 7. 2014.)
- Elektro Maribor. 2014. Cenik storitev za uporabnike omrežja.  
<http://www.elektro-ljubljana.si/Portals/0/Content/Dokumenti/Ceniki%20in%20dokumenti/0103-CENIK%20STORITEV%20ZA%20UPORABNIKE%20OMRE%20C5%BDJA.pdf> (Pridobljeno 24. 7. 2014.)
- Elektro Maribor. 2014. Informativni cenik za uporabo elektroenergetskega omrežja (CUO) v letu 2014.  
[http://www.elektro-maribor.si/images/ceniki/Cenik\\_za\\_uporabo\\_omrezja.pdf](http://www.elektro-maribor.si/images/ceniki/Cenik_za_uporabo_omrezja.pdf) (Pridobljeno 24. 7. 2014.)
- Gill, L. W., O'lunaigh, N., Johnston, P. M., Misstear, B. D. R., & O'suilleabhain, C. 2009. Nutrient loading on subsoils from on-site wastewater effluent, comparing septic tank and secondary treatment systems. *Water research* 43, 10: 2739–2749.
- Gobec, S. in Krajnc, U. 2004. Aktualni projekti s področja urejanja voda. Ljubljana: ARSO, Urad za upravljanje z vodami:
- Grady Jr, C. L., Daigger, G. T., Love, N. G., Filipe, C. D., & Leslie Grady, C. P. 2011. *Biological wastewater treatment*. London, IWA Publishing:
- Hellstrm, D., & Jonsson, L. 2004. Evaluation of small wastewater treatment systems. *Water Science & Technology* 48, 11: 61–68.
- Horvat M. 2000. Primerjava postopkov, učinkov in stroškov čiščenja za različne tipe malih čistilnih naprav od 50 do 1000 PE. Ljubljana: Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 2000.

- Jerman, M. 2014. Čistilna naprava na Planini.  
<http://www.mojaobcina.si/vrhnika/novice/obvestila/drustva/cistilna-naprava-na-planini-od-vceraj-ze-deluje.html> (Pridobljeno 13. 10. 2014.)
- Kapus, D. 2014. Čiščenje odpadnih voda. Radovljica: Komunala Radovljice.
- Kiser, M. A., Westerhoff, P., Benn, T., Wang, Y., Perez-Rivera, J., & Hristovski, K. 2009. Titanium nanomaterial removal and release from wastewater treatment plants. *Environmental science & technology* 43, 17: 6757-6763.
- Kolar J. Odvod odpadne vode iz naselij in zaščita voda. Ljubljana: Državna založba Slovenije, 1983.
- Kompare, B. 2007. Tehnično-ekonomska analiza različnih malih in mikročistilnih naprav za odpadno vodo za razpršeno poselitev. V: Vodni dnevi 2007. Ljubljana: Slovensko društvo za zaščito voda.
- Kompare, B., Atanasova, N., Uršič, M., Drev, D. in Vahtar, M. 2007. Male čistilne naprave na območjih razpršene poselitve. Ljubljana, Domžale: FGG, Inštitut za zdravstveno hidrotehniko, ICRO – Inštitut za celostni razvoj in okolje:
- Komunala Kranj, 2014. Cenik PE kanalizacija in čistilne naprave.  
[http://www.komunala-kranj.si/index.php?option=com\\_content&task=view&id=249](http://www.komunala-kranj.si/index.php?option=com_content&task=view&id=249)  
(Pridobljeno 24. 7. 2014)
- Lah A. Leksikon Okolje in človek: 1995. Ljubljana, ČZD Kmečki glas: .
- Lazar, A. 2007. Operativni program odvajanja in čiščenja komunalnih odpadnih in padavinskih voda v občini Cankova. Murska sobota: Občina Cankova:
- Limos, 2014. Rastlinska čistilna naprava LIMNOWET.  
[http://www.limnos.si/rastlinske\\_cistilne\\_naprave.php](http://www.limnos.si/rastlinske_cistilne_naprave.php) (Pridobljeno 13. 10. 2014)
- Metcalf, I. N. C., & Eddy, H. 2003. Wastewater engineering; treatment and reuse. Montreal, McGill:
- MKO. 2014. Priporočila o tehnološko ustreznih in ekonomsko sprejemljivih rešitvah za odvajanje in čiščenje odpadnih voda na malih komunalnih čistilnih napravah. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijsko in okolje:
- Mlakar, K. 2014. Nepretočna greznica. Ljubljana, Javno podjetje vodovod kanalizacija:
- Molinos-Senante, M., Garrido-Baserba, M., Reif, R., Hernández-Sancho, F., & Poch, M. 2012. Assessment of wastewater treatment plant design for small communities: Environmental and economic aspects. *Science of the Total Environment* 427: 11–18.
- MOP. 2014. Načrt upravljanja voda za vodni območji Odnave in Jadranskega morja. Občutljiva območja.  
[http://www.arhiv.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/podrocja/okolje/pdf/vode/nuv/58\\_obcutljiva\\_obmocja.jpg](http://www.arhiv.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/podrocja/okolje/pdf/vode/nuv/58_obcutljiva_obmocja.jpg) (Pridobljeno 24. 7. 2014)
- Muga, H. E., & Mihelcic, J. R. 2008. Sustainability of wastewater treatment technologies. *Journal of environmental management* 88, 3: 437–447.
- OECD. 2014. The Rural cost functions for water supply and sanitation.

<http://www.oecd.org/env/outreach/36228890.pdf> (Pridobljeno 19. 8. 2014.)

Panjan, J. 2004. Količinske in kakovostne lastnosti voda. Ljubljana: FGG, Inštitut za zdravstveno hidrotehniko.

Peternej, K. 2014. Male komunalne čistilne naprave. Železniki, Občina Železniki:

Polutnik Kocuvan A., Globevnik L. 2014. Voda in prostorski razvoj Slovenije. Ljubljana, Republika Slovenija, Ministrstvo za okolje in prostor, Urad RS za prostorsko planiranje:

Pravilnik o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne in padavinske vode. Uradni list RS št. 105/2002.

<http://www.uradni-list.si/1/content?id=39757&smode=sem> (Pridobljeno 19. 8. 2014.)

PSS. 2014. Greznica.

<http://www.podsvojostreho.net/vsebina/node/1105> (Pridobljeno 13. 10. 2014.)

Ravnak, F. 2014. Biološke čistilne naprave BIOCLARE.

<http://www.sezam-race.si/cistilne-naprave/bioloske/> (Pridobljeno 13. 10. 2014.)

Regeneracija. 2014. Predstavitev sistema za povečanje kapacitete ter sanacije obstoječih čistilnih naprav.

<http://www.regeneracija.si/predstavitev-sistema-za-povecanje-kapacitete-ter-sanacije-obstojecih-cistilnih-naprav-12-07-2012.html> (Pridobljeno 13. 10. 2014.)

Rodriguez Garcia, G., Molinos Senante, M., Hospido, A., Hernandez Sancho, F., Moreira, M. T., & Feijoo, G. 2011. Environmental and economic profile of six typologies of wastewater treatment plants. *Water research* 45, 18: 5997–6010.

Roto, 2014. Reference vgrajenih čistilnih naprav.

<http://www.roto.si/si/roto-products/roto-voda/odpadne-vode/cistilne-naprave/18> (Pridobljeno 13. 10. 2014.)

Separat. 2014. Čistilna naprava FELIX.

<http://www.separat.si/prodajni-program/%C4%8Distilna-naprava-felix4-za-2-do-5-oseb> (Pridobljeno 13. 10. 2014.)

Simončič, D. 2014. Letno poročilo o delu ter zaključni račun medobčinskega inšpektorata in redarstva za leto 2013. Ivančna Gorica; Medobčinski inšpektorat in redarstvo:

Simonič, M. 2010. Male biološke čistilne naprave. *Gospodarjenje z okoljem* 19, 75: 9–13.

SIST DIN 4261-1. Male čistilne naprave. Naprave brez ozračevanja. Uporaba, dimenzioniranje in izvedba: prevzet standard DIN 4261-1:1991 z metodo platnice. Ljubljana: Urad Republike Slovenije za standardizacijo in meroslovje pri Ministrstvu za znanost in tehnologijo.

Solano, M. L., Soriano, P., Ciria, M. P. 2004. Constructed wetlands as a sustainable solution for wastewater treatment in small villages. *Biosystems Engineering* 87, 1: 109–118.

Spellman, F. R. 2004. *Mathematics Manual for water and wastewater Treatment plant Operators*. CRC Press.

- Spellman, F. R. 2013. Handbook of water and wastewater treatment plant operations. New York: CRC Press:
- Tallec, G., Garnier, J., Gousailles, M. 2006. Nitrogen removal in a wastewater treatment plant through biofilters: nitrous oxide emissions during nitrification and denitrification. *Bioprocess and biosystems engineering* 29, 5/6: 323–333.
- Trauner, A. 1993. Onesnaženost malih vodotokov in gradnja malih čistilnih naprav. Male čistilne naprave za čiščenje komunalnih odpadkov. *Gradbeni vestnik* 42, 8/9/10: 176–195.
- Ulčar, M. 2014. Male komunalne čistilne naprave morajo do konca leta 2017 zamenjati greznice. Ljubljana, ULMI:
- Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz malih komunalnih čistilnih naprav. Uradni list RS št. 98/2007.
- Uredba o taksi za obremenjevanju vode. Uradni list RS št. 41/1995.  
<http://www.uradni-list.si/1/content?id=15601> (Pridobljeno 21. 7. 2014.)
- Velis, C. A., Longhurst, P. J., Drew, G. H., Smith, R., & Pollard, S. J. 2009. Biodrying for mechanical–biological treatment of wastes. A review of process science and engineering. *Bioresource Technology* 100, 1: 2747–2761.
- Vododod in kanalizacija Ljubljana. Cenik 2014.  
<http://www.vo-ka.si/informacije/cenik> (Pridobljeno 23. 7. 2014.)
- Vrbančič, M. 2012. Male komunalne čistilne naprave. Manjše od 50 PE. Ljubljana. JP Vodovod-Kanalizacija:
- Vrhovšek, M., Vidmar, U. 2014. Rastlinska čistilna naprava. Brezovica pri Ljubljani, LIMNOS d.o.o.: Zakon o varstvu okolja. Uradni list RS št. 39/06.
- Zupančič Justin, M. 2009. Combined purification and reuse of landfill leachate by constructed wetland and irrigation of grass and willows. Selected papers presented at Multi functions of wetland systems 246, 1/3: 157–168.
- Žiberna, M. 2014. Male čistilne naprave.  
<http://www.komunala-radovljica.si/storitve/male-cistilne-naprave/53> (Pridobljeno 13. 10. 2014.)
- Žnidaršič, M. 2007. Prihodnost je v manjših čistilnih napravah. Odgovorno ravnanje z odpadnimi vodami je ena pomembnejših nalog v prihodnosti, saj razpršena poselitev otežuje gradnjo javne kanalizacije. *Dolenjski list* 58, 28: 3.

## PRILOGA A: DOPIS PONUDNIKOM

Spoštovani

Sem študent Fakultete za gradbeništvo in geodezijo in pripravljam diplomsko delo, v katerem med drugim predstavljam ekonomski vidik različnih tipov malih komunalnih čistilnih naprav. V ta namen zbiram ponudbe slovenskih izvajalcev za naprave v velikosti 500, 1000 in 2000 PE:

- čistilne naprave z razpršeno biomaso (SBR),
- čistilne naprave s pritrjeno biomaso,
- rastlinske čistilne naprave,
- lagune in
- nepretočne greznice.

Med iskanjem ponudnikov sem naletel tudi na vašo spletno stran, zato vas vljudno prosim za sodelovanje in za informativno ponudbo s stroški izgradnje in stroški vzdrževanja. V kolikor ste zainteresirani, mi bo v veselje, da vas ob koncu raziskave seznanim z rezultati in s svojimi ugotovitvami.

Že vnaprej se iskreno zahvaljujem za sodelovanje.

## PRILOGA B: SEZNAM KONTAKTIRANIH PONUDNIKOV

<b>Čistilne naprave z razpršeno biomaso (SBR)</b>		
<b>Podjetje</b>	<b>Spletni naslov</b>	<b>E-naslov</b>
Aqua Tehnika Jakob d.o.o., Pesniški dvor 5, 2211 Pesnica pri Mariboru	<a href="http://www.at-maribor.si">http://www.at-maribor.si</a>	<a href="mailto:info@at-maribor.si">info@at-maribor.si</a>
ARMEX ARMATURE d.o.o., Ljubljanska cesta 66, 1295 Ivančna Gorica	<a href="http://www.armex-armature.si">http://www.armex-armature.si</a>	<a href="mailto:info.armex@siol.net">info.armex@siol.net</a>
CID čistilne naprave d.o.o., Družba za projektiranje, izgradnjo in upravljanje čistilnih naprav d.o.o., Ulica istrskega odreda 1 6000 Koper	<a href="http://cid-cn.si">http://cid-cn.si</a>	<a href="mailto:info@cid-cn.si">info@cid-cn.si</a>
Gramikom, internetna trgovina, Nataša Černčič s.p., Ranca 2B, 2211 Pesnica pri Mariboru	<a href="http://www.gramicom.si">http://www.gramicom.si</a>	<a href="mailto:gramikom@gmail.com">gramikom@gmail.com</a>
Regeneracija nakup, predelava, prodaja d.o.o., Naslov: Alpska cesta 43, 4248 Lesce	<a href="http://www.regeneracija.si">http://www.regeneracija.si</a>	<a href="mailto:info@regeneracija.si">info@regeneracija.si</a>
Zagožen d.o.o., Cesta na Lavo 2a, 3310 Žalec	<a href="http://www.zagozen.si">http://www.zagozen.si</a>	<a href="mailto:zagozen@siol.net">zagozen@siol.net</a>
<b>Čistilne naprave s pritrjeno biomaso</b>		
<b>Podjetje</b>	<b>Spletni naslov</b>	<b>E-naslov</b>
ECO-ING, d.o.o., Opekarniška cesta 15 a, 3000 Celje	<a href="http://www.eco-ing.com">www.eco-ing.com</a>	<a href="mailto:info@eco-ing.com">info@eco-ing.com</a>
F3M Levstek d.o.o., Podgorica 86, 1231 Ljubljana – Črnuče	<a href="http://www.f3m.si">http://www.f3m.si</a>	<a href="mailto:info@f3m.si">info@f3m.si</a>
Gramikom, internetna trgovina, Nataša Černčič s.p., Ranca 2B, 2211 Pesnica pri Mariboru	<a href="http://www.gramicom.si">http://www.gramicom.si</a>	<a href="mailto:gramikom@gmail.com">gramikom@gmail.com</a>
ISTRABENZ PLINI, plini in plinske tehnologije, d.o.o., Sermin 8A, 6000 Koper – Capodistria, Slovenija	<a href="http://www.istrabenzplini.si">http://www.istrabenzplini.si</a>	<a href="mailto:info@istrabenzplini.si">info@istrabenzplini.si</a>
S5 PROJEKT, prodaja, storitve in svetovanje, d.o.o., Železno 29 A, 3310 Žalec	<a href="mailto:info@s5projekt.si">info@s5projekt.si</a>	<a href="mailto:info@s5projekt.si">info@s5projekt.si</a>



SEZAM, d.o.o., Ljubljanska cesta 97/b, 2327 Rače, Slovenija	<a href="http://www.sezam-race.si">http://www.sezam-race.si</a>	sezam@triera.net
Trgovina, zastopstvo in montaža čistilnih naprav, Mirko Ribič s. p., Zgornji Prekar 11, 1281 Kresnice	<a href="http://www.ekorim.si">http://www.ekorim.si</a>	info@ekorim.si
<b>Rastlinske čistilne naprave</b>		
<b>Podjetje</b>	<b>Spletni naslov</b>	<b>E-naslov</b>
Ekoremediacijskih tehnološki center – ERTC, Kidričeva ulica 25, 3000 Celje, Slovenija	<a href="http://www.ertc.si">http://www.ertc.si</a>	info@ertc.si
IPI, izvajalski in projektantski inženiring, d.o.o., Zgornje Nagonje 36 d, 3250 Rogaška Slatina, Slovenija	<a href="http://www.ipi-rogaska.si">http://www.ipi-rogaska.si</a>	info@ipi-rogaska.si
ISTRABENZ PLINI, plini in plinske tehnologije, d.o.o., Sermin 8A, 6000 Koper – Capodistria, Slovenija	<a href="http://www.istrabenzplini.si">http://www.istrabenzplini.si</a>	info@istrabenzplini.si
LIMNOS, podjetje za aplikativno ekologijo, d.o.o., Požarnice 41, 1351 Brezovica pri Ljubljani	<a href="http://www.limnos.si">http://www.limnos.si</a>	info@limnos.si
Proizvajalec rastlinske čistilne naprave – LIVIPLANT, d.o.o, Pečovnik 24, 3000 Celje, Slovenija	<a href="http://www.rastlinska.si">http://www.rastlinska.si</a>	info@rastlinska.si
<b>Lagune</b>		
<b>Podjetje</b>	<b>Spletni naslov</b>	<b>E-naslov</b>
ATROPA, botanični vrt, spletna prodaja in urejanje zelenih površin Roman Hergan s.p., Prešernova ulica 4, 2331 Pragersko, Slovenija	<a href="http://www.tal2000.spletnestran&lt;br/&gt;i.com/">http://www.tal2000.spletnestran i.com/</a>	info@atropa.si
HIS podjetje za uvoz - izvoz, gradbeništvo in trgovino, d.o.o., Vodovodna 97, 1000 Ljubljana, Slovenija	<a href="http://www.his-lj.si">http://www.his-lj.si</a>	info@his-lj.si
Javno komunalno podjetje Prodnik d.o.o., Savska cesta 34, 1230 Domžale, Slovenija	<a href="http://www.prodnik.si/">http://www.prodnik.si/</a>	info@prodnik.si

Komunala Mežek, komunalne storitve, Krnica 48A, 4247 Zgornje Gorje, Slovenija	<a href="http://www.cistilne-naprave.com">http://www.cistilne-naprave.com</a>	<a href="mailto:info@cistilne-naprave.com">info@cistilne-naprave.com</a>
Razvojni center Novo mesto d.o.o. Ljubljanska cesta 26 8000 Novo mesto	<a href="http://www.erm-jvs.si">http://www.erm-jvs.si</a>	<a href="http://www.rc-nm.si">www.rc-nm.si</a>
<b>Nepretočne greznice</b>		
<b>Podjetje</b>	<b>Spletni naslov</b>	<b>E-naslov</b>
Gramikom, internetna trgovina, Nataša Černčič s.p., Ranca 2B, 2211 Pesnica pri Mariboru	<a href="http://www.gramicom.si">http://www.gramicom.si</a>	<a href="mailto:gramikom@gmail.com">gramikom@gmail.com</a>
Javno komunalno podjetje Prodnik d.o.o., Savska cesta 34, 1230 Domžale, Slovenija	<a href="http://www.prodnik.si/">http://www.prodnik.si/</a>	<a href="mailto:info@prodnik.si">info@prodnik.si</a>
Komunala Mežek, komunalne storitve, Krnica 48A, 4247 Zgornje Gorje, Slovenija	<a href="http://www.cistilne-naprave.com">http://www.cistilne-naprave.com</a>	<a href="mailto:info@cistilne-naprave.com">info@cistilne-naprave.com</a>
Lontech solarni sistemi d.o.o., Selo pri Žirovnici 7, 4274 Žirovnica	<a href="http://www.lontech.si">http://www.lontech.si</a>	<a href="mailto:info@lontech.si">info@lontech.si</a>
OKP, javno podjetje za komunalne storitve Rogaška slatina, d.o.o., Celjska cesta 12, 3250 Rogaška Slatina, Slovenija	<a href="http://www.okp.si">http://www.okp.si</a>	<a href="mailto:info@okp.si">info@okp.si</a>
Regeneracija nakup, predelava, prodaja d.o.o., Naslov: Alpska cesta 43, 4248 Lesce	<a href="http://www.regeneracija.si">http://www.regeneracija.si</a>	<a href="mailto:info@regeneracija.si">info@regeneracija.si</a>

## PRILOGA C: INVESTICIJSKI STROŠKI SBR, 500 PE

STROŠKI ZA ČN SBR_REG_500			št. PE 500		
1. INVESTICIJSKI STROŠKI ZA ČN SBR_REG_500			€		
<b>2. STROŠKI VGRADNJE ČN</b>					
Strojni izkop:	5 €/m <sup>3</sup>	1267,6 €	fi=	2,4	fi vstopne= 0,6 6,5
Zasipanje:	8 €/m <sup>3</sup>	934,3 €	L=	12	Vvst= 1,81
Beton:	110 €/m <sup>3</sup>	1811,0 €	vrat=	0,8	Vpos= 113,04 58,78
Armature:	1 €/m <sup>3</sup>	16,5 €	beton	0,2	Vzasip= 116,78
<b>Stroški vgradnje skupaj</b>		<b>4029,4 €</b>	obod	0,3	Vbet= 16,46
<b>3. OBRATOVALNI STROŠKI</b>					
<b>STROŠKI ELEKTRIČNE ENERGJE</b>					
PUHALO					
Moč puhal:		3,4 kW			
Dnevna poraba električne energije puhal:		46,24 kWh/d			
Letni odjem iz distribucije		16877,6 kWh/leto			
ČRPALKA					
Moč črpalke VXm 8/35:		0,75 kW	1CIKELJ		
Dnevna poraba električne energije črpalke:		3,0 kWh/d	Čas delovanja črpalke:		60 min
Letni odjem iz distribucije		1095,0 kWh/leto	Čas delovanja puhal:		204 min
Moč črpalke VXcm 10/45:		0,75 kW	Čas delovanja črpalke za iztok:		60 min
Dnevna poraba električne energije puhal:		3,0 kWh/d			
Letni odjem iz distribucije		1095,0 kWh/leto			
Delovna energija:		0,10098 €/kWh			
Skupaj letni odjem:		19067,6 kWh/leto			
<b>Stroški električne energije:</b>		<b>1925,45 €/leto</b>			
Letni stroški porabe el. energije računano na enoto prebivalca:		3,85 €/PE	1DAN		
<b>STROŠKI ODVOZA IN ČIŠČENJA BLATA IZ ČN</b>					
Delovno vozilo z voznikom	46,3 €/h	46,30 €	št. ciklov na dan:		4
Delavec kanalizir	11,13 €/h	11,13 €	čas delovanja puhal:		816 min 13,60 h
Čiščenje blata	31,2 €/m <sup>3</sup>	1560,00 €	Čas delovanja črpalke:		240 min 4,00 h
<b>Stroški odvoza in čiščenja blata iz ČN 1x letno</b>		<b>1617,43 €</b>	Čas delovanja črpalke za iztok:		240 min 4,00 h
			Vms=	50 m <sup>3</sup>	
<b>Skupaj letni obratovalni stroški</b>		<b>3542,88 €</b>			
Skupaj letni obratovalni stroški na prebivalca		7,09 €			

## PRILOGA D: KONFIGURACIJA STROŠKOV ZA SBR 500 PE

### KONFIGURATOR BIOLOŠKE ČISTILNE NAPRAVE SBR-REG

Objekt:	ČN SBR REG 500 z vso opremo
Kraj:	
Naročnik:	Ponudba
Datum ponudbe:	6.2.2014
Veljavnost ponudbe:	60 dni
Dobavni rok:	8-12 tednov
Opombe:	OPREMO SE DA ZNIŽATI ZA POLOVICO CENE Z ZAMENJAVO OZIROMA IZBIRO DRUGEGA TIPA OPREMO SE DA ČRTATI IZ ČN, SAJ BISTVENO NE UPLIVA NA FUNKCIONALNOST NAPRAVE

ZAP. ŠT.	ELEMENT	OPIS ELEMETA	EM	KOLIČINA	PRODAJNA CENA	RABAT [%]	ZNESEK
<b>1.</b>	<b>MEHANSKO PREDČIŠČENJE</b>		kpl	<b>1</b>			<b>33.309,80€</b>
1.1	PESKOLOV	Posoda iz poliestra fi 1000 x 3500 mm	kpl	1,00	2.291,16 €	-	2.291,16 €
1.2	ZASUN	Nožasti zasun DN 200	kpl	1,00	520,00 €	-	520,00 €
1.3	KINETA	/	kpl	-	- €	-	- €
1.4	ČRPALNA KOMORA	Posoda iz poliestra fi 2000 x 4000 mm	kpl	1,00	4.614,37 €	-	4.614,37 €
1.5	ČRPALKA	Črpalka WIL0 FA081	kpl	2,00	2.734,73 €	-	5.469,46 €
1.6	TLAČNI VOD	Tlačni vod iz inox AISI 304 DN80, 4000 mm (2xnepovratni ventil, 2xzasun, združevne hlače, pritrdilni in tesnilni material)	kpl	1,00	1.827,80 €	-	1.827,80 €
1.7	VSTOPNA ODPRTINA	Vstopna odprtina iz poliestra kot npr. Fibrolux	m <sup>2</sup>	2,00	280,00 €	-	560,00 €
1.8	GRABLJE	Mehanske grablje, poline s kompaktorjem, perforacija 3 mm, vertikalne (npr. Mainz MD3V)	kpl	1,00	17.000,00 €	-	17.000,00 €
1.9	GRABLJE	Sistem neskončnih vrac - manjši	kpl	1,00	715,00 €	-	715,00 €
1.10	ZABOJNIK ZA ODPADKE	Zabojnik za odpadke, 240 L	kpl	1,00	312,00 €	-	312,00 €
<b>2.</b>	<b>MASČOBNIK</b>		kpl	<b>1</b>			<b>- €</b>
<b>3.</b>	<b>MASČOBNIK/ZADRŽEVALNI BAZEN/ZALOGOVIK BLATA</b>		kpl	<b>1</b>			<b>24.162,56€</b>
3.1	POSODA	Posoda iz poliestra fi 2400 x 13500 mm	kpl	1,00	20.387,83 €	-	20.387,83 €
3.2	VSTOPNA ODPRTINA	Vstopna odprtina iz poliestra kot npr. Fibrolux	m <sup>2</sup>	4,00	260,00 €	-	1.040,00 €
3.3	ČRPALKA	Črpalka WIL0 FA081	kpl	1,00	2.734,73 €	-	2.734,73 €
3.4	TLAČNI VOD	Tlačni vod DN80 iz inox AISI 304, 6000 mm	kpl	1,00	684,02 €	-	684,02 €
<b>4.</b>	<b>BIOLOŠKI REAKTOR</b>		kpl	<b>1</b>			<b>36.783,78€</b>
4.1	POSODA	Posoda iz poliestra fi 2400 x 13500 mm	kpl	1,00	20.387,83 €	-	20.387,83 €
4.2	VSTOPNA ODPRTINA	Vstopna odprtina iz poliestra kot npr. Fibrolux	m <sup>2</sup>	5,00	260,00 €	-	1.300,00 €
4.3	VPIHAVANJE ZRAKA	Puhalo FPZ SCL K07 MS, 4,0 kW	kpl	1,00	2.775,00 €	-	2.775,00 €
4.4	VPIHAVANJE ZRAKA	Krožnik za vpihavanje zraka fi 300 s cevnim razvodom	kom	40,00	78,00 €	-	3.120,00 €
4.5	MESALO	Elektromotorno mešalo tip Regeneracija, enojno vpetje	kpl	1,00	2.210,00 €	-	2.210,00 €
4.6	IZTOČNI PRELIV	Elektromotorni žleb tip Regeneracija (npr. pogon Auma)	kpl	1,00	4.810,00 €	-	4.810,00 €
4.7	ČRPALKA ZA ODVEČNO BLATO	Črpalka Pedrollo VKM 8/35	kpl	1,00	273,00 €	-	273,00 €
4.8	TLAČNI VOD	Tlačni vod DN40 iz inox AISI 304, 6000 mm	kpl	1,00	409,88 €	-	409,88 €
4.9	IZTOČNI JAŠEK	Posoda iz poliestra fi 1000 x 2000 mm	kpl	1,00	1.498,07 €	-	1.498,07 €
<b>5.</b>	<b>ZALOGOVIK BLATA</b>		kpl	<b>1</b>			<b>- €</b>
<b>6.</b>	<b>ELEKTRO-MERILNA OPREMA</b>		kpl	<b>1</b>			<b>31.651,93€</b>
6.1	KRMLINA OMARICA	Krmlina omarica od 200 do 500PE, telemetrija	kpl	1,00	22.500,00 €	-	22.500,00 €
6.2	PLOVNA STIKALA	Plovno stikalo	kpl	4,00	100,00 €	-	400,00 €
6.3	MERJENJE NIVOJA	UV merilec nivoja (npr. Siemens)	kpl	1,00	841,75 €	-	841,75 €
6.4	MERJENJE NIVOJA	Hidrostatski merilec nivoja (npr. Siemens)	kpl	1,00	434,98 €	-	434,98 €
6.5	MERJENJE O <sub>2</sub>	Sonda za merjenje vsebnosti kisika (npr. Hach - Lange)	kpl	1,00	1.294,80 €	-	1.294,80 €
6.6	MERJENJE PH	Sonda za merjenje PH vrednosti (npr. Hach - Lange)	kpl	1,00	832,65 €	-	832,65 €
6.7	MERJENJE PREVODNOSTI	Sonda za merjenje prevodnosti (npr. Hach - Lange)	kpl	1,00	607,43 €	-	607,43 €
6.8	MERJENJE PRETOKA	Elektromagnetni merilec pretoka DN 80, montažno/demontažni kos, sporni elementi	kpl	1,00	2.460,77 €	-	2.460,77 €
6.9	KONTROLER MERILNE OPREME	Kontroler merilne opreme (npr. Hach - Lange SC 1000)	kpl	1,00	2.279,55 €	-	2.279,55 €
<b>7.</b>	<b>UV DEZINFEKCIJA</b>		kpl	<b>1</b>			<b>- €</b>
7.1	AKUMULACIJSKA POSODA	/	kpl	-	- €	-	- €
7.2	AKUMULACIJSKA POSODA	/	kpl	-	- €	-	- €
7.3	UV DEZINFEKCIJSKA NAPRAVA	/	kpl	-	- €	-	- €
<b>8.</b>	<b>DEHIDRACIJA BLATA</b>		kpl				<b>- €</b>
8.1	DEHIDRACIJA BLATA	/	kpl	-	- €	-	- €
<b>9.</b>	<b>OKOLICA ČN</b>		kpl				<b>13.860,00€</b>
9.1	ZABOJNIK	Dobava in postavitve upravne stavbe (pisarniški zabojnik) fco. Gradbišče Slovenija	m <sup>2</sup>	22,00	630,00 €	-	13.860,00 €
9.2	OGRAJA IN VRATA	/	m	-	- €	-	- €
9.3	OGRAJA IN VRATA	/	m	-	- €	-	- €
10.1	GRADBENA DELA	/	m <sup>3</sup>	-	- €	-	- €
10.2	GRADBENA DELA	/	m <sup>3</sup>	-	- €	-	- €
10.3	GRADBENA DELA	/	m <sup>3</sup>	-	- €	-	- €
<b>11.</b>	<b>PARITETA, MONTAŽA, ZAGON, OBRATOVANJE</b>		kpl	<b>1</b>			<b>15.000,00€</b>
11.1	PARITETA	/	kpl	-	- €	-	- €
11.3	MONTAŽA NA TERENU	Dobava in montaža ter priklop opreme na terenu (zajet drobnih cevi in pritrdilni material)	kpl	1,00	11.200,00 €	-	11.200,00 €
11.4	PRIKLOP IN ZAGON	Priklop in zagon	kpl	1,00	1.100,00 €	-	1.100,00 €
11.5	POSKUSNO OBRATOVANJE	Poskusno obratovanje, po vzpostavitvi normalnega delovanja ČN (5-10 tednov od zagona) se izvedejo tri neuradne meritve ter uradne prve meritve o delovanju ČN, stroški odvoza stranskih produktov ČN niso vključeni v ceno.	kpl	1,00	2.700,00 €	-	2.700,00 €
<b>12.</b>	<b>PROJEKTNÁ DOKUMENTACIJA</b>		kpl	<b>1</b>			<b>2.000,00€</b>
12.1	PROJEKTNÁ DOKUMENTACIJA	/	kpl	1,00	2.000,00 €	-	2.000,00 €
<b>Vsota</b>							<b>157.110,07€</b>

## PRILOGA E: KONFIGURACIJA STROŠKOV ZA SBR 1000 PE

## KONFIGURATOR BIOLOŠKE ČISTILNE NAPRAVE SBR-REG

Objekt:	ČN SBR REG 1000 z vso opremo
Kraj:	
Naročnik:	Ponudba
Datum ponudbe:	6.2.2014
Veljavnost ponudbe:	60 dni
Dobavni rok:	8-12 tednov
Opombe:	OPREMO SE DA ZNIŽATI ZA POLOVICO CENE Z ZAMENJAVO OZIROMA IZBIRO DRUGEGA TIPA OPREMO SE DA ČRTATI IZ ČN, SAJ BISTVENO NE UPLIVA NA FUNKCIONALNOST NAPRAVE

ZAP. ŠT.	ELEMENT	OPIS ELEMETA	EM	KOLIČINA	PRODAJNA CENA	RABAT [%]	ZNESEK
<b>1.</b>	<b>MEHANSKO PREDČIŠČENJE</b>		kpl	<b>1</b>			<b>33.309,80€</b>
1.1	PESKOLOV	Posoda iz poliestra fi 1000 x 3500 mm	kpl	1,00	2.291,16 €	-	2.291,16 €
1.2	ZASUN	Nožasti zasun DN 200	kpl	1,00	520,00 €	-	520,00 €
1.3	KINETA	/	kpl	-	- €	-	- €
1.4	ČRPALNA KOMORA	Posoda iz poliestra fi 2000 x 4000 mm	kpl	1,00	4.614,37 €	-	4.614,37 €
1.5	ČRPALKA	Črpalka WILO FA081	kpl	2,00	2.734,73 €	-	5.469,46 €
1.6	TLAČNI VOD	Tlačni vod iz inox AISI 304 DN80, 4000 mm (2xnepovratni ventili, 2zasun, združevalne hlače, pritrdilni in tesnilni material)	kpl	1,00	1.827,80 €	-	1.827,80 €
1.7	VSTOPNA ODPRTINA	Vstopna odprtina iz poliestra kot npr. Fibrolux	m <sup>2</sup>	2,00	280,00 €	-	560,00 €
1.8	GRABLJE	Mehanske grablje, pošne s kompaktorjem, perforacija 3 mm, vertikalne (opr. Mand MID3V)	kpl	1,00	17.000,00 €	-	17.000,00 €
1.9	GRABLJE	Sistem neskončnih vreč - manjši	kpl	1,00	715,00 €	-	715,00 €
1.10	ZABOJNIK ZA ODPADKE	Zabojnik za odpadke, 240 L	kpl	1,00	312,00 €	-	312,00 €
<b>2.</b>	<b>MAŠČOBNIK</b>		kpl	<b>1</b>			<b>- €</b>
<b>3.</b>	<b>MAŠČOBNIK/ZADRŽEVALNI BAZEN/ZALOGOVNIK BLATA</b>		kpl	<b>1</b>			<b>26.897,29€</b>
3.1	POSODA	Posoda iz poliestra fi 2400 x 13500 mm	kpl	1,00	20.387,83 €	-	20.387,83 €
3.2	VSTOPNA ODPRTINA	Vstopna odprtina iz poliestra kot npr. Fibrolux	m <sup>2</sup>	4,00	260,00 €	-	1.040,00 €
3.3	ČRPALKA	Črpalka WILO FA081	kpl	2,00	2.734,73 €	-	5.469,46 €
3.4	TLAČNI VOD	Tlačni vod DN80 iz inox AISI 304, 6000 mm	kpl	2,00	684,02 €	-	1.368,04 €
<b>4.</b>	<b>BIOLOŠKI REAKTOR</b>		kpl	<b>2</b>			<b>73.629,48€</b>
4.1	POSODA	Posoda iz poliestra fi 2400 x 13500 mm	kpl	2,00	20.387,83 €	-	40.775,66 €
4.2	VSTOPNA ODPRTINA	Vstopna odprtina iz poliestra kot npr. Fibrolux	m <sup>2</sup>	10,00	260,00 €	-	2.600,00 €
4.3	VPIHAVANJE ZRAKA	Puhalo FP2 SCL K07 M5, 4,0 kW	kpl	2,00	2.775,00 €	-	5.550,00 €
4.4	VPIHAVANJE ZRAKA	Kročnik za vpihavanje zraka fi 300 s cevni razvodom	kom	100,00	78,00 €	-	7.800,00 €
4.5	MESALO	Elektromotorno mešalo tip Regeneracija, enojno vpetje	kpl	2,00	2.210,00 €	-	4.420,00 €
4.6	IZTOČNI PRELIV	Elektromotorni žleb tip Regeneracija (npr. pogon Auma)	kpl	2,00	4.810,00 €	-	9.620,00 €
4.7	ČRPALKA ZA ODVEČNO BLATO	Črpalka Pedrollo VM 8/35	kpl	2,00	273,00 €	-	546,00 €
4.8	TLAČNI VOD	Tlačni vod DN40 iz inox AISI 304, 6000 mm	kpl	2,00	409,88 €	-	819,75 €
4.9	IZTOČNI JAŠEK	Posoda iz poliestra fi 1000 x 2000 mm	kpl	1,00	1.498,07 €	-	1.498,07 €
<b>5.</b>	<b>ZALOGOVNIK BLATA</b>		kpl	<b>0</b>			<b>- €</b>
<b>6.</b>	<b>ELEKTRO-MERILNA OPREMA</b>		kpl	<b>1</b>			<b>36.081,71€</b>
6.1	KRMIJNA OMARICA	Krmilna omarica od 500 do 1000PE, telemetrija	kpl	1,00	25.000,00 €	-	25.000,00 €
6.2	PLOVNA STIKALA	Plovno stikalo	kpl	6,00	100,00 €	-	600,00 €
6.3	MERJENJE NIVOJA	UV merilec nivoja (npr. Siemens)	kpl	1,00	841,75 €	-	841,75 €
6.4	MERJENJE NIVOJA	Hidrostatski merilec nivoja (npr. Siemens)	kpl	2,00	434,98 €	-	869,96 €
6.5	MERJENJE O <sub>2</sub>	Sonda za merjenje vsebnosti kisika (npr. Hach - Lange)	kpl	2,00	1.294,80 €	-	2.589,60 €
6.6	MERJENJE PH	Sonda za merjenje PH vrednosti (npr. Hach - Lange)	kpl	1,00	832,65 €	-	832,65 €
6.7	MERJENJE PREVODNOSTI	Sonda za merjenje prevodnosti (npr. Hach - Lange)	kpl	1,00	607,43 €	-	607,43 €
6.8	MERJENJE PRETOKA	Elektromagnetni merilec pretoka DN 80, montažno/demontažni kos, spojni elementi	kpl	1,00	2.460,77 €	-	2.460,77 €
6.9	KONTROLER MERILNE OPREME	Kontroler merilne opreme (npr. Hach - Lange SC 1000)	kpl	1,00	2.279,55 €	-	2.279,55 €
<b>7.</b>	<b>UV DEZINFUKCIJA</b>		kpl	<b>1</b>			<b>- €</b>
7.1	AKUMULACIJSKA POSODA	/	kpl	-	- €	-	- €
7.2	AKUMULACIJSKA POSODA	/	kpl	-	- €	-	- €
7.3	UV DEZINFUKCIJSKA NAPRAVA	/	kpl	-	- €	-	- €
<b>8.</b>	<b>DEHIDRACIJA BLATA</b>		kpl				<b>- €</b>
8.1	DEHIDRACIJA BLATA	/	kpl	-	- €	-	- €
<b>9.</b>	<b>OKOLICA ČN</b>		kpl				<b>13.860,00€</b>
9.1	ZABOJNIK	Dobava in postavitve upravne stavbe (pisarniški zabojnik) fco. Gradbišče Slovenija	m <sup>3</sup>	22,00	630,00 €	-	13.860,00 €
9.2	OGRAJA IN VRATA	/	m	-	- €	-	- €
9.3	OGRAJA IN VRATA	/	kpl	-	- €	-	- €
10.1	GRADBENA DELA	/	m <sup>3</sup>	-	- €	-	- €
10.2	GRADBENA DELA	/	m <sup>3</sup>	-	- €	-	- €
10.3	GRADBENA DELA	/	m <sup>3</sup>	-	- €	-	- €
<b>11.</b>	<b>PARITETA, MONTAŽA, ZAGON, OBRATOVANJE</b>		kpl	<b>1</b>			<b>18.490,00€</b>
11.1	PARITETA	/	kpl	-	- €	-	- €
11.3	MONTAŽA NA TERENU	Dobava in montaža ter priklop opreme na terenu (zajet drobnimi cevi in pritrdilni material)	kpl	1,00	14.400,00 €	-	14.400,00 €
11.4	PRIKLOP IN ZAGON	Priklop in zagon	kpl	1,00	1.210,00 €	-	1.210,00 €
11.5	POSKUSNO OBRATOVANJE	Poskusno obratovanje, po vzpostavitvi normalnega delovanja ČN (5-10 tednov od zagona) se izvedejo tri neuradne meritve ter uradne dve meritvi o delovanju ČN, stroški odvoza stranskih produktov ČN niso vključeni v ceno.	kpl	1,00	2.880,00 €	-	2.880,00 €
<b>12.</b>	<b>PROJEKTNJA DOKUMENTACIJA</b>		kpl	<b>1</b>			<b>2.300,00€</b>
12.1	PROJEKTNJA DOKUMENTACIJA	/	kpl	1,00	2.300,00 €	-	2.300,00 €
<b>Vsota</b>							<b>205.252,30 €</b>

## PRILOGA F: KONFIGURACIJA STROŠKOV ZA SBR 2000 PE

## KONFIGURATOR BIOLOŠKE ČISTILNE NAPRAVE SBR-REG

Objekt:	ČN SBR REG 2000 z vso opremo
Kraj:	
Naročnik:	Ponudba
Datum ponudbe:	6.2.2014
Veljavnost ponudbe:	60 dni
Dobavni rok:	8-12 tednov
Opombe:	OPREMO SE DA ZNIŽATI ZA POLOVICO CENE Z ZAMENJAVO OZIROMA IZBIRO DRUGEGA TIPA OPREMO SE DA ČRTATI IZ ČN, SAJ BISTVENO NE UPLIVA NA FUNKCIONALNOST NAPRAVE

ZAP. ŠT.	ELEMENT	OPIS ELEMETA	EM	KOLIČINA	PRODAJNA CENA	RABAT [%]	ZNESEK
1.	<b>MEHANSKO PREDČIŠČENJE</b>		kpl	1			51.417,44€
1.1	PESKOLOV	Posoda iz poliestra fi 1000 x 3500 mm	kpl	1,00	2.291,16 €	-	2.291,16 €
1.2	ZASUN	Nožasti zasun DN 200	kpl	1,00	520,00 €	-	520,00 €
1.3	KINETA	/	kpl	-	- €	-	- €
1.4	ČRPALNA KOMORA	Posoda iz poliestra fi 2400 x 5000 mm	kpl	1,00	7.209,96 €	-	7.209,96 €
1.5	ČRPALKA	Črpalka WILO FA081	kpl	2,00	3.155,46 €	-	6.310,92 €
1.6	TLAČNI VOD	Tlačni vod iz inox AISI 304 DN80 reduciran na DN100, 5000 mm (2xnepovratni ventili, 2xzasun, združitevne hlače, pritriljni in tesnilni materiali)	kpl	1,00	1.999,40 €	-	1.999,40 €
1.7	VSTOPNA ODPRTINA	Vstopna odprtina iz poliestra kot npr. Fibrolux	m <sup>2</sup>	3,00	280,00 €	-	840,00 €
1.8	GRABLJE	Mehanske grablje, polne s kompaktorjem, perforacija 3 mm, vertikalne (npr. ROK4)	kpl	1,00	30.400,00 €	-	30.400,00 €
1.9	GRABLJE	Sistem neskončnih vreč - veči	kpl	1,00	1.430,00 €	-	1.430,00 €
1.10	ZABOJNIK ZA ODPADKE	Zabojnik za odpadke, pocinkan 550 L	kpl	1,00	416,00 €	-	416,00 €
2.	<b>MAŠČOBNIK</b>		kpl	1			- €
3.	<b>MAŠČOBNIK/ZADRŽEVALNI BAZEN/ZALOGOVNIK BLATA</b>		kpl	1			25.458,58€
3.1	POSODA	Posoda iz poliestra fi 3000 x 8000 mm	kpl	1,00	16.214,39 €	-	16.214,39 €
3.2	VSTOPNA ODPRTINA	Vstopna odprtina iz poliestra kot npr. Fibrolux	m <sup>2</sup>	4,00	260,00 €	-	1.040,00 €
3.3	ČRPALKA	Črpalka WILO FA081	kpl	3,00	2.734,73 €	-	8.204,20 €
3.4	TLAČNI VOD	Tlačni vod DN80 iz inox AISI 304, 8000 mm	kpl	3,00	738,62 €	-	2.215,86 €
4.	<b>BIOLOŠKI REAKTOR</b>		kpl	3			138.617,22€
4.1	POSODA	Posoda iz poliestra fi 3000 x 13500 mm	kpl	3,00	25.907,77 €	-	77.723,32 €
4.2	VSTOPNA ODPRTINA	Vstopna odprtina iz poliestra kot npr. Fibrolux	m <sup>2</sup>	20,00	260,00 €	-	5.200,00 €
4.3	VPIHAVANJE ZRAKA	Puhalo FP2 SCL K08 M5, 5,5 kW	kpl	3,00	3.450,00 €	-	10.350,00 €
4.4	VPIHAVANJE ZRAKA	Krožnik za vpihavanje zraka fi 300 s cevnim razvodom	kom	210,00	78,00 €	-	16.380,00 €
4.5	MESALO	Elektromotorno mešalo tip Regeneracija, enoaino vpetje	kpl	3,00	2.380,00 €	-	7.140,00 €
4.6	IZTOČNI PRELIV	Elektromotorni žleb tip Regeneracija (npr. pogon Auma)	kpl	3,00	5.180,00 €	-	15.540,00 €
4.7	ČRPALKA ZA ODVEČNO BLATO	Črpalka Pedrollo 20/70	kpl	3,00	838,50 €	-	2.515,50 €
4.8	TLAČNI VOD	Tlačni vod DN80 iz inox AISI 304, 8000 mm	kpl	2,00	738,62 €	-	1.477,24 €
4.9	IZTOČNI JAŠEK	Posoda iz poliestra fi 1000 x 3500 mm	kpl	1,00	2.291,16 €	-	2.291,16 €
5.	<b>ZALOGOVNIK BLATA</b>	Posoda fi 3000 x 7000 mm	kpl	1	18.523,00 €	-	10.000,00€
6.	<b>KAMILNA OGMARICA</b>		kpl	1			50.511,49€
6.1	KAMILNA OGMARICA	Kamila omara od 2000 do 3000PE, telemetrija	kpl	1,00	37.500,00 €	-	37.500,00 €
6.2	PLOVNA STIKALA	Plovno stikalo	kpl	8,00	100,00 €	-	800,00 €
6.3	MERJENJE NIVOJA	UV merilec nivoja (npr. Siemens)	kpl	1,00	841,75 €	-	841,75 €
6.4	MERJENJE NIVOJA	Hidrostatski merilec nivoja (npr. Siemens)	kpl	3,00	434,98 €	-	1.304,94 €
6.5	MERJENJE O <sub>2</sub>	Sonda za merjenje vsebnosti kisika (npr. Hach - Lange)	kpl	3,00	1.294,80 €	-	3.884,40 €
6.6	MERJENJE PH	Sonda za merjenje pH vrednosti (npr. Hach - Lange)	kpl	1,00	831,65 €	-	831,65 €
6.7	MERJENJE PREDVODNOSTI	Sonda za merjenje prevodnosti (npr. Hach - Lange)	kpl	1,00	607,43 €	-	607,43 €
6.8	MERJENJE PRETOKA	Elektromagnetni merilec pretoka DN 80, montažno/demontažni kos, spozni elementi	kpl	1,00	2.460,77 €	-	2.460,77 €
6.9	KONTROLER MERILNE OPREME	Kontroler merilne opreme (npr. Hach - Lange SC 1000)	kpl	1,00	2.279,55 €	-	2.279,55 €
7.	<b>UV DEZINFEKCIJA</b>		kpl	1			- €
7.1	AKUMULACIJSKA POSODA	/	kpl	-	- €	-	- €
7.2	AKUMULACIJSKA POSODA	/	kpl	-	- €	-	- €
7.3	UV DEZINFEKCIJSKA NAPRAVA	/	kpl	-	- €	-	- €
8.	<b>DEHIDRACIJA BLATA</b>		kpl				- €
8.1	DEHIDRACIJA BLATA	/	kpl	-	- €	-	- €
9.	<b>OKOLICA ČN</b>		kpl				17.640,00€
9.1	ZABOJNIK	Dobava in postavitev upravne stavbe (pisarniški zabojnik) fco. Gradbišče Slovenija	m <sup>2</sup>	28,00	630,00 €	-	17.640,00 €
9.2	OGRAJA IN VRATA	/	m	-	- €	-	- €
9.3	OGRAJA IN VRATA	/	kpl	-	- €	-	- €
10.1	GRADBENA DELA	/	m3	-	- €	-	- €
10.2	GRADBENA DELA	/	m3	-	- €	-	- €
10.3	GRADBENA DELA	/	m3	-	- €	-	- €
11.	<b>PARITETA, MONTAŽA, ZAGON, OBRATOVANJE</b>		kpl	1			21.910,00€
11.1	PARITETA	/	kpl	-	- €	-	- €
11.3	MONTAŽA NA TERENU	Dobava in montaža ter priklop opreme na terenu (zajet drobnih cevni in pritriljni material)	kpl	1,00	17.600,00 €	-	17.600,00 €
11.4	PRIKLOP IN ZAGON	Priklop in zagon	kpl	1,00	1.430,00 €	-	1.430,00 €
11.5	POSKUSNO OBRATOVANJE	Poskusno obratovanje; po vzpostavitvi normalnega delovanja ČN (5-10 tednov od zagona) se izvedejo tri neuradne meritve ter uradne dve meritvi o delovanju ČN; stroški odvoza stranskih produktov ČN niso vključeni v ceno.	kpl	1,00	2.880,00 €	-	2.880,00 €
12.	<b>PROJEKTA DOKUMENTACIJA</b>		kpl	1			2.300,00€
12.1	PROJEKTA DOKUMENTACIJA	/	kpl	1,00	2.300,00 €	-	2.300,00 €
<b>Vsota</b>							<b>313.962,66 €</b>