

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:

Humerca, G., 2016. Optimizacija oskrbe z vodo počitniške hiše na otoku Silba. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Drev, D.): 62 str.

<http://drugg.fgg.uni-lj.si/5802/>

Datum arhiviranja: 18-10-2016

University
of Ljubljana

Faculty of
*Civil and Geodetic
Engineering*



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

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

This is original version of final thesis.

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

Humerca, G., 2016. Optimizacija oskrbe z vodo počitniške hiše na otoku Silba. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Drev, D.): 62 pp.

<http://drugg.fgg.uni-lj.si/5802/>

Archiving Date: 18-10-2016

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



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

UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI
PROGRAM VODARSTVO IN
KOMUNALNO INŽENIRSTVO

Kandidatka:

GABRIJELA HUMERCA

**OPTIMIZACIJA OSKRBE Z VODO POČITNIŠKE HIŠE
NA OTOKU SILBA**

Diplomska naloga št.: 323/VKI

**WATER SUPPLY OPTIMIZATION OF SUMMER
HOUSE ON ISLAND SILBA**

Graduation thesis No.: 323/VKI

Mentor:

doc. dr. Darko Drev

Ljubljana, 13. 09. 2016

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

» Ta stran je namenoma prazna.«

Spodaj podpisana študentka Gabrijela Humerca, vpisna številka 26300025, avtorica pisnega zaključnega dela študija z naslovom: Optimizacija oskrbe z vodo počitniške hiše na otoku Silba,

IZJAVLJAM

1. *Obkrožite eno od variant a) ali b)*

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

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

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

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

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

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

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

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

V: Ljubljana

Datum: 29. 08. 2016

Podpis študentke:



BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN Z IZVLEČKOM

UDK:	628.1(043.2)
Avtor:	Gabrijela Humerca
Mentor:	doc. dr. Darko Drev
Naslov:	Optimizacija oskrbe z vodo počitniške hiše na otoku Silba
Tip dokumenta:	Diplomska naloga – univerzitetni študij
Obseg in oprema:	62 str., 12 pregl., 30 sl.
Ključne besede:	deževnica, siva voda, rastlinska čistilna naprava, ponovna uporaba vode

IZVLEČEK

Voda je zelo pomembna, če ne kar najpomembnejša naravna dobrina, saj si življenja brez vode ne moremo predstavljati. Varčevanje z njo že dolgo ne pomeni več samo zapiranje pipe, medtem ko si umivamo zobe. Pomembnost te dobrine nas vedno bolj sili k iskanju novih rešitev pridobivanja, varčevanja, izkoriščanja in ponovne uporabe. Še posebej pomembna je na območjih, kjer ni vodovoda in kanalizacije in je potrebno oskrbo z vodo zagotoviti na drugačen način. Težave s pridobivanjem in oskrbo se tako največkrat pojavijo na odročnih krajih, otokih, gorskih postojankah. Na hrvaškem otoku Silba je varčevanje z vodo prisotno že od zmeraj. Večina prebivalcev ima vzpostavljen sistem za zbiranje deževnice, kar pa velikokrat ne predstavlja zadostne količine vode za oskrbo čez celo leto. Za dotično počitniško hišo smo poskušali najti najbolj optimalno rešitev oskrbe z vodo. Po našem mnenju je najbolj celovita rešitev, ki bi pozitivno pripomogla tudi k ohranjanju narave, postavitev rastlinske čistilne naprave. Za hišo je dovolj prostora za postavitev, stroški vzdrževanja so nizki, prečiščeno odpadno vodo pa bi nato lahko ponovno uporabili za splakovanje straniščne školjke in za zalivanje vrta.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC:	628.1(043.2)
Author:	Gabrijela Humerca
Supervisor:	Assist. Prof. Darko Drev, Ph.D.
Title:	Water supply optimization of summer house on island Silba
Document type:	Graduation Thesis – University studies
Notes:	62 p., 12 tab., 30 fig.
Key words:	rainwater, grey water, constructed wetland, water reuse

ABSTRACT

Water is a very important, if not the most important natural resource. We cannot imagine life without it, still we are at the point where we have to find new solutions for saving, exploitation and reuse of water. Closing the tap while brushing our teeth simply just isn't good enough any more. Water conservation is a big challenge and is especially important in areas where water supply and sewage systems are not installed so the water has to be provided in an alternative way. Therefore problems with water supply often occur in remote areas, islands, mountain huts. On the Croatian island Silba saving water is something very common. Most houses have a system for collecting rainwater, but that is often not enough, since the water usage well exceeds the size of simple water tanks. We set out to find the optimal solution for improving water conservation and reuse in a summer house. It is our opinion that the most comprehensive solution which would also make a positive impact on nature would be to build a constructed wetland. In vicinity of the house there is enough space for the installation, furthermore maintenance costs are low and treated wastewater could be reused for flushing the toilet and watering the garden.

» Ta stran je namenoma prazna.«

ZAHVALA

Ob tej priložnosti bi se rada zahvalila mentorju, doc. dr. Darku Drevu, da mi je omogočil izdelavo diplomske naloge ter za pomoč pri izvedbi.

Zahvaljujem se Savini, ki mi je stala ob strani, verjela vame in mi pomagala z nasveti. Zahvaljujem se tudi družini za vso materialno in moralno podporo tekom celotnega študija.

Hvala tudi vsem ostalim, ki ste kakorkoli pripomogli k nastanku diplomskega dela in dokončanju študija.

KAZALO

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN Z IZVLEČKOM	IV
BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT	V
ZAHVALA	VII
KAZALO PREGLEDNIC	X
KAZALO SLIK	XI
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	XIII
1 UVOD	1
2 VODA	2
2.1 Sestava in lastnosti vode.....	2
2.1.1 Struktura	2
2.1.2 Gostota.....	3
2.1.3 Površinska napetost	3
2.1.4 Specifična toplota	4
2.1.5 Topnost.....	4
2.1.6 pH.....	5
2.1.7 Trdota	6
2.2 Pitna voda.....	6
2.3 Odpadna voda.....	8
2.3.1 Komunalne odpadne vode	8
2.3.2 Tehnološke odpadne vode	9
2.3.3 Meteorne odpadne vode.....	10
2.3.4 Siva voda	10
2.3.5 Črna voda.....	11
2.4 Deževnica.....	12
2. 4. 1 Onesnaženost deževnice	14
3 ZBIRANJE IN SKLADIŠČENJE VODE	16

3.1 Sistem za zbiranje deževnice	16
3.1.1 Lovilna površina.....	17
3.1.2 Filtriranje.....	18
3.1.3 Hranilnik.....	19
4 ČIŠČENJE	21
4.1 Priprava pitne vode.....	21
4.1.1 Filtracija	22
4.1.2 Dezinfekcija	24
4.2 Čiščenje odpadne vode.....	25
4.2.1 Predhodno čiščenje.....	26
4.2.2 Biološko čiščenje.....	26
4.2.3 Male komunalne čistilne naprave.....	28
4.2.4 Rastlinska čistilna naprava	29
5 PONOVA UPORABA VODE	32
5.1 Kompaktni reaktorski sistem	33
6 OBSTOJEČE STANJE POČITNIŠKE HIŠE NA SILBI.....	35
6.1 Splošno o otoku Silba	35
6.2 Obstoječe stanje oskrbe z vodo počitniške hiše	36
7 OPTIMIZACIJA OSKRBE Z VODO.....	44
7.1 Celovit predlog optimizacije oskrbe z vodo	48
7.1.1 Tehnične specifikacije.....	50
7.1.2 Opis sestavnih delov in delovanje RČN.....	52
8 ZAKLJUČEK.....	56
VIRI.....	58

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Sestava sive vode glede na izvor (Vir: Greywater Recycling, 2005: str. 12).....	11
Preglednica 2: Vrste in viri patogenih mikroorganizmov (Vir: White in sod., 2007: str. 5).....	15
Preglednica 3: Prednosti in slabosti različnih hranilnikov vode (Vir: The Texas Manual for Rainwater Harvesting, 2005: str. 16)	20
Preglednica 4: Vrste onesnaženja in priporočljiva metoda čiščenja (Vir: Košak, 2014: str. 5).....	21
Preglednica 5: Glavni postopki pri pripravi vode (Vir: Drev, 2011: str. 11)	22
Preglednica 6: Stopnja čiščenja z različnimi tehnologijami (Vir: Drev, 2011: str. 17).....	27
Preglednica 7: Poraba vode na osebo na dan (Vir: Grobovšek, 2007).....	32
Preglednica 8: Količina padavin zadnjih 7 let na otoku Silba (Vir: Državni hidrometeorološki zavod Hrvaške)	36
Preglednica 9: Mejne vrednosti potrebne za vodo, s katero spiramo stranišča (Vir: Greywater Recycling, 2005: str. 13)	45
Preglednica 10: Velikost posameznih gred v RČN.....	51
Preglednica 11: Obremenitev dotoka (povzeto po Vrhovšek, 2010: str. 7)	51
Preglednica 12: Potrebne količine materiala za RČN.....	54

KAZALO SLIK

Slika 1: Spreminjanje volumna ledu in vode s temperaturo (Vir: Smrdu in sod., 2014: str. 142).....	3
Slika 2: Spojina s hidrofobnim in polarnim delom (Vir: Lehninger in sod., 1993: str. 87).....	5
Slika 3: pH nekaterih vodnih tekočin (vir: Lehninger in sod., 1993: str. 93).....	5
Slika 4: Voda, zagotovljena za javni vodovod, po vodnih virih v m ³ na 1000 (vir: Statistični urad Republike Slovenije za leto 2014)	8
Slika 5: Kroženje vode v naravi (Vir: Biotehniška fakulteta).....	13
Slika 6: Sitem za zbiranje deževnice (Vir: Grobovšek, 2005).....	16
Slika 7: Lovilec prvega preliva (Vir: The Texas Manual on Rainwater Harvesting, 2005: str. 9)	18
Slika 8: Primerjava membranskih tehnologij (Vir: Membrane Technologies).....	24
Slika 9: Shema tehnoloških procesov čiščenja na aerobnih bioloških čistilnih napravah (Vir: Drev, 2011: str. 16)	27
Slika 10: Shema konvencionalnega čiščenja odpadne vode z aktivnim blatom (Vir: Roš, 2005: str. 2)	28
Slika 11: Rastlinska čistilna naprava (Vir: Drev, 2011: str. 18).....	30
Slika 12: Shematski prikaz kompaktnega sistema za čiščenje sanitarne odpadne vode in njeno ponovno uporabo (Vir: Vrtovšek, 2011: str. 2).....	34
Slika 13: Cisterna in dotok v cisterno, kjer se nahaja filter	37
Slika 14: Prvi filter pred dotokom deževnice v cisterno.....	37
Slika 15: Merjenje količine vode v cisterni	38
Slika 16: Priprava na kloriranje	38
Slika 17: Kloriranje vode v cisterni.....	39
Slika 18: Priprava filtra z aktivnim ogljem na menjavo	39
Slika 19: Menjava filtra z aktivnim ogljem	40
Slika 20: Cevi in filter z aktivnim ogljem pred vstop v hidrofor.....	40
Slika 21: Zbiranje odpadne vode po pranju perila.....	41
Slika 22: Zunanje korito za pranje posode in spodaj vedro za zbiranje odpadne vode	42
Slika 23: Vedro z odpadno vodo za splakovanje stranišča.....	42
Slika 24: Umivalnik in zbiranje odpadne vode v kopalnici	43
Slika 25: Primer podzemnega zbiralnika vode (Vir: Zbiralnik vode)	45
Slika 26: Hitri peščeni filter (Vir: Peščeni filter).....	46

Slika 27: Granulat klora za dezinfekcijo vode (Vir: lasten).....	47
Slika 28: Hidrofor - črpalka za vodo Grundfos MQ 3-35 (Vir: Črpalka za vodo).....	47
Slika 29: Shema sistema s horizontalnim podpovršinskim tokom (Griessler Bulc, 2013: str. 56).....	49
Slika 30: Shema čiščenja z RČN (vir: Vovk Korže, 2014: str. 38).....	50

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

°N	nemška stopinja; enota za merjenje trdote vode
BPK ₅	biološka potreba po kisiku v petih dneh
HACCP	Hazard Analysis and Critical Control Point System; mednarodna metoda zagotavljanja varne prehrane
KPK	kemijska potreba po kisiku
MF	mikrofiltracija
MKČN	mala komunalna čistilna naprava
N	dušik
NF	nanofiltracija
NTU	nefelometrična turbidimetrična enota; enota za merjenje motnosti
PE	populacijski ekvivalent
RČN	rastlinska čistilna naprava
RO	reverzna osmoza
SS	suspendirane snovi
TOC	celotni organski ogljik
UF	ultrafiltracija

» Ta stran je namenoma prazna.«

1 UVOD

Voda je enostavna kemična spojina sestavljena iz dveh molekul vodika in ene molekule kisika. Velikokrat slišimo, da je voda življenje, vendar ali se res zavedamo pomena te izjave? Najdemo jo lahko skoraj povsod. Na Zemljo pade kar sama od sebe, teče v potokih, rekah, zbira se v jezerih, morjih. Prisotna je tudi v našem telesu, saj sestavlja skoraj dve tretjini človeškega telesa. Možgani so sestavljeni iz 95 %, kri iz 82 % in pljuča iz 90 % vode, vendar pa bi brez vode umrli v parih dneh, saj voda sodeluje v skoraj vseh procesih v telesu. Ravno zato si brez te enostavne spojine le stežka predstavljamo naše vsakodnevno življenje.

Odvisno od letnega časa spreminja svojo obliko. Iz tekočine izhlapi, se spremeni v led ali pa obratno. Nikoli ni pri miru. Majhen naklon jo že poda na pot. Odeče v reke in nato po različnih povodjih v morja. Lahko tudi pronica v tla, kjer je hrana za rastline ali pa samo bogati podtalnico. Ne glede kje na svoji poti se nahaja, pa je voda vedno uporabljena. Včasih jo uporabimo tudi večkrat - za življenje ali pa iz ekonomskih razlogov. Da pa kar najbolje izkoristimo njen potencial pa je potrebna ustrezna tehnologija, investicije, kontrola onesnaženosti, različni pravilniki in zakoni o njeni uporabi, izkoriščanju in seveda učinkovit sistem dobave. Navadno je reka izkoriščena skozi celotno svojo dolžino, še posebej, če teče skozi različne države, saj vsaka hoče kar se da najbolje izkoristiti svoj del. Naj bo to za večje investicije kot so hidroelektrarne, različne industrije ali pa jo izkoriščajo za pitno vodo, namakanje, ribolov, plovbo ...

V času rasti svetovne populacije postaja problem izkoriščanja vode izredno kompleksen. Varčevanje z vodo že dolgo ne pomeni več samo zapiranje pipe medtem, ko si umivamo zobe. Neenakomerna porazdelitev te dobrine po svetu nas še toliko bolj spodbuja k iskanju novih rešitev. Namen diplomske naloge je predstaviti optimalno rešitev oskrbe z vodo počitniške hiše na hrvaškem otoku Silba. Otok sicer velja za enega bolj zelenih otokov na Hrvaškem, vendar tudi tu ni vode v izobilju. Prebivalci in občasni obiskovalci so bolj kot ne odvisni od padavin, saj za oskrbo uporabljajo sisteme za zbiranje deževnice. Kako kar čim bolje izkoristiti naravne danosti, izboljšati že obstoječi sistem in čim manj obremeniti okolje smo poskusili ugotoviti v diplomskem delu.

2 VODA

2.1 Sestava in lastnosti vode

2.1.1 Struktura

Kemično je molekula vode sestavljena iz enega atoma kisika in dveh atomov vodika. Vsak vodikov atom deli s kisikovim atomom en elektronski par, kisik pa ima še dva elektronska para, ki se ne delita. Geometrija vodne molekule je tako odvisna od zunanjih orbital kisikovega atoma (deljenih in nedeljenih elektronskih parov). Kot med vezmi H – O – H je $104,5^\circ$, kar je malce manj, kot kot, ki sestavlja pravilni tetraeder ($109,5^\circ$). (Lehninger in sod., 1993)

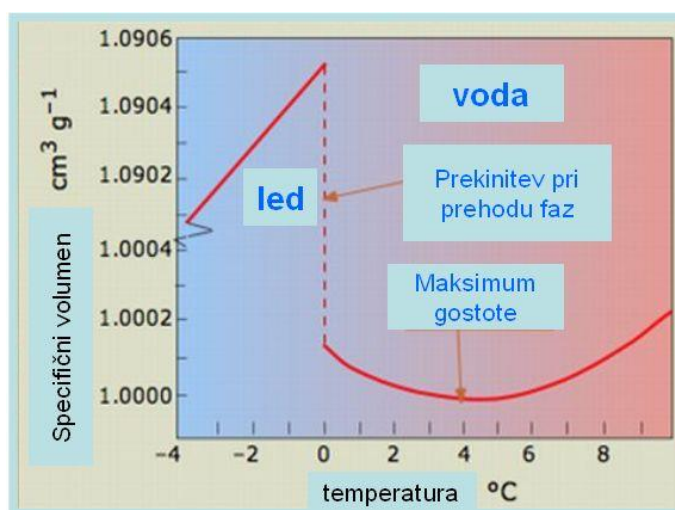
Voda je polarna molekula, saj nastane električni dipolni moment, ko se elektroni bolj približajo kisikovemu atomu in je ta s tem bolj elektronegativen kot vodikov atom. Vodikova atoma sta s kisikovim povezana s kovalentno vezjo. Za to vez je značilno, da se elektroni porazdelijo med atomi. (Grabušnik, 2011)

Jedro kisikovega atoma je negativno nabito in zato z drugimi molekulami vode lahko preko pozitivnega nabitega vodikovega atoma tvori vodikovo vez. Vodikove vezi so šibkejše od kovalentnih vezi. Dovolj je zgolj 20 kJ/mol energije, da jo pretrgamo. Medtem ko je potrebno kar 460 kJ/mol energije, da se pretrga kovalentna vez. Oblika skorajšnjega tetraedra orbital kisikovega atoma dovoljuje, da se tvorijo največ 4 vodikove vezi vodnih molekul. Vodne molekule so v tekočem stanju v stalnem gibanju, kar povzroči, da se vodikove vezi stalno trgajo in vzpostavljajo. V tekočem stanju tako ne izkoristijo vseh štirih vezi. (Lehninger in sod., 1993).

Pri ledu je stvar drugačna. Molekule so fiksne in tvorijo med seboj vse štiri vodikove vezi, ko se povežejo v kristalno zgradbo. Da se pretrga tako veliko število vodikovih vezi v kristalni zgradbi, je potrebno veliko termalne energije, zaradi tega je vrelišče vode tudi tako visoko. Dovedi moramo kar 2256,9 kJ toplote, če želimo upariti 1 kg vode. Pri taljenju pa potrebujemo 336 kJ toplote, da stalimo 1 kilogram vode. (Lehninger in sod., 1993, Grabušnik, 2011)

2.1.2 Gostota

Voda je edina snov, ki se lahko pojavi hkrati kar v treh agregatnih stanjih, kot led, para in tekoča voda. V trdnem agregatnem stanju ima manjšo gostoto kot v tekočem, tako da ima največjo gostoto pri 4 °C. Gostota se pri nižjih temperaturah večja, saj se snovi skrčijo in zgostijo. Zato je voda na dnu hladnejša. Vendar pa to velja samo do temperature 4°C. Nato se, zaradi prisotnosti vodikovih vezi, začne širiti in gostota se zmanjša. Voda je ena redkih snovi, ki ima v trdnem agregatnem stanju manjšo gostoto kot v tekočem. Pri temperaturi ledišča se ji poveča volumen (za približno 9 %), zaradi česar led plava na površini. Zaradi tega fenomena lahko cevi, po katerih se pretaka voda, pri nizkih temperaturah počijo, če niso primerno izolirane.



Slika 1: Spreminjanje volumna ledu in vode s temperaturo (Vir: Smrdu in sod., 2014: str. 142)

2.1.3 Površinska napetost

Voda ima več kot 60 anomalij, zaradi česar ima voda kar nekaj nenavadnih lastnosti. Ena od lastnosti vode je tudi površinska napetost vode. Molekule vode v notranjosti kapljice privlačijo druge molekule v vse smeri prostora z vodikovimi vezmi, površinske molekule vode pa z molekulami zraka ne morejo tvoriti vodikovih vezi. Zaradi razlike med silami, ki delujejo med molekulami vode, v notranjosti kapljice nastane površinska napetost. (Smrdu in sod, 2014)

2.1.4 Specifična toplota

Voda ima tudi nenavadno visoko specifično toplotu. Specifična toplota je toplota, ki je potrebna, da se 1 kg snovi segreje za en Kelvin. Specifična toplota vode znaša 4184 J/kgK, železa 440 J/kgK, aluminija 900 J/kgK, ledu 2100 J/kgK in vodne pare 2000 J/kgK. Primerjava različnih snovi nam pokaže, da je potrebno veliko več energije, da segrejemo ali ohladimo vodo, kot je to potrebno pri ostalih snoveh. Tudi to lastnost povzročajo vodikove vezi med molekulami vode (Grabušnik, 2011). Posledica tega je, da lahko voda ohranja toploto dlje, kot večina drugih sestavin geografskega okolja in se počasi ohlaja. Temperatura vode niha manj kot temperatura kopnega zemeljskega površja.

2.1.5 Topnost

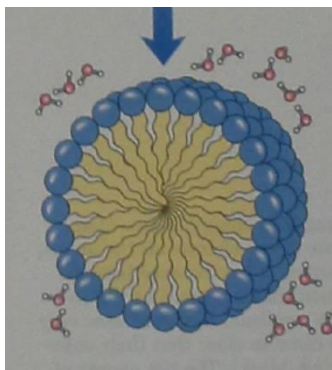
Alkoholi, aldehidi, ketoni vsi tvorijo z vodo vodikove vezi in so navadno topni v vodi. Sladkorji se, predvsem zaradi stabilizacijskega učinka vodikovih vezi, prav tako raztopijo v vodi. Voda je polarno topilo. Raztopi skoraj vse biomolekule, ki so brez naboja in vse polarne spojine. Najlažje se v vodi raztopijo hidrofilne spojine. V nasprotju je nepolarno topilo, kot sta kloroform in benzen, slabo topilo za polarne biomolekule, vendar z lahkoto raztopi lipide in voske. Voda raztaplja tudi soli, kot je natrijev klorid. Obda in stabilizira Na^+ in Cl^- ione, s čimer oslabi njihove medsebojne elektrostatske interakcije, kar pa onemogoči njihovo združevanje v kristalno strukturo. V vodi so zaradi istega razloga topne tudi spojine s funkcionalnimi skupinami: $-\text{COO}^-$, $-\text{NH}_3^+$ in estri. (Lehninger in sod., 1993)

Voda je zelo dobro topilo, zato vsebuje številne organske in anorganske snovi. Ta lastnost ji omogoča, da prenaša raztopljenih hranila v biosferi (npr. fosfor). Prenaša pa lahko tudi številna onesnažila naravnega ali antropogenega izvora (pesticidi, umetna gnojila, težke kovine, fenoli itd). (Rižanski vodovod Koper)

Biološko najbolj pomembni plini CO_2 , O_2 in N_2 so nepolarne. Posledično so slabo topni v vodi. Nekateri organizmi imajo zato vodotopne proteine prenašalce (hemoglobin, mioglobin), ki omogočajo transport kisika po organizmu. Ogljikov dioksid pa v vodni raztopini tvori ogljikovo kislino (H_2CO_3), kar mu omogoča prenašanje. (Lehninger in sod., 1993)

Nepolarne spojine, kot so benzen, heksan in etan so hidrofobne. Hidrofobne molekule se ne topijo v vodi. Molekule vode tako okoli molekule topljenca naredijo okvir. Spojine, ki pa vsebujejo tako polarne kot tudi nepolarne del, se lahko mešajo z vodo. Polarne del se raztopi v vodi, medtem ko ima

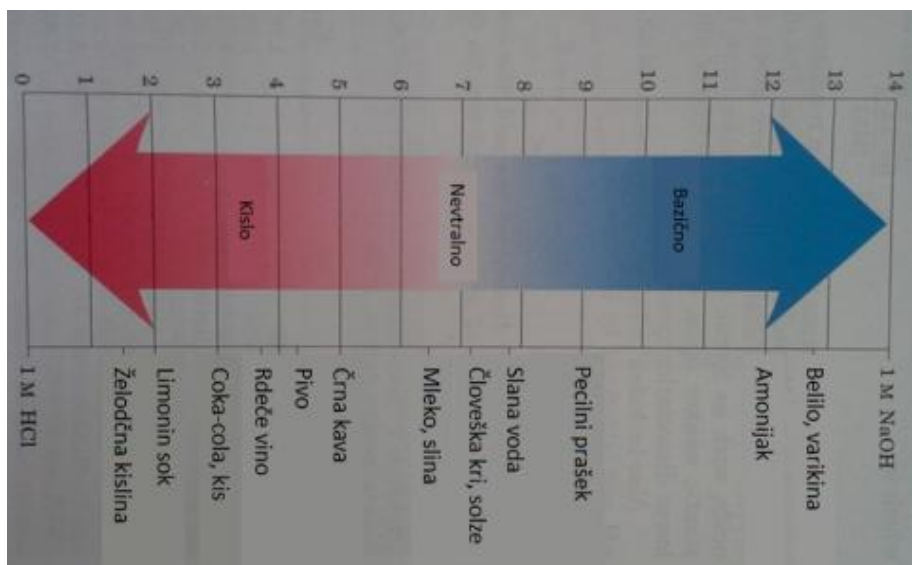
hidrofobni del tendenco, da se vode izogiba. Spojine s hidrofobnim in polarnim delom so: proteini, pigmenti, nekateri vitamini in fosfolipidi. (Lehninger in sod., 1993)



Slika 2: Spojina s hidrofobnim in polarnim delom (Vir: Lehninger in sod., 1993: str. 87)

2.1.6 pH

Iz ravnovesne enačbe lahko izračunamo, da je pH čiste vode pri 25°C nevtralen oz. 7.0. Vrednosti večje od 7.0 so bazične, kar pomeni, da je več OH^- ionov, kot H^+ ionov. Vrednosti manjše od 7.0 pa veljajo za kisle, kjer je več H^+ ionov. pH vode vpliva na večino kemičnih procesov v vodi. Naravna neonesnažena deževnica ima pH med 5 – 6, kisel dež okoli 4, večina jezer in vodotokov pa med 6,5 – 8,5. (Lehninger in sod., 1993)



Slika 3: pH nekaterih vodnih tekočin (vir: Lehninger in sod., 1993: str. 93)

2.1.7 Trdota

Ena od naravnih lastnosti vode je tudi trdota. Predstavlja skupno količino raztopljenih mineralnih snovi, ki dajejo vodi okus. Gre predvsem za kalcijeve in magnezijeve hidrogenkarbonate iz apnenca in dolomita ter kalcijev sulfat, ki jih voda raztaplja na poti do vodnih zajetij. Na območju ljubljanskih zajetij je voda srednje trda do trda, kar je običajno za pitno vodo. Lastnost se izraža v nemških stopinjah (°N), kjer 1 °N predstavlja vsebnost 10 mg CaO na liter vode. Trdota vode se po podatkih iz spletne strani VO&KA (Vodovod Kanalizacija Ljubljana) v Ljubljani giblje nekje med 13-20 °N.

2.2 Pitna voda

Po pravilniku o pitni vodi je pitna voda:

1. voda v njenem prvotnem stanju ali po pripravi, namenjena pitju, kuhanju, pripravi hrane ali za druge gospodinjne namene, ne glede na njeno poreklo in ne glede na to, ali se dobavlja iz vodovodnega omrežja, sistema za oskrbo s pitno vodo, cistern ali kot predpakirana voda;
2. vsa voda, ki se uporablja za proizvodnjo in promet živil.

Pitna voda je zdravstveno ustrezna, kadar ne vsebuje mikroorganizmov in njihovih razvojnih oblik v številu, ki lahko predstavlja nevarnost za zdravje ljudi. Prav tako pa ne vsebuje snovi v koncentracijah, ki same ali skupaj z drugimi snovmi lahko predstavljajo nevarnost za zdravje ljudi in je skladna z zahtevami, določenimi v »Pravilniku o pitni vodi«. (Pravilnik o pitni vodi, 2004)

Človek bi moral vsak dan popiti nekje od 2-4 l vode. Vendar pa voda za pitje ne predstavlja vse vode, ki jo človek potrebuje vsak dan za življenje. Voda se potrebuje za pitje, kuhanje, pranje posode in perila, tuširanje, umivanje, splakovanje stranišča, čiščenje stanovanja, zalivanje rož in vrta, ... Inženirski normativ predpisuje 150 l vode za človeka na dan. Po statističnih podatkih smo v letu 2014 načrpali iz javnega vodovoda 79,6 m³ na prebivalca v celem letu, kar je približno 220 l na dan. Poraba sicer variira v odvisnosti od razvitosti države in ozaveščenosti družbe o problematiki pitne vode. Povprečna poraba se tako giblje nekje okoli 120 l na prebivalca na dan. Vendar pa z razvojem in cenovno politiko vseeno ne moremo pričakovati porabe nižje kot 100 l na prebivalca na dan. (Statistični urad RS)

Slovensko letno povprečje padavin je skoraj dvakrat večje od svetovnega povprečja. Slovenija tako velja za državo, ki ima dovolj padavin. Letno pade okoli 1500 mm na kvadratni meter. Problem pa predstavlja predvsem neenakomerna časovna in prostorska razporeditev. Suše so vedno pogostejše

(predvsem v obalno-primorskem delu in v Prekmurju), klimatologi pa predvidevajo, da se bodo razširile tudi v notranjost države. Osrednja Slovenija ima trenutno največje zaloge podzemnih voda, medtem ko je povprečnih padavin najmanj na severovzhodu in skrajnem jugovzhodu, kjer se tudi srečujejo z najmanjšimi zalogami podzemne vode. Bogat vir podzemnih voda so tudi kraška območja, vendar jih je težko obvarovati pred antropogenimi obremenitvami. (Operativni program oskrbe s pitno vodo, 2006)

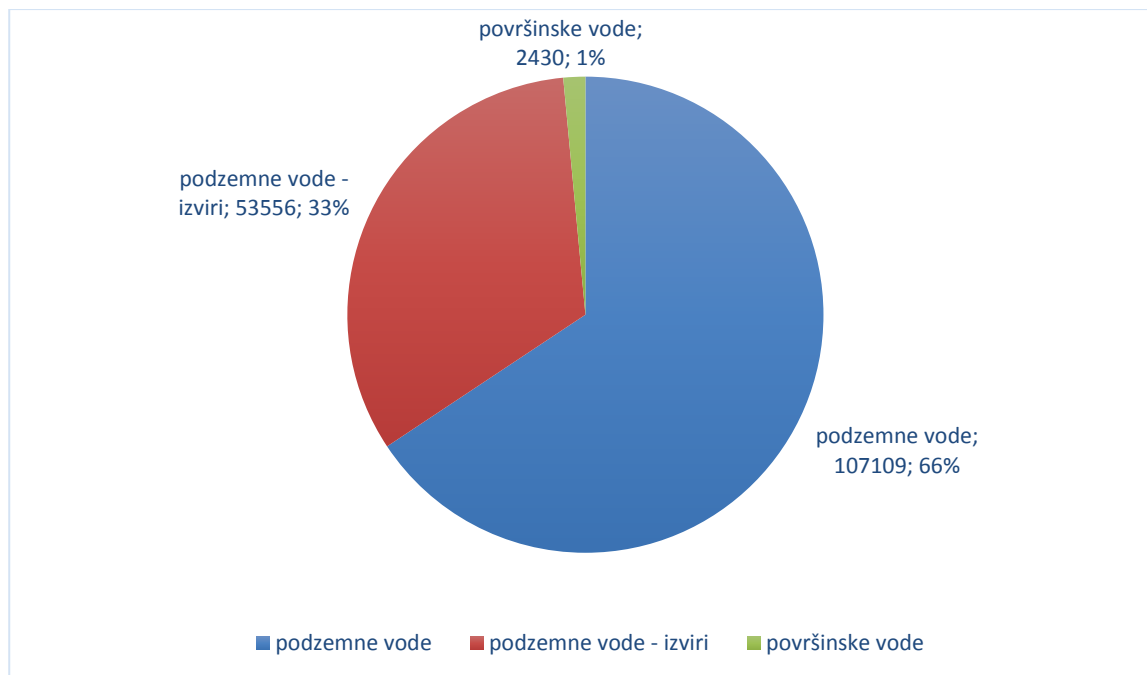
Poseg človeka v vodni krog se kaže tudi v nihanju gladine ter zalogah podzemnih voda. S spreminjanjem rabe prostora se namreč gladine znižujejo. Zagotavljanje zadostnih količin pa se je v zadnjih letih spremenilo tudi zaradi časovne spremembe odtokov. Veliki odtoki z dežnim in dežno-snežnim režimom se pomikajo v zimski čas, obdobje nizkih pretokov v poletnih mesecih pa se daljša. Zaradi tega lahko predvidevamo, da bodo težave pri zagotavljanju zadostne količine vode nastale tudi tam, kjer jih trenutno še ni. (Operativni program oskrbe s pitno vodo, 2006)

Izvor vode vpliva na zdravstveno ustreznost pitne vode in s tem na njeno kakovost. Postopki priprave so tako odvisni od surove vode. Problem lahko predstavlja tudi onesnaženje s pesticidi, ki se uporabljajo za uničevanje plevelov, škodljivcev ali plesni. S pesticidi so najbolj onesnažene podzemne vode na severovzhodu države, kjer je že tako najmanj padavin in majhna zaloga podzemnih voda. (Operativni program oskrbe s pitno vodo, 2006)

Surove vode glede na izvor ločimo na meteorne, površinske in podzemne. Na lovilni površini zajete padavine so meteorne vode, površinske so tiste, ki so v stiku z atmosfero in pod vplivom spiranja tal. Lahko so tekoče ali stoječe. Navadno je v teh vodah prisotno največ mikroorganizmov in se jim zaradi stika z atmosfero lahko hitro spremenijo lastnosti. V vodonosnikih z medzrnsko, razpoklinsko ali kraško poroznostjo pa lahko najdemo podzemne vode. Večji del načrpane vode v Sloveniji je iz podzemnih voda. Ravno zato je skrb za ohranjanje podzemne vode, njene kakovosti in količin, v Sloveniji še toliko bolj pomembna. (Drev, 2011)

Kot smo že omenili na začetku se opaža trend zmanjšanja količine načrpane in prodane vode. Predvsem zaradi:

- učinkovitejše rabe v gospodinjstvih (učinkovitejše naprave, ozaveščenost porabnikov, vpliv višjih cen)
- učinkovitejša raba v industriji (takse za obremenjevanje voda na učinkovitejšo rabo vode)
- učinkovitejša raba v kmetijstvu (trend prehoda na suho odstranjevanje fekalij iz živinoreje)



Slika 4: Voda, zagotovljena za javni vodovod, po vodnih virih v m³ na 1000 (vir: Statistični urad Republike Slovenije za leto 2014)

Pitno vodo lahko dobimo iz javnega vodovoda, iz manjšega lokalnega vodovodnega omrežja (manj kot 10 m³/dan, primerno za manj kot 50 oseb), lahko je embalirana ali pa gre za vodo iz avtomatov. Največji delež seveda predstavlja voda iz javnih vodovodov, saj voda velja za dobrino, ki jo je dolžna zagotoviti država. Nadzor sistemov, tako velikih kot tistih manjših, izvaja država oz. Ministrstvo za zdravje. Lahko gre za nadzor preko državnega monitoringa ali pa za interne preiskave na podlagi HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Point System). Kontrola kakovosti pitne vode obsega fizikalne, kemijske, mikrobiološke in senzorične parametre. (Drev, 2011)

2.3 Odpadna voda

Odpadna voda je voda, ki se po uporabi ali kot posledica padavin, onesnažena odvaja v javno kanalizacijo ali površinske vode. Odpadna voda je lahko komunalna, tehnološka ali meteorna. Lahko je organskega, anorganskega ali mešanega izvora. Komunalne vode so pretežno organsko, industrijske pa organsko, anorgansko ali pa mešano onesnažene.

2.3.1 Komunalne odpadne vode

Po Uredbi o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih voda v vode in javno kanalizacijo (2015) so komunalne odpadne vode tiste, ki nastajajo v bivalnem okolju gospodinjstev zaradi vode v

sanitarnih prostorih, pri kuhanju, pranju in drugih gospodinjskih opravilih. Lahko gre tudi za vodo, ki nastaja v objektih v javni rabi ali pri drugih dejavnostih, če je po nastanku in sestavi podobna vodi po uporabi v gospodinjstvu. Odpadna voda vsebuje različne raztopljene in neraztopljene snovi, kot so veje, kamenje, steklenice, krpe, palčke, vložke ...

Delež komunalne odpadne vode se ne meri, ampak se preračuna glede na količino porabljene pitne vode. Za določitev obsega onesnaženja voda, ki ga povzroča prebivalstvo, največkrat ne potrebujemo podatkov o količini odplak, temveč ga določimo kar glede na število prebivalcev. Povprečni obseg onesnaževanja oz. populacijski ekvivalent (PE) je enota za obremenjevanje vode, izražena z biokemijsko potrebo po kisiku (BPK₅). 1 PE obremenjevanja vode je enak 60 g BPK₅ na dan. Tudi povprečna poraba vode na prebivalca ali norma vode je poznana. Z ustreznimi faktorji pa lahko preračunamo tudi onesnaževanje, ki ga povzročijo živali. (Drev, 2011)

Parametri onesnaženosti odpadne vode so po predpisanem merilnem postopku: izmerjena temperatura, pH vrednost, obarvanost, strupenost, biološka razgradljivost, mikrobiološka onesnaženost, koncentracija snovi ali podobne lastnosti vode.

Potrebno je varovanje podtalnice in površinskih voda, zato je potrebno kontrolirati odpadne vode, ki odtekajo v okolje. Vse vrste odpadnih voda zbiramo preko kanalizacije in jih ustrezno čistimo. V nadaljevanju bomo spoznali različne načine čiščenja. Pomembno pa je tudi razmišljanje o tem, da je preprečevanje onesnaževanja bistveno cenejše kot pa odvajanje in čiščenje. (Drev. 2011)

2.3.2 Tehnološke odpadne vode

Tehnološke odpadne vode nastajajo v industriji, obrti, obrti podobni ali drugi gospodarski dejavnosti ter po nastanku niso podobne komunalni odpadni vodi. Lahko gre tudi za odpadne vode, ki nastajajo pri opravljanju kmetijske dejavnosti, mešanico tehnološke odpadne vode s komunalno ali meteorno odpadno vodo, hladilno odpadno vodo, odpadno vodo, ki se zbira ali odteka s površin objektov ali naprav za predhodno skladiščenje, predelavo ali odstranjevanje odpadkov ali za biološko razgradljivo odpadno vodo, ki nastane pri različnih dejavnostih (predelava mleka, sadnih/zelenjavnih proizvodov, proizvodnja in polnjene brezalkoholnih pijač, mesna industrija, proizvodnja piva ...).

2.3.3 Meteorne odpadne vode

Meteorna odpadna voda je odpadna voda, ki kot posledica meteornih padavin onesnažena odteka z utrjenih, tlakovanih ali z drugim materialom prekritih površin v vode ali se odvaja v javno kanalizacijo.

V ruralnem okolju meteorne vode navadno odtekajo kar v okolje, brez čiščenja. V urbanem okolju pa meteorne vode odtekajo na komunalne čistilne naprave. Uporabljati moramo ustrezne razbremenilnike, saj so te vode navadno precej onesnažene. Lahko jih čistimo samostojno ali pa uporabimo mešane kanalizacijske sisteme. Samostojno čiščenje bi bilo smiselno na območjih, kjer v sušnem obdobju vode primanjkuje, saj bi po čiščenju to vodo lahko ponovno uporabili. Večkrat se uporablja skupno čiščenje meteornih in komunalnih odpadnih voda, saj meteorne odpadne vode navadno nimajo dovolj hranil, da bi jih lahko očistili z biološkimi postopki čiščenja. Komunalne odpadne vode pa vsebujejo veliko hranil in je tako čiščenje bolj učinkovito.

2.3.4 Siva voda

Siva voda je odpadna voda iz gospodinjstev, brez črne vode. Nastane iz pitne vode pri tuširanju, pranju, umivanju. Lahko vsebuje tudi kuhinjske odpadke. Vsebuje tudi snovi kot so mila, detergenti, šamponi, zobne paste ... Zaradi vsebnosti organskih snovi je potrebno sivo vodo čimprej prečistiti, da ne razvije neprijetnega vonja. Siva voda, ki nastane pri tuširanju oz. kopianju v kadi, je manj onesnažena, kot pa odpadna voda iz pralnega stroja. Ravno stopnja onesnaženosti pa narekuje kakšen postopek obdelave bo potreben. (Greywater Recycling, 2005)

Organske snovi so merjene s parametri BPK₅ ali KPK. Siva voda je odsev aktivnosti, ki se odvijajo v gospodinjstvu in so tesno povezane z življenjskim standardom, socialnimi in kulturnimi navadami, številom članov in uporabo kemičnih preparatov v gospodinjstvu. Celotna organska onesnaženost v gospodinjstvu vsebuje 40-50 % sive vode. V sivi vodi se nahaja približno 25 % vseh suspendiranih snovi ter dve tretjini skupnega onesnaženja s fosforjem. Vir fosforja so predvsem detergenti in pralni praški. Vir dušika pa pride iz kuhinj. (Košak, 2014)

Preglednica 1: Sestava sive vode glede na izvor (Vir: Greywater Recycling, 2005: str. 12)

	Siva voda, ki nastane pri kohanju, tuširanju, umivanju rok	Siva voda, ki nastane pri kohanju, tuširanju, umivanju rok in pranju perila	Siva voda, ki nastane pri kohanju, tuširanju, umivanju rok, pranju perila in v kuhinji
BPK ₅ [mg/l]	85 – 200	125 – 250	250 – 550
KPK [mg/l]	150 – 400	250 – 430	400 – 700
P _{skupni} [mg/l]	0,5 – 4	Ni podatka	3 – 8
N _{skupni} [mg/l]	4 – 16	Ni podatka	10 – 17
pH	7,5 – 8,2	Ni podatka	6,9 – 8
Št. kaliformih bakterij [1/ml]	10 ¹ - 10 ⁵	10 ² - 10 ⁶	10 ² - 10 ⁶
Št. fekalnih kalifonih bakterij [1/ml]	10 ¹ - 10 ⁵	10 ¹ - 10 ⁵	10 ² - 10 ⁶

Siva voda je lahko tudi mikrobiološka onesnažena. Vendar so vrednosti dokaj majhne in ne predstavljajo večjega tveganja za razvoj bolezni. Če odpadna voda vsebuje še fekalije, so prisotne tudi koliformne bakterije in takrat govorimo o črni vodi.

2.3.5 Črna voda

Črna voda je del odpadne vode iz gospodinjstev. Vsebuje odplake iz stranišč in tako vsebuje urin in/ali fekalije. V fekalijah se nahajajo bakterije, ki so lahko tudi patogene, se pravi, da lahko povzročajo razne okužbe in obolenja. Če voda iz kuhinje vsebuje veliko organskih odpadkov, prav tako spada v kategorijo črne vode. To velja predvsem za kuhinje, ki uporabljajo kuhinjske mlinčke, s katerimi se v vodo spira veliko organskih snovi, hranil ter patogenih organizmov. Pred izpustom v okolje je tako vodo potrebno ustrezno očistiti, da zmanjšamo možnost škodljivih vplivov na okolje in ljudi.

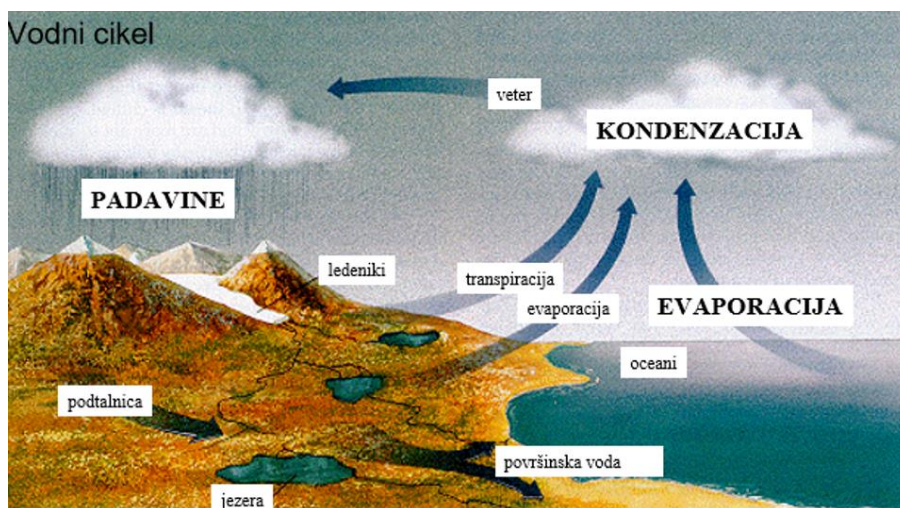
Ena od možnosti razgradnje črne vode je tudi uporaba alternativnih stranišč. Vedno bolj ekonomsko dostopne in ekološke rešitve so: vakuumsko stranišče, ločevalno stranišče, kompostno stranišče ... Kompostiranje iztrebkov, ki so bogati z ogljikom, dušikom in fosforjem lahko kasneje uporabimo za obogatitev strukture zemljine. Preko aerobnih in anaerobnih procesov lahko namreč predstavljajo tudi vir energije. (Košak, 2014)

2.4 Deževnica

Deževnica je bila že v preteklosti povezana z obstojem in delom človeka. Bila je vir vode za namakanje, za pitje, za ostale potrebe in dejavnosti, ki so pomembne za življenje človeka. Z razvojem celotne družbe je postala potreba po skupnih centraliziranih sistemih vodne oskrbe nujna. V današnjem času pa je ozaveščenost ljudi pripeljala do tega, da smo se začeli do vode zopet obnašati bolj odgovorno. Deževnico izkoriščamo, saj nam kljub dokaj nizki ceni pitne vode predstavlja njeno alternativo in s tem pripomore k varčevanju z vodo. Na odročnih mestih, v hribih ali otokih pa lahko predstavlja tudi edini vir vode.

Dež ima pomembno vlogo pri kroženju vode v naravi. Kondenzira v oblakih in ko so kapljice dovolj velike ($> 0,5\text{mm}$) začnejo precipitirati proti Zemlji. Na poti nekaj dežja izhlapi, ostalo pa doseže zemeljsko površje. Preko rek in potokov nato steče v oceane, kjer izhlapeva in se ponovno kondenzira v oblake. Krog je sklenjen in se ponavlja (slika 5). Prehajanje vode v obliki vodne pare z vodne površine ali zemeljskega površja imenujemo evaporacija. Pri transpiraciji prehaja voda v obliki vodne pare skozi listne reže v ozračje. Fazni prehod, kjer snov preide iz plinastega v tekoče agregatno stanje pa imenujemo kondenzacija. Poteka pri temperaturi vrelišča in je odvisna od tlaka. Lahko jo imenujemo tudi utekočinjenje, obratni fazni prehod pa je izparevanje.

Takoj ob nastanku kapljice še ne vsebujejo primesi. Med precipitacijo pa iz okolja sprejemajo snovi, ki lahko vplivajo na njene fizikalne, kemične in mikrobiološke lastnosti. V ozračju se nahajajo različne primesi kot so: prah, kisik, ogljikov dioksid in žveplov dioksid. Dušikov oksid in žveplov dioksid sta predvsem odgovorna za nastanek kislega dežja. Kislost se ob stiku z večino strešnih materialov nevtralizira. Vsebuje zelo malo kalcijevih in magnezijevih spojin. Prav zaradi tega je deževnica mehka voda, kar je lahko prednost pri uporabi v pralnih strojih. Pri uporabi tako ne nastaja vodni kamen, porabi pa se tudi manj pralnega praška, ki je okolju škodljiv. Primerna je tudi za zalivanje vrtov, saj ne vsebuje železa, mangana in drugih snovi. (Kovačič, 2008; Grobovšek, 2005)



Slika 5: Kroženje vode v naravi (Vir: Biotehniška fakulteta)

Padavine nastanejo zaradi dvigovanja in adiabatnega ohlajanja zraka. Povprečno količino padavin nekega območja izražamo v milimetrih na m^2 . Med padavine pa ne štejemo samo dežja in snega, ampak tudi točo, sodro, pršenje, ledene iglice, babje pšeno, zrnat sneg, roso, slano, ivje in celo poledico na tleh ter žled na drevesih. Pri podnebjju je pomembna predvsem povprečna letna količina padavin in ravno padavinski režim je podatek po katerem lahko ločimo posamezna podnebja. Prav ta podatek nam tudi pove ali je okolje primerno za zbiranje deževnice ali ne (Geografija 1, 2010). Količina padavin je v različnih krajih sveta različna. Ponekod je dežja preveč, drugod premalo. Na prostorsko in časovno porazdelitev padavin vpliva več dejavnikov: lega kraja, podnebje, letni čas, topografske značilnosti ... Količina dežja neposredno vpliva na raven podtalnice, zato se lahko na območjih z malo padavin pojavijo zelo resne težave pri oskrbi s pitno vodo. (Kovačič, 2008)

Deževnica in stopljeni sneg sta primarna vira vse pitne vode na Zemlji. Ko pade na tla, steče v ribnike, mlake ali manjše zaježitve, preden priteče do rek, potokov ali pa pronica v tla in postane podzemna voda. Lahko pa jo zajamemo tudi preden doseže tla. Tako ločimo dve kategoriji zbiranja deževnice: na tleh ali na strehi. Čeprav je deževnica, zajeta s streh, manj kontaminirana, jo je potrebno pred uporabo vseeno pravilno obdelati. Kakšna obdelava pride v poštev je odvisno od tega ali bomo zajeto vodo uporabljali za pitje, pripravo hrane, kopanje ali za druge namene (splakovanje WC školjke, zalivanje, pranje). Tudi če smo priklopljeni na javni vodovod, kjer se oskrbujemo s pitno vodo, lahko vseeno uporabljamo sisteme za zajetje deževnice. S tem zmanjšamo račun za vodo in ohranjamo naravne vire. Izgradnja sistema za zajetje deževnice, ki ni namenjen pitju, pa ne predstavlja prevelikega stroška. (White in sod., 2007)

2. 4. 1 Onesnaženost deževnice

Četudi absorbira različne pline in nečistoče na poti na zemljo, je deževnica zelo čista preden doseže tla. Ker je voda univerzalno topilo in lahko raztopi skoraj vse, s čimer pride v kontakt, je zelo pomembno, da ima kar se da malo stika in s tem možnosti kontaminacije. Voda se onesnaži na različne načine. Lahko je onesnažena z večjimi delci, ki jih lahko vidimo (listje, prah, živalski iztrebki, insekti ...). S tem se zmanjša predvsem estetska kvaliteta vode, lahko pa ti delci vsebujejo tudi druge nevidne kontaminacije. Kemični ali biološki onesnaževalci so lahko nevarni za zdravje. Listje in prah lahko vsebujejo kemične onesnaževalce, kot so herbicidi in pesticidi. V živalskih iztrebkih pa se lahko skrivajo mikroskopsko majhni paraziti, bakterije, virusi in ostanki zdravil.

Najbolj se voda onesnaži pri zbiranju, pripravi in distribuciji. Zato je še kako pomembno, da sistem zbiranja deževnice pravilno deluje in je pravilno oblikovan, saj samo tako zmanjšamo možnosti onesnaženja. Nezaželene kemikalije so lahko: organske kemikalije (hlapljive in sintetične) ali anorganske (minerali in kovine). (White in sod., 2007)

Hlapljive organske kemikalije so plastika, lepila in topila kot so bencin, masti in olja. Največkrat pride do onesnaženja s kemikalijami zaradi neprimerne izbora materiala za izgradnjo sistema za zbiranje, saj niso vsi materiali primerni in dovolj varni za pripravo pitne vode. Lahko pa se onesnažil navzame že med padanjem skozi atmosfero. Sintetične organske kemikalije so najbolj pogosto prisotne v pesticidih, herbicidih in ostalih kemikalijah antropogenega izvora. Sintetične kemikalije niso najbolj hlapljive, zato vodo onesnažijo preko listov in prahu. Kontaminacija je navadno posledica okolja in ne materiala, iz katerega je sistem zgrajen. (White in sod., 2007)

Minerali so anorganski materiali, ki jih najdemo v okolju. Največ mineralov je anorganskih soli (kalcijev karbonat, soda bikarbona, magnezijev sulfat ...), ki vplivajo na okus vode, vendar pa načeloma niso škodljivi za zdravje. Izjema je seveda azbest, ki je lahko ob dolgi izpostavljenosti zelo škodljiv. Voda potrebuje kar nekaj časa, da absorbira minerale, tako da je največja verjetnost, da se absorbirajo iz samega sistema za zbiranje deževnice in ne na poti do sistema zbiranja.

V vodi se pojavijo tudi različne kovine kot so svinec, arzen, baker, železo in mangan. Nekatere so zdravju nevarne (svinec, arzen), druge povzročijo spremembo videza ter okusa vode. Voda se kontaminira pri dolgi (vsaj nekaj ur) izpostavljenosti kovinam (svinčene cevi, spoji, železne ali bakrene pipe).

Deževnica redko vsebuje mikrobiološka onesnažila pred zbiranjem in skladiščenjem vode. Skoraj nemogoče je ohraniti tako stopnjo čistosti vode tudi med zbiranjem, pripravo in distribucijo. Deževnica je lahko mikrobiološko onesnažena na dva načina. Mikrobi so lahko patogeni (povzročajo bolezni) ali nepatogeni (ne povzročajo bolezni). Nepatogeni sicer ne povzročajo bolezni, lahko pa vseeno zmanjšajo kvaliteto vode in povzročijo škodo na sistemu. Patogenih organizmov navadno ne najdemo v deževnici. Lahko pa se pojavijo, če je bila izpostavljena iztrebkom živali. Mikrobiološka onesnažila povzročajo večjo nevarnost zdravju kot kemikalije. Razlogov je več:

- Bolezen lahko povzročijo že ob enkratnem stiku, medtem ko je pri kemičnih onesnažilih potreben daljši čas izpostavljenosti.
- Patogeni mikroorganizmi ne vplivajo na okus, vonj ali videz vode. Veliko kemičnih onesnažil pa spremeni vonj, okus ali videz vode.
- Število patogenih organizmov lahko zelo hitro naraste, medtem ko je stopnja kemičnih onesnažil dokaj konstantna.
- Bolezen, ki jo povzročijo patogeni mikroorganizmi, je lahko prenosljiva. Medtem ko se zdravje zaradi kemične onesnaženosti lahko poslabša samo, če si v stiku oz. zaužiješ onesnaženo vodo.
- Še posebej velike zdravstvene težave lahko patogeni mikroorganizmi povzročijo starejšim, novorojenčkom in pacientom na kemoterapiji oz. posameznikom z oslabljenim imunskim sistemom.

Preglednica 2: Vrste in viri patogenih mikroorganizmov (Vir: White in sod., 2007: str. 5)

Vrsta patogena	Mikroorganizem	Vir
Parazit	<i>Giardia lamblia</i>	Mačke in divje živali
	<i>Cryptosporidium parvum</i>	Mačke, ptiči, glodavci, plazilci
	<i>Toxoplasma gondii</i>	Mačke, ptiči, glodavci
Bakterija	<i>Campylobacter spp</i>	Ptiči, podgane
	<i>Salmonella spp.</i>	Mačke, ptiči, glodavci, plazilci
	<i>Leptospira spp.</i>	Sesalci
	<i>Escherichia coli</i>	Ptiči, sesalci
Virus	<i>Hantavirus spp.</i>	Glodavci

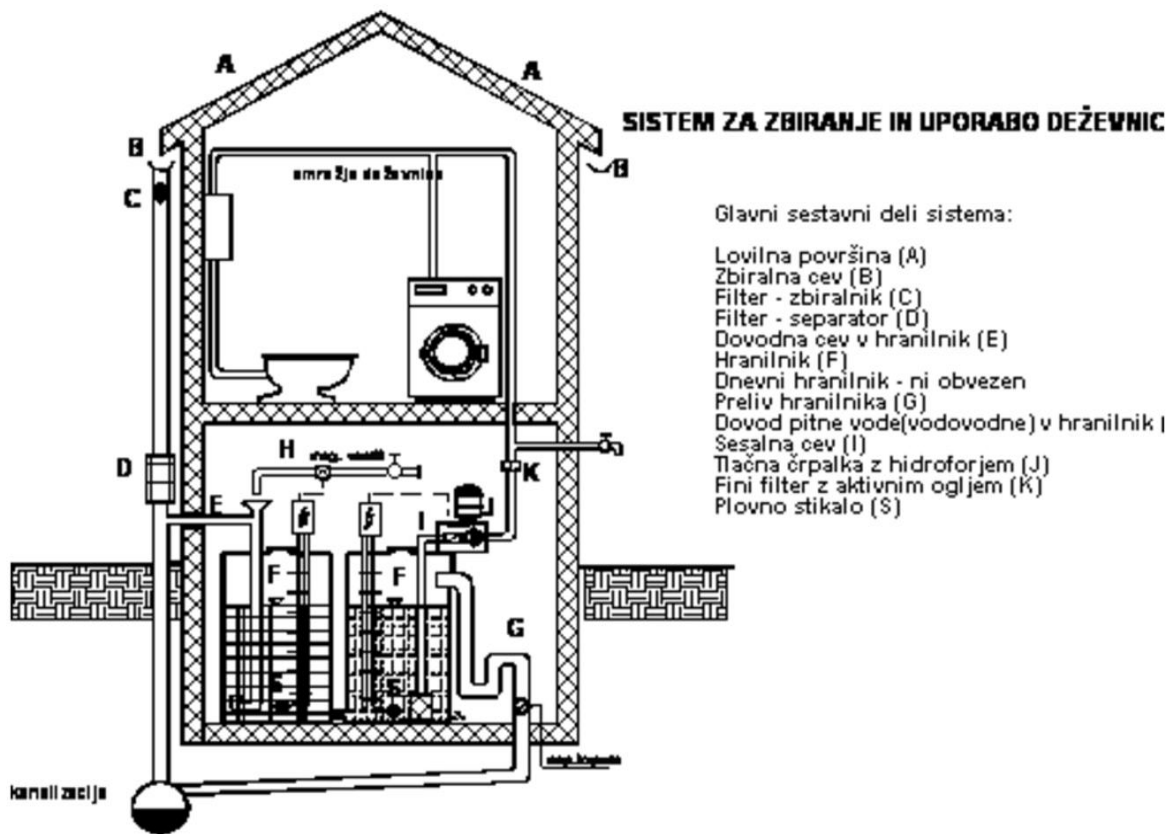
Kakšno število patogenov je potrebno, da človek zboli, je odvisno od vrste mikroorganizma ter človekovega imunskega sistema. (White in sod., 2007)

3 ZBIRANJE IN SKLADIŠČENJE VODE

3.1 Sistem za zbiranje deževnice

Pri načrtovanju sistema za zbiranje deževnice moramo imeti v mislih dve stvari:

- Sistem za zbiranje in skladiščenje mora biti načrtovan tako, da čim bolj zmanjša možnost kontaminacije.
- Zbiralna površina in hranilnik vode morata biti dovolj velika, da zajameta dovolj vode do naslednjega dežja.



Slika 6: Sistem za zbiranje deževnice (Vir: Grobovšek, 2005)

Sistem za zbiranje deževnice je sestavljen iz naslednjih elementov:

- lovilne površine (streha)
- zbiralne in dovodne cevi
- filtrov
- hranilnika
- črpalke

- naprave za dezinfekcijo

3.1.1 Lovilna površina

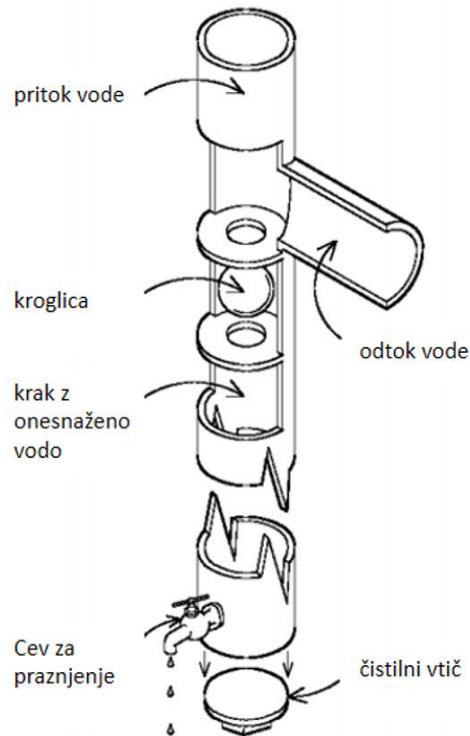
Streha je najbolj primerna lovilna površina. Kvaliteta vode zajete s strehe je odvisna od materiala, iz katerega je streha zgrajena, podnebnih razmer in okolja. Najbolj primeren je gladek in neporozen material. V poštev pridejo tudi betonski strešniki, vendar zaradi poroznosti materiala izgubimo približno 10 % vode. Izgubo lahko zmanjšamo z različnimi premazi. Kadar je naš sistem namenjen tudi zbiranju pitne vode, se je potrebno izogniti kompozitom in asfaltu, saj se izpirajo različni toksini. Materiali, kot so les, katran in gramoz, se zelo redko uporabljajo za prekrivanje streh. Vodo iz takih streh lahko, zaradi možnosti izločanja toksinov, zbiramo samo za zalivanje in namakanje. Najbolj primerni so glineni skrilačci, ki so dokaj gladki in ne izpirajo toksinov. Streha mora imeti strm naklon, saj le tako prah in večji delci lažje in hitreje odtečejo. (The Texas Manual on Rainwater Harvesting, 2005)

Vodo po žlebovih in ceveh speljemo iz strehe do hranilnika, kjer vodo, preden jo obdelamo, skladiščimo. Žlebovi ne smejo biti zgrajeni iz svinca, saj dež, ki je malce kisel, lahko raztopi svinec in s tem kontaminira zalogo vode. Najbolj pogosti materiali za žlebove so: PVC, brezšivni aluminij ali pocinkano jeklo. Bolje je, če je streha večkapnica, saj se voda ob močnih nalivih razporedi po več žlebovih, da ne pride do prelitja in je zajetje tako bolj učinkovito. Žleb mora imeti naklon proti odvodni cevi in mora imeti rob višji na strani hiše in nižji na zunanji strani, da v primeru preлива voda ne teče po zidu hiše.

Na strehi se lahko naberejo različni manjši in večji delci, ki jih moramo odstraniti, da zagotovimo visoko kvaliteto zajete vode. Z mrežo na ali v žlebu lahko preprečimo večjim delcem, da pridejo v sistem. Filter na koncu žleba, v cevi, pa lahko prepreči tudi manjšim delcem dostop do zbiralnika. Mrežo, kot tudi filtre, je potrebno redno čistiti, da ne pride do zamašitve, preлива ali razraščanja bakterij.

Na strehi se lahko nabira: prah, listje, rože, vejice, insekti, živalske fekalije, pesticidi in drugi ostanki iz zraka. Medtem, ko mreža na žlebovih odstrani večje delce, lovilec prvega preлива ujame prvi tok vode, s čimer se znebimo manjših delcev (prah, živalske fekalije, cvetni prah). Prva, bolj onesnažena voda, tako priteče v lovilnik, ki je dimenzioniran glede na lovilno površino. Ko je prvi krak poln z

onesnaženo vodo, se ta s kroglico zapre in naprej teče bolj čista voda (slika 7). Velikost lovilnika je odvisna od dni brez dežja, delcev, ki se nabirajo na strehi, površine strehe, letnega časa in drugih spremenljivk. Glede na podatke iz ZDA in Avstralije (The Texas Manual on Rainwater Harvesting), naj bi preusmerili nekje 3-8 l vode na 10 m² lovilne površine.



Slika 7: Lovilec prvega preliva (Vir: The Texas Manual on Rainwater Harvesting, 2005: str. 9)

3.1.2 Filtriranje

Kakšno filtriranje bomo uporabili je odvisno od namena, za katerega se bo voda uporabila. V primeru, da bo šlo za pitno vodo, bo potrebno dodatno filtriranje in obravnava vode, v primeru nepitne uporabe pa dodatno filtriranje ni nujno potrebno. Pred hranilnik vode se lahko namesti še grobi filter. Fini filtri so počasni in potrebujejo večjo površino in niso primerni za namestitev pred dotok. Ti so bolj primerni na iztoku vode iz hranilnika, ker je poraba vode večinoma manjša kot pa dotok v hranilnik v času dežja. (Košak, 2014)

3.1.3 Hranilnik

Hranilnik je najdražja komponenta sistema za zbiranje deževnice. Velikost hranilnika je odvisna od več dejavnikov: lokalnih padavin, potrebe po vodi, dolžine sušnih obdobj, lovilne površine, estetike, osebnih preferenc in ekonomskih dejavnikov. Hranilnik:

- ne sme biti prozoren (lahko je tudi pobarvan), da zavira rast alg
- za pitno vodo ne sme biti iz materiala, iz katerega bi se lahko sproščali toksini
- odprtine morajo biti prekrite, da preprečimo dostop insektom
- hranilnik za pitno vodo mora biti dostopen za primer čiščenja

Hranilnik mora biti v bližini povpraševanja in ponudbe. Če je le mogoče, ne sme biti izpostavljen sončni svetlobi. Hranilnik ne sme biti v bližini septične jame. Potrebna je preusmeritev vseh prelivov vode in drenaž stran od hranilnika. Podzemni hranilniki naj bodo vsaj 15 metrov oddaljeni od hleva in uporabe odpadne vode. Stati mora na stabilnih, ravnih tleh, trdno, da preprečimo možnost porušitve.

Nalogo hranilnikov lahko upravljajo tudi:

- opuščene jame za odpadno vodo po predhodnem čiščenju in ustrezno notranjo prevleko
- cisterne iz plastike, vkopane v zemljo
- opuščene cisterne za kurilno olje (po izvedenem čiščenju in notranjo prevleko iz plastike)
- plastične cisterne, nameščene v kleti
- betonske cisterne

Priporočljivo je hranilnike vkopati v zemljo, saj jih s tem zaščitimo pred sončno svetlobo, s tem pa tudi zagotovimo, da ima voda ustrezno temperaturo, kar zavira rast legionel in drugih mikroorganizmov. V kleti obstaja manjša nevarnost zamrznjenja, kar pomeni, da imamo lahko vodo v hranilniku tudi pozimi. (Grobvšek. 2007)

Dovodna cev mora biti speljana tako, da lahko odstranimo večje delce iz vode. Odvodna cev mora biti vsaj 10 cm nad dnem hranilnika. Prelivna cev mora biti izvedena tako, da ni možno nekontrolirano iztekanje deževnice (premer preлива večji kot premer priliva) ter mora biti priključena nad zastožno gladino kanalizacije. Zagotoviti moramo tudi dovod pitne vode v hranilnik, vendar ne sme priti do stiska. (Grobvšek, 2007)

Hranilniki nad zemljo so sicer lažje dostopni in tako omogočajo lažje čiščenje, popravila in pregled. Vendar so bolj izpostavljeni poškodbam in sončni svetlobi, kar v primeru, da je hranilnik iz plastike, predstavlja še dodaten problem.

Velikost hranilnika je odvisna od količine padavin in porabe vode v posameznem gospodinjstvu. Najprej je potrebno določiti koliko pitne vode posamezna družina porabi vsak dan. Kot smo že omenili v prvem poglavju se upošteva inženirski normativ 150 l na osebo na dan. Naslednji korak pri dimenzioniranju hranilnika je določitev koliko vode lahko zajamemo. To je odvisno od količine padavin določenega kraja, površine strehe, materiala iz katerega je streha in učinkovitosti sistema. Povprečne letne padavine za leto 2014 v Sloveniji so po statističnih podatkih okoli 2000 mm. Zadnji korak je velikost samega hranilnika. Hranilnik mora biti tako velik, da imamo zadosti vode tudi v obdobju, ko nekaj časa ne dežuje. Tukaj nam lahko pomaga podatek, koliko suhih dni je v našem kraju. Podatek o največ suhih dneh pomnožimo s porabo in dobimo velikost hranilnika.

Za štiričlansko družino v okolice Ljubljane bi potrebovali: $4 \times 150 \text{ l} = 600 \text{ l}$, največje število suhih dni je okoli 10, kar pomeni, da bi potrebovali hranilnik velikosti nekje $600 \text{ l} \times 10 \text{ dni} = 6000 \text{ l} = 6 \text{ m}^3$. Po podatkih Grobovska (2007) bi bil za 4 člansko družino dovolj že približno 5 m^3 velik hranilnik.

Preglednica 3: Prednosti in slabosti različnih hranilnikov vode (Vir: The Texas Manual for Rainwater Harvesting, 2005: str. 16)

Material	Prednost	Slabost
Plastika Smetnjaki (70-200 l) Steklana vlakna Polietilen/polipropilen	Dosegljivi, dokaj poceni Dosegljivi, sprejemljivi, premični Dosegljivi, sprejemljivi, premični	Uporabni samo novi Potrebna gladka, ravna tla UV-razgradljivi, potrebno jih je prebarvati
Kovine Jekleni sodi (200 l) Pocinkane jeklene cisterne	Dosegljivi, sprejemljivi, premični Dosegljive, sprejemljive, premične	Potrebno preveriti za toksine, nagnjeni h koroziji in rji Možnost korozije in rje, za pitno vodo morajo biti obložene
Les Jelka, cipresa	Atraktivno, trajno, lahko se sestavi in premakne	Drago

4 ČIŠČENJE

Pred zaužitjem oz. uporabo vode, je le-to potrebno ustrezno obdelati. Kakšna bo obdelava je odvisno od vira vode. Pri načrtovanju sistema za zbiranje, skladiščenje in obdelavo vode moramo vedno imeti v mislih par stvari. Zbrana voda mora biti obdelana preden doseže točko, kjer je zaužita. Sistem mora zagotavljati zaščito uporabnikov pred različnimi kemičnimi in mikrobiološkimi onesnaževalci. Sistem ne sme dopuščati ponovne kontaminacije. Vode mora biti dovolj, da zadovolji vse potrebe uporabnikov. (White, 2007)

Najpomembnejše čiščenje predstavlja čiščenje pitne vode, saj je to dobrina, ki mora biti dostopna vsem in mora biti najboljše možne kvalitete. V preglednici 4 si lahko pogledamo, kakšne vrste onesnaženja poznamo in kakšne so priporočljive metode čiščenja.

Preglednica 4: Vrste onesnaženja in priporočljiva metoda čiščenja (Vir: Košak, 2014: str. 5)

Vrsta onesnaženja	Priporočljiva metoda čiščenja
Bakterije in ostali mikroorganizmi	Dezinfekcija
Okus in vonj	Filtracija na ogljikovih filtrih
Usedline (suspendirane snovi)	Filtriranje na vlaknastih filtrih
Trdota (vsebnost kalcija in magnezija)	Magnetni nevtralizator, ionski izmenjevalnik
Vsebnost železa	Filtriranje; filtracija na peščenih in ogljikovih filtrih v kombinaciji s predhodnim kloriranjem
pH (kisle ali bazične razmere)	pH korektor, mineralni vložek
Kovine (svinec, živo srebro, arzen, kadmij) in ostali minerali (nitrati, sulfati)	Reverzna osmoza, destilacija

4.1 Priprava pitne vode

Zaradi velike razpršenosti prebivalstva imamo v Sloveniji veliko manjših vodovodov. Večino prebivalstva pa vseeno oskrbujejo veliki vodovodi. Pri pripravi pitne vode poskušamo posnemati naravne procese čiščenja. V primeru zadostne čistosti vode na zajetju posebni postopki čiščenja niso potrebni. Takrat navadno uporabljamo le dezinfekcijo pa še to iz preventivnih razlogov. Če pa vodni vir ni tako kvaliteten, moramo izbrati enega ali več bolj zahtevnih postopkov, ki so opisani v Preglednici 5. Predhodno čiščenje tako lahko vključuje naslednje postopke: kosmičenje, usedanje

delcev, filtracija, deferizacija (odstranjevanje železa), ozoniranje, demanganizacija, adsorpcija na aktivnem oglju, izločanje nitratov, membranski postopki, dezorizacija (odstranjevanje snovi, ki povzročajo vonj). (Drev, 2011, Košak, 2014)

Preglednica 5: Glavni postopki pri pripravi vode (Vir: Drev, 2011: str. 11)

Postopek	Opis postopka	Naprave in dodatki
Usedanje – sedimentacija	Usedanje zaradi težnosti delcev	Usedalnik
Plavljenje ali flotacija	Dvigovanje nečistoč na površino, ki so lažje od vode ali z mehurčki zraka	Flotacijske naprave
Hidrociklon	Centrifugalna sila	Hidrociklon
Kosmičenje (koagulacija, flokulacija)	Zadrževanje večjih delcev na odprtinah filter medijih	Peščeni filter, razna sita, tekstilni filtri
Adsorpcija	Fizikalno vezanje nečistoč na aktivno površino filter medija	Aktivno oglje, diatomejska zemljina itd
Kemosorpcija	Kemijsko vezanje nečistoč	Apnenec, ionski izmenjevalci, itd
Mikrofiltracija	Delci večji od 0,1 μm na filtru	Mikrofiltracijski filtri
Ultrafiltracija	Delci večji od 0,1 – 0,001 μm na filtru	Ultrafiltracijski membranski moduli
Reverzna osmoza	Delci večji od 0,005 – 0,0001 μm na filtru	Reverzno osmozni membranski moduli
Rastlinsko čiščenje	Rastlinska čistilna naprava	Pritrjeno ali plavajoče
Kloriranje	Dezinfekcija	Plinasti ali trdni obliki
Ozoniziranje (oksidacija organskih spojin)	Dezinfekcija	Ozon na mestu uporabe
UV obsevanje	Dezinfekcija	Uporaba v vodarni
Toplotna obdelava	Dezinfekcija	Na mestu uporabe

4.1.1 Filtracija

S tokom vode skozi porozen material lahko odstranimo delce iz vode. Proces se imenuje filtracija. Material skozi katerega pronica voda je lahko naraven (pesek, glina, prod, oglje, antracit ali drug granuliran material) ali pa gre za membrano, izdelano iz keramike ali polimerov. Poznamo dve vrsti filtrov. Prvi ločijo delce na sami površini filtra, drugi pa jih odlagajo v notranjosti (globinska filtracija). Kako velike delce bomo s posameznim filtrom odstranili, je odvisno od tega, kako velike pore ima. (Ravnjak, 2012)

4.1.1.1 Peščeni filtri

Peščeni filtri so globinski filtri, saj filtracija poteka v notranjosti materiala. Lahko so počasni ali hitri. Pri pripravi pitne vode je filtracija najbolj razširjena tehnologija. Pri počasnih peščenih filtrih pride do filtracije v relativno plitvem delu nasutega materiala (prvih 20 cm). Tam nastane biološko aktivna plast oz. biofilm, ki pomaga pri čiščenju vode. Učinkovitost odstranjevanja koliformnih bakterij je 95 %, kriptosporidijev in Giardie pa 99 %. Zmanjša se tudi obarvanost vode in TOC (celotni organski ogljik) je 10 %. Hitri peščeni filtri so avtomatizirani, kompleksnejši in dražji. Predstavljajo del večjega zaključenega sistema za obdelavo pitne vode. So manj učinkoviti od počasnih filtrov. Odstranijo približno 90 % koliformnih bakterij, 50-90 % kriptosporidijev in Giardie, TOC pa je 5 %. (Ravnjak, 2012)

4.1.1.2 Ogljeni filtri

Ogljene filtre so uporabljali že stari Egipčani in so tako ena prvih metod čiščenja. Filter vodo čisti tako fizikalno, kot kemijsko. Filtriranje poteka podobno, kot pri počasnih peščenih filtrih. S pomočjo adsorpcije se iz vode odstranjujejo določene nečistoče, vonj, okus, organske snovi in klor. Ostale snovi (natrij, nitrati) pa se na filter ne absorbirajo. Uporabljamo jih predvsem za domačo uporabo, občasno pa tudi v objektih za obdelavo komunalne pitne vode. Pogosto jih uporabljamo pred reverzno osmozo in kot filtre za odstranjevanje parazitov, ki so odporni na klor (*Giardia* in kriptosporidiji).

4.1.1.3 Membranske tehnologije

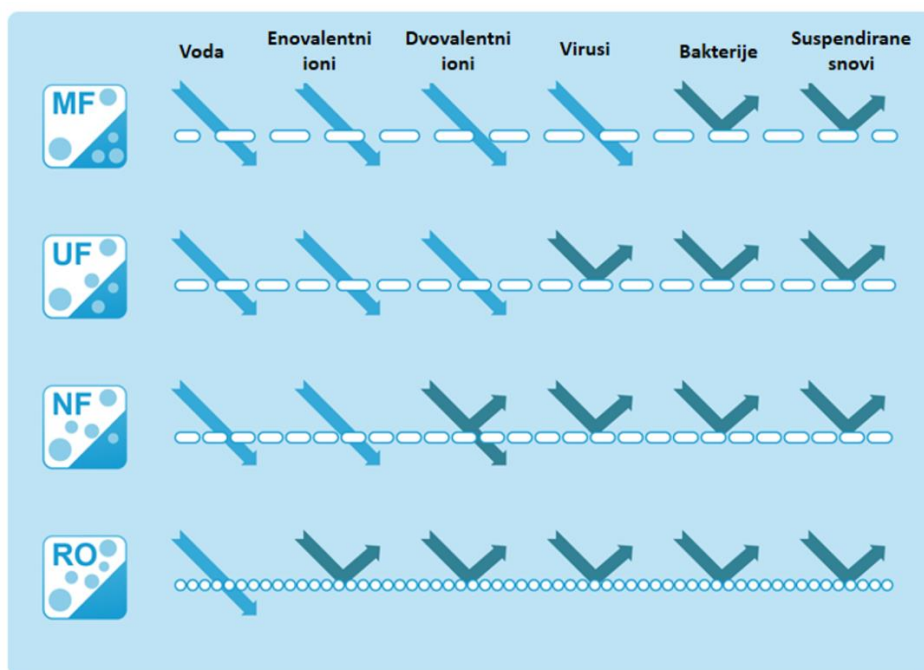
Membranske tehnologije nečistoče ločijo od vode že na sami površini membrane. V preteklosti so si pomagali z različnimi tkaninami in to lahko štejemo kot začetek membranske tehnologije. Z razvojem tehnologije in s tem tudi umetnih materialov je tudi na področju membranskega odstranjevanja nečistoč prišlo do napredka. Pore, manjše od 1 mm so lahko tudi semi-prepustne, kar pomeni, da prepuščajo samo določene želene snovi. Najbolj pomemben je tlak, ki onesnaženo vodo potiska skozi membrano. Poznamo več vrst membranskih filtracij:

- mikrofiltracija
- ultrafiltracija
- nanofiltracija
- reverzna osmoza

Membrana pri mikrofiltraciji (MF) ima pore velikosti 0,1 μm in je učinkovita pri odstranjevanju večine mikroorganizmov, medtem ko virusi ostanejo v vodi in jih tudi z ultrafiltracijo (UF) lahko odstranimo le delno. Ultrafiltracija ima 10x manjše pore, velikosti 0,01 μm . Raztopljene snovi lahko z ultra- in mikrofiltracijo odstranimo le v primeru, če so bile že predhodno absorbirane (aktivno oglje) ali koagulirane (aluminijeve ali železove soli). Nanofiltracija (NF) ima še 10x manjše pore, velikostnega reda 0,001 μm . Ta filtracija odstrani večino organskih molekul, virusov, organskih snovi in soli. Divalentne ione, ki povzročajo trdoto vode, prav tako lahko odstranimo z nanofiltracijo in s tem omehčamo vodo. Najbolj učinkovita membranska filtracija pa je reverzna osmoza (RO). Pore velikosti 0,0001 μm prepuščajo le čisto vodo. Odstrani tudi vse minerale v vodi in je zato primerna za desalinacijo (razsoljevanje). Vodo obdelano z reverzno osmozo je potrebno obogatiti z določenimi življenjsko pomembnimi materiali (kalcij, magnezij), da je primerna za pitje. (Ravnjak, 2012)

4.1.2 Dezinfekcija

Dezinfekcija je zelo pomemben del priprave pitne vode, saj z dezinfekcijo odstranimo mikrobiološko onesnaženost. Dezinfekcija ali razkuževanje odstranjuje (zmanjšuje število), uniči mikroorganizme ali pa onemogoči patogene mikroorganizme (onemogoči razmnoževanje in delovanje). Kot smo že omenili lahko odstranimo mikroorganizme z odstranjevanjem, kot sta filtracija in ultrafiltracija. Lahko jih uničimo s prekuhavanjem, ultrazvokom ali kavitacijo. Ali pa jih poskusimo onemogočiti s kemičnimi sredstvi, kot sta klor in ozon ali v elektromagnetnem polju UV svetlobe.



Slika 8: Primerjava membranskih tehnologij (Vir: Membrane Technologies)

4.1.2.1 Dezinfekcija z UV svetlobo

Z UV svetlobo lahko dezinficiramo vodo brez uporabe kemičnih oksidacijskih sredstev, zato se v vodi ne tvorijo nevarni oksidirani stranski produkti dezinfekcije. Poteka pri prehodu vode skozi reaktor, kjer mikroorganizme izpostavimo energiji fotonov svetlobe v UV-C spektru (200-280 nm). S tem onemogočimo uspešno razmnoževanje in povzročanje bolezni, saj se poškoduje DNK zapis celic mikroorganizmov. Z UV svetlobo lahko dezinficiramo vodo, druge tekočine in raztopine, zrak ali površine. Kemične metode dezinfekcije pa predstavljata kloriranje in obdelava z ozonom. Ozon je oksidacijsko sredstvo, ki ga uporabljamo, ko za dezinfekcijo ni mogoče uporabiti klora ali v kombinaciji s klorom. Navadno ga uporabimo, kadar je koncentracija organskih snovi v vodi nad 12 mg KMnO_4/l . Ozon oksidira anorganske in organske snovi, odstranjuje barvo, vonj in okus. (Dezinfekcija, UV, Klordioksid, klor, 1999)

4.1.2.2 Kloriranje

Kloriranje je najbolj pogosto uporabljen postopek za dezinfekcijo pitne vode. Uniči bakterije in nekatere viruse, vendar ne odstrani parazitov. Nekaj klora mora ostati tudi prostega, po zaključku reakcije. Svetovna zdravstvena organizacija predlaga okoli 5 mg klora na liter vode. Preostali oz. rezidualni klor preprečuje rekontaminacijo že dezinficirane vode. Za uničenje mikroorganizmov je potreben primeren čas delovanja in ustrezna koncentracija dezinfekcijskega sredstva. Kontaktni čas zagotovimo v rezervoarju ali v omrežju. Po Sloveniji sicer kloriranje ni predpisano. Potrebo po dezinfekciji ugotovi in zagotovi upravljavec določenega sistema za oskrbo z vodo. Kontaktni čas je odvisen od temperature vode, pH vode in koncentracije dezinfekcijskega sredstva. Večja koncentracija zmanjša kontaktni čas. Klor je na voljo v več oblikah: plinasti, trdi in tekoči. Uporaba plinastega klora ni priporočljiva, saj je lahko v taki obliki zelo nevaren. (Kraški vodovod Sežana)

4.2 Čiščenje odpadne vode

Kakovost podtalnice in površinskih voda lahko še posebej ogrozimo, če odpadne vode nekontrolirano spuščamo v okolje. Zato je potrebno odpadno vodo pred izpustom očistiti. Zbiranje, odvajanje in čiščenje izvajamo z različnimi kanalizacijskimi sistemi in čistilnimi napravami. Tehnološke postopke za čiščenje odpadnih voda lahko glede na mehanizem čiščenja razdelimo na fizikalne, biološke in kemijske. Glede na namen pa jih razdelimo na tri stopnje:

- predhodno in/ali mehansko čiščenje – I. stopnja

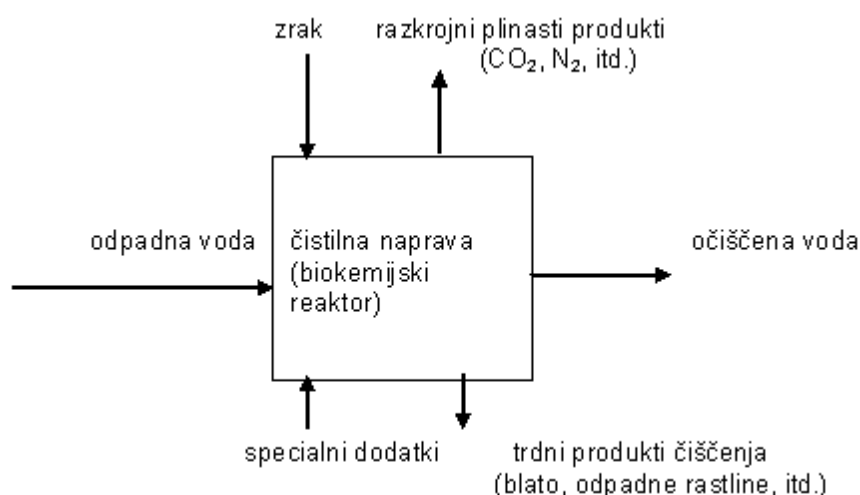
- biološko čiščenje – II. stopnja (izločanje ogljika)
- terciarno čiščenje – III. stopnja (izločanje dušika in fosforja)

4.2.1 Predhodno čiščenje

Tehnološke odpadne vode je potrebno predhodno očistiti. To dosežemo z nevtralizacijo, odstranjevanjem masti in olj (lovilci olj, flotacija, cepljenje oljnih emulzij), odstranjevanjem kovinskih ionov (obarjenje, ionska izmenjava), odstranjevanjem trdnih delcev (sedimentacija, filtracija) ter odstranjevanjem problematičnih organskih snovi (fizikalno, kemijsko). Predhodno čiščenje komunalnih in padavinskih odpadnih voda vključuje odstranjevanje različnih delcev na podlagi sedimentacije (peskolovi, sita), odstranjevanje maščob (oljni lovilci) ter odstranjevanje plavajočih delcev s pomočjo mrež (les, papir, ...). Biofilm, ki se ustvari na stenah cevi, pa omogoča samočiščenje v kanalizacijskem sistemu. (Drev, 2011)

4.2.2 Biološko čiščenje

Poznamo dve metodi biološkega čiščenja, ki predstavlja drugo stopnjo čiščenja odpadnih voda. Pri prvi za čiščenje poskrbijo bakterije, ki za svoj obstoj ne potrebujejo prisotnosti kisika (anaerobi), pri drugi pa tiste, ki brez njega ne morejo preživeti (aerobi). Pri aerobnih bioloških čistilnih napravah največkrat potekajo tri faze čiščenja: aeracija (biokemijska razgradnja s prezračevanjem in mešanjem), denitrifikacija (povzroča razpad nitrata brez dodajanja zraka z mešanjem) in sedimentacija (loči usedline in očiščeno vodo pri majhnih pretokih). Bakterijska združba je lahko suspendirana v odpadni vodi ali pa je pritrjena na ustrezen nosilec. Precejalnik je čistilna naprava, ki prši odpadno vodo na vrhu kolone in obliva pritrjeno biomaso. Pri potopnikih je biomasa do polovice namočena v vodo in pritrjena na rotirajoč nosilec. Če je biomasa v celoti zapolnjena z vodo, to imenujemo biofilter. Pri vseh bioloških čiščenjih nastaja odvečna biomasa oz. blato. Pri sedimentaciji lahko blato odstranimo. Najbolj pogoste komunalne čistilne naprave delujejo pod aerobnimi procesi, saj so manj zahtevne in povzročajo manj neprijetnih vonjav. (Drev, 2011)



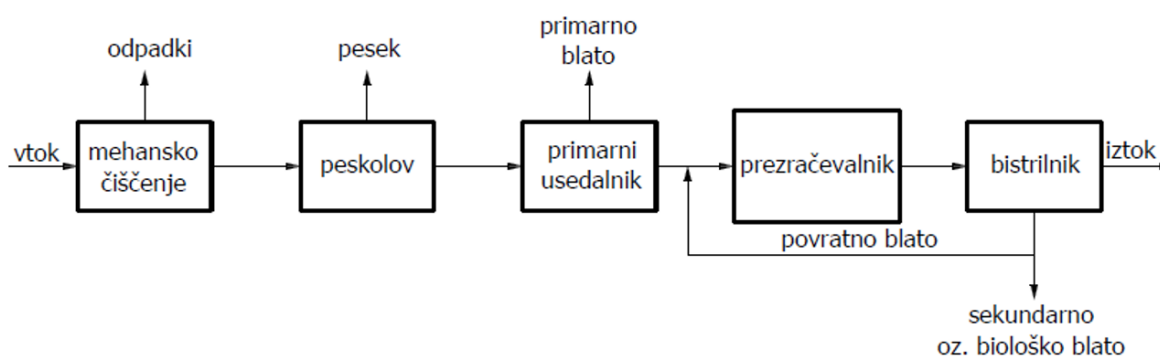
Slika 9: Shema tehnoloških procesov čiščenja na aerobnih bioloških čistilnih napravah (Vir: Drev, 2011: str. 16)

Trenutna zakonodaja bolj kot ne obravnava le aerobne procese čiščenja, vendar tudi anaerobni niso prepovedani. Razlika med tehnologijama je v nastalih produktih. Pri aerobnih nastajajo velike količine odpadkov, ki so posledica rasti bakterijskih združb. Razpad biomase pri anaerobnih procesih pa povzroči nastanek bioplina. Za kateri postopek čiščenja se odločimo je odvisno od tehnoloških, prostorskih in ekonomskih razlogov. Tabela prikazuje različne učinke čiščenja glede na različne tehnologije.

Preglednica 6: Stopnja čiščenja z različnimi tehnologijami (Vir: Drev, 2011: str. 17)

Način čiščenja	Učinek čiščenja [%]					
	BPK	KPK	SS	P	org. N	NH ₃ - N
Primarni usedalnik	30 - 40	30 - 40	50 - 65	10 - 20	10 - 20	0
Poživiljeno blato	80 - 95	80 - 85	80 - 90	10 - 25	15 - 50	8 - 15
Precejalnik – visoko stopenjski (kamen)	65 - 80	60 - 80	60 - 85	8 - 12	15 - 50	8 - 15
Precejalnik – super stopenjski (plastika)	65 - 80	60 - 85	60 - 85	8 - 12	15 - 50	8 - 15
biodiski	80 - 85	80 - 85	80 - 85	10 - 25	15 - 50	8 - 15
RČN	80 - 90	80 - 85	70 - 85	70 - 90	70 - 90	70 - 90

Odpadno blato, ki nastane pri bioloških čistilnih napravah, lahko uporabimo za kompostiranje ali proizvodnjo plina. Odpadek lahko tudi sežgemo, medtem ko odlaganje na deponijo ni dovoljeno. Količina je odvisna od tehnologije, ki jo uporabimo. Lahko je zelo koristna surovina, predvsem uporabna za izdelavo komposta, kot bioplin ali biogorivo. Pri anaerobnih postopkih nastane zelo malo mineralnega odpadka, saj skoraj vsa organska substanca razpade v bioplin.



Slika 10: Shema konvencionalnega čiščenja odpadne vode z aktivnim blatom (Vir: Roš, 2005: str. 2)

4.2.3 Male komunalne čistilne naprave

Mala komunalna čistilna naprava (MKČN) je naprava za čiščenje komunalne odpadne vode z zmogljivostjo čiščenja, manjšo od 2000 PE. Namenjene so čiščenju odpadne vode iz gospodinjstev, manjših gostinskih in gospodarskih objektov, stanovanjskih blokov ... Predpisi določajo, da je potrebno komunalne odpadne vode odvajati v javno kanalizacijo; kjer to ni mogoče, lahko uporabimo male komunalne čistilne naprave. MKČN do velikosti 50 PE je v primerjavi s pretočno greznico ustrezen način čiščenja komunalne odpadne vode. Uporabljajo se različne tehnologije čiščenja, končna produkta pa sta očiščena odpadna voda in blato oz. mulj.

Glede na potek čiščenja ločimo:

- naprave s pritrjeno biomaso (aktivno blato ni razpršeno v vodni fazi, ampak pritrjeno na nosilcih – precejalniki, biodiski (potopniki), biofiltri)
- naprave z razpršeno biomaso (voda se neprekinjeno pretaka skozi različne faze (posode) v sistemu, sekvenčni sistemi – vse faze potekajo v isti posodi)
- rastlinske čistilne naprave (posnemajo sposobnost narave za čiščenje odpadnih voda)

Komunalna odpadna voda mora biti na iztoku ustrezno očiščena. Zadnja uredba (Uredba o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne vode, Uradni list RS, št. 98/2015) določa še nižjo zahtevo čiščenja, kot jo je določala predhodna uredba. Na iztoku iz MKČN kemijska potreba po kisiku ne sme preseči mejne vrednosti 200 mg O₂/l. Predhodna Uredba je zahtevala mejne vrednosti 150 mg O₂/l in BPK₅ 30 mg O₂/l. Take vrednosti se zahtevajo za komunalne čistilne naprave velikosti 50 – 2000 PE. Še vedno previsoke mejne vrednosti so lahko zelo nevarne za onesnaževanje okolja in predvsem neprimerne za ponovno uporabo. Za namakanje je taka voda primerna le v primeru, če jo uporabimo za poljščine, ki jih zaužijemo/uporabimo šele nekaj mesecev po namakanju. Za vrtnine, travnike in sadovnjake pa taka mikrobiološko kontaminirana voda ni primerna.

Na trgu so najbolj pogoste MKČN velikosti 5-10 PE, predvsem zaradi razpršenosti poselitve. Zaslediti je možno veliko število ponudnikov, vrst, tehnologij, velikosti. Najcenejše so pretočne čistilne naprave, ki čistijo s tehnologijo z aktivnim blatom. Zmogljivost je navadno zadovoljiva ter v skladu s standardi. Naslednje so rastlinske čistilne naprave. Nekoliko višji rang so nato tehnologije SBR, kjer je tehnologija že malce bolj zapletena. MBR naprave z nosilci, na katerih je biomasa pritrjena, se nahajajo v podobnem cenovnem razredu, najdražje pa so membranske čistilne naprave. Tehnologijo izberemo glede na želeno kakovost čiščenja. Membranske čistilne naprave so primerne predvsem tam, kjer je potrebna visoka stopnja čiščenja. (Jakop, 2014)

4.2.4 Rastlinska čistilna naprava

V Sloveniji je postavljenih že več kot 50 rastlinskih čistilnih naprav. Namenjene so predvsem čiščenju komunalnih odpadkov, čiščenju odpadne vode iz prehransko-predelovalne industrije ter izcednih vod iz komunalnih odlagališč odpadkov. So enakovredne drugim čistilnim napravam in so opredeljene v Uredbi o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz malih komunalnih čistilnih naprav.

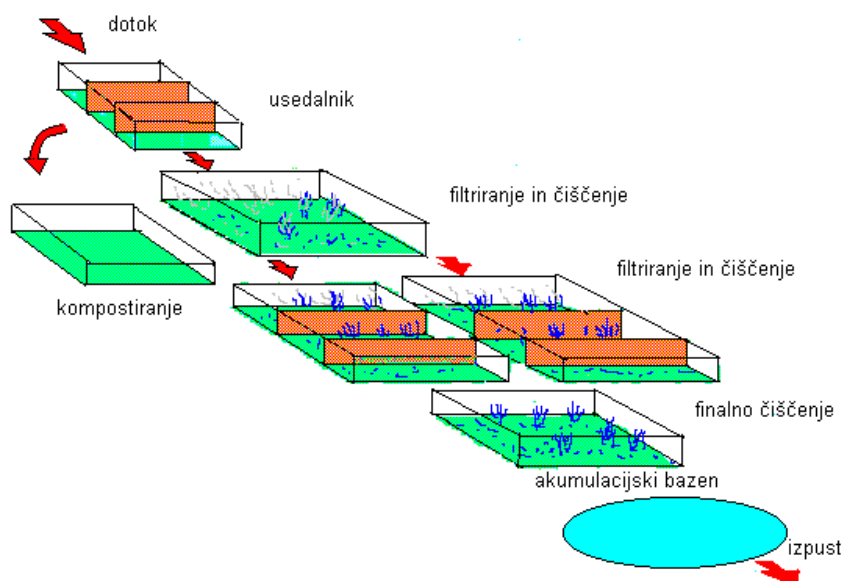
Glavni medij čiščenja v rastlinskih čistilnih napravah so mikroorganizmi in močvirske rastlinske vrste (makrofiti). Površino same RČN lahko izračunamo. Potrebujemo podatek o dnevnom pretoku vode (m^3/dan), povprečno dnevno vrednost BPK_5 (mg/l), zahtevano povprečno dnevno vrednost BPK_5 na iztoku (mg/l) ter konstanto K (m/dan), ki je odvisna od temperature v sistemu, globine in poroznosti medija. Površina RČN za 1 PE se giblje nekje od 4-5 m^2/PE za komunalne odpadne vode. (Griessler Bulc, 2013)

Osnove fizikalnih in kemijskih značilnosti močvirskih medijev so zelo pomembne pri načrtovanju in oblikovanju RČN, saj imajo velik vpliv na končno učinkovitost čiščenja odpadne vode. Najpogostejše uporabljene zemljine v RČN so mineralnega izvora (glina, ekspandirana glina, peščene naplavine, usedline) ter organskega izvora (šota). Sestava pa močno vpliva tudi na filtracijo in sorpcijo. Velikokrat se uporablja grušč in pesek, saj glina in mivka povzročata mašenje, čeprav omogočata večjo sorptivnost in filtracijo. Neposredno ustrezen medij čisti suspendirane delce in patogene bakterije s filtracijo, sedimentacija suspendiranih delcev poteka v praznih prostorih medija, s sorpcijo pa se voda očisti raztopljenih organskih snovi, patogenih bakterij, dušika, fosforja, težkih kovin. Neposredno poteka tudi obarjenje fosforja in kovin. Posredno pa je medij pomemben tudi za rast in razvoj rastlin ter povečanje površine za naselitev mikroorganizmov.

Mikroorganizmi v RČN se naselijo na medij, koreninski sistem in rizomski sistem močvirskih rastlinskih vrst. Vključujejo bakterije, viruse, plesni, alge. Pri razgradnji odpadnih voda imajo največjo vlogo bakterije. Absorpcija in sedimentacija na delcih medija zmanjšujeta število patogenih bakterij. RČN so tako učinkovite pri odstranjevanju patogenih organizmov, vendar pa pogosto ne dosežajo predpisane vrednosti, zato je potrebna še dezinfekcija.

Aerobne bakterije, suspendirane v vodi ali pritrjene na površini medija, koreninskega ali rizomskega sistema rastlin, pretvorijo večji del organskih snovi v CO_2 in H_2O . S tem razgradijo organske snovi, zmanjša se BPK_5 , mikroorganizmi pa pri tem porabljajo kisik. Količina raztopljenega kisika je zato lahko dejavnik, ki omejuje razgradnjo organskih snovi.

Močvirske rastline so v sistemu RČN vključene v proces filtracije in absorpcije suspendiranih in usedljivih snovi. Prezračujejo rizosfero in omogočajo procese in razvoj aerobnih mikroorganizmov. Poleg tega nudijo mikroorganizmom površino za pritrjanje. Povečujejo hidravlično prevodnost in zmanjšujejo število patogenih bakterij. Rastline morajo biti prilagodljive na spremembe, odporne na bolezni in strupe, imeti sposobnost privzemanja snovi, sproščanja kisika in globoko razvit koreninski in rizomski sistem. Najpogosteje uporabljamo močvirske rastline rodov: Phragmites, Juncus, Typha, Scirpus, Schoenoplectus in Carex. Navadni trst je izredno prilagodljiva rastlina z visoko produktivnostjo in ga pogosto uporabljamo v RČN. Močvirske rastline ali makrofiti so pomembni del RČN, saj utrjujejo površino sistema, omogočajo pogoje za filtracijo, preprečujejo tvorbo erozijskih kanalov, mašitev. Prav tako upočasnjujejo tok vode, pozimi pomenijo izolacijo in omogočajo naselitev številnim mikroorganizmom ter prispevajo k bolj prijaznemu videzu. (Griessler Bulc, 2013)



Slika 11: Rastlinska čistilna naprava (Vir: Drev, 2011: str. 18)

Pomembna je tudi uporaba predčiščenja, saj se v nasprotnem primeru lahko soočamo s predčasnimi težavami mašenja, ki povzroča površinski tok ter s tem manjšo učinkovitost čiščenja. Navadno za predčiščenje uporabljamo usedalnike (dvoetažni usedalniki – emšer, Imhoffov usedalnik), zadrževalnike, greznice, filtre, aeracijske bazene ali lagune. (Griessler Bulc, 2013)

5 PONOVDNA UPORABA VODE

V razvitem svetu smo navajeni, da odpremo pipo in iz nje priteče voda. Po svetu ni povsod tako. Ravno zato so alternativni načini pridobivanja vode oz. ponovna uporaba v prihodnosti še toliko bolj pomembni. Povprečno porabo vode v stanovanju si lahko ogledamo v preglednici 7.

Preglednica 7: Poraba vode na osebo na dan (Vir: Grobovšek, 2007)

1. skupina		2. skupina	
Kopanje	35 l	Izpiranje WC	18 l
Pomivanje posode	8 l	Pranje perila	18 l
Umivanje	7 l	Čiščenje	4 l
Pitje, kuhanje	3 l	Zalivanje vrta	5 l
SKUPAJ	53 l	SKUPAJ	45 l

Voda iz prve skupine mora biti neoporečna, pitna voda. Za drugo skupino, za katero povprečno porabimo približno 45 l na osebo na dan, pa zahteve o kakovosti vode niso tako stroge. Torej lahko uporabimo deževnico ali pa prečiščeno odpadno vodo. Deževnica je nestalen in nepredvidljiv vir, zato so za redno oskrbo potrebni veliki rezervoarji za zbiranje in shranjevanje. Stalen vir je tako lahko odpadna sanitarna voda oz. siva voda, ki nastaja pri kopanju, tuširanju in umivanju rok v kopalnici. Za obdelavo sive vode se v glavnem uporabljajo intenzivni biološki postopki, v zadnjem času pa celo tehnologija membranskih bioreaktorjev. Gre za postopke, ki jih navadno uporabljamo za obdelavo odpadne vode iz več stanovanjskih zgradb ali naselij. Problem predstavlja predvsem penjenje vode, saj vsebuje veliko tenzidov (ostanki tekočih mil, šampona).

Sistem za lovljenje deževnice in njeno uporabo smo opisali v poglavju 2.

Očiščeno vodo iz hišne komunalne čistilne naprave lahko uporabimo za namakanje vrta in sadovnjaka, vendar ta prav tako ne sme biti mikrobiološko oporečna. Povečana vrednost dušika in fosforja ni tako problematična, saj sta dušik in fosfor potrebna elementa za rast rastlin. Dušik v obliki NH_4^+ rastline še lažje porabijo, vendar pa lahko povzroči neprijetne vonjave. Neprijetne vonjave lahko povzročijo tudi nekatere druge snovi (H_2S , tioli, tiofeni, ...), ki nastanejo pri premalo učinkovitem čiščenju MKČN. V Sloveniji trenutno še nimamo uredbe, ki bi obravnavala problematiko emisij neprijetnih vonjav v okolje, vendar ta problem obstaja. V takih primerih si pomagamo z EU predpisi. Četudi zadostimo veljavnim predpisom (mejna vrednost KPK 200 mg O_2/l) v mnogih primerih to ni dovolj. Če želimo vodo ponovno uporabiti, mora biti vrednost KPK znatno manjša. Pozorni moramo biti predvsem na

občutljivih področjih, ki jih je v Sloveniji zelo veliko (kraška zemljišča, vodna zajetja, Natura 2000, kopalne vode, TNP, itd.), saj lahko slabo očiščena voda povzroči nepopravljive posledice za okolje.

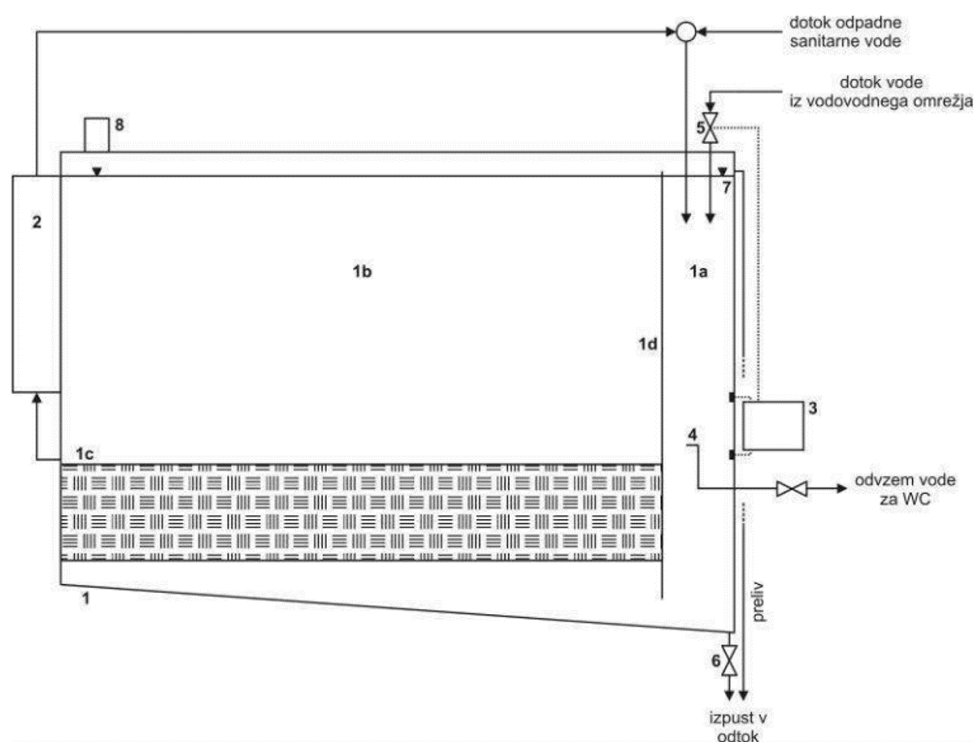
V primeru kvalitetnejšega sistema za čiščenje sive vode lahko le-to nato uporabimo še za marsikateri namen znotraj stanovanja. Vendar je bolj uporabna oz. potrebuje manjšo obdelavo za uporabo zunaj. Deževnico in pa sivo vodo tako lahko uporabimo za zalivanje vrtov, zelenic ali pranje avtomobila. Vodo, ki jo uporabimo za zalivanje in namakanje, prečistimo preko preprostega zaporedja različnih filtrov. Stopnja očiščenosti je odvisna od namena, za katerega nameravamo prečiščeno vodo uporabljati.

5.1 Kompaktni reaktorski sistem

Najbolj potratni porabniki pitne vode pri nas so kotlički za splakovanje stranišča. Nekateri porabijo za eno splakovanje straniščne školjke tudi do 15 litrov vode. Na Kemijskem inštitutu so skonstruirali kompaktni sistem za obdelavo sanitarne odpadne vode in njeno ponovno uporabo, ki je dokaj enostaven, robusten in ne zahteva veliko vzdrževanja. Ker je dokaj kompakten bi bil primeren tudi za stanovanjske enote, saj bi znižal količino porabljene vodovodne in s tem pitne vode za približno 30 %. Temelji na kombinaciji biološkega procesa s pritrjenimi mikroorganizmi (biofilm) brez prisilnega zračenja in dezinfekciji z UV žarnico.

Sistem sestavljajo:

1. rezervoar
 - 1a. vtočni del rezervoarja
 - 1b. aktivni del rezervoarja
 - 1c. bioreaktor
 - 1d. predelna stena
2. dezinfekcijski modul
3. nivojski senzor
- 4, 5, 6. elektromagnetni ventili
7. preliv
8. oddušnik



Slika 12: Shematski prikaz kompaktnega sistema za čiščenje sanitarne odpadne vode in njeno ponovno uporabo (Vir: Vrtovšek, 2011: str. 2)

Rezervoar je iz prozornega poliakrilata s poševnim dnom, ločen na dva dela. V manjši del se stekajo vsi vodni tokovi tako, da so uvedne cevi vedno pod gladino tekočine v rezervoarju. V večjem delu pa je potopljen bioreaktor z nosilcem mikroorganizmov. Dezinfekcija poteka z UV žarnico. Delovanje temelji na kroženju tekočine med bioreaktorjem in dezinfekcijsko celico. Na inštitutu so dosegli, da je bilo po 30 min zadrževanja vode v sistemu vrednost TOC 30 mg/l. Z enostavno kombinacijo biološkega postopka in UV dezinfekcije so dosegli lastnosti obdelane vode, ki preprečuje razvoj mikroorganizmov v cevni napeljavi in WC kotličku. Med preizkusi ni bilo nobenega smrada in težav s penjenjem. (Vrtovšek, 2011)

6 OBSTOJEČE STANJE POČITNIŠKE HIŠE NA SILBI

6.1 Splošno o otoku Silba

Silba je hrvaški otok na severu Dalmacije s površino približno 15 km². Obdajajo ga otoki Premuda, Olib in Lošinj. Podnebje je mediteransko in ima v celem letu približno 2570 ur sonca. Poletja so po večini vroča in jasna. Lokalnih prebivalcev, večinoma upokoјencev, je okoli 100. Po uradnih podatkih je prebivalcev sicer nekaj več, vendar jih večino med tednom dela in živi na celini. Na otoku so prepovedana kakšna koli vozila, razen za oskrbo lokalnih podjetij. V poletnih mesecih se največ ukvarjajo s turizmom in takrat število prebivalcev naraste tudi 10x. Silba sodi pod občino Zadar.

Najvišji vrh otoka je hrib Varh, ki se nahaja na severu otoka, 86 m nad morjem. Silba ima kar nekaj plaž, bolj dostopne so na južni strani. Velja za enega bolj zelenih hrvaških otokov. Rastje na otoku je mediteransko. Najdemo lahko makije, nizko zeleno mediteransko grmičevje in pa tudi gost gozd, s hrastom črnika in alepskim borom (*Pinus halepensis*). Po vrtovih lahko vidimo tudi veliko zelišč, kot so rožmarin, žajbelj, timijan, sivka, lovor,... Proizvaja se olivno olje, saj imajo domačini kar nekaj nasadov oljk. Na otoku lahko zasledimo tudi fige, mandlje in vinsko trto.

V gozdovih lahko srečamo zajce, kače, škorpijone, žabe, blavorja in tudi druge živalske vrste, ki samo še potrjujejo otoško pestrost. Od domačih živalih gojijo ovce in proizvajajo domači ovčji sir.

Klima na otoku je mediteranska. Povprečne padavine zadnjih 7 let so 1034 mm na leto. V preglednici pa lahko preverimo dejanske količine zadnjih 7 let. Največ padavin čez leto pade v mesecu februarju, najmanj pa v juliju. Značilni vetrovi, ki pihajo vzdolž obale so burja, jugo in maestral.

Povprečna evapotranspiracija za obdobje od leta 1964 do leta 1993 po podatkih izračunanih po Palmerovi metodi, znaša 731,3 mm ter potencialne evapotranspiracije 945,6 mm. (Vučetić, 1998)

Preglednica 8: Količina padavin zadnjih 7 let na otoku Silba (Vir: Državni hidrometeorološki zavod Hrvaške)

Leto	Količina padavin [mm]
2009	1041,4
2010	1277,1
2011	535,3
2012	885,5
2013	1297,7
2014	1471,9
2015	728,5

6.2 Obstoječe stanje oskrbe z vodo počitniške hiše

Dotična počitniška hiša na Silbi se oskrbuje samo z deževnico. S smotrno porabo vode se skozi celo leto, če le ni padavin manj kot povprečno, nabere dovolj vode za uporabo le-te v poletnih mesecih, ko se hiša največ uporablja.

Deževnica se s strehe steka preko provizoričnih filtrov v cisterno velikosti približno 16 m³. Filter je sestavljen iz treh plasti. Zgornja dva sloja sta penasti akvarijski filterski medij, nato pa potuje voda še čez očiščeni prod (slika 15). Na začetku poletne sezone se izmeri količina vode v cisterni (slika 16). Glede na količino zbrane vode se nato preračuna potreba po kloriranju vode. Uporabljajo granule Izosan G hrvaškega proizvajalca Pliva (slika 28). Priporočeni odmerek proizvajalca je 1,75 g granul na kubični meter vode. V začetku leta 2016, ko je bilo v cisterni zbrano 13,4 m³, so tako uporabili približno 23,5 g klora v granulah.



Slika 13: Cisterna in dotok v cisterno, kjer se nahaja filter



Slika 14: Prvi filter pred dotokom deževnice v cisterno



Slika 15: Merjenje količine vode v cisterni



Slika 16: Priprava na kloriranje



Slika 17: Kloriranje vode v cisterni

Vodo nato preko hidroforja črpajo v sistem. V hiši se nahajata dve kopalnici in kuhinja. Hidrofor vodo usmerja tudi v dve zunanji pipi. Dezinfekcija pa ni edina zaščita, ki se uporablja pri tretiranju vode. V uporabi je namreč tudi filter z aktivnim ogljem. Filter je namenjen predvsem odstranjevanju nečistoč, vonja, okusa, organskih snovi in klora. Odstrani tudi parazite, ki so odporni na klor.



Slika 18: Priprava filtra z aktivnim ogljem na menjavo



Slika 19: Menjava filtra z aktivnim ogljem



Slika 20: Cevi in filter z aktivnim ogljem pred vstop v hidrofor

Drugi načini pridobivanja vode na otoku so le še nakup deževnice, zbrane v vaški cisterni ali nakup vode, ki jo pripeljejo s cisterno s celine. Za domačine sicer dokaj dostopni varianti sta za ndržavljane Hrvaške precej dragi. Smotrna uporaba zbrane deževnice je tako bistvenega pomena za lažje in brezskrbno počitnikovanje med sezono.

V dotični hiši tako še posebej skrbijo, da se že uporabljena voda ponovno uporabi. V zunanji kuhinji za pomivanje vode uporabljajo dve vedri, tako da se kar čim manj vode uporabi pri splakovanju (slika 23). V kopalnici, ko operejo perilo, vodo zbirajo v kopalni kadi (slika 22). Vodo iz kadi nato s pomočjo veder uporabijo za splakovanje stranišč (slika 24). Prav tako imajo v umivalnikih nameščene manjše posode, kjer lovijo vodo in tudi to uporabijo za splakovanje stranišč (slika 25). Uporabljena voda nato steče v pretočno greznico, ki se nahaja za hišo.



Slika 21: Zbiranje odpadne vode po pranju perila



Slika 22: Zunanje korito za pranje posode in spodaj vedro za zbiranje odpadne vode



Slika 23: Vedro z odpadno vodo za splakovanje stranišča



Slika 24: Umivalnik in zbiranje odpadne vode v kopalnici

7 OPTIMIZACIJA OSKRBE Z VODO

Oskrba počitniške hiše z deževnico uspešno deluje in posebna optimizacija tega sistema ni potrebna. Najbolj smiselno in pomembno bi bilo izboljšanje sistema ponovne uporabe odpadne vode. Ves postopek z vedri, prenašanjem vode in zlivanjem vode v stranišče je zelo nehygieničen, ki zahteva dodatno čiščenje in brisanje vode, kar lahko povzroči marsikatero nevhsečnost in nejevoljo, ki je v času počitnic odveč.

Ena od možnosti oskrbe z vodo je izdelava dvojne napeljave odvajanja voda. Takoimenovano sivo vodo bi bilo smiselno zbirati posebej ter jo uporabiti za splakovanje stranišča brez uporabe dodatnih veder in prenašanja vode. Črno vodo pa bi tako kot do sedaj še vedno odvajali v pretočno greznico.

V obstoječi hiši bi bilo tako potrebno namestiti dodatne cevi, ki bi vodo iz pralnega stroja, kopalne kadi ter umivalnika v obeh kopalnicah speljali v zbiralnik odpadne vode. Preden bi ta voda dosegla zbiralnik, bi bilo le to smiselno očistiti, saj lahko vsebuje raztopljene organske snovi in različne mikroorganizme, ki lahko povzročijo neprijetne vonjave, se razrastejo in celo zamašijo sistem. Vodo bi lahko očistili z različnimi filtri in/ali jo dezinficirali.

Glede na potrebe in sprotno porabo vode v poletnih mesecih, ko je proizvodjanje odpadne vode in poraba vode največja in stalna, bi bil dovolj zbiralnik odpadne vode velikosti 1 m³. Vzpostavitev te napeljave iz spodnje kopalnice ne bi smela povzročiti večjih težav, saj so umivalnik, pralni stroj in kopalna kad v istem prostoru. Kopalnica tudi meji na zunanjo steno, kjer bi na drugi strani lahko postavili zbiralnik. Zbiralnik bi vkopali v tla, da bi bil tako zaščiten pred soncem ter temperaturnimi spremembami. Pred dotokom vode v zbiralnik bi morala skozi različne filtre, da bi jo očistili. Zbiralnik bi bil namenjen sprotnemu porabljanju odpadne vode.

Odpadno vodo, ki smo jo zbrali v zbiralniku, pa lahko nato porabimo za splakovanje kotlička. Potrebna bi bila namestitev črpalke, ki bi črpala vodo iz zbiralnika do kotlička. Smiselno bi bilo namestiti varčne kotličke.



Slika 25: Primer podzemnega zbiralnika vode (Vir: Zbiralnik vode)

V primeru, da bi bila ponovna uporaba vode namenjena zunanji uporabi (zalivanje travnika, rož, sadovnjaka), bi lahko uporabili preprost sistem v kombinaciji z grobim filtrom, s katerim bi lahko odstranili morebitne večje delce ter granule klora, ki bi preprečile rast mikroorganizmov.

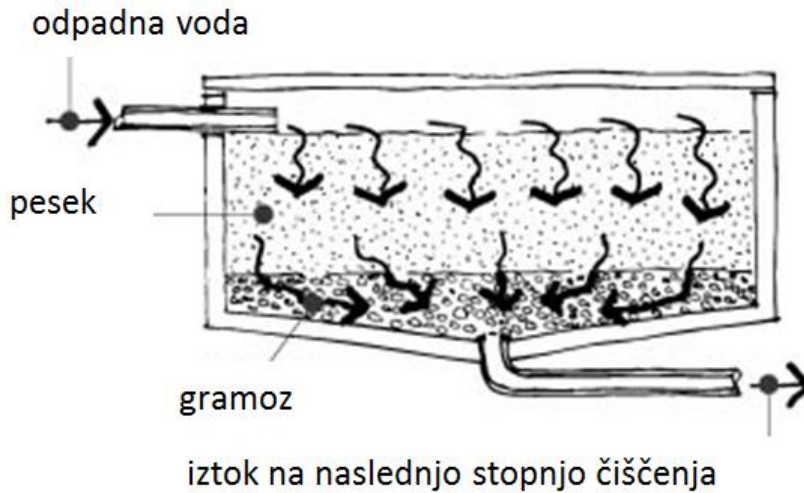
V našem primeru, ko želimo vodo uporabiti znotraj hiše, je potrebna bolj učinkovita obdelava vode. EU smernice za kopalne vode (76/160/EEC) ter nemški odlok o pitni vodi (TrinkwV 20) določata, glede na to, da lahko pride do kontakta vode s človekom, naslednje vrednosti vode v preglednici 9.

Preglednica 9: Mejne vrednosti potrebne za vodo, s katero spiramo stranišča (Vir: Greywater Recycling, 2005: str. 13)

Parametri	Vrednosti
BPK ₇	< 5 mg/l
Situracija kisika	>50 %
Skupno št. koliformnih bakterij	< 100 mg/ml
Fekalne koliformnih bakterij	< 10 mg/ml
Pseudomonas aeruginosa	< 1/ml

Pred dotokom vode v zbiralnik jo je potrebno očistiti večjih delcev, kar dosežemo z grobim filtrom. Grobi filter je lahko domače izdelave, kjer lahko mehansko s sitom ali s filtrirnim materialom za akvarij lovimo večje delce. Vodo nato usmerimo naprej skozi peščeni filter (slika 27). Voda potuje

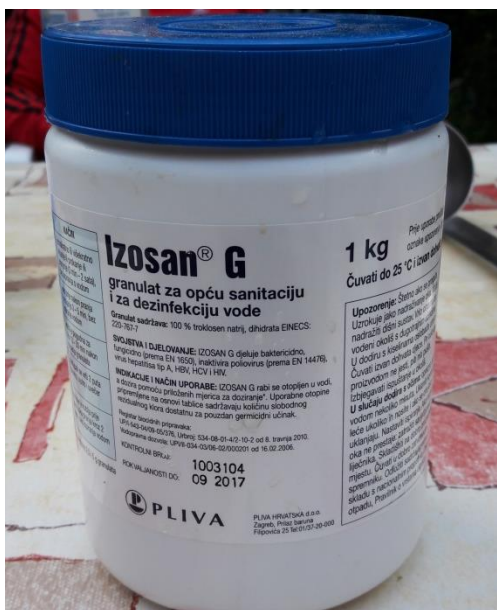
skozi plast peska ter tanjšo plast gramoza. Pri tem se očisti manjših delcev. Filter je potrebno redno čistiti/prati, da se znebimo delcev, ki se naberejo v filtru.



Slika 26: Hitri peščeni filter (Vir: Peščeni filter)

Če želimo doseči vrednosti, podane v preglednici 8, je potrebno uporabiti še fino filtracijo in pa biološko čiščenje vode. Fino filtracijo lahko dosežemo s počasnim peščenim filtrom. Sestavljen je iz plasti difuzije, statičnega nivoja vode, debele plasti finega peska velikosti 1-0,1 mm, dveh plasti gramoza različnih velikosti (1-9 mm in 9-12 mm). Če je pritok konstanten, se med plastjo finega peska in nivoja vode vzpostavi tudi biološko čiščenje, saj se tam ustvari biofilm z mikroorganizmi, ki preprečujejo pot patogenim organizmom.

Za dezinfekcijo pa lahko uporabimo kar granule klora (slika 28), ki jih sicer uporabljamo za dezinfekcijo cisterne z deževnico.



Slika 27: Granulat klora za dezinfekciju vode (Vir: lasten)

Voda je tako očiščena delcev, mikroorganizmov in tudi dezinficirana. Tako vodo nato zbiramo v zbiralniku (slika 26) in jo s pomočjo črpalke (slika 29) črpamo do kotlička stranišča, ko je to potrebno.



Slika 28: Hidrofor - črpalka za vodo Grundfos MQ 3-35 (Vir: Črpalka za vodo)

Zbiralnik bi moral imeti tudi možnost preliva v primeru, če bi bilo odpadne vode preveč. V tem primeru bi lahko prečiščena odvečna voda odtekla v podtalnico.

Sistemov za ponovno uporabo vode je na trgu vedno več. Trenutno je težko najti primeren sistem, ki bi bil celovit in hkrati ekonomsko smotrno. V našem primeru smo tako kombinirali različne možnosti čiščenja, da bi kar najbolj zadovoljili vsem vrednostim čiščenja, ki so za ta namen primerne. Ta

predlog je dokaj neekonomičen in zahteva veliko različnih tehnik in kombinacij. Potrebno bi bilo izdelati bolj celosten sistem, ki bi bil enostaven in tudi ekonomsko bolj upravičen.

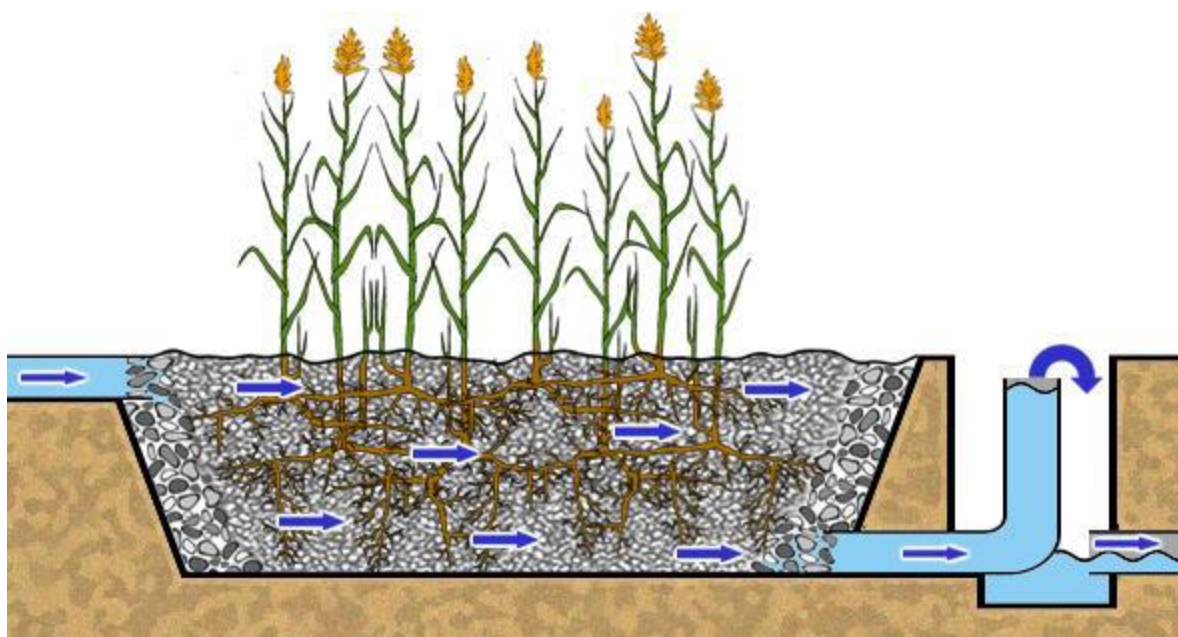
Druga možnost bi lahko bila uporaba kompaktnega sistema, ki so ga izdelali na Kemijskem inštitutu (slika 12). Sivo vodo iz kopalnice (umivalnik, tuš, pralni stroj) bi prav tako usmerili v zbiralnik, vendar bi bil ta tokrat kompakten, saj bi čiščenje potekalo kar v zbiralniku. Ta zbiralnik bi hkrati služil tudi kot rezervoar za splakovanje straniščne školjke. Čiščenje poteka preko nosilcev biomase in UV dezinfekcije. Sistem smo že opisali v poglavju 4.1.

7.1 Celovit predlog optimizacije oskrbe z vodo

Najbolj celovit predlog optimizacije predvideva največji poseg v prostor, saj bi za hišo, kjer je dovolj prostora, postavili rastlinsko čistilno napravo (RČN). RČN v zadnjih letih dosegajo zelo dobre rezultate čiščenja odpadne vode in so primerljive z drugimi oblikami čiščenja le-te. Predlog zajema čiščenje vse odpadne vode, s preverjeno tehnologijo in dobro stopnjo čiščenja. RČN imajo predvideno stopnjo čiščenja 70-90 %.

Pri načrtovanju RČN moramo biti pozorni na pravilno dimenzioniranje ter izvedbo, pomembno je tudi upoštevati klimo oz. vremenske pogoje, kjer bo RČN postavljena in v obzir vzeti tudi morebitno ponovno uporabo vode. Poznamo več vrst RČN. V našem primeru izgradnja s prosto vodno gladino ne pride v poštev, saj bi bila RČN postavljena v neposredni bližini hiše. Pojavijo se lahko smrad in razmnoževanje insektov, zlasti komarjev, ki so močno nezaželeni, ko želimo zvečer mirno posedeti na dvorišču. Zato raje izberemo sistem s horizontalnim podpovršinskim tokom.

V prilogi A je izdelan načrt parcele s programom AutoCAD in umestitev RČN v prostor.



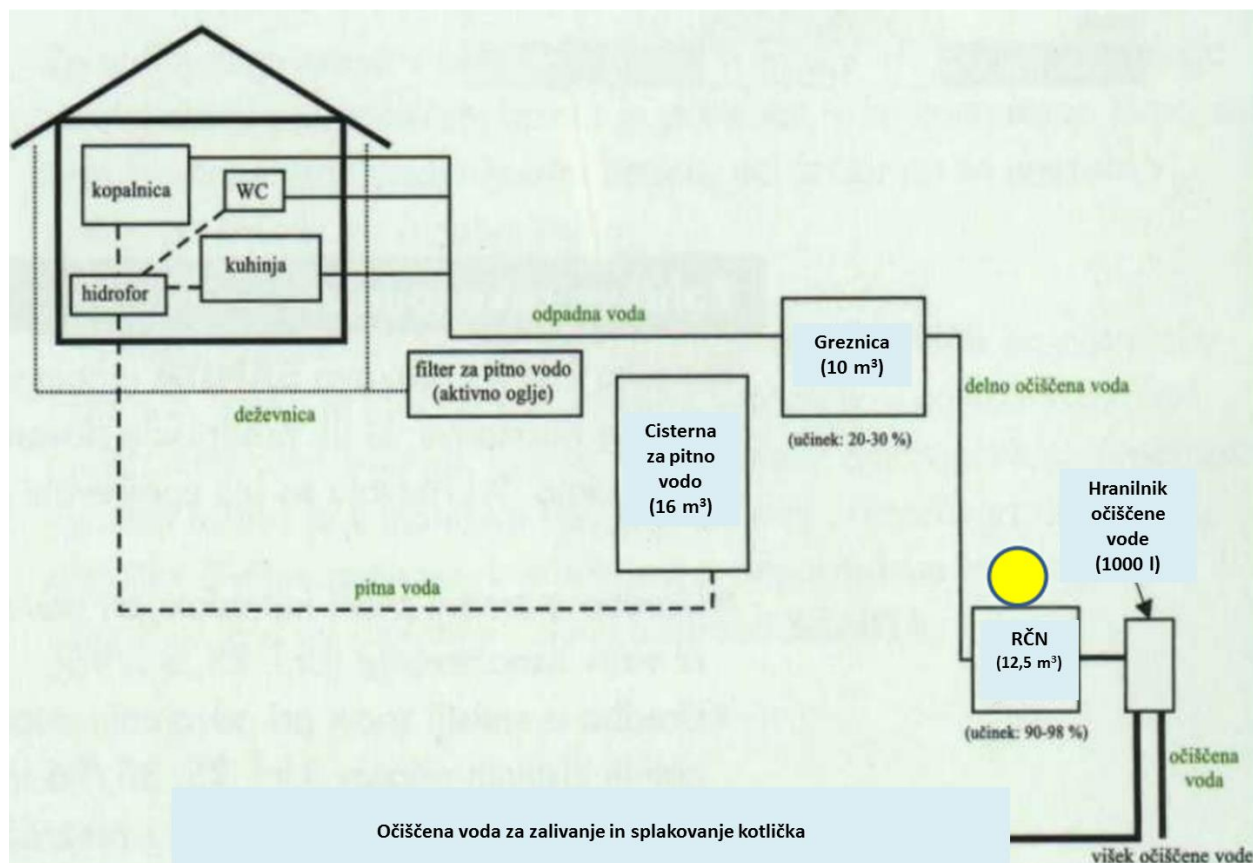
Slika 29: Shema sistema s horizontalnim podpovršinskim tokom (Griessler Bulc, 2013: str. 56)

Čiščenje poteka pod površino medija. Voda se počasi vodoravno pretaka proti iztoku, na poti pride do stika z aerobnimi in anaerobnimi območji. Korenine in rizomi predstavljajo aerobno območje, ki sprošča kisik v medij. Fizikalni in kemijski procesi potekajo s pomočjo aerobnih in anaerobnih bakterij. Voda se očisti predvsem neraztopljenih snovi, BPK₅, KPK, težkih kovin, fekalnih bakterij in uravnava pH. Na dnu grede pogosto nastane anaerobna plast, zaradi česa je odstranjevanje dušika in fosforja manj učinkovito.

Osnovno delovanje RČN je sestavljeno iz predčiščenja in glavnega čiščenja, poteka tudi terciarno čiščenje, saj se v čistilni napravi odstranjujejo tudi hranila in patogene bakterije.

Tu gre za celostni sistem oskrbe z vodo, saj bi na čistilno napravo speljali vso odpadno vodo iz hiše. Potrebno bi bilo namestiti tudi dodatne cevi, ki bi odvajale vodo tudi iz zunanjih pip, kjer se trenutno odpadna voda zbira kar v vedro (slika 23), tega pa je potrebno vsakokrat, ko se napolni, odnesti in sprazniti.

Za potrebe predčiščenja bi lahko uporabili kar že obstoječo greznico, saj lahko služi kot usedalnik. Zgornji sloj pa bi nato preusmerili na RČN.



Slika 30: Shema čiščenja z RČN (vir: Vovk Korže, 2014: str. 38)

Za izgradnjo RČN se ne odloča veliko ljudi, saj zavzamejo kar veliko prostora. Napredek in več znanja ter raziskav v tej smeri pa so v pripeljali do tega, da je potrebna vedno manjša površina. V Sloveniji so RČN velikostnega reda nekje 2,3-2,5 m²/PE. Počitniška hiša se uporablja zgolj v sezoni, naenkrat pa jo uporabljajo največkrat pet ljudi. Velikost RČN pri dotični hiši bi tako morala meriti 12,5 m². RČN bo pravokotne oblike. Potrebno je upoštevati tudi razmerje med širino in dolžino. Primerno razmerje bi bilo 5 m dolžine in 2,5 m širine. Globina sistem bo od 0,5-0,75 m. Večja globina lahko oslabi rizomski in koreninski sistem, manjša pa povzroča večjo evapotranspiracijo.

7.1.1 Tehnične specifikacije

Rastlinska čistilna naprava bo vsebovala usedalnik (za kar bomo uporabili obstoječo greznico), filtrirno, čistilno in polirno gredo. Na koncu bomo namestili še zbiralnik vode, kjer bomo zbirali vodo za ponovno uporabo. Postavili bomo tudi kompostno gredo.

Preglednica 10: Velikost posameznih gred v RČN

Tip naprave	Dolžina [m]	Širina [m]	Globina [m]	Površina [m ²]	Volumen [m ³]
Usedalnik - greznica					10
Filtrirna greda	1,2	2,5	0,5	3	1,5
Čistilna greda	2,5	1,25+1,25	0,75	6,25	4,7
Polirna greda	1,3	2,5	0,5	3,25	1,6
Skupaj	5	2,5	1,8	12,5	7,8

V izračunu v preglednici 10 smo upoštevali globino od začetka filtrirne grede z 1 % naklona proti iztoku. V skupni volumen RČN nismo upoštevali volumna usedalnika - greznice.

Čeprav je poraba vode na Silbi v času počitnic manjša kot je običajna povprečna poraba vode na prebivalca, bomo za izhodiščni parameter porabe vode upoštevali 150 l/preb/dan. To pomeni, da je poraba vode 0,75 m³/dan. Za parameter organske obremenitve bomo upoštevali 60 g BPK₅/osebo/dan. Projektirali bomo na konični pretok 0,5 l/s.

Preglednica 11: Obremenitev dotoka (povzeto po Vrhovšek, 2010: str. 7)

Parameter	Obremenitev dotoka pri Q _{sr}	
	[mg/l]	[kg/dan]
Suspendirane snovi	300	0,45
KPK	350-400	0,3
BPK ₅	200 – 250	0,225
NH ₄ ⁺	30	0,0225
Celokupni dušik	60	0,045
NO ₂	0,2	0,00015
NO ₃	0,2	0,00015
maščobe	30	0,0225

Zadrževalni čas v rastlinski čistilni napravi izračunamo po enačbi:

$$t = L W H n / Q$$

L – dolžina RČN [m]

W – širina RČN [m]

H – globina RČN [m]

n – poroznost medija

Q – pretok [m^3 /dan]

Projektirana vrednost zadrževalnega časa je tako 7 h.

Po hrvaškem pravilniku o mejnih vrednostih emisij odpadnih voda za komunalne odpadne vode predvideva vrednosti BPK_5 na iztoku $25 \text{ mg O}_2/\text{l}$ ter KPK_{Cr} $125 \text{ mg O}_2/\text{l}$. Stopnja čiščenja mora biti vsaj 70 %, kar naj bi RČN dosegale tudi v zimskem času.

7.1.2 Opis sestavnih delov in delovanje RČN

Vsa odpadna voda iz počitniške hiše bo pritekla do že obstoječe greznice, ki bo služila kot usedalnik. Greznica je trenutno pretočna, vendar jo bomo za namen usedalnika, ki mora biti neprepusten, predelali, da bo dvoprekatna, pretočna in neprepustna. Mulj bo potrebno 1x na leto črpati na kompostno gredo, saj s tem preprečimo mašenje RČN. Greznica je vrezana v živo skalo in vkopana v zemljo. Na dotok bomo vgradili grablje in namestili peskolov. Nepredušni pokrov bo ščitil okolico pred nastankom smradu. Greznica je velikosti približno 10 m^3 . Iz greznice bo potrebno vodo prečrpati na prvo, filtrirno gredo. Uporabili bomo črpalko za odpadno vodo Grundfos S 1,65 – 5 kW.

7.1.2.1 Filtrirna greda

Prva greda na RČN je filtrirna greda. Služi zadrževanju ostalih delcev in suspendiranih snovi, ki bodo vseeno nadaljevale pot iz usedalnika. Za namen filtrirne grede bo potrebno izkopati teren ter zagotoviti vodotesnost s folijo. Drenažna cev se lahko dokaj hitro zamaši z biofilmom ali suspendiranimi snovmi iz usedalnika. Zato bomo na dno položili perforirane cevi DN 75, ki jih bomo obsuli s peskom frakcije Φ 16-32 mm. Na vtoku bo distribucijski jašek s pokrovom premera Φ 400 mm. Greda bo dolga 1,2 m in široka 2,5 m. Globina grede bo 0,5 m. Dno bomo prekrili s peskom frakcije Φ 16-32 mm. Ostalih 40 cm pa bo mešanica peska frakcij premera Φ 8-16 in Φ 16-32 mm v razmerju 1:2. Na gredo bomo zasadili 21 rastlin navadnega trsta, ki bodo služile čiščenju hranljivih in strupenih snovi. Vertikalno bomo postavili tudi cev za kontroliranje nivoja vode, prav tako dimenzije DN 75. Proti iztoku bo 1 % nagiba terena. Voda bo tekla horizontalno pod površino. Za filtrirno gredo bomo tako potrebovali 1,1

m^3 frakcije Φ 16-32 mm in $0,4 m^3$ peska frakcije Φ 8-16 mm. Iztok v naslednjo gredo bo potekal po cevi DN 75, ki jo bomo namestili na koncu, na dno grede.

7.1.2.2 Čistilna greda

Čistilna greda je namenjena predvsem čiščenju. Rastline v svojo biomaso vgradijo in akumulirajo hranilne snovi, reducirajo se človeške in živalske bakterije, tudi tiste patogene. Prav tako kot pri filtrirni gredi je najprej potrebno odkopati teren. Dno zravnamo in prekrijemo z vodotesno folijo. Čistilni gredi bosta dve, dolžine 2,5 m in širine $2 \times 1,25$ m. Globina je večja kot pri filtrirni gredi in znaša 0,75 m. Na dno damo 10 centimetrski sloj peska frakcije Φ 16-32 mm. Sledi sloj 0,65 m debele mešanice peska frakcij Φ 4-8 mm in Φ 8-16 mm. Pred nasutjem grede je potrebno položiti tudi cevi. Pesek ima hidravlično propustnost 0,01 m/s. Za čistilni gredi potrebujemo $0,625 m^3$ peska frakcije Φ 16-32 mm, $2 m^3$ peska Φ 4-8 mm in $2 m^3$ frakcije Φ 8-16 mm. Tukaj postavimo dve vertikalni cevi za kontroliranje nivoja vode. Od začetka do konca gred imamo prav tako 1 % nagiba. Na zgornji rob, kjer je sloj peska Φ 16-32 mm, položimo cevi (DN 75), kjer poteka dotok in iztok vode. Tudi iztok poteka po cevi DN 75, ki gre po dnu grede in se zaključi z jaškom s kolenčnim nastavkom, ki omogoča zadrževanje vode tudi med sušo. Kontrolni jašek na iztočni perforirani cevi omogoča čiščenje naprave. Na čistilni gredi ravno tako zasadimo navadni trst. Na dobrih $6 m^2$ posadimo 44 rastlin.

7.1.2.3 Polirna greda

Pred iztokom vode iz rastlinske čistilne naprave jo v polirni gredi še dodatno očistimo in vnesemo kisik. Tu imamo najbolj fini substrat, ki poleg hranil odstrani tudi patogene bakterije. Odkoplujemo še eno gredo, tokrat dolžine 1,3 m, širine 2,5 m in globine 0,5 m. Dno in brežine zopet zravnamo in namestimo vodotesno folijo. Po dnu položimo perforirane cevi DN 75 in jih obsujemo s peskom velikosti Φ 16-32 mm. Spodnji sloj je debeline 10 cm. Naslednjih 40 cm pa sledijo homogene mešanice peska različnih frakcij. V razmerju 1:2:1 si sledijo frakcije Φ 2-4 mm, Φ 4-8 mm in Φ 8-16 mm. Za polirno gredo tako potrebujemo $0,325 m^3$ peska velikosti Φ 16-32 mm, $0,325 m^3$ frakcije Φ 2-4 mm, $0,65 m^3$ frakcije Φ 4-8 mm in $0,325 m^3$ frakcije Φ 8-16 mm. Voda v gredo priteče preko jaška in se pretaka prav tako po podpovršinskem horizontalnem toku. Iztočna cev ima zopet kolenčni nastavek s pokrovom za čiščenje oz. revizijski jašek. Iztok poteka po dnu zadnje stranice po perforirani cevi DN 75. Na gredi zasadimo 23 rastlin navadnega trsta. Postavimo eno vertikalno perforirano cev za kontroliranje vode v gredi.

7.1.2.4 Kompostna greda

Potrebno je predvideti tudi kompostno gredo, saj je potrebno enkrat na leto izprazniti mulj iz usedalnika. Tudi to gredo vkopljemo v zemljo in naredimo betonsko konstrukcijo, kjer so stene debele 20 cm. Namestimo vodotesno folijo in po dnu napeljemo perforirano cev. Spodnji sloj je plast lomljenca velikosti Φ 30-60 mm, vmes namestimo mrežo, zgoraj pa zemljo. Kompostna greda izsuši blato iz usedalnika, da ga lahko ponovno uporabimo. Tudi tukaj zasadimo na vrhu navadni trst. Posadimo 7 rastlin. Dolžina grede bo 0,9 m, širina 0,8 m in globina 1 m. Če je vode preveč, speljemo cev nazaj v usedalnik. Pri polnjenju kompostne grede moramo paziti, da posušene plasti ostanejo nepoškodovane.

Preglednica 12: Potrebne količine materiala za RČN

	Filtrirna greda	Čistilni gredi	Polirna greda	Kompostna greda	Skupaj
Pesek Φ 2-4 mm			0,325 m ³		0,325 m³
Pesek Φ 4-8 mm		2 m ³	0,65 m ³		2,65 m³
Pesek Φ 8-16 mm	0,4 m ³	2 m ³	0,325 m ³		2,725 m³
Pesek Φ 16-32 mm	1,1 m ³	0,625 m ³	0,325 m ³		2,05 m³
Pesek Φ 30-60 mm				0,3 m ³	0,3 m³
Zemlja				0,15 m ³	0,15 m³
Navadni trst (kom)	21	44	23	7	95

Uporabimo dotočne in iztočne cevi DN 75. Na perforiranih ceveh izrežemo luknje velikosti Φ 12 mm na 1 dm². Na zadnji stranici posameznih gred imajo kolenčni nastavek s pokrovom za čiščenje – revizijski jašek. Zunanji iztočni jašek je okrogel, DN 400. Jaški imajo ventile za regulacijo in so pokriti s pokrovom.

Pravilno delovanje RČN nadzorujemo z rednim pregledovanjem. Optimalno delovanje RČN dosežemo z rednim vzdrževanjem, kar pomeni redno črpanje mulja iz usedalnika, čiščenje dotočnih in perforiranih cevi ter košnja rastlin enkrat na leto.

Po iztoku iz polirne grede se voda zbira v zbiralniku velikosti 1000 l (slika 26). Vodo nato s pomočjo črpalke (Grundfos MQ 3-35) črpamo v stranišni kotliček. Prav tako bi lahko namestili še preprosto ročno črpalko oz. štirno s katero lahko vodo za zalivanje vrta iz zbiralnika načrpamo kar ročno, s čimer se izognemo tudi dodatnim stroškom črpanja vode.

Sama rastlinska čistilna naprava ne predstavlja velikih obratovalnih stroškov. V tem primeru bi bili stroški zgolj za redno vzdrževanje in pa za delovanje črpalk.

8 ZAKLJUČEK

Voda ima s svojimi anomalijami kar nekaj neobičajnih lastnosti, katerih vzrok leži v največ primerih v vodikovi vezi. Višje vrelišče, tališče, visoka specifična toplota, visoka površinska napetost, visoka viskoznost, izparilna toplota in največja gostota pri temperaturi 4 °C so le nekatere od njih. Gostota ledu je manjša od gostote vode, zaradi česar led plava na njeni površini. Vse te lastnosti odlikujejo vodo kot najpomembnejšo dobrino na Zemlji, brez katere življenje kot tako ne bi bilo mogoče.

Glede na izvor poznamo tri vrste surove vode: meteorno, površinsko in podzemno. V Sloveniji največ vode načrpamo iz podzemnih vodnih virov. V našem stanovanju ali okolici pa se lahko pojavi v različnih oblikah. Največkrat dobimo pitno vodo iz javnega vodovoda, ki ga izkorišča največ ljudi. Pitna voda mora biti zdravstveno ustrezna. To pomeni, da ne sme vsebovati mikroorganizmov in drugih zdravju škodljivih snovi. Človek bi moral na dan popiti vsaj 2-4 l vode, medtem ko jo človek za vse svoje dejavnosti porabi okoli 150 l na dan. Poraba se je v zadnjem času predvsem na račun smotrnejše uporabe v gospodinjstvih, industriji in kmetijstvu, bistveno zmanjšala. Glede na lokacijo, klimo in naravne danosti, ni povsod po svetu enakih možnosti za oskrbo z vodo. Na hrvaških otokih imajo ne malo težav z vodno oskrbo. Na otoku Silba se tako skoraj vse hiše oskrbujejo z zbiranjem deževnice. Le ta velikokrat ne zadostuje za vse potrebe, zato je potrebno biti tam z vodo še posebno varčen.

Deževnica lahko predstavlja odličen vir čiste vode in je še posebej pomembna na območjih, kjer vodovodnih sistemov ni oz. niso mogoči. Onesnaži se predvsem pri kontaktu, saj je zelo dobro topilo, ki raztopi skoraj vse, s čimer pride v stik. Najbolj se onesnaži pri zbiranju, pripravi in distribuciji. Zato je še posebej pomembno, da je sistem pravilno načrtovan in izveden. Sistem za zbiranje deževnice je navadno sestavljen iz lovilne površine, cevi, filtrov, hranilnika, črpalke in naprave za dezinfekcijo.

Po uporabi se voda spremeni v odpadno vodo. Ločimo komunalno, tehnološko in meteorno odpadno vodo. Komunalna odpadna voda nastane v gospodinjstvih pri kuhanju, pranju in drugih gospodinjstvenih opravilih. Lahko vsebuje različne raztopljene in neraztopljene snovi, ki so lahko organskega, anorganskega ali mešanega izvora. Odpadno vodo je potrebno, preden jo ponovno uporabimo ali spustimo nazaj v okolje, ustrezno očistiti. Odpadna voda je lahko siva ali črna. Črna je tista voda, ki vsebuje urin in fekalije.

Na mediteranskih otokih, kjer je količina vode omejena, bi bilo smiselno optimizirati sisteme za oskrbo z vodo s kombinacijo zbiranja deževnice in čiščenja odpadne vode s pomočjo rastlinskih

čistilnih naprav. Trenutno večina hiš nima urejenega sistema za čiščenje odpadnih voda, saj so še vedno v uporabi greznice, ki so pretočne, kar pomeni, da se v naravo spuščajo skoraj neprečiščene odpadne vode, kar je nesprejemljivo.

Sistem oskrbe dotične počitniške hiše z deževnico je že vzpostavljen in ga razen parih manjših izboljšav ni potrebno dodatno optimizirati. Smiselno bi bilo uvesti le izboljšanje ponovne uporabe odpadne vode. Trenutno ročno prenašanje veder bi bilo potrebno zamenjati z bolj higieničnim in enostavnim načinom. Ena od možnosti je, da uporabimo patentni sistem, ki so ga razvili na kemijskem inštitutu, pri katerem kompaktni reaktorski sistem služi kot splakovalnik WC školjke. Sistem temelji na potopljenem biološkem reaktorju, ki omogoča razgradnjo organskega onesnaževanja. Prekomerno rast bakterij pa prepreči dezinfekcijski modul z UV svetlobo. V primeru, da vode ni dovolj, se lahko sistem do neke mere napolni kot običajni kotliček. V primeru vpeljave tega sistema bi bilo potrebno vzpostaviti dvojno napeljavo in sivo vodo preusmeriti v rezervoar kotlička.

Druga možnost je prav tako ponovna uporaba sive vode, le da bi v tem primeru vzpostavili večji sistem, z zbiralnikom zunaj hiše, s peščenim filtrom in dezinfekcijo s klorom. Tudi tokrat bi bilo potrebno namestiti dvojno napeljavo, potrebovali pa bi še črpalko, ki bi po potrebi črpala vodo v stranišni kotliček ali za zalivanje vrta. Ta rešitev zahteva več različnih tehnik in je dokaj neekonomična.

Najbolj optimalna in celovita rešitev pa je postavitve rastlinske čistilne naprave. RČN so vedno bolj učinkovite in potrebujejo vedno manj prostora. V našem primeru bi bilo potrebno dodatno vzpostaviti še napeljavo do greznice iz zunanjih pip ter greznico ustrezno predelati, da bi služila kot primeren usedalnik za predčiščenje pred čistilno napravo. S črpalko bi nato prečrpali vodo na rastlinsko čistilno napravo velikosti 12,5 m², ki zadošča za potrebe počitniške hiše. Voda bi se na filtrirni, čistilni in polirni gredi nato s horizontalnim podpovršinskim tokom očistila do primerne kakovosti. Očiščeno vodo bi nato zbirali v podzemnem zbiralniku, saj bajer ali prostostoječa voda privablja komarje, ki pa niso zaželeni. Iz podzemnega zbiralnika bi lahko nato vodo črpali v stranišne kotličke. Očiščena voda bi bila primerna tudi za zalivanje vrta. Prav tako bi lahko presežek očiščene vode brez zadržkov spuščali v okolje, saj to ne bi predstavljalo nikakršne dodatne obremenitve za naravo.

VIRI

Black, M., King, J. 2009. The Atlas of Water. Mapping the World's Most Critical Resource. Second Edition. London, Earthscan, UK: 110 str.

Črpalka za vodo. 2016.

<http://www.vodni-filter.si/hidrofor-crpalka-za-vodo.html> (Pridobljeno 23. 8. 2016)

Danielsson, M. 2010. Reduce Water Consumption at Home. Sustainable Sanitation and Water Management, Seecon International GMBH.

<http://www.sswm.info/print/4673?tid=673> (Pridobljeno 20. 6. 2016.)

Dezinfekcija pitne vode. 2016. Kraški vodovod Sežana.

<http://www.kraski-vodovod.si/?stran=voda-dezinfekcija> (Pridobljeno: 7. 6. 2016.)

Dezinfekcija, UV, Klordioksid, klor. 1999. Ljubljana, MAC CMC tehnologija vode d.o.o.

<http://www.mak-cmc.si/Postopek/10/DEZINFEKCIJA-UV-KLORDIOKSID-KLOR> (Pridobljeno 7. 6. 2016.)

Dragoš, A. 2008. Certificiranje male čistilne naprave SBR. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba A. Dragoš): 82 str.

Drev, D. 2009. Vodovod. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 194 str.

Drev, D. 2011. Zdravstvena hidrotehnika in sanitarno inženirstvo. Učbenik. Ljubljana, Šolski center Velenje, Višja strokovna šola: 58 str.

Geografija 1. Učbenik za srednjo strokovno šolo. 2016. Radovljica, Ljudska univerza v Radovljici.

Grabušnik, L. 2011. Anomalne lastnosti vode. Seminarska naloga. Maribor, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Oddelek za fiziko: 12 str.

Greywater Recycling. Planning fundamentals and operation information. 2005. Darmstadt, Fachvereinigung Betriebs, Association for Rainwater Harvesting and Water Utilisation: 26 str.
http://www.fbr.de/fileadmin/user_upload/files/Englische_Seite/H201_fbr-Information_Sheet_Greywater-Recycling_neu.pdf (Pridobljeno 23. 4. 2016.)

Griessler Bulc, T. 2013. Okoljske tehnologije in ekoremediacije. 1. izdaja. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta: 84 str.

Grobovšek, B. 2007. Uporaba deževnice.
<http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/Grobovsek/PT14.htm> (Pridobljeno 7. 6. 2016.)

Jakop, U. 2014. Postopki in vrste malih čistilnih naprav. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 45 str.

Kakšno vodo pijemo: Trdota vode. 2016. Vodovod in kanalizacija Ljubljana (VOKA).
<http://www.vo-ka.si/informacije/kaksno-vodo-pijemo/trdota-vode> (Pridobljeno 15. 5. 2016.)

Košak, B. 2014. Optimizacija rabe vode na gorskih postojankah. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba B. Košak): 96 str.

Kovačič, B. 2008. Študija možnosti uporabe deževnice v stanovanjski hiši. Diplomski naloga. Maribor, Univerza v Mariboru, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo (samozaložba B. Kovačič): 52 str

Lehninger, A. L., Nelson, D. L., Cox, M.M. 1993. Principles of Biochemistry. Second Edition. New York, Worth Publishers: 81-107.

Macarol, B. 2007. Constructed wetland Sveti Tomaž, Slovenia. Case studies of Sustainable Sanitation Systems. Global Water Partnership, Central and Eastern Europe: 85 str.

Male komunalne čistilne naprave. 2011. Evropski kmetijski sklad za razvoj podeželja: Evropa investira v podeželje. Razvojna agencija Sora d.o.o. Leader projekt: 11 str.

Membrane Technologies. 2016. Koch Membrane Systems.

<http://www.kochmembrane.com/Learning-Center/Technologies.aspx> (Pridobljeno 20. 6. 2016.)

Operativni program oskrbe s pitno vodo. 2006. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor: 84 str.

Otkrijte Silbu. 2016. Turistična zajednica mesta – Silba.

<http://www.silba.net/> (Pridobljeno 15. 7. 2016.)

Pain, A. 2012. Wastewater Reuse at Home. Sustainable Sanitation and Water Management, Seecon International GMBH.

<http://www.sswm.info/category/implementation-tools/water-use/hardware/optimisation-water-use-home/wastewater-reuse-home> (Pridobljeno 8. 6. 2016.)

Pitna voda in njene lastnosti. 2016. Rižanski vodovod Koper.

<http://www.rvk.si/voda-je-zivljenje/pitna-voda-njene-lastnosti> (Pridobljeno 15. 5. 2016.)

Pravilnik o graničnim vrijednostima emisija odpadnih voda. 2013. Narodne novine, br. 153/09., 63/11., 130/11. i 56/13.

http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2013_06_80_1681.html (Pridobljeno 22. 8. 2016.)

Pravilnik o pitni vodi. 2004. Uradni list RS št. 19/04, 35/04, 26/06, 92/06, 25/09.

<http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=200419&stevilka=865> (Pridobljeno 14. 4. 2016.)

Peščeni filter. 2016. REUK.co.uk.

<http://www.reuk.co.uk/wordpress/water/sand-filters-for-greywater/> (Pridobljeno 8. 8. 2016.)

Ravnjak, M., Vrtovšek, J. 2012. Čiščenje pitne vode nekoč, danes, jutri. Ljubljana, Vodni dnevi, 17. in 18. oktober 2012, Zbornik referatov: 9 str.

http://vodnidnevi.si/images/arhiv/2012/Referati/09_Ravnjak.pdf (Pridobljeno 6. 6. 2016.)

Roš, M. 2005. Sistemi čiščenja s problematiko odpadnega blata. Ljubljana, Vodni dnevi, 12. in 13. oktobra 2005, Zbornik referatov: 9 str.

http://vodnidnevi.si/images/arhiv/2005/03_Ros.pdf (Pridobljeno 7. 6. 2016.)

Smrdu, A., Zmazek, B., Vrtačnik, M., Glažar, S., Godec, A., Savec, V. F. 2014. E-učbenik za kemijo v 1. letniku gimnazij. Ljubljana, Zavod Republike Slovenije za šolstvo: 296 str.
<https://eucbeniki.sio.si/kemija1/index.html> (Pridobljeno: 15. 4. 2016.)

The Texas Manual on Rainwater Harvesting. 2005. Austin, Texas, Texas Water Development Board
idr.: 57 str.
http://www.twdb.texas.gov/publications/brochures/conservation/doc/RainwaterHarvestingManual_3rdedition.pdf (Pridobljeno: 11. 4. 2016.)

Ukupne mesečne i godišnje količine oborine. 2016. Državni hidrometeorološki zavod.
http://klima.hr/klima.php?id=k2¶m=k2_1&elmet=oborina (Pridobljeno 7. 8. 2016.)

Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih voda v vode in javno kanalizacijo. 2015.
Uradni list RS, št. 64/2012, 64/2014, 98/2015.
http://okolje.arso.gov.si/onesnazevanje_voda/uploads/datoteke/Splosna%20uredba_2015.pdf
(Pridobljeno 4. 6. 2016.)

Vodni cikel. 2016. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta.
<http://web.bf.uni-lj.si/agromet/slikovno%20gradivo4.pdf> (Pridobljeno 15. 5. 2016.)

Vovk Korže, A. 2014. Naravni čistilni sistemi za čiščenje odpadne vode iz gospodinjstev. Power Point predstavitev. Občina Radlje ob Dravi: 40 str.
http://www.radlje.si/doc2/projekti/predstavitev_NCS.pdf (Pridobljeno 5. 8. 2016.)

Vrhovšek, D., Ameršek, I., Marič, S. 2010. Rastlinska čistilna naprava Sveti Tomaž (500 PE). Projekt za pridobitev gradbenega dovoljenja (PGD), št 10/10. Tehnološki načrt št. 10/10. Ljubljana, Limnos, Podjetje za aplikativno ekologijo, d.o.o.: 16 str.

Vrtovšek, J., Cotman, M., Pintar, A. 2011. Kompaktni reaktorski sistem za čiščenje odpadne sanitarne vode in njeno ponovno uporabo. Ljubljana, Vodni dnevi, 19. in 20. oktobra 2011, Zbornik referatov: 6 str. http://vodnidnevi.si/images/arhiv/2011/Referati/04_Vrtovsek.pdf (Pridobljeno: 7. 6. 2016.)

Vučetić, V., Vučetić M. 1998. Klimatski uvjeti na otoku Silba. Zagreb, Državni hidrometeorološki zavod: 9 str.

Zbiralnik vode. 2016. Armex.

<http://www.cistilnenaprave-dezevnica.si/zbiralniki-dezevnice/podzemni-rezervoar-1000-l/>

(Pridobljeno 8. 8. 2016)

White, K. H, Soward, L. R, Shankle, G. 2007. Harvesting, Storing, and Treating Rainwater for Domestic Use. Austin, Texas Commission on Environmental Quality: 43 str.

SEZNAM PRILOG






Priloga A: Umestitev RČN v prostor (Merilo 1:100)

Priloga B: Tloris rastlinske čistilne naprave (Merilo 1:20)

Priloga C: Vzdolžni prerez gred rastlinske čistilne naprave (Merilo 1:20)



LEGENDA:

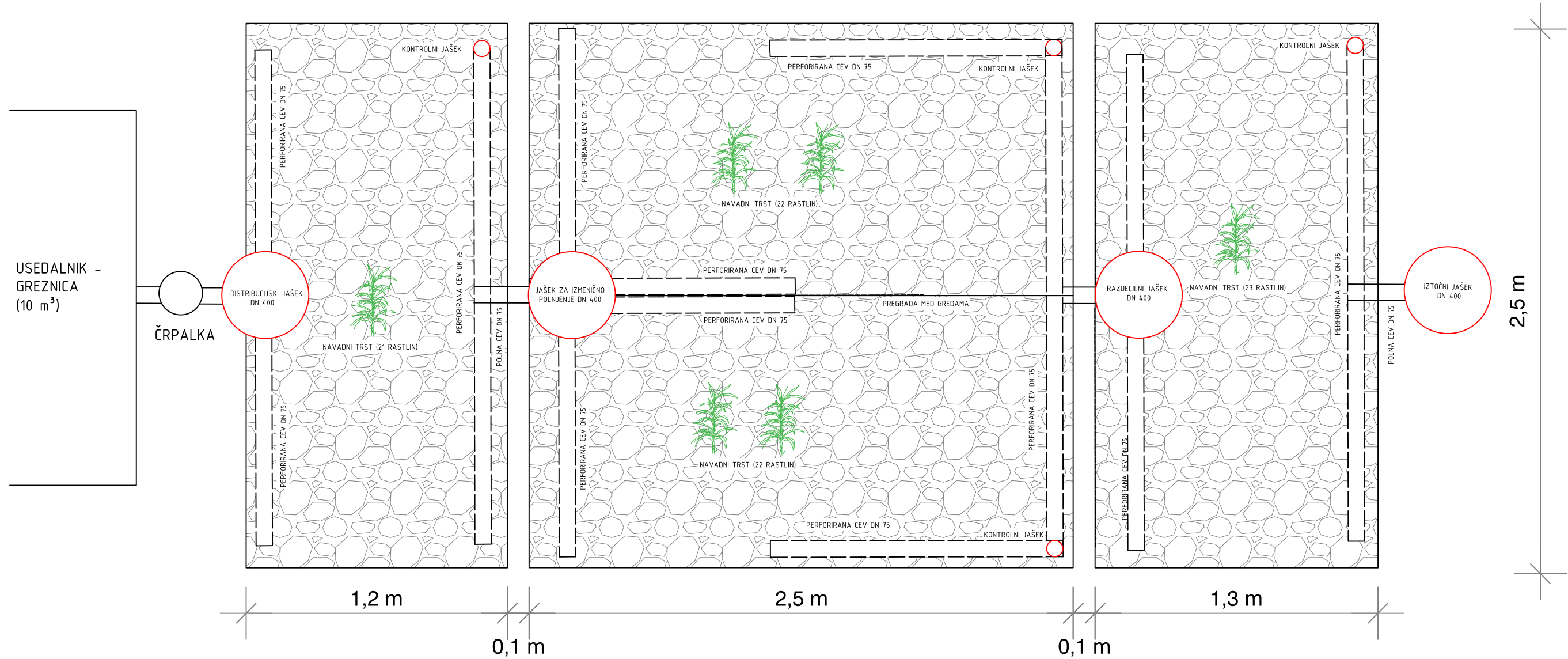
-  Hiša
-  Zbiralnik vode
-  RČN
-  Greznica/kompostna greda
-  Vrt/dvorišče

Oznaka: Priloga A	Revidiral:	Datum revizije:	Opis revizije:	Rev. št.:
Projekt: Optimizacija oskrbe z vodo počitniške hiše na otoku Silba			Načrt: 2016-0001-001	
Številka projekta: 2016-0001-001	Izdelala: Gabrijela Humerca	Datum izdelave: 08.08.2016	Del objekta: Umestitev RČN v prostor	Merilo: 1 : 100
Univerza v Ljubljani Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo			Šifra elementa:	Stran: 1

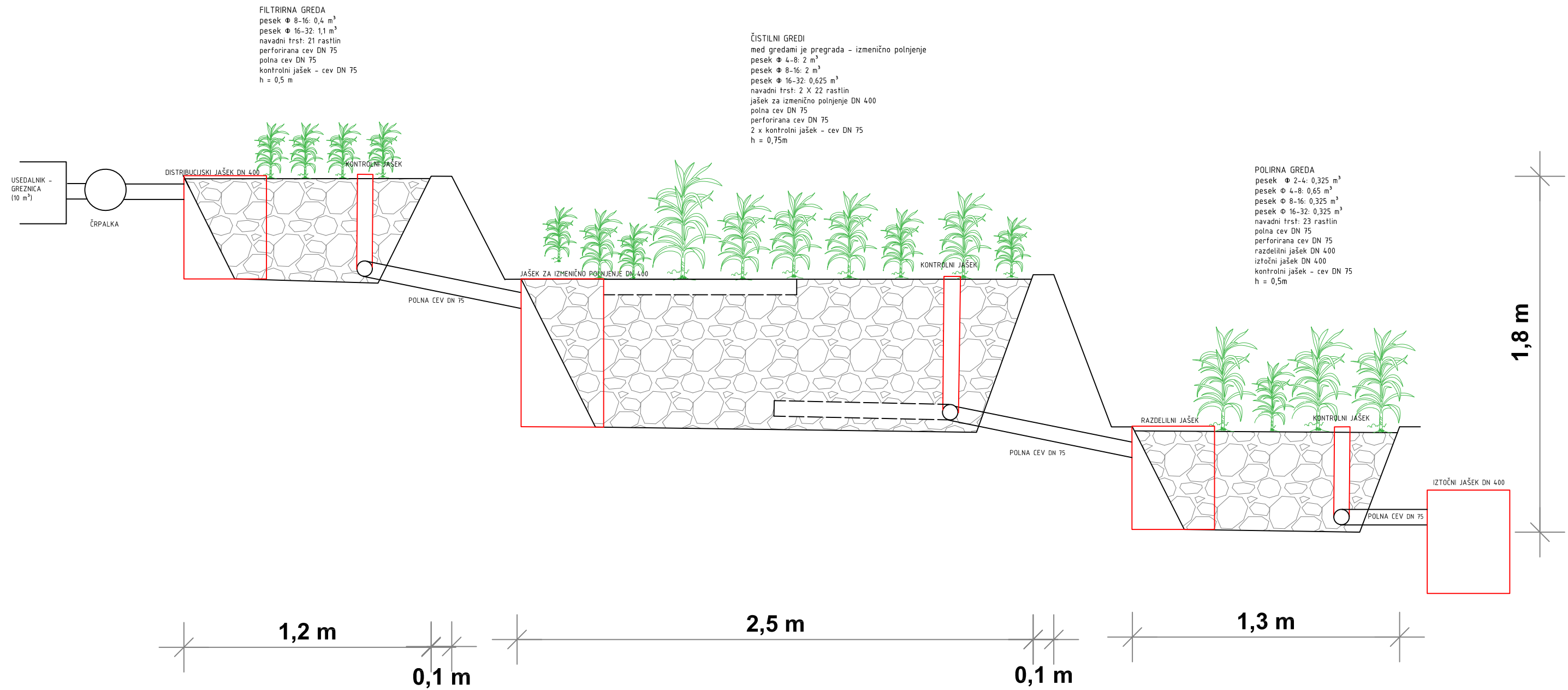
FILTRIRNA GREDA
 h = 0,5m
 naklon brežin 1:2
 pesek Φ 8-16: 0,4 m³
 pesek Φ 16-32: 1,1 m³
 navadni trst: 21 rastlin

ČISTILNI GREDI
 h = 0,75m
 naklon brežin 1:2
 med gredami je pregrada - izmenično polnjenje
 pesek Φ 4-8: 2 m³
 pesek Φ 8-16: 2 m³
 pesek Φ 16-32: 0,625 m³
 navadni trst: 2 x 22 rastlin

POLIRNA GREDA
 h = 0,5m
 naklon brežin 1:2
 pesek Φ 2-4: 0,325 m³
 pesek Φ 4-8: 0,65 m³
 pesek Φ 8-16: 0,325 m³
 pesek Φ 16-32: 0,325 m³
 navadni trst: 23 rastlin



Oznaka: Priloga B	Revidiral:	Datum revizije:	Opis revizije:	Rev. št.:
Projekt: Optimizacija oskrbe z vodo počitniške hiše na otoku Silba			Načrt: 2016-0001-002	
Številka projekta: 2016-0001-001	Izdelala: Gabrijela Humerca	Datum izdelave: 08.08.2016	Del objekta: Tloris RČN	Merilo: 1 : 20
Univerza v Ljubljani Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo			Šifra elementa:	Stran: 1



Oznaka: Priloga C	Revidiral:	Datum revizije:	Opis revizije:	Rev. št.:
Projekt: Optimizacija oskrbe z vodo počitniške hiše na otoku Silba			Načrt: 2016-0001-003	
Številka projekta: 2016-0001-001	Izdelala: Gabrijela Humerca	Datum izdelave: 08.08.2016	Del objekta: Vzdolžni prerez gred RČN	Merilo: 1 : 20
Univerza v Ljubljani Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo			Šifra elementa:	Stran: 1