

Prof. dr. Milenko Roš  
Ziherlova ulica 6  
1000 Ljubljana

Ljubljana, 9. 11. 2020

**JAVNI ZAVOD TRIGLAVSKI NARODNI PARK**  
**Ljubljanska cesta 27**  
**4260 Bled**

## **Poročilo**

**o sodelovanju pri projektu Omilitve vpliva odpadnih vod iz planinske koč (Dvojno jezero) z optimizacijo in nadgradnjo obstoječega sistema čiščenja odpadne vode, za leto 2020.**

### **1 Uvod**

Dne 23. 5. 2019 je bila imenovana strokovna komisija skupino za določitev ravnanja z odpadno vodo na Koči pri Triglavskih jezerih, kot podpora Javnemu zavodu TNP pri projektu Vrh Julijcev, v sestavi: Meta Levstek, Milenko Roš, Katja Gregorič (TNP), Drago Dretnik (PZS), Miro Eržen (PZS), Dušan Prašnikar (PZS), Drago Rozman (PD Ljubljana Matica).

V letošnjem letu smo sodelovali v Strokovni skupini, sodelovali pri pripravi gradiva in usklajevalni sestanki z državnimi organi, optimizaciji in izboljšanju delovanja obstoječe čistilne naprave pri Koči pri Triglavskih jezerih v sodelovanju z dobaviteljem in pripravili povpraševanja in projektne naloge za izvedbo javnega naročila za izdelavo projektne dokumentacije za izbrano tehnološko rešitev.

Na osnovi razgovora med predstavniki MOP-a in člani strokovne skupine za določitev ravnanja z odpadno vodo na Koči pri Triglavskih jezerih smo pripravili predlog za sanacijo čistilne naprave, nadgrajeno s pripravo tehnološke vode.

Osnovno čiščenje je obdelano v poročilu za TNP, dne 8. 11. 2019, pri katerem je predvideno čiščenje v šaržnem biološkem reaktorju (SBR), dopolnjenim z membranskim filtrom. Glede na uredbo o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne vode [1] se tako prečiščena voda ne sme spuščati v bližino jezera, niti v obstoječe ponikovalno polje, čeprav se bodo dosegali bistveno boljši učinki, kot jih predvideva obstoječa zakonodaja za iztoke iz malih komunalnih čistilnih naprav. Na osnovi 32. a člena iste uredbe je postopek pridobitve dovoljenja za obratovanje čistilne naprave za čiščenje sive vode (v primeru postavitve suhih stranišč) enak kot za čiščenje mešanice sive in črne vode.

Za ohranjanje narave se bomo poslužili izkušenj, ki so jih uporabili v Singapurju pri pripravi njihove tehnološke in posledično tudi pitne vode. V Singapurju predelujejo prečiščeno vodo iz komunalno-industrijskih čistilnih naprav, v pitno in tehnološko vodo [2-5]. Zato smo se odločili, da

po čiščenju odpadne vode iz koč pri Triglavskih jezerih dopolnimo obdelavo prečiščene vode s sistemom za pripravo tehnološke vode.

V to nas je navedla tudi nova uredba EU [6], ki govori o minimalnih zahtevah za ponovno uporabo vode. Prečiščeno vodo (iztok iz čistilne naprave) bomo predelali v tehnološko vodo do take stopnje, da bo uporabna za spiranje sanitarij in morebitno pranje okolice. Ostanek tehnološke vode pa bomo spuščali na ponikovalno polje tako, da se bo čim bolj porazdelila po terenu.

## 2 Splošno o čistilni napravi

Čistilno napravo ob koči pri Triglavskih jezerih je dobavilo podjetje 2PR, v avgustu 2010. Vgrajena je bila mala komunalna čistilna naprava "2PR do 50 P. E.", ki deluje na osnovi aktivnega blata kot šaržni biološki reaktor (SBR). Vgradnja čistilne naprave je prikazana na naslednji sliki (Slika 1).



**Slika 1: Vgradnja MKČN ob Koči pri Triglavskih jezerih**

(Vir: [https://www.2pr.si/sl/Novice/cistilna\\_naprava-Koca\\_pri\\_Triglavskih\\_jezerih/](https://www.2pr.si/sl/Novice/cistilna_naprava-Koca_pri_Triglavskih_jezerih/))

Obstoječo napravo želimo sanirati in nadgraditi z membranskim filtrom, prečiščeno vodo (iztok iz SBR) predelati v uporabno tehnološko vodo do stopnje, ki ne bo škodljiva za okolje.

## 3 Meritve na čistilni napravi

### 3.1 Parametri onesnaženja odpadnih vod in prečiščenih vod

Iz podatkov, dobljenih leta 2019, lahko sklepamo, da je bilo čiščenje odpadne vode slabo. Srednje vrednosti, minimalne in maksimalne vrednosti meritev iz avgusta 2019, so prikazane naslednjih tabelah (Tabela 1, Tabela 2).

**Tabela 1: Srednje vrednosti meritev virov odpadne vode**

Opombe	pH	KPK (mg/L)	Prevodnost ( $\mu$ S/cm)	NH <sub>4</sub> -N (mg/L)	N-cel. (mg/L)	P-cel. (mg/L)
Sred. vred. -koča	6,5	903	840	68	90	7,6
Min. vred. - koča	5,0	375	272	1	14	2,2
Maks. vred. - koča	8,4	1507	2000	202	208	17,1
zunanj WC + tuš	8,8	501	1592	157	158	10,1
zunanj WC + tuš	9	537	1721	210	218	13,8

**Tabela 2: Srednje, minimalne in maksimalne vrednosti iztoka iz čistilne naprave**

Opombe	pH	KPK (mg/L)	Prevodnost ( $\mu$ S/cm)	NH <sub>4</sub> -N (mg/L)	NO <sub>2</sub> -N (mg/L)	N-cel. (mg/L)	P-cel. (mg/L)
Sred. vred.	7,8	380	2408	232	0,7	252	22,4
Min. vred.	7,0	295	1972	189	0,7	213	14,3
Maks. vred.	8,1	598	2710	255	0,8	293	45,4

Vsi parametri onesnaženja (KPK, N in P) so za iztok iz čistilne naprave izredno visoki, kar kaže, da čistilna naprava ni delovala pravilno.

### 3.2 Koncentracija aktivnega blata v čistilni napravi

Dne 26. 7. 2019 so bili odvzeti vzorci suspenzije aktivnega blata v prezračevalniku čistilne naprave. Koncentracija aktivnega blata je bila 0,23 g/L, kar je izredno malo. V čistilni napravi bi moralo biti vsaj 2-3 g/L aktivnega blata.

Čistilna naprava ni delovala pravilno zaradi različnih vzrokov:

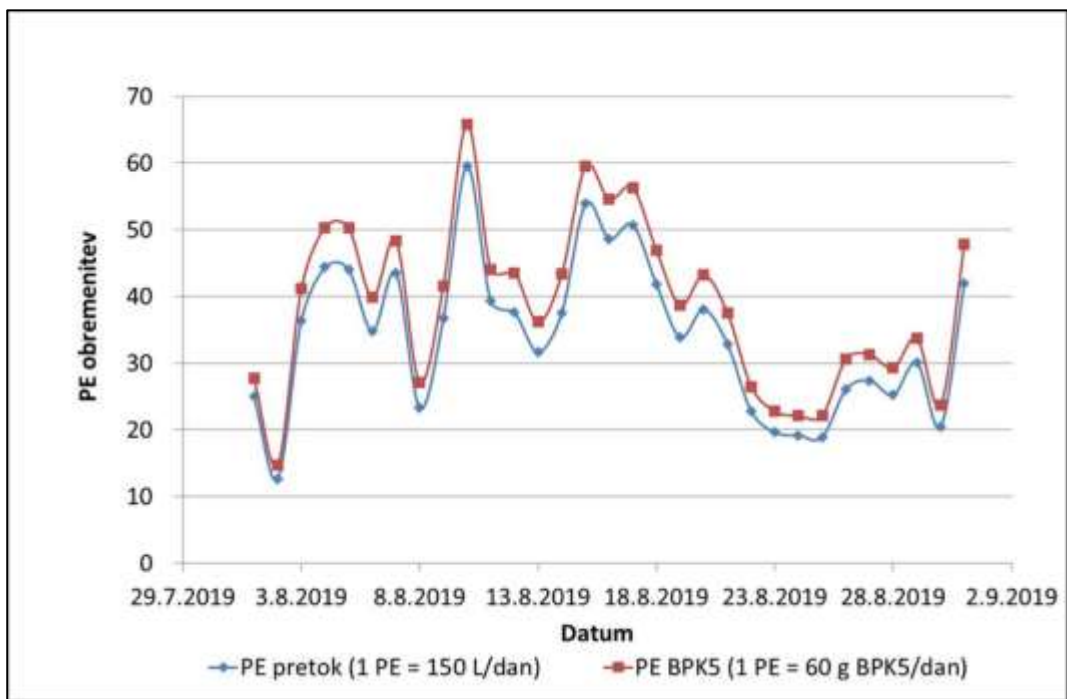
- v čistilni napravi je bilo premalo aktivnega blata – ni dovolj mikroorganizmov, ki so glavni nosilec čiščenja,
- čistilna naprava ni bila dovolj prezračevana, ker se je prezračevanje zaradi varčevanja izklapljalo – pomanjkanje raztopljenega kisika v čistilni napravi,
- večji mehanski delci se niso odstranjevali redno itd.

### 3.3 Dnevna poraba vode

Dnevna količina porabljene vode je nihala, največja poraba vode pa je bila vsako leto v avgustu. Meritve so pokazale, da je bila maksimalna poraba vode avgusta 2018 med 5 in 9 m<sup>3</sup>/dan, leta 2019 pa med 1,3 in 8 m<sup>3</sup>/dan.

## 4 Kapaciteta čistilne naprave

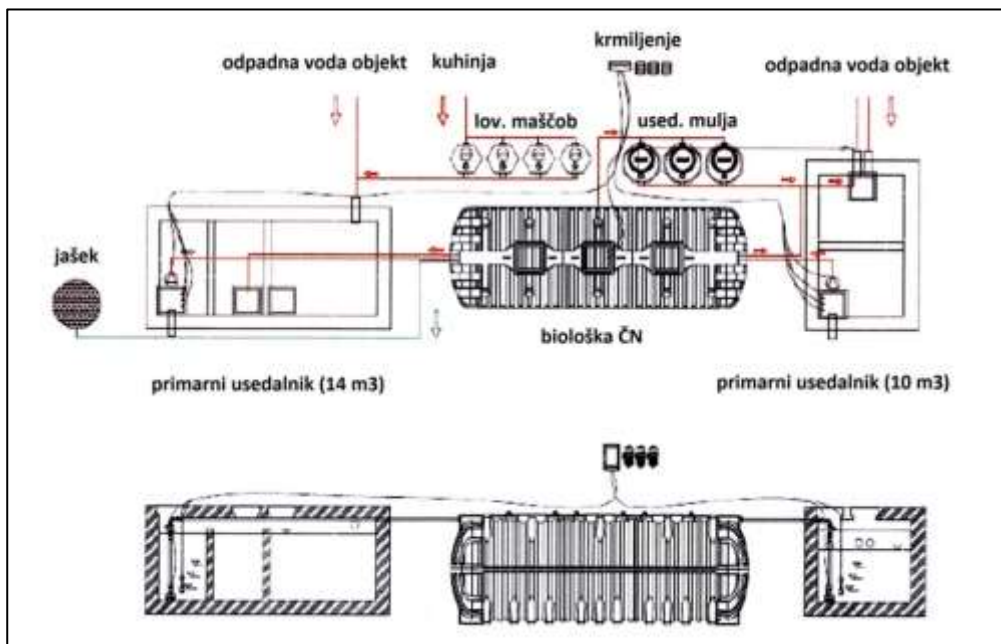
Glede na meritve pretokov in analize parametrov onesnaženja smo izračunali kapaciteto čistilne naprave (kot BPK<sub>5</sub> in pretok), ki pa je le občasno presegla 50 PE (Slika 2).



**Slika 2: Kapaciteta čistilne naprave v sezoni leta 2019**

Glede na to, da je čistilna naprava koncipirana kot SBR in zadostno kapaciteto zadrževalnih bazenov, je možno prečistiti vso odpadno vodo, brez bojazni, da bi čistilno napravo preobremenili.

Shema obstoječe čistilne naprave je prikazana na naslednji sliki (Slika 3).



**Slika 3: Shema čistilne naprave ob koči pri Triglavskih jezerih**

Čistilna naprava (Slika 3) je delovala slabo iz več razlogov:

- aktivno blato se je odvezalo po vsaki šarži, tako da je bila koncentracija aktivnega blata v reaktorju prenizka (0,26 g/L), zato je bil reaktor (SBR) preobremenjen in ni mogel dati predvidenega učinka;
- vtok odpadne vode je bil iz dveh greznic, kar je dajalo še dodatno neenakomerno obremenitev SBR in s tem slabše čiščenje;
- faze čiščenja so bile neustrezne, glede odstranjevanja organskih snovi ter dušikovih in fosforjevih spojin.

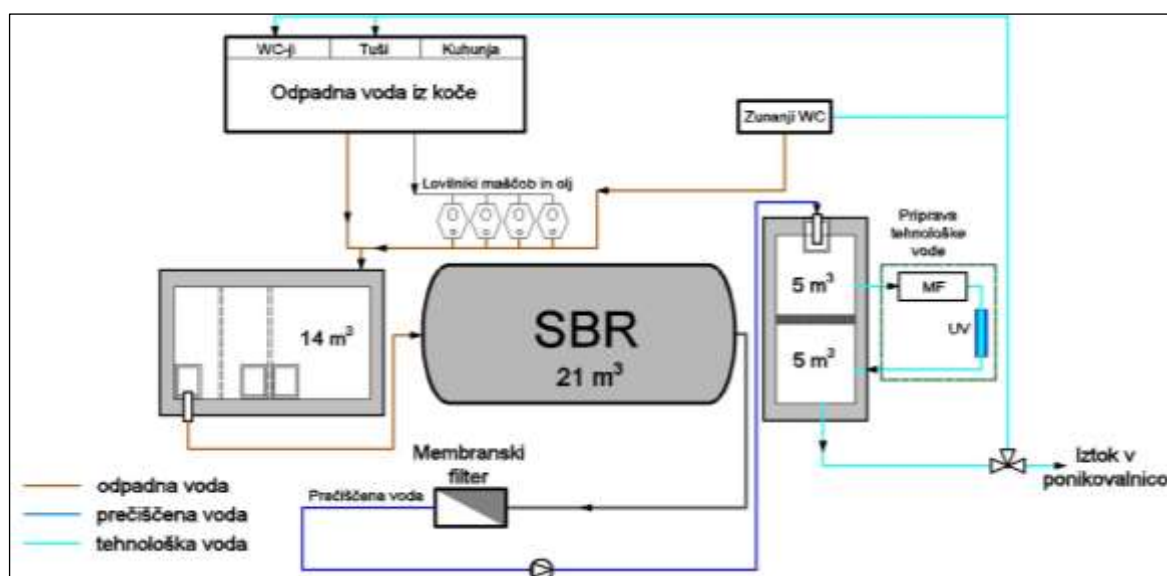
## 5 Predlog sanacije obstoječe čistilne naprave

Na osnovi pregleda delovanja čistilne naprave, obstoječih meritev in razpoložljivih delov čistilne naprave predlagamo naslednjo sanacijo obstoječe čistilne naprave:

1. Ukine se sistem za odvečno blato (Slika 3 – "used. mulja"), ker je nepotreben, saj bomo vgradili zunanji membranski filter
2. Za ločevanje blata od prečiščene vode se bo vgradila zunanja enota membranskega filtra, katerega namen je odstranjevanje suspendiranih snovi in posledično tudi zmanjšanje organskega onesnaženja (KPK, BPK<sub>5</sub>).
3. Greznici se predelata tako, da bo večja (14 m<sup>3</sup>) služila kot izravnalni bazen za odpadne vode, manjša (10 m<sup>3</sup>) pa se bo predelala v rezervoar za prečiščeno in tehnološko vodo.
4. Ker se prečiščena voda (iztok) po obstoječi zakonodaji ne sme spuščati v bližino jezera, se bo prečiščena voda (iztok iz SBR) dodatno predelala v tehnološko vodo tako, da se bodo v celoti odstranile suspendirane snovi in bakterije.
5. Tehnološka voda, ki ne vsebuje več suspendiranih snovi in bakterij, se bo delno uporabila za spiranje WC-jev, preostanek pa se bo spuščal v ponikovalnico.

## 6 Opis delovanja sanirane čistilne naprave

Shema predelane čistilne naprave je prikazana na naslednji sliki (Slika 4), opisi delovanja sanirane čistilne naprave pa so podani v nadaljnjih poglavjih.



## **Slika 4: Shema sanirane čistilne naprave**

### **6.1 Ukinitev sistema za odvečno blato (mulj)**

Pri dosedanjem čiščenju je zalogovnik blata služil za zbiranje odvečnega blata. Ob vgradnji membranskega filtra čistilna naprava ne potrebuje zalogovnika za odvečno blato, ker se bo vse blato ves čas zadrževalo v biološki stopnji in šele ob koncu sezone izčrpalo v dehidracijsko napravo in odpeljalo v dolino v nadaljnjo obdelavo.

### **6.2 Sanacija obeh greznic**

Obe greznici bo treba pregledati, če tesnita in sta primerni za sprejem posameznih vrst vod.

Večja greznica (volumen = 14 m<sup>3</sup>) se predela v zadrževalni bazen, v katerem se zbirajo odpadne vode iz koč in zunanega stranišča. V zadrževalni bazen se vgradi nivojsko stikalo, ki omogoča črpanje odpadne vode v SBR takrat, ki je v njem dovolj odpadne vode.

Manjša greznica (volumen = 10 m<sup>3</sup>) se predela v dve enoti, v rezervoar za prečiščeno vodo (5 m<sup>3</sup>) in rezervoar za tehnološko vodo (5 m<sup>3</sup>).

### **6.3 Vgradnja membranskega filtra**

Namesto, da bi SBR deloval kot klasični "Napolni-in-izprazni" sistem, bomo vgradili membranski filter, ki bo dodatno odstranjeval suspendirane snovi, ki običajno iztekajo s prečiščeno vodo iz naprave. Membranski filter se bo vgradil zunaj SBR in bo imel več prednosti, in sicer:

- v reaktorju bomo lahko vzdrževali višjo koncentracijo aktivnega blata in s tem izboljšali učinkovitost čistilne naprave,
- pri ločevanju vode in aktivnega blata z membranskim filtrom slabša usedljivost blata ne bo ovirala ločevanja aktivnega blata in čiščene vode (kot pri klasičnem bistrilniku),
- prefiltrirana čiščena voda praktično ne bo vsebovala suspendiranih snov, ki so iz obstoječe čistilne naprave iztekale in se zadržale v ponikovalnem polju,
- filtrirana čiščena voda pa bo še dodatno zmanjšala koncentracijo organskih snovi (KPK in BPK<sub>5</sub>), zato bo voda čistejša, kot bi bila, če bi spuščali vodo iz klasičnega SBR.
- ker se po naši zakonodaji iz male komunalne čistilne naprave ne sme spuščati prečiščene vode v bližino jezera, bomo uvedli sistem za pripravo tehnološke vode, ki bo primerna za izpust v naravo.

### **6.4 Sistem prezračevanja**

Čistilna naprava mora imeti ves čas dovolj električne energije za normalno obratovanje. V nasprotnem primeru se bo zgodilo isto kot z dosedanjim sistemom čiščenja, sistem ne bo deloval. Največ energije se bo porabilo za prezračevanje suspenzije aktivnega blata v SBR. Dodatno bo potrebna električna energija še za mešanje, prečrpavanje in filtriranje.

### **6.5 Faze delovanja SBR**

Klasični SBR z enim reaktorjem deluje po naslednji shemi:

- polnjenje,
- reakcija,

- usedanje,
- izpust čiščene vode,
- mirovanje (po potrebi).

## 6.6 Predlagani postopek delovanja SBR

Postopek delovanja SBR, ki bo čistil odpadne vode iz koče pri Triglavskih jezerih, je osnovan na naslednji način:

1. V zbiralni bazen se vgradi **nivojsko stikalo**, ki je nastavljeno tako, da je v bazenu vsaj za eno šaržo vode (pribl. 4 m<sup>3</sup> odpadne vode). Če je odpadne vode manj, reaktor čaka toliko časa, da se nabere dovolj odpadne vode v zbiralnem bazenu za doziranje celotne šarže.
2. V SBR se v **pol ure prečrpa 3 m<sup>3</sup> odpadne vode** (to je ca. 15 % aktivnega volumna SBR). Med dodajanjem odpadne vode se mora sistem **mešati in ne sme pa se prezračevati**. Po dodatku odpadne vode se sistem **meša še pol ure**, brez prezračevanja. Celotna **faza dodajanja odpadne vode in mešanje** (brez prezračevanja) traja **60 minut**.
3. Nato se vključi prezračevanje, ki traja **4 ure**. Sistem se še naprej dodatno meša, če za mešanje ne zadostuje prezračevanje.
4. Po štirih urah prezračevanja se **sistem prezračevanja izklopi** in pusti usedati aktivno blato **30 minut**.
5. Nato se **vključi membranski filter**, ki v **30 minutah** prefiltrira čiščeno vodo v rezervoar za prečiščeno vodo.
6. Blato, ki je ostalo na filtru, se vrne v SBR s povratnim tokom.
7. Iz rezervoarja za prečiščeno vodo prečrpava v sistem za pripravo tehnološke vode, ki je sestavljen in nano-filtra in UV dezinfekcije. Od tu se vodo prečrpava v rezervoar za tehnološko vodo.
8. Iz rezervoarja za tehnološko vodo se del vode uporabi za spiranje sanitarij, višek vode pa se gravitacijsko spušča v ponikovalno polje. Rezervoar za čiščeno vodo se mora izprazniti toliko, da je dovolj prostora za naslednjo šaržo. V rezervoarju naj ostane okoli 1 m<sup>3</sup> tehnološke vode.

Na ta način se dnevno obdela 4 šarže oziroma 12 m<sup>3</sup> odpadne vode. Ker pa ni vedno na razpolago tolikšen volumen odpadne vode (predvsem med tednom), lahko SBR miruje, če je v zadrževalnem bazenu maj kot 3 m<sup>3</sup> odpadne vode. Treba je tudi predvideti, da se v primeru, da več kot 8 ur ne bo dovolj odpadne vode za čiščenje, za 15 minut vklopi prezračevanje reaktorja (SBR). S tem preprečimo, da v reaktorju nastanejo anaerobne razmere oz. gnitje aktivnega blata.

## 6.7 Priprava tehnološke vode

Po definiciji se tehnološka voda uporablja v proizvodne in druge namene, zato ni potrebno, da po kakovosti ustreza normativom za pitno vodo. V našem primeru se bo del tehnološke vode uporabljal za spiranje sanitarij in pranje zunanjih površin okoli koče.

Sistem za pripravo tehnološke vode bo sestavljen iz mikrofiltra in UV dezinfekcije. Mikro filter (MF) je iz silicijevega karbida, ki ga proizvaja podjetje TF Lab. d.o.o., z velikostjo por **0,1 µm** oziroma **100 nano metrov** (nm). Za obdelavo prečiščene vode (3 m<sup>3</sup> na 6 ur) je potrebna površina filtra okoli 1 m<sup>2</sup>. Prednost filtra je predvsem v tem, da ne potrebuje visokih tlakov za filtracijo in je zelo robusten. Zadrži vse suspendirane snovi, večje od 100 nm (ostanke mikroorganizmov aktivnega blata, mikrovlakna, bakterije itd.) Letos je bila izdelana študija na iztoku ene od slovenskih čistilnih naprav, katere rezultat je, da se je iz prečiščene vode (iztok iz čistilne naprave) dodatno odstranilo okoli 50 % KPK, nad 90 % suspendiranih snovi pa tudi nekaj nad 30 %

amonijevega dušika. Odstranilo se je tudi okoli 80 % skupnih koliformnih bakterij, po ozoniziranju (dezinfekciji) pa se je še dodatno odstranilo praktično vse skupne bakterije in *E. coli*.

## 7 Obdelava blata

SBR se po 3 mesecih ustavi, blato pa se prečrpa v dehidracijske vreče in odpelje v dolino v nadaljnjo obdelavo, Membranski filter se ob koncu sezone demontira in odpelje v dolino na kontrolni servis.

## 8 Zagon in zaustavitev čistilne naprave

Vsakoletni zagon čistilne naprave:

- na ČN (SBR) se pripelje UF modul (membranski filter), se ga priklopi v sistem SBR ter napolni z vodo,
- iz ene od delujočih čistilnih naprav se v SBR pripelje koncentrirano suspenzijo aktivnega blata,
- preveri se delovanje posameznih delov čistilne naprave (puhal, črpalk, časovnika ...)

Zaustavitev čistilne naprave ob koncu sezone:

- v dehidracijske vreče se prečrpa celotno blato iz SBR,
- membranski filter se demontira in odpelje v dolino na letni servis,
- SBR se delno napolni s tehnološko vodo, da se zaščitijo difuzorji (prezračevala),
- iz povezovalnih cevi se izčrpa voda,
- prečisti se zadrževalne bazene in popolnoma izprazni.

## 9 Redno spremljanje delovanja ČN

Čistilno napravo je treba maksimalno avtomatizirati, tako da se lahko posamezne procese nadzira na daljavo. Kljub temu pa je treba redno spremljati ključne dele naprave, kot so:

- črpanje vode v čistilno napravo in iz nje,
- kakovost čiščene vode,
- delovanje membranskega filtra,
- pripravo in porabo tehnološke vode,
- tedensko pa je treba spremljati količino blata v biološki stopnji, sistem prezračevanja, iztok v ponikovalno polje ...



## 10 Zaključek

Če želimo, da bo čistilna naprava nemoteno delovala in čistila odpadno vodo, moramo zagotoviti naslednje:

- določiti **odgovorno osebo**, ki bo skrbela za nemoteno delovanje čistilne naprave,
- **zagotoviti**, da bo **dovolj električne energije** za stalno delovanje čistilne naprave,
- zagotoviti **redno kontrolo** čistilne naprave in zadrževalnih bazenov za odpadno vodo, prečiščeno vodo in tehnološko vodo,
- zagotoviti **redni letni servis čistilne naprave**,
- ob koncu sezone bo treba:
  - poskrbeti, da se dehidrirano blato odpelje,
  - poskrbeti za servis membranskega filtra, delno napolniti SBR s tehnološko vodo in
  - izprazniti rezervoarje za odpadno vodo, za prečiščeno vodo in tehnološko vodo.

V primeru upoštevanja navodil pri projektiranju čistilne naprave in ob rednem preverjanju delovanja čistilne naprave bo čistilna naprava čistila odpadno vodo do stopnje, ki bo primerna in sprejemljiva za izpust v naravo.

## 11 Literatura

1. *Uredba o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne vode*. 2019, Uradni list RS: Ljubljana. p. 46.
2. PUB, *Our Water our Future*. 2018, Singapore's Water Agency: Singapore.
3. PUB, *Innovation in Water Singapore*. Innovation in water Singapore, 2016. **8**: p. 37.
4. Tortajada, C., *Water Management in Singapore*. International Journal of Water Resources Development, 2006. **22**(2): p. 227-240.
5. Voulvoulis, N., C. Maksimovic, and D.C. Chen, *Institutional capacity and policy options for integrated urban water management: a Singapore case study*. Water Policy, 2011. **13**(1): p. 53-68.
6. EU, P., *Uredba (EU) 2020/741 Evropskega parlamenta in Sveta, in 2020/741*, E. unija, Editor. 2020, Evropska unija: Bruselj. p. 24.

