

**VISOKA ŠOLA ZA VARSTVO OKOLJA**

DIPLOMSKO DELO

**PRIMERJAVA USE DANJA PRIMARNEGA IN  
SEKUNDARNEGA BLATA NA CENTRALNI ČISTILNI  
NAPRAVI ŠALEŠKE DOLINE**

TATJANA MARKOVIĆ  
Varstvo okolja in ekotehnologije

Velenje, 2015



**VISOKA ŠOLA ZA VARSTVO OKOLJA**

DIPLOMSKO DELO

**PRIMERJAVA USE DANJA PRIMARNEGA IN  
SEKUNDARNEGA BLATA NA CENTRALNI ČISTILNI  
NAPRAVI ŠALEŠKE DOLINE**

TATJANA MARKOVIĆ  
Varstvo okolja in ekotehnologije

Mentor: prof. dr. Milenko Roš

Velenje, 2015

Priloga 2: Sklep o diplomskem delu



Številka: 726-16/2013-2

Datum in kraj: 12. 8. 2013, Velenje

Na podlagi Diplomskega reda

izdajam

### SKLEP O DIPLOMSKEM DELU

Študent-ka VŠVO

**Tatjana Marković**

lahko izdela diplomsko delo pri predmetu: Čiščenje odpadnih vod

Mentor-ica: prof. dr. Milenko Roš

Somentor-ica: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

Naslov diplomskega dela v slovenskem jeziku: Primerjava usedanja primarnega in sekundarnega blata na Centralni čistilni napravi Šaleške doline

Naslov diplomskega dela v angleškem jeziku: Comparison of sedimentation of primary and secondary sludge in Šalek valley wastewater treatment plant

Diplomsko delo je potrebno izdelati skladno z Navodili za izdelavo diplomskega dela.

Pravni pouk: Zoper ta sklep je možna pritožba na Senat v roku 3 delovnih dni.



Dekan  
doc. dr. Boštjan Pokornj





## Izjava o avtorstvu

Podpisani/a \_\_\_\_\_Tatjana Markovič\_\_\_\_, z vpisno številko\_\_\_\_34100068\_\_\_\_, študent/ka dodiplomskega / podiplomskega (obkrožite) študijskega programa Varstvo okolja in ekotehnologije,

sem avtor/ica diplomskega dela z naslovom: **Primerjava usedanja primarnega in sekundarnega blata na Centralni čistilni napravi Šaleške doline,**

ki sem ga izdelal/a pod mentorstvom prof. dr. Milenka Roša.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo delo moje avtorsko delo, torej rezultat mojega lastnega raziskovalnega dela;
- da oddano delo ni bilo predloženo za pridobitev drugih strokovnih nazivov v Sloveniji ali tujini;
- da so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženem delu, navedena oz. citirana v skladu z navodili VŠVO;
- da so vsa dela in mnenja drugih avtorjev navedena v seznamu virov, ki je sestavni element predloženega dela in je zapisan v skladu z navodili VŠVO;
- se zavedam, da je plagiatorstvo kaznivo dejanje;
- se zavedam posledic, ki jih dokazano plagiatorstvo lahko predstavlja za predloženo delo in moj status na VŠVO;
- je diplomsko delo jezikovno korektno in da je delo lektorirala Irena Žunko;
- da dovoljujem objavo diplomskega dela v elektronski obliki na spletni strani VŠVO;
- da sta tiskana in elektronska verzija oddanega dela identični.

V Velenju, dne 22. 9. 2015

\_\_\_\_\_  
podpis avtorja/ice

## Zahvala

Iskreno se zahvaljujem mentorju prof. dr. Milenku Rošu za vse nasvete ter pomoč pri nastajanju diplomskega dela.

Za pomoč se zahvaljujem tudi vsem delavcem na Centralni čistilni napravi Šaleške doline, še posebej delovni mentorici ge. Alenki Štramcar za pomoč, spodbudo in koristne nasvete glede praktičnega usposabljanja in same izdelave diplomskega dela. Posebna zahvala gre tudi Javnemu podjetju Komunala Velenje, d. o. o, ki mi je omogočilo praktično usposabljanje in s tem pridobivanje potrebnih podatkov, uporabljenih v diplomskem delu.

Zahvala gre tudi moji družini (še posebej sestri Moniki), prijateljicama, fantu Roku in sinčku Nacetu, ki je bil še posebej potrpežljiv pri pisanju moje diplomske naloge.

Hvala.

## IZVLEČEK

Zaradi prostorske omejenosti in dodatnih zahtev po čiščenju odpadnih vod v Šaleški dolini je bila na CČN kot tehnološki postopek biološkega čiščenja izbrana biofiltracija. Vse to je potekalo v okviru II. faze izgradnje omenjene čistilne naprave. To je bilo potrebno uvesti zaradi tega, ker I. faza še vedno presega mejne vrednosti za iztok v vode (do 60-odstotni učinek odstranjevanja KPK oziroma BPK<sub>5</sub>). Kljub izgradnji II. faze CČN še vedno ni dosegala zakonsko predpisanih mejnih vrednosti pri parametru celotni dušik (Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz komunalnih čistilnih naprav, (Ur. l., RS, št. 47/05). Zaradi izredno nizkih pretokov reke Pake je vpliv iztoka iz CČN še posebej izrazit v času sušnega obdobja. "Zaradi občutljivosti recipienta in izboljšanja kakovosti reke Pake so bile podane dodatne zahteve za koncentracije v iztoku, ki so bile strožje od zakonsko predpisanih mejnih vrednosti (KPK < 90 mg/L, celotni dušik < 15 mg/L, celotni fosfor < 1mg/L), (Pipuš, 2007, str. 54)." Spremeniti je bilo potrebno celotno tehnologijo čiščenja. Najprej so ločili usedalnika v mehanski stopnji čiščenja (prej sta bila vzporedno delujoča). Dotekajoča odpadna voda se črpa v prvi usedalnik, v katerem se useda primarno blato. Mehansko čiščena voda se črpa na biofiltracijo. V drugi usedalnik, ki so ga poimenovali bistrilnik, pa se črpa odpadna voda od pranja biofiltriranih. V bistrilniku se usede biološko blato, voda pa odteče v reko Pako. Tako smo iz biofiltracije izločili pralne vode, ki so prej redčile ostalo odpadno vodo. V dotočno vodo na biofiltracijo pa so pričeli dozirati zunanji vir ogljika, ki je potreben za delovanje denitrifikacije. Po spremembi tehnologije in po pričetku doziranja zunanjega vira ogljika parameter celotni dušik ni več presegal predpisanih mejnih vrednosti.

Problem, ki sem ga obravnavala v diplomskem delu, se nanaša na razlike v usedanju primarnega in sekundarnega t. i. biološkega blata. Uporabila sem tudi podatke o količini usedljivih snovi pralnih vod, kjer je prisotno biološko blato.

Namen je predstaviti razlike v usedanju primarnega in sekundarnega blata. Opisan je nastanek usedljivih snovi, vzorčenje in analiza.

Ugotovili smo, da se biološko blato težje in počasneje useda v primerjavi s primarnim blatom. To je povezano s količino usedljivih snovi, ki smo jih analizirali v primarnem usedalniku in bistrilniku. Opravili smo globinsko vzorčenje na štirih vzporednih lokacijah. Kar pa zadeva vrednosti usedljivih snovi pri pralnih vodah na biofiltraciji, je bilo ugotovljeno slednje: količina usedljivih snovi je večja pri pralnih vodah denitrifikacijskih bazenov. Vrednosti pH in elektroprevodnosti pa so bile večje pri pralnih vodah nitrifikacijskih bazenov. Iz tega lahko sklepamo, da je bolj obremenjena voda v procesu denitrifikacije.

**Ključne besede:** Čistilna naprava, biofiltracija, usedljive snovi, primarno blato, sekundarno blato, nitrifikacija, denitrifikacija, vzorčenje in analiza usedljivih snovi.



## ABSTRACT

Due to spatial limitations and additional demands of wastewater treatment in Šalek valley, as the technological process for biological wastewater treatment biofiltration was chosen. This system (biofiltration) have been built during the construction of second stage of the treatment plant. This was necessary because the first phase exceeded the permitted levels for treatment plant's effluent (up to 60 % elimination of COD or BOD<sub>5</sub>). Despite the construction of stage 2, effluent did not limit values for the total nitrogen parameter (Decree on the emission of substances in waste water discharges from municipal wastewater treatment plants, Ur. l., RS, No. 47/05). Because of extremely low flows of Paka rivers, especially during drought seasons, the influence of wastewater treatment plant's effluent is obvious. The entire technology of wastewater treatment needed to be changed. First of all two primary settling tanks at the mechanical stage of treatment were separated (previously they worked simultaneously). Incoming wastewater is pumped into the first settling tank in which primary sludge is being settled. The mechanically treated water is pumped onto biofiltration. Wastewater that comes from washing biofilters gets pumped into the second settling tank (known as a clarifier), where the biological sludge sediments and the water flows to Paka river. This way the washing waters have been removed from biofiltration that were previously diluting the rest of wastewater. In the water inflow to biofiltration they started adding an outside carbon source for denitrification. After the change in technology and the start of adding an outside source of carbon, the combined nitrogen parameter no longer exceeds the prescribed values.

The problem I was discussing in this diploma work is focused on the differences between the sedimentation of primary and secondary (biological) sludge. I also used the data of the quantity on sediments in washing waters, where there is biological sludge present.

The purpose is to demonstrate the differences between the sedimentation of primary and secondary sludge. The origin of sediments, sampling and analysis is described.

We found out that biological sludge is heavier and takes longer to sediment than primary sludge. That is correlated with the quantity of sediments that were analysed from the primary settling tank and the clarifier. We carried out in-depth sampling at four parallel locations. Regarding the quantity of sediments from washing waters we found out: there is a larger quantity of sediments in washing waters that come from denitrification tanks. pH values and conductivity values were higher at washing waters from nitrification tanks. From that we can conclude that water in the process of denitrification is more polluted.

**Key words:** Treatment plant, biofiltracion, sedimentation, primary sludge, secondary sludge, nitrification, denitrification, analisis sedimentation.

## Kazalo vsebine

1. UVOD .....	1
2. EVROPSKA IN SLOVENSKA ZAKONODAJA NA PODROČJU ODPADNIH VODA.....	2
3. TEORETIČNA IZHODIŠČA .....	3
3.1 VRSTE IN LASTNOSTI ODPADNIH VOD .....	3
3.2 VLOGA MIKROORGANIZMOV PRI BIOLOŠKEM ČIŠČENJU ODPADNE VODE .....	3
3.3 PROIZVODNJA BLATA .....	4
3.4 DENITRIFIKACIJA.....	5
3.5 NITRIFIKACIJA .....	6
3.6 PRANJE BIOFILTROV .....	7
4. MATERIALI IN METODE .....	9
4.1 TEHNOLOŠKI PROCES ČIŠČENJA ODPADNIH VOD NA CČN ŠALEŠKE DOLINE ..	9
4.2 MEHANSKA STOPNJA.....	10
4.3 PRIMARNO ČIŠČENJE .....	11
4.3.1 PRIMARNA USEDALNIKA .....	11
4.4 BIOFILTRACIJA .....	13
4.4.1 IZLOČANJE FOSFORJA (KOAGULACIJA/FLOKULACIJA) IN DODAJANJE RECIKLA.....	13
4.4.2 PROCESNI ZRAK .....	14
4.4.3 IZTOK OČIŠČENE VODE.....	14
4.5 VZORČENJE ODPADNIH VODA .....	14
4.5.1 NAČINI VZORČENJA IN VRSTE VZORCEV .....	15
4.5.2 NAPAKE PRI VZORČENJU ODPADNIH VOD .....	15
4.6 ANALIZA USEDLJIVIH SNOVI V ODPADNI VODI.....	16
4.7 OPIS MERITEV .....	17
4.7.1 MERJENJE ELEKTROPREVODNOSTI IN TEMPERATURE .....	17
4.7.2 MERJENJE pH.....	17
4.8 POSTOPEK IN ODVZEM VZORCEV .....	17
4.8.1 GLOBINSKO VZORČENJE PRIMARNEGA IN SEKUNDARNEGA BLATA.....	18
4.8.2 MERILNA OPREMA IN PRIBOR .....	18
4.8.3 LOKACIJA IN OPIS POSTOPKA.....	18
4.9 VZORČENJE ODPADNE VODE IZ PRIMARNEGA USEDALNIKA .....	19
4.9.1 MERILNA OPREMA PRIBOR .....	19
4.9.2 LOKACIJA IN OPIS POSTOPKA.....	19
4.10.1 MERILNA OPREMA IN PRIBOR .....	20
4.10.2 LOKACIJA IN OPIS POSTOPKA.....	20
4.11 POSEBNOSTI IN MOTNJE PRI VZORČENJU.....	20

5. REZULTATI .....	24
6. RAZPRAVA REZULTATOV .....	32
6.1 USEDLJIVE SNOVI V PRIMARNEM USEDALNIKU .....	32
6.2 VREDNOSTI PH V PRIMARNEM USEDALNIKU .....	36
6.3 ELEKTROPREVODNOST V PRIMARNEM USEDALNIKU .....	39
6.4 TEMPERATURA V PRIMARNEM USEDALNIKU .....	42
6.5 PRETOK VODE V PRIMARNEM USEDALNIKU .....	46
6.6 GLOBINSKO VZORČENJE .....	47
6.7 PRIMERJAVA USEDLJIVIH SNOVI MED PRIMARNIM USEDALNIKOM IN BISTRILNIKOM GLEDE NA ISTO LOKACIJO .....	49
6.8 PRALNE VODE .....	53
6.9 DENITRIFIKACIJA .....	56
6.10 PRIMERJAVA DENITRIFIKACIJA-NITRIFIKACIJA .....	59
7. SKLEP .....	62
8. LITERATURA .....	63

## Kazalo preglednic

Preglednica 1: Kemijska sestava primarnega in aktivnega blata iz konvencionalne biološke čistilne naprave z aktivnim blatom.....	5
Preglednica 2: Časovno trajanje pranja denitrifikacijskih filtrov.....	8
Preglednica 3: Analiza usedljivih snovi v primarnem usedalniku.....	24
Preglednica 4: Analiza usedljivih snovi v primarnem usedalniku.....	25
Preglednica 5: Analiza usedljivih snovi v primarnem usedalniku.....	26
Preglednica 6: Analiza usedljivih snovi v primarnem usedalniku.....	27
Preglednica 7: Globinsko vzorčenje v primarnem usedalniku.....	28
Preglednica 8: Globinsko vzorčenje v bistrilniku.....	29
Preglednica 9: Vzorčenje pralnih vod – denitrifikacija.....	30
Preglednica 10: Vzorčenje pralnih vod – nitrifikacija.....	31

## Kazalo slik

Slika 1: Prikaz čiščenja na CČN Šaleške doline.....	9
Slika 2: Fine grablje .....	10
Slika 3: Pogled na primarni in sekundarni usedalnik .....	12
Slika 4: Bistrilnik z mostnim strgalom .....	13
Slika 5: Prikaz biološkega odstranjevanja fosforja.....	14
Slika 6: Imhoffov lij z manjšo količino usedljivih snovi .....	16
Slika 7: Skica vzorčnih mest s posameznimi lokacijami.....	18
Slika 8: Skica vzorčnega mesta .....	19
Slika 9: Jašek, kamor se preliva pralna voda .....	21
Slika 10: Napihovanje gline.....	21
Slika 11: Biofilter z napihnjeno glino v primerjavi z normalno delujočim. ....	22
Slika 12: Delno pokrit bazen s plavajočim blatom.....	23
Slika 13: Bazeni, pokrit s plavajočim blatom v celoti .....	23

Slika 14: Usedljive snovi v primarnem usedalniku (marec).....	32
Slika 15: Usedljive snovi v primarnem usedalniku (april).....	33
Slika 16: Usedljive snovi v primarnem usedalniku (maj).....	34
Slika 17: Usedljive snovi v primarnem usedalniku (junij).....	35
Slika 18: Vrednosti pH v primarnem usedalniku (marec).....	36
Slika 19: Vrednosti pH v primarnem usedalniku (april).....	37
Slika 20: Vrednosti pH v primarnem usedalniku (maj).....	38
Slika 21: Vrednosti pH v primarnem usedalniku (junij).....	38
Slika 22: Elektroprevodnost v primarnem usedalniku (marec).....	39
Slika 23: Elektroprevodnost v primarnem usedalniku (april).....	39
Slika 24: Elektroprevodnost v primarnem usedalniku (maj).....	40
Slika 25: Elektroprevodnost v primarnem usedalniku (junij).....	41
Slika 26: Temperatura v primarnem usedalniku (marec).....	42
Slika 27: Temperatura v primarnem usedalniku (april).....	43
Slika 28: Temperatura v primarnem usedalniku (maj).....	44
Slika 29: Temperatura v primarnem usedalniku (junij).....	45
Slika 30: Pretok vode v primarnem usedalniku (marec).....	46
Slika 31: Pretok vode v primarnem usedalniku (april).....	46
Slika 32: Usedljivost v primarnem usedalniku (1–4 mesta vzorčenja).....	47
Slika 33: Usedljivost v bistrilniku (1–4 mesta vzorčenja).....	48
Slika 34: Primerjava količine usedljivih snovi na lokaciji 1.....	49
Slika 35: Primerjava količine usedljivih snovi na lokaciji 2.....	50
Slika 36: Primerjava količine usedljivih snovi na lokaciji 3.....	51
Slika 37: Primerjava količine usedljivih snovi na lokaciji 4.....	52
Slika 38: Usedljive snovi pralnih vod (nitrifikacija).....	53
Slika 39: Vrednosti pH pralnih vod (nitrifikacija).....	54
Slika 40: Elektroprevodnost pralnih vod (nitrifikacija).....	55
Slika 41: Usedljive snovi pralnih vod (denitrifikacija).....	56
Slika 42: Vrednosti pH pralnih vod (denitrifikacija).....	57
Slika 43: Elektroprevodnost pralnih vod (denitrifikacija).....	58
Slika 44: Primerjava usedljivih snovi pralnih vod.....	59
Slika 45: Primerjava vrednosti pH pralnih vod.....	60
Slika 46: Primerjava elektroprevodnosti pralnih vod.....	61

## **PREGLED UPORABLJENIH SIMBOLOV IN OKRAJŠAV**

BPK5	Biokemijska potreba po kisiku
C	Ogljik
CČN	Centralna čistilna naprava
DN	Denitrifikacija
KPK	Kemijska potreba po kisiku
NIT	Nitrifikacija
PE	Populacijski ekvivalent
RS	Republika Slovenija
Sklad ISPA	Predpristopni strukturni instrument
T	Temperatura
TSS	Celotne suspendirane snovi
TOC	Celotni (totalni) organski ogljik
Ur. l.	Uradni list

## 1. UVOD

Ko se je v Šaleški dolini razvilo premogovništvo, je ob intenzivni človekovi (iz)rabi reka Paka postala v osemdesetih letih prejšnjega stoletja ena izmed najbolj obremenjenih in izrabljenih vodotokov v Sloveniji. Postala je t. i. mrtva reka. Zato so na takratni občini Velenje že leta 1992 pričeli s pripravami na sanacijski program. "Sanacijski program ni bil namenjen le reševanju problematike komunalnih odpadnih voda, ampak je bil obenem tudi program najpomembnejših uporabnikov in onesnaževalcev vode na tem območju: Termoelektrarne Šoštanj, Tovarne usnja Šoštanj, Gorenja, Premogovnika Velenje in drugih manjših onesnaževalcev (Centralna čistilna ..., 2006)." Eden izmed najpomembnejših ciljev tega programa je bila izgradnja II. faze Centralne čistilne naprave Šaleške doline, katere upravljaavec je Komunalno podjetje Velenje, d. o. o.

Glavne naloge podjetja so oskrba prebivalcev in industrije s komunalnimi dobrinami. To zajema oskrbo s toplotno energijo, zemeljskim plinom, z daljinskim hlajenjem, pitno vodo, odvajanjem in čiščenjem komunalne odpadne in padavinske vode in odlaganjem nenevarnih in inertnih odpadkov, izvajanje pogrebno-pokopališke dejavnosti.

Vzpostavljen je sistem vodenja, ki izpolnjuje zahteve standarda ISO 14001:2004 in sistem vodenja kakovosti po standardu ISO 9001. Cilj mednarodnega standarda upravljanja z okoljem ISO 14001 je podpreti varovanje okolja, preprečevanje onesnaževanja v ravnovesju s socialno-ekonomskimi potrebami.

Znotraj Komunalnega podjetja Velenje delujejo tudi različne strokovne službe. Obsegajo področje splošno kadrovskih zadev, varstva pri delu in požarne varnosti, investicijskega inženiringa, informatike, izvajanje analiz in kontrole pitne vode in odpadnih voda ter komerciale, računovodstva in financ. Predstavljajo organizacijsko zaključene enote strokovno usposobljenih delavcev, ki zagotavljajo strokovno podporo pri izvedbi zahtevnih tehničnih in tehnoloških rešitev. Ena izmed strokovnih služb je tudi Služba KBT oz. Služba kemijsko biološke tehnologije, pod katero spada Centralna čistilna naprava Šaleške doline oz. njuna tehnološka laboratorija za analizo pitne in odpadne vode.

CČN obratuje že od leta 1989, ko je potekala le mehanska stopnja čiščenja odpadne vode, terciarno čiščenje pa poteka od leta 2006. Zgrajena je v industrijskem predelu med mestom Šoštanj in naseljem Pohrastnik. Zgrajena je za 50.000 PE. Trenutno je na kanalizacijski sistem priključenih okoli 33.000 prebivalcev, od tega v delovnih dneh čistilno napravo obremenjuje še približno 4.000 dnevni migrantov.

Namen diplomske naloge je predstaviti razlike v usedanju primarnega in sekundarnega blata na CČN Šaleške doline. Opisali bomo sam nastanek usedljivih snovi, vzorčenje, analizo v tehnološkem laboratoriju in končne rezultate. Spremljali, vzorčili in analizirali smo tudi pralne vode, ki nastanejo v procesu biofiltracije. Predstavili bomo tudi namen, delovanje in tehnološke procese na CČN.

V diplomskem delu smo si postavili naslednje hipoteze:

1. Sekundarno (biološko) blato je težje usedljivo.
2. Primarno blato se hitro useda.
3. Količina usedljivih snovi je večja pri pranju nitrifikacijskih biofiltrir.

## 2. EVROPSKA IN SLOVENSKA ZAKONODAJA NA PODROČJU ODPADNIH VODA

Ključna evropska zakonodaja, ki jo je bilo potrebno vnesti v slovenski pravni red za odpadno vodo, je bila naslednja:

- Urban Waste Water Directive (91/271/EEC, 98/15/EC); direktiva zahteva izgradnjo čistilnih naprav za vsa naselja, ki so večja od 2.000 prebivalcev, poleg tega zahteva izgradnjo terciarne stopnje čiščenja za občutljiva območja, kjer je prisotna možnost evtrofikacije – vse naprave so morale biti zgrajene do leta 2003;
- Nitrates Directive (92/43/EEC);
- Water Framework Directive (2000/60/Ec) (Upravljanje voda v Sloveniji, 2011).

S pomočjo sredstev sofinanciranja sredstev iz evropskih skladov je bila zgrajena tudi Centralna Čistilna naprava Šaleške doline (sklad ISPA).

Leta 2004 je bil objavljen tudi Operativni program odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode (za obdobje od 2005 do 2017). Obnovljen je bil leta 2010. Velja za celotno obdobje izgradnje javne kanalizacije oziroma ustrezno ureditev odvajanja in čiščenja le-te.

Zanimiv podatek iz leta 2011 (april) je, da je bilo do takrat zgrajenih samo 30 čistilnih naprav, ki so bile večje od 10.000 PE (Upravljanje voda v Sloveniji, 2011).

Osnovni podzakonski predpis je Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod v vode in javno kanalizacijo (Ur. l. RS, št. 47/05, 45/07, 77/09). Predpis določa splošne mejne vrednosti emisij, način vrednotenja le-teh, omejitve, prepovedi te druge ukrepe, ki pripomorejo k zmanjšanju emisij.

Bistvene uredbe, ki podajajo mejne vrednosti snovi v komunalni odpadni vodi:

- Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih voda iz virov onesnaženja (Ur. l. RS, 35/1996, 21/2003, 2/2004, 41/2004, 47/2005),
- Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadnih vod iz malih komunalnih čistilnih naprav (Ur. l. RS, 98/2007, 30/2010),
- Uredba o emisiji snovi pri odvajanju vod iz komunalnih čistilnih naprav (Ur. l. RS, 63/2009, 45/2007),
- Uredba o odvajanju in čiščenju komunalne in padavinske odpadne vode (Ur. l. RS, št. 88/2011, 8/2012, 108/2013),
- Pravilnik o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih vod ter o pogojih za njegovo izvajanje (Ur. l. RS, št. 74/2007).

Omeniti je potrebno tudi operativni program odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode za obdobje od 2005 do 2017.

"Nanaša se na varstvo vseh površinskih in podzemnih voda na območju Republike Slovenije pred onesnaževanjem okolja, vnosom dušika ter fosforja in pred mikrobiološkim onesnaženjem na s predpisi določenih območjih s posebnimi zahtevami, zaradi odvajanja komunalne odpadne vode" (Vir: Medmrežje 3).

### 3. TEORETIČNA IZHODIŠČA

#### 3.1 VRSTE IN LASTNOSTI ODPADNIH VOD

Odpadne vode lahko nastanejo zaradi delovanja narave (padavinske onesnažene vode, poplave) in zaradi človekovega delovanja v urbanih naseljih (komunalne odpadne vode), industrijskih conah (industrijske odpadne vode) ali na kmetijskih farmah (kmetijske odpadne vode) (Roš 2012, str. 30). Vsaka od teh odpadnih voda ima svoje specifične lastnosti, ki vplivajo na postopke čiščenja le-teh. "Komunalna odpadna voda vsebuje približno 99,9 % vode in približno 0,1 % raztopljenih ali suspendiranih snovi (Roš in Zupančič 2010, str. 29).

Komunalna odpadna voda vsebuje maščobe, olja, škrob, fekalije, urin, papir, milo, detergente in ostanke čistil. Srednja vrednost naj bi znašala 10 mg/L, kar pomeni, da je v litru vode povprečno 10 ml usedljivih snovi (Roš 2012, str. 31).

"Najpomembnejša fizikalna lastnost odpadne vode so celotne trdne snovi, sestavljene iz plavajočih snovi, usedljivih snovi, koloidnih delcev in plavajočih snovi," (Roš 2010, str. 29). V mojem diplomskem delu je pomemben pojem usedljive snovi, to so suspendirane snovi, izražene v mililitrih ali litrih, ki se usedejo iz suspenzije po določenem času (30 min, 1 ura ...). V našem primeru so bile izražene v mililitrih na liter po 30 minutah. Med ostale fizikalne lastnosti prištevamo še motnost, temperaturo, barvo, koncentracijo in specifično maso.

Naslednje so kemijske lastnosti: pH, kloridi, alkaliniteta, dušikove spojine, fosfor, žveplo, plini, vonj, kovinske sestavine, skupne organske sestavine, BPK<sub>5</sub>, KPK in TOC. Med biološke lastnosti pa spadajo glavne skupine mikroorganizmov, ki jih najdemo v odpadnih vodah.

#### 3.2 VLOGA MIKROORGANIZMOV PRI BIOLOŠKEM ČIŠČENJU ODPADNE VODE

"Leta 1914 sta Arden in Lockett razvila biološki postopek z aktivnim blatom, ki se je skozi leta močno razširil in je danes najbolj razširjena oblika čiščenja komunalnih in industrijskih odpadnih vod (Kurbus 2008, str. 6)".

Pri biološkem čiščenju odpadne vode sodeluje več vrst mikroorganizmov, med njimi prevladujeta dve večji skupini, in sicer bakterije in glive. Bakterije delimo v tri skupine: razpršene (dispergirane), izkosmičene (flokulirane) in nitaste (filamentozne). Občasno se v aktivnem blatu pojavijo tudi gliste (*Nematoda*).

"Nižja koncentracija kisika vodi do nastanka nitastih bakterij, ki povzročajo slabo usedljivost aktivnega blata in s tem izpiranje blata iz reaktorja (Kurbus 2008, str. 2)".

Obstaja več vrst mikroorganizmov, ki so sposobni oksidirati amonijeve in nitratne ione. Najučinkovitejši izmed njiju sta bakteriji rodu *Nitrosomonas* in organizmi rodu *Nitrobacter*. Specializirani sta posebej za proces nitrifikacije in dosežeta od 1.000 do 10.000-krat višjo nitrifikacijo v primerjavi z ostalimi organizmi. Nitrifikacijske bakterije so skupina bakterij, za katere je značilna počasna celična rast. To predstavlja glavni problem za sam potek nitrifikacije v bioloških čistilnih napravah.



"Organotrofi imajo generacijski čas v aktivnem blatu od 15 do 30 minut. Za nitrifikacijske bakterije je v ugodnih pogojih generacijski čas v aktivnem blatu od 8 do 60 ur (Gerardi, 2002)."

"Nitrifikacijske bakterije so zelo občutljive za hitre spremembe temperature. Najhitreje rastejo pri temperaturi od 20 °C do 22 °C. Pri temperaturah med 30 °C in 35 °C je rast konstantna, pri višjih pa se ustavi (Henze s sod., 1995)."

Pri procesu denitrifikacije pretežno sodelujejo fakultativni heterotrofi, kar pomeni, da lahko uporabljajo kisik pri metabolizmu, če ga ni, pa porabljajo kisik iz nitrata. Delež prisotnosti teh heterotrofov v aktivnem blatu je okoli 80 odstotkov, največ od tega je anaerobnih bakterij. Proces denitrifikacije poteka v temperaturnem območju od 0 °C do 32 °C, pri 45 °C pa začne drastično padati. Optimalno pH območje je od 7 do 9. Visoke temperature povzročajo zmanjšani razpad kosmov, kar vodi k slabše usedljivemu blatu. Razlog je v neaktivnosti bakterij, ki so občutljive na visoke temperature in posledično tudi nihanja le-teh.

### 3.3 PROIZVODNJA BLATA

Količina nastalega blata je v prvi vrsti odvisna od vrste odpadne vode in od samega postopka čiščenja. Sama sestava odpadne vode in odpadnega blata pa je odvisna od načina življenja v posameznem okolju.

"Proizvodnja blata je: 45 g/PE.dan primarnega blata in 35 g/PE.dan sekundarnega (aktivnega) blata. Tako nastane v Evropi v konvencionalni biološki čistilni napravi z aktivnim blatom okoli 80 g/PE.dan mešanice primarnega in sekundarnega blata (Roš 2005, str. 18)."

Pri biološkem čiščenju, ki je namenjeno predvsem za odstranjevanje organskih snovi, lahko odstranimo tudi posamezna hranila (dušikove in fosforjeve spojine). Tako lahko v aktivnem blatu najdemo okoli 1–3 % fosforja in 7–10 % dušika. Pri tem je najpomembnejše, da se ohranijo in zagotovijo ustrezni oksidacijsko-redukcijski procesi. Za uspešen in dokončen način odstranjevanja je potrebno višek blata oziroma biomaso redno, sproti ali občasno odstranjevati iz sistema. Na količino nastalega blata in njegovo kakovost vplivajo številni dejavniki. Eden izmed najpomembnejših dejavnikov je postopek čiščenja, na katerega vplivajo tudi pogoji delovanja v sistemu. S tem so mišljeni naslednji pogoji: anaerobni, anoksični ter aerobni. Vse to pa pogojuje tudi sam cilj čiščenja.

Tudi sam prirast blata je odvisen od številnih pogojev. Odločilno vlogo ima sama sestava odpadne vode (koncentracija škodljivih snovi, vrsta organskih snovi, pH, temperatura ...). Naslednji dejavnik pa je postopek čiščenja, kjer sodelujejo mikroorganizmi. Največji prirast biomase beležimo pri aerobnem čiščenju, pri ostalih dveh pa je prirast bistveno manjši. Omeniti je potrebno tudi zadrževalni čas v reaktorjih, ki tudi vpliva na prirast, saj se z daljšim zadrževalnim časom blato stara in se začnejo dogajati drugi procesi razgradnje.

V našem primeru je sestava blata na CČN Šaleške doline, kjer se izvaja biološko čiščenje, odvisno od vrste blata in sestave odpadne vode ter pogojev delovanja v samem biološkem delu. V spodnji preglednici je prikazana kemijska sestava primarnega in sekundarnega blata.

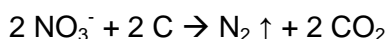
Preglednica 1: Kemijska sestava primarnega in aktivnega blata iz konvencionalne biološke čistilne naprave z aktivnim blatom (Vir: Roš 2005, str. 24).

Parameter	Primarno blato	Aktivno blato
Celotne suspendirane snovi (TSS), %	5–9	0,8–1,2
Hlapne suspendirane snovi (% od TSS)	60–80	59–88
Maščobe in olja (% od TSS):		
– Topno v etru	6–30	–
– Ekstrakt v etru	7–35	5–12
Proteini (% od TSS)	20–30	32–41
Dušik (N, % od TSS)	1,5–4	2,4–5
Fosfor (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , % od TSS)	0,8–2,8	2,8–11
Kalij (K <sub>2</sub> O, % od TSS)	0–1	0,5–0,7
Celuloza (% od TSS)	8–15	–
pH	5,0–8,0	6,5–8,0
Alkaliniteta (mg/L kot CaCO <sub>3</sub> )	500–1500	580–1100
Organske kisline (mg/L)	200–2000	1100–1700
Energija (kJ TSS/kg)	23000–29000	19000–23000

### 3.4 DENITRIFIKACIJA

"Na denitrifikacijo vplivajo vir energije (koncentracija in vir substrata), temperatura, koncentracija raztopljenega kisika, pH, koncentracija nitrata, hraniva, redoks potencial in prisotnost denitrifikacijskih bakterij (Henze s sod., 1995; Gerardi, 2002)."

Je redukcija nitratnega dušika v plinasti dušik. Ta se sprosti s pomočjo denitrifikacijskih mikroorganizmov.



To pomeni, da denitrifikacija poteče takrat, ko mikroorganizmi nimajo več na razpolago raztopljenega kisika in morajo uporabiti nitrat kot vir kisika. Plinasti dušik je produkt, ki nastane na koncu.

V naravi najprej poteka nitrifikacija, ki bi ji nato sledila denitrifikacija. Vendar je na CČN tehnološki postopek speljan drugače in se čiščenje najprej prične s samim postopkom denitrifikacije, kar nam omogoča dodajanje recikla v obliki nitrata. Ta je prisoten kot vir kisika. Odpadna voda priteče po cevovodu na 8 biofiltrrov (bazenov) za denitrifikacijo. Tukaj veljajo anoksični pogoji, kar pomeni, da mora biti koncentracija kisika manjša od 0,5 mg/L. Najbolje pa bi bilo, če raztopljen kisik sploh ni prisoten. Tudi tukaj je pomembno, da imamo merilnik pretoka, ki regulira količino odpadne vode, ki priteče.

V vsakem od 8-ih biofiltrrov je na dnu nosilec biomase, in sicer ekspandirana glina. V tem primeru je nosilnega materiala 105 m<sup>3</sup>, kroglice pa so premera 4–8 mm. Površina samega biofiltra pa znaša 35,1 m<sup>2</sup>. Na površini teh kroglic se obraste biomasa, ki jo potem spiramo v samem procesu pranja biofiltrrov. Voda doteka v biofiltre skozi spodnjo komoro in naprej, od tam pa skozi talno ploščo, ki ima posebne šobe. Od tam priteče skozi filtrni sloj in se na vrhu

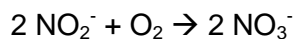
filtra preliva v jašek oz. pregrado za iztok. Namen pregrade je preprečevanje, da bi filtrni material izplaval ven. Na površini vode lahko opazimo mehurčke, ki izhajajo iz vode. To je plinasti dušik. Ko je ta stopnja čiščenja dokončana, se voda po cevovodu gravitacijsko prelije v bazene za nitrifikacijo.

### 3.5 NITRIFIKACIJA

Dušik v komunalni odpadni vodi izvira kot posledica človeškega metabolizma (aminokislina). Približno 60 % ga je v organski obliki, ostalih 40 % pa najdemo v anorganski obliki. Organski izvira iz sečnine, zgoraj omenjenih aminokislin in ostalih, vir anorganskega dušika pa je amonijev ion.

"Viri dušikovih spojin v industrijski odpadni vodi so analin, kelati, inhibitorji korozije, odpadne vode mlekar in klavnic. Analin se uporablja v proizvodnji barv, fotografskega materiala in zdravil. Nekateri kelati so organske dušikove spojine, ki se uporabljajo za čiščenje kovin, bakra in železa (Miklavčič, 2010)."

Je zaporedna oksidacija amonijevega dušika v nitritni in nato v nitratni dušik. Poteka v razponu pH med 6 in 10, z optimalno pH-vrednostjo od 8 do 9.



Po končani denitrifikaciji sledi še nitrifikacija. Ta proces se izjemoma dogaja v tem vrstnem redu in sicer to velja za Centralno čistilno napravo Šaleške doline. V nitrifikacijskih bazenih imamo 8 parov biofiltrrov, kjer veljajo aerobni pogoji. Kar pomeni, da kemijska reakcija poteka v prisotnosti kisika. Tudi tukaj je bazen napolnjen z ekspandirano glino, ki jo nosilec za biomaso. Glinenega materiala je na dnu približno  $151 \text{ m}^3$ , same kroglice pa so manjšega premera 2,5–5 mm, površina biofiltra pa je  $40,9 \text{ m}^2$ . Posebnost teh biofiltrrov je ta, da je pod glinenim materialom še plast peska, ki še dodatno preprečuje zamašitev šob za distribucijo vode in zraka. Pri DN-filtrih ni tako velike nevarnosti zamašitve, kot tukaj že zaradi same velikosti glinenih kroglic. Če se biofilter zamaši, se napaka takoj prikaže na monitorju v nadzorni sobi in zaprejo se vsi ventili. Napako je nato potrebno takoj odpraviti v najkrajšem možnem času. Očiščena voda se po samem postopku prelije mimo pregrade v iztočni jašek, steče vzdolž kanala za očiščeno vodo v bazen za recirkulacijo. Od tu se prečrpa nazaj kot recikel za DN-filtre. Kar ostane, se prelije v bazen čiste vode.

Pomembno vlogo tukaj ima osem kompresorjev, ki vpihujejo procesni zrak skozi šobe biofiltrrov. Za vsak biofilter je en kompresor. Zrak se vpahuje skozi šobe v tleh, lahko tudi sočasno z vodo. Na ta način se ustvari zračna blazina. Vse to je potrebno za samo oksidacijo  $\text{BPK}_5$  in nitrifikacijo.

### 3.6 PRANJE BIOFILTROV

Biofiltri se lahko nahajajo v treh različnih fazah obratovanja. So v fazah delovanje pripravljenosti (standby) ali procesu izpiranja. Zaradi izločenih suspendiranih snovi v procesu filtracije in prirasle biomase upor proti toku odpadne vode skozi biofilter postopoma raste. Zato je potrebno biofiltre spirati, kar je odločilnega pomena za nemoteno delovanje le-teh. Stanje je samodejno regulirano in računalniško vodeno. V izjemnih primerih se lahko faza pranja biofiltrirani nastavi tudi ročno, za kar je zadolžen tehnolog, ki spremlja sam postopek biofiltracije. Tudi če so biofiltri samo v stanju pripravljenosti, jih je potrebno občasno preprihati s procesnim zrakom. Spiranje filtrov je odvisno od štirih kriterijev:

1. volumna prefiltrirane vode od zadnjega spiranja,
2. časa od zadnjega spiranja,
3. tlačnih izgub v filterih, standardiziranih na hitrost filtracije in
4. ročne vključitve spiranja.

Pranje poteka zato, da se z glinenega materiala odstranijo nabrani trdni delci (odvečno biološko blato), kar bi v nasprotnem primeru motilo sam proces čiščenja odpadne vode in tudi njegova učinkovitost bi bila neustrezna. Izpiranje poteka pri velikih hitrostih, kar omogoča, da se sloj filtrnega materiala razrhlja in odvečna biomasa ter trdni delci pa se izperejo s površine. Voda, ki se pri tem uporablja, je iz bazena očiščene vode, ki je volumna 480 m<sup>3</sup>. Razlika v pranju DN in NIT-biofiltrirani je v času, npr. DN-biofiltre izpiramo na 24 ur, NIT pa na 36 ur. Pranje filtrov je sestavljeno iz več sekvenc:

- dreniranje filtra,
- spiranje z zrakom,
- spiranje z zrakom in vodo, ki povzroči močnejše odstranjevanje s površine in tudi transport izločenih delcev iz biofiltra,
- spiranje z vodo, ki odstrani vse suspendirane snovi iz biofiltra pred začetkom normalnega filtriranja.

Razlika je tudi v samem izpiranju, pri DN to poteka v kombinaciji zraka in vode ali pa samo z enim od njiju. Uporablja se voda, ki se predhodno zbira v bazenu očiščene vode za pranje filtrov. NIT-biofiltri pa se izpirajo izmenično z zrakom in vodo ali pa samo z zrakom ali z vodo. Pri tem se pralna voda prelije v bazen umazane pralne vode, od koder se preko črpalk črpa v primarna usedalnika, kjer se delci hitro usedejo. Volumen bazena pralne vode je 570 m<sup>3</sup>. Taka voda vsebuje odvečno biološko blato.

"Odpadna voda od spiranja vsebuje suspendirane snovi v koncentraciji približno od 0,3 do 1 g/L. Te suspendirane snovi se hitro usedejo in imajo nizek volumenski indeks (med 30 in 60mg/L). Usedanje nato poteka v primarnem usedalniku, kjer se suspendirane snovi izločijo skupaj s primarnim blatom" (Pipuš 2007, str. 61).

Pomemben je tudi podatek, kako poteka samo pranje filtrov v tandemu. Primer: če se pranje izvaja na DN 1, je NIT 1 v fazi pripravljenosti ali pa normalno obratuje. In tako je v vseh naslednjih biofiltriranih. Nikoli se ne spirata oba filtra naenkrat. Tudi dolžina trajanja pranja se pri obeh stopnjah razlikuje.

Preglednica 2: Časovno trajanje pranja denitrifikacijskih filtrov (Vir: Avtor, 2013).

KORAK	STANJE FILTRA	TRAJANJE KORAKA (s)	DEJANSKI ČAS (s)	DEJANSKI ČAS (min)	Do konca pranja (min)
1	Začetek spiranja	/	60	1	56,46
2	Izpust do vrha medija (dreniranje)	420	1020 *	17	39,46
3	Ustvarjanje zračne blazine	120	240	4	35,46
4	Spiranje z zrakom	180	180	3	32,46
5	Spiranje – polnjenje z zrakom in vodo	60	60	1	31,46
6	Spiranje – polnjenje z zrakom in vodo	240	240 *	4	27,46
7	Spiranje z vodo	180	180	3	24,46
8a	Izpust do tal	360	360	6	18,46
8b	Spiranje z zrakom	120	Je preskočilo *1		
8c	Spiranje – polnjenje z zrakom in vodo	240	226 *	3, 46	15
9	Spiranje z vodo	120	120	2	13
KORAK	STANJE FILTRA	TRAJANJE KORAKA (s)	DEJANSKI ČAS (s)	DEJANSKI ČAS (min)	Do konca pranja (min)
10	Spiranje z vodo in zrakom	180	180	3	10
11	Izpiranje	600	600	10	0
				<b>57,46</b>	

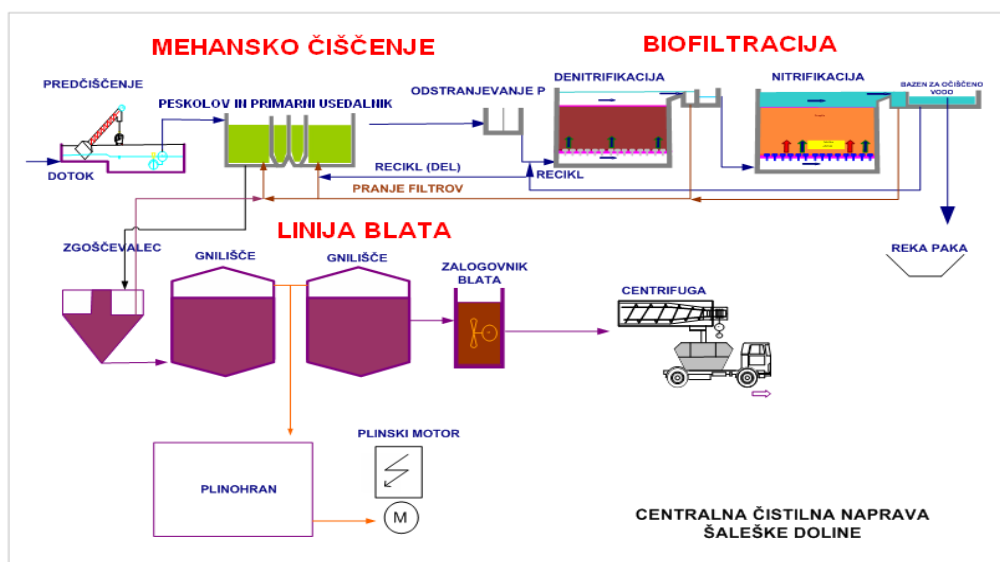
Zgornja tabela prikazuje časovni okvir trajanja pranja denitrifikacijskih biofiltrorov. Tabela ima zabeležene tudi moje popravke, ki so rezultat spremljanja pranja filtrov na monitorju v kontrolni sobi in dejanskega opazovanja na samem kraju (DN in NIT-bazeni). Popravki, ki se razlikujejo od dejanskega časa so označeni z rdečo barvo. Prihajalo je do razlik v časovnih intervalih posamezne faze pranja pri korakih 2, 6 in 8 c (označeno z zvezdico), kar lahko pripišemo temu, da se filter spira toliko časa, dokler ne izpusti ali prečrpa točno določeno količino vode (m<sup>3</sup>). Z indeksom 1 pa je označen korak 8b, ki se sploh ni izvajal, čeprav je dejansko zapisan v programu pranja biofiltrorov. To se ne dogaja vsakič, ampak je to odvisno od pogojev, stanja in morebitnih okvar na biofiltrih.

## 4. MATERIALI IN METODE

### 4.1 TEHNOLOŠKI PROCES ČIŠČENJA ODPADNIH VOD NA CČN ŠALEŠKE DOLINE

"Čiščenje odpadnih voda na Centralni čistilni napravi Šaleške doline poteka po postopku biofiltracije s fiksirano biomaso. Tehnološki postopek čiščenja lahko po rekonstrukciji in izgradnji biofiltracije razdelimo na tri zaokrožene tehnološke sklope, in sicer na:

- mehansko čiščenje,
- biofiltracijo ter
- linijo za obdelavo in izrabo bioplina" (Centralna čistilna ..., 2006).



Slika 1: Prikaz čiščenja na CČN Šaleške doline (Vir: Štramcar, 2008).

Podrobneje pa jih lahko razdelimo na več tehnoloških enot:

- črpališče odpadne vode s finim sitom,
- bazena za koagulacijo/flokulacijo,
- osem DN-biofiltrov,
- osem N-biofiltrov s puhali za procesni zrak,
- bazen za recikel s črpalkami za recikel,
- bazen za očiščeno vodo s črpalkami za spiranje biofiltrov,
- doziranje  $\text{FeCl}_3$ ,
- puhali za zrak za spiranje in
- on-line merilniki (Hidroinženiring, 2006).

V primeru izbrane tehnologije gre za to, da se odpadna voda prefiltrira skozi strnjen sloj glinenega materiala (polnila) t. i. expandirano glino. Ta omogoča na svoji podlagi rast bioruše v odvisnosti od danih pogojev v bazenih (anoksični ali aerobni). Je različnih granulacij, v denitrifikacijskih bazenih so kroglice premera 4–8 mm, v nitrifikacijskih pa 2,5–5 mm. Onesnažena voda prihaja od spodaj navzgor skozi strnjen sloj nosilcev, ki so obrasli z biomaso. V Sloveniji načeloma prevladujejo čistilne naprave z razpršeno biomaso.

## 4.2 MEHANSKA STOPNJA

Mehansko čiščenje odpadne vode lahko poimenujemo tudi primarno čiščenje. Na CČN ta stopnja poteka tako, da odpadna voda doteka po kanalu, na katerem je tudi poglobitev za lovilec kamenja. Voda se nato razdeli po dveh kanalih, na vsakem so na koncu nameščene fine grablje, ki odstranijo mehanske nečistoče (grobi del nad 6 mm). Odpadki, ki se naberejo na grabljah se operejo in stisnejo ter odložijo v zato namenjene kontejnerje. Voda nato steče v vhodno črpališče, ki je opremljeno s potopno črpalko, ki črpa surovo odpadno vodo v vzorčevalnik. Tukaj so nameščene tudi sonde, ki merijo pH vrednosti, elektroprevodnost, koncentracijo amonijevega dušika in temperaturo.



Slika 2: Fine grablje (Vir: Štramcar, 2007).

Naslednja stopnja čiščenja zajema prezračeni peskolov z maščobnikom, ki je narejen iz dveh vzporednih stez. Poznamo tri vrste: prezračevani, gravitacijski in Vortex peskolov. Na CČN je to prezračeni peskolov. Po delovanju je podoben gravitacijskemu, razlika je le v tem, da tukaj delci potujejo spiralno. Prednost je ta, da za normalno in učinkovito delovanje ne potrebujemo dolge steze, kot pri ostalih. Odstranijo se specifično težje snovi iz odpadne vode, ki so lahko organskega ali neorganskega izvora. Takšne snovi so: pesek, prod, gramoz, jajčne lupine, kavna usedlina in vse druge hitro usedljive snovi.

Glavna naloga peskolova je čim večje odstranjevanje težko usedljivih snovi, s tem, da želimo pri razgradljivih organskih snoveh doseči čim manjše odstranjevanje le-teh. Težji delci se usedejo, lažji delci organskih snovi pa ostanejo v suspenziji. Sestavni del peskolova je mostno strgalo, ki ima dve primarni nalogi. Prva je ta, da z dna odstranjuje pesek, ki se prečrpa v posebno korito, po katerem se pesek z vodo dovaja v pralnik in izdvajalnik peska. Pesek se opere in se odlaga v zabojnik, voda pa nazaj v vhodno črpališče. Druga naloga mostnega strgala pa je, da z vrha vode posnema maščobe. Maščobe, ki se izločijo, se zberejo v poglobitvi za maščobe. Za boljše izločanje le-teh je potrebno prepihanje z zrakom, s pomočjo dveh puhal, ki vpihujeta procesni zrak. Za vsako stezo je namenjeno eno puhalo.

### 4.3 PRIMARNO ČIŠČENJE

S primarnim čiščenjem odstranjujemo iz vode lahko usedljive in plavajoče snovi. Pomembna je hitrost. Če se hitrost toka zmanjša pod 0,3 m/s, se začnejo usedati težje trdne snovi, ki potonejo na dno, lažje pa splavajo na površino. Takšen postopek čiščenja se dogaja na bioloških čistilnih napravah. Odpadna voda vsebuje organske in neorganske odpadne snovi, ki so lahko suspendirane ali raztopljene. Med primarnim čiščenjem odstranimo tudi BPK. Za samo izboljšanje usedljivosti v primarnih usedalnikih po navadi ne dodajamo nobenih kemikalij. Značilnost na CČN je tudi ta, da se tukaj v primarnih usedalnikih useda tudi odvečno biološko blato in v takem primeru se usedalnik uporablja kot zgoščevalna enota. Suspendirane snovi v grobem razdelimo na zrnate in kosmičaste. Med slednje prištevamo organske snovi, kosme, ki nastanejo pri koagulaciji, in aktivno blato. Koliko so nagnjeni h kosmičenju, je odvisno od relativne gostote, velikosti in oblike. Večji, kot so kosmi, hitreje se usedejo.

Značilni učinki odstranjevanja snovi pri primarnem čiščenju so:

- 90–95 % za trdne usedljive snovi,
- 50–65 % za suspendirane snovi in
- 20–35 % za BPK<sub>5</sub> (Roš 2010, str. 74).

#### 4.3.1 PRIMARNA USEDALNIKA

Sem se prelije voda iz peskolova. Najprej sta bila oba poimenovana kot primarna usedalnika, nato pa so enega preimenovali v bistrilnik (sekundarni usedalnik). Na dotok v bistrilnik se dovaja tudi voda, ki nastane pri pranju biofiltru in vsebuje odvečno biološko blato, medtem ko v primarnem usedalniku te vode ni. Tako surovo kot biološko blato se v obeh primerih posede na dno, od tam pa ga postrga mostno strgalo. Posedlo blato se zbira v poglobitvah, v vsakem usedalniku so štiri, od koder se prečrpa v zgoščevalnik blata. Mostova sta opremljena tudi s posnemovalnikom plavajočega blata, ki se odstrani v korito, od tam pa se prečrpa v zalogovnik za pregnito blato. Odstranjevanje plavajočih snovi preprečuje nadaljnje procese v čistilni napravi, poslabša tudi videz iztoka. Med plavajoče snovi ne prištevamo samo plavajočega blata, ampak tudi maščobe, olja in druge snovi s podobno konsistenco. Temperatura in pH močno vplivata na proces odstranjevanja teh snovi. Poleti na primer olja in druge pene v večini ostajajo v suspenziji in se le delno usedajo skupaj z blatom. Mostno strgalo je narejeno tako, da samodejno potuje od enega konca usedalnika do drugega, se pravi, ko pride na konec, se začne vračati nazaj. Koliko usedljivih snovi se nabere, je odvisno od številnih dejavnikov, med katerimi je pomemben tudi pretok. V primeru, da so pretoki večji od 1800 m<sup>3</sup>/h, je odpadna voda že tako razredčena, da kot učinkovito čiščenje zadošča že samo mehansko. Usedalnika sta med seboj popolnoma ločena z zapornico, ki omogoča, da ne pride do prelitja vode iz enega usedalnika v drugega.

Spodnja slika prikazuje pogled na primarni del čiščenja. Na levi strani je sekundarni usedalnik, ki so ga preimenovali v bistrilnik. Na desni pa je primarni usedalnik. Na sredini vidimo stezo za mostno strgalo. Naloga mostnega strgala je, da s površine postrga maščobe in olja (plavajoče delce) in jih potisne do konca usedalnikov, kjer se prelijejo čez rob. Z dna pa postrga pesek in ga vodi do peskolova. To so poglobitve za pesek, ki se nahajajo na koncu obeh usedalnikov.





Slika 3: Pogled na primarni in sekundarni usedalnik (Vir: Medmrežje 2).

Na proces in učinek usedanja vplivajo različne spremenljivke. Najbolj pomembni so hidravlični pogoji, med katere štejemo površinski pretok in zadrževalni čas.

$$\text{Površinska obremenitev} = \frac{\text{Pretok vode}}{\text{Ploščna površina usedalnika}} \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{d}} \right]$$

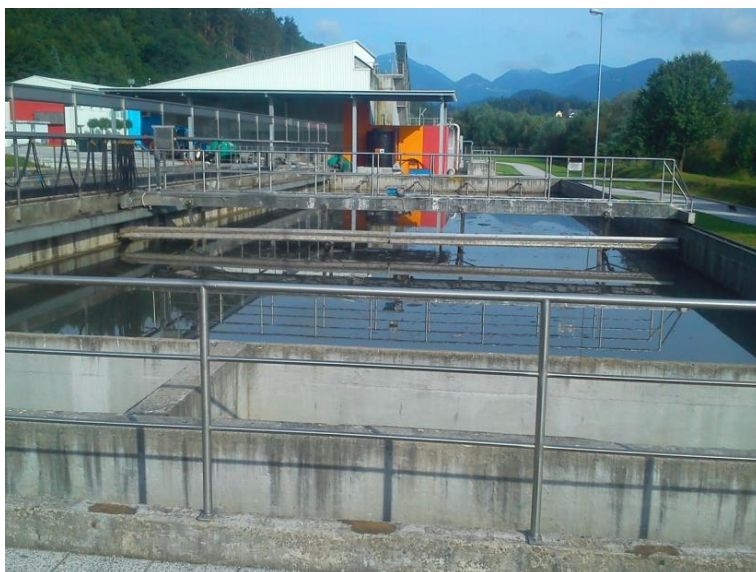
$$\text{Zadrževalni čas} = \frac{\text{Aktivni volumen reaktorja}}{\text{Pretok vode}} \text{ [h]}$$

Najbolj pomembno pri zadrževalnem času je, da mora biti ta tak, da se usedejo praktično vse usedljive snovi. Glede na to, da je dimenzija usedalnika vedno ista (fiksna), se spreminjata le pretok in (posledično) zadrževalni čas, spreminja pa se tudi učinek usedanja. Kar sem opazila tudi na CČN. Tukaj je imel največji vpliv pretok.

Pomembni so še: oblika usedalnika, lastnosti delcev in odpadne vode, temperatura ... "Učinek usedalnika je odvisen od površine bazena (dolžina in širina ali premer), volumna (površina in globina) in izvedbe vtoka iz iztoka (Roš, 2010)".

Na zgornji sliki (Slika 3) vidimo primer dveh pravokotnih primarnih usedalnikov.

Usedanje (sedimentacijo) poslabša starost vode, lastnosti delcev, temperatura ... Najboljši učinek čiščenja dosežemo s svežo odpadno vodo. Če pa je voda prestara in morda celo septična (gnila), so v njej prisotne bakterije. Te pa proizvajajo plin, ki povzroča splavanje trdnih snovi. Če primerjamo goste in lahke delce, se gosti usedajo hitreje. Če pa imajo veliko površino, to pomeni počasnejše usedanje v primerjavi s tistimi z manjšo površino. Problem pri usedanju je topla voda. Ta poveča hitrejšo biološko aktivnost in nastajati pričnejo mehurčki. Večjo hitrost usedanja povzroča edino manjša viskoznost tople vode. To je pozitivna lastnost tople vode, ki nam koristi pri hitrejšem procesu usedanja.



Slika 4: Bistrilnik z mostnim strgalom (Vir: Medmrežje 2)

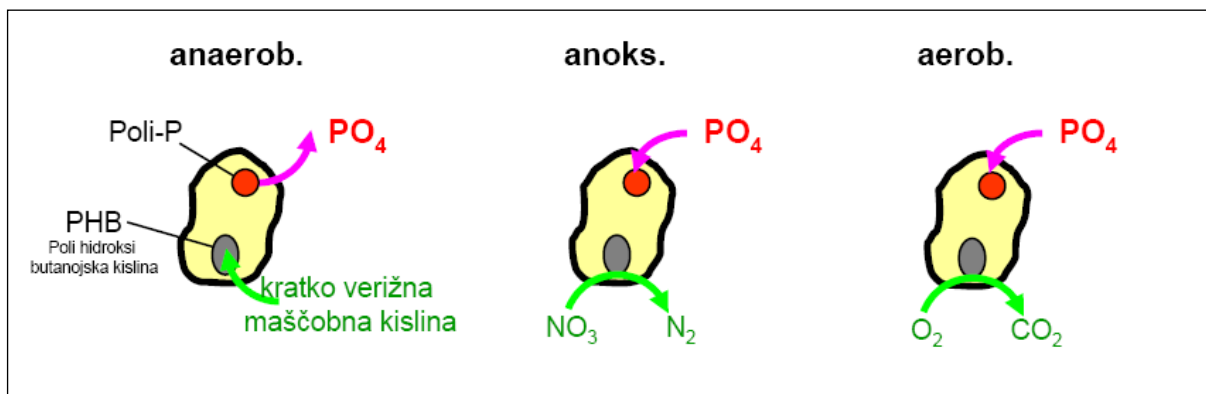
## 4.4 BIOFILTRACIJA

Veliko stvari je omenjenih že v poglavjih denitrifikacija in nitrifikacija, zato je tu postopek opisan zgolj na splošno in z bistvenimi podatki. Je biološko čiščenje odpadne vode in velja za sekundarni in (v primeru CČN Šaleške doline) tudi za terciarni postopek čiščenja odpadne vode. Je naslednja faza po mehanskem čiščenju. Glede na zahtevane procese čiščenja (odstranjevanje C, nitrifikacija, denitrifikacija ...) so poznane različne vrste biofiltriv. Biofiltri so na CČN Šaleške doline zgrajeni na biološkem delu. Delujejo v tandemu, kar pomeni, da je vsakemu denitrifikacijskemu paru enak nitrifikacijski par (dobimo 8 parov). Na biološkem delu imamo 8 bazenov za DN in 8 bazenov za NIT. Pomembno je to, da proces, kjer naprej poteče denitrifikacija in šele nato nitrifikacija velja v tem primeru le na zgoraj omenjeni čistilni napravi. Voda iz mehanske stopnje priteče na fine grablje, ki so premera 2 mm, kjer se še enkrat izločijo mehanski delci, ki so večji od 2 mm. Postopek je potreben zaradi tega, ker bi v nasprotnem primeru te nečistoče zamašile šobe biofiltriv, kar bi povzročilo okvaro na nitrifikacijskih bazenih. Predviden pretok odpadne na tej stopnji je od 200 m<sup>3</sup>/h do 1800 m<sup>3</sup>/h, od tega je lahko 400 m<sup>3</sup>/h pralne vode, ki nastane pri pranju biofiltriv. Tudi tukaj so v samem črpališču vgrajene 3 potopne črpalke, ki imajo vsaka svoj tlačni cevovod. Z njim regulirajo pretok (merilnik pretoka) in so pomembne za doziranje kemikalij (FeCl<sub>3</sub>), s katerimi izločamo fosfor.

### 4.4.1 IZLOČANJE FOSFORJA (KOAGULACIJA/FLOKULACIJA) IN DODAJANJE RECIKLA

Kot smo že omenili, se v biološkem delu odstranjuje tudi raztopljeni fosfor. Ta postopek poteka tako, da se odpadna voda prečrpa v bazen za koagulacijo. Predhodno se tej odpadni vodi dozira koagulant železov (III) klorid (FeCl<sub>3</sub>). Bazena imata tudi mešalo, ki ves čas meša odpadno vodo z dodatkom koagulanta. Koliko kemikalij je potrebno dozirati, se regulira glede na podatke, ki jih dobimo iz merilnikov pretoka in podatke z on-line merilnika, ki spremlja vrednosti P-PO<sub>4</sub>.

Ko dokončamo to stopnjo, je pomembno še dodajanje recikla, v nasprotnem primeru ne bi mogli opraviti nadaljnje postopka čiščenja, ki je denitrifikacija. Recikel je voda iz nitrifikacije (amonijev dušik se pretvori v nitratni dušik). Odpadni vodi, ki smo ji dodali kemikalije, sedaj dodamo še recikel v obliki nitrata. Dočrpamo ga s pomočjo treh črpalk, ki so frekvenčno regulirane glede na izmerjeno količino nitrata na iztoku iz DN in iztoku iz CCN ter tudi glede na količino pretoka na samo biofiltracijo. Če povzamemo, se v algoritmu izračuna pretok recikla oziroma skupni dotok odpadne vode na biofiltre. Razmerje med dotokom na DEN in recikolm je v povprečju 1,2. Spodnja slika prikazuje biološko odstranjevanje fosforja v vseh treh pogojih (anaerobnem, anoksičnem in aerobnem).



Slika 5: Prikaz biološkega odstranjevanja fosforja (Vir: Štramcar, 2008)

#### 4.4.2 PROCESNI ZRAK

Vseh osem puhal za procesni zrak je opremljenih s frekvenčno regulacijo hitrosti glede na potrebe po zraku. Tako lahko prihranimo tudi pri samih obratovalnih stroških, ki bi nastajali po nepotrebnem. Regulacija tudi tukaj poteka z algoritmom na PLC. Z njim izračunamo izmerjene koncentracije amonijevega dušika na dotoku N-biofiltrov. Izračuna tudi frekvenco v Hz in hitrost puhal. S pomočjo on-line merilnikov pa dobimo podatke o koncentraciji amonijevega dušika na samem dotoku v N.

#### 4.4.3 IZTOK OČIŠČENE VODE

Očiščena odpadna voda priteče po kanalu do bazena za recirkulacijo. Ta se nahaja pod bazeni za flokulacijo in koagulacijo. Nivo vode je določen s prelivnim robom. Voda nato izteka iz čistilne naprave skozi jašek, ki imajo tudi merilno mesto. Tukaj se nahaja Khafagi-Venturi zožitev, kjer merimo pretok s pomočjo ultrazvočnega merilnika. Vse meritve z merilnikov se dostavijo v nadzorno sobo. Recipient očiščene vode je reka Paka.

#### 4.5 VZORČENJE ODPADNIH VODA

"Vzorec odpadne vode je del toka odpadne vode, ki se odvzame na določenem merilnem mestu, v določenem časovnem obdobju, na določen način in je namenjen analizi odpadne vode" (Roš in Zupančič 2010, str. 55). Ko analiziramo odpadne vode, je potrebno paziti tudi na napake, ki se nam lahko zgodijo in bistveno vplivajo na rezultate samih analiz. Pomembno je, da pravilno izberemo lokacijo vzorčevalnega mesta in samo tehniko odvzema.

Vzorke lahko zbiramo na veliko različnih načinov, odvisno od vrste informacij, ki jo potrebujemo. V našem primeru je to količina usedljivih snovi v primarnem, sekundarnem blatu ter pralnih vodah. Na kakšen način zberemo vzorec, pa je pogojeno tudi z nadaljnjo analizo, ki jo nameravamo izvesti.

#### 4.5.1 NAČINI VZORČENJA IN VRSTE VZORCEV

Vzorčimo lahko na dva načina, ročno ali samodejno. Bistvena razlika je v tem, da pri ročnem vzorčenju odvezamo trenutni vzorec, samodejno vzorčenje pa poteka po točno določenem časovnem vzorcu. Lahko imamo enkratni vzorec ali pa združimo enkratne vzorce iz posameznih vzorcev.

- Naključni (trenutni) vzorec: je tisti vzorec, ki se vzame ročno. Služi za določanje različnih vodnih tokov v nekem časovnem obdobju. Najbolj primeren je za takojšnjo analizo nestabilnih parametrov, med katere prištevamo pH, temperaturo ... Značilno zanj je, da ga je ravno zaradi nestabilnosti treba čim hitreje prenesti v merilno napravo (merilni valj) in ga ob tem stalno mešati. Tak vzorec lahko damo tudi v to namenjeno posodo, če zbiramo sestavljeni vzorec. S tem preprečimo usedanje delcev in nadaljnje napake vzorčenja.
- Sestavljen (kompozitni) vzorec: pripravljen je s sestavljanjem več vzorcev ali mešanjem večjega števila le-teh. Vzorci so naključni in za točno določeno obdobje (npr. 24 ur). Pripravimo ga lahko ročno ali pa so vzorci odvzeti samodejno. Mednje prištevamo pretočno in časovno sorazmerne vzorce.
- Časovno sorazmerni vzorec: vzdrževalec v tem primeru v enakem časovnem obdobju zbere vzorce, ki imajo enak volumen. Primeren je za vse procesne tokove, ki niso toliko odvisni od pretoka, npr. vsebina aktivnega blata iz prezračevalnika. Tudi za njih velja, da jih lahko zbiramo na dva načina, bodisi samodejno ali ročno.

$$\text{Število vzorcev/d} = (24 \text{ h/d}) \times (\text{število vzorcev/h})$$

Volumen vsakega vzorca = volumen sestavljenega vzorca/število naključnih vzorcev

- Pretočno sorazmerni vzorec: uporabimo ga za različne volumne naključnih vzorcev ali pogostosti vzorcev. S tem uravnotežimo končni v pretočno sorazmerni vzorec (glede na pretok, ki ga merimo med samim postopkom vzorčenja). Zahteva se točno merjenje pretoka v procesnem toku, kjer opravljamo vzorčenje. Samodejni vzorčnik zmanjša verjetnost kratkotrajnih sprememb, ki se dogajajo v procesnem toku.

#### 4.5.2 NAPAKE PRI VZORČENJU ODPADNIH VOD

Pri vzorčenju lahko naredimo vrsto napak, ki vplivajo na končni rezultat analiz oziroma meritev, ki jih opravimo v vzorcih. Take napake lahko naredimo zaradi naslednjih vzrokov:

- nepravilnega načina vzorčenja (Q ni konstanten),
- napačno izbranega odvzemnega mesta (kanalizacijski sistem, več izpustov),
- skladiščenja in konzerviranja vzorcev (KPK, BPK<sub>5</sub>, biorazgradljivost),
- analize plinov in komponent, ki hitro razpadejo (O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S itd.) (Roš in Zupančič 2010, str. 58).

Pomembno je, da se pred samim postopkom in pričetkom vzorčenja seznanimo z lokacijo in odvzemnim mestom, načinom vzorčenja, opremo za vzorčenje, nastankom odpadnih vod. Tako preprečimo morebitne napake, ki bi lahko vplivale na nadaljnje postopke. Šele nato, ko smo seznanjeni z vsem, lahko pričnemo s samim vzorčenjem.

#### 4.6 ANALIZA USED LJIVIH SNOVI V ODPADNI VODI

Za meritev in izvedbo analize potrebujemo:

- 1 L vzorca odpadne vode,
- plastičen Imhoffov lij,
- stojalo za lij,
- štoparico,
- zaščitno opremo (plašč in rokavice).



Slika 6: Imhoffov lij z manjšo količino usedljivih snovi (Vir: Avtor, 2013).

Vzorec odpadne vode večkrat premešamo, da se usedljive snovi enakomerno razporedijo. Nato odlijemo en liter vzorca v Imhoffov lij in ga postavimo v stojalo. Nato nastavimo štoparico in odštevamo pol ure. Pomembno je, da med samim postopkom, ko se usedljive snovi posedajo, valja ne premikamo, ker s tem pretresemo vzorec in podaljšamo dejanski čas usedanja. Po preteku 30-ih minut odčitamo količino usedljivih snovi. Rezultat podamo v mL/L in ga zapišemo v ustrezno tabelo meritev. To analizo smo izvajali v bistrilniku, primarnem usedalniku in pralnih vodah. Po končanem postopku vzorec zlijemo proč in operemo ter posušimo valj.

## **4.7 OPIS MERITEV**

### **4.7.1 MERJENJE ELEKTROPREVODNOSTI IN TEMPERATURE**

Analizna metoda SIST EN 7888 (1993). Območje določitve elektroprevodnosti vzorca je 0,000  $\mu\text{S/cm}$  do 500  $\text{mS/cm}$ . Kot opremo sem uporabila prenosni merilec WTW LF 340. Pri tej meritvi lahko izberemo samodejni izbor območja (izberemo območje meritve z največjo možno resolucijo). Pripravila sem si vzorec odpadne vode (sobna temperatura) in vklopila napravo. Nato sem elektrodo v celoti potopila v vzorec in počakala, da se je vrednost ustalila.

Sledilo je odčitavanje vrednosti in zapis v pripravljeno tabelo. Poleg elektroprevodnosti pokaže aparatura tudi temperaturo danega vzorca. Sondo sem nato vzela iz vzorca in jo splaknila z deionizirano vodo ter obrisala s papirnato brisačko. To je potrebno storiti zato, ker mora biti elektroda pred naslednjim merjenjem dobro očiščena. V nasprotnem primeru lahko pride do napačnih rezultatov meritev. Pozorni moramo biti tudi na status kalibracije in preveriti, kdaj je bila zadnja kalibracija opravljena. Če je le-ta potrebna, jo opravimo pred analizo vzorca. V nasprotnem primeru so lahko dobljene vrednosti nenatančne.

### **4.7.2 MERJENJE pH**

Analizna metoda SIST ISO 10523 (1996). Območje določitve meritve je od 2,00 do 12,00. Za to metodo sem uporabila pH meter WTW pH 340/SET. Merilnik je laboratorijski. Pred samo meritvijo sem si pripravila vzorec, ogret na sobno temperaturo. Pri vzorcu odpadne vode (kot je bilo v mojem primeru) je potrebno pustiti vzorec toliko časa, da se neraztopljene snovi usedejo. Elektrodo sem sprala z deionizirano vodo in jo potopila v vzorec. Počakala sem nekaj sekund, da se je vrednost ustalila in jo odčitala ter vpisala v tabelo meritev. Sondo sem po končanem postopku še enkrat sprala z deionizirano vodo in jo pustila še nekaj časa v vodi, da se popolnoma odstranijo sledovi vzorca. Po končani meritvi je potrebno elektrodo postaviti v pokončen položaj v vlažno okolje. To dosežemo tako, da namestimo pokrovček za elektrodo, v katerega predhodno nalijemo KCl;  $c = 3 \text{ mol/L}$ .

## **4.8 POSTOPEK IN ODVZEM VZORCEV**

Vzorčenje in analiza usedljivih snovi sta potekali v dveh tehnoloških procesih na CČN. Najprej se je vzorčilo na mehanskem delu, in sicer v primarnem in sekundarnem usedalniku (globinsko vzorčenje) in nato še posebej samo v primarnem usedalniku. S tem sem preverjala točnost in odstopanja svojih meritev v primerjavi z meritvami osebja na CČN. Drugi del vzorčenja in analiz je potekal na biološkem delu, t. i. procesu biofiltracije, kjer se je vzorčila pralna voda, ki nastane pri procesu izpiranja biofiltratov. Opravile so se tudi druge analize, ki so zajemale merjenje elektroprevodnosti, temperature in pH. Analize so se izvedle v laboratoriju za odpadno vodo na zgoraj omenjeni lokaciji.

#### 4.8.1 GLOBINSKO VZORČENJE PRIMARNEGA IN SEKUNDARNEGA BLATA

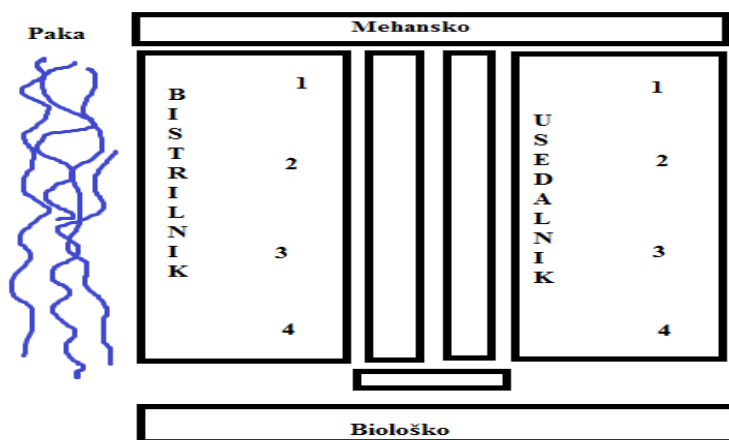
Vzorčenje je potekalo na CČN Šaleške doline v marcu in aprilu 2013 (25. 3.–19. 4). Vzorčila sem vsak delovni dan ob približno isti uri, razen takrat, ko to iz drugih vzrokov ni bilo mogoče (okvara mostu in druge tehnične motnje v delovanju). Postopek se je imenoval globinsko vzorčenje. Samega standarda za to vrsto vzorčenja ni predpisanega.

#### 4.8.2 MERILNA OPREMA IN PRIBOR

Za samo vzorčenje sem potrebovala pripomoček, s katerim sem zajela odpadno vodo (zajemalna posoda) na dnu usedalnika in bistrilnika. To je bila steklena posoda volumna en liter, ki je bila obdana z železnim okovjem. Na zamašku je bila pritrjena kovinska žica, ki je bila napeljana na železni vzvod, s pomočjo katerega sem steklenico spuščala v globino in jo nato tudi dvignila na površje. Potrebovala sem še štiri plastenke, volumna en liter za odvzete vzorce. Vsako plastenko sem označila s številko od 1 do 4. Kot zaščitno opremo sem uporabila rokavice in laboratorijski plašč.

#### 4.8.3 LOKACIJA IN OPIS POSTOPKA

Kot je razvidno iz spodnje slike, sem si na vsaki lokaciji izbrala štiri vzorčna mesta, ki so med sabo morala biti vzporedna tako v usedalniku kot v bistrilniku.



Slika 7: Skica vzorčnih mest s posameznimi lokacijami (Vir: Avtor, 2013).

Nato sem si pripravila opremo za vzorčenje in plastenke za odvzete vzorce. Pri tem sem morala opazovati, kje se nahaja mostno strgalo, da se mi oprema ne bi zapletla pod njegove kable. Ko je bilo varno, sem spustila steklenico s pomočjo vzvoda na dno (v globino). Nato sem močno potegnila za žico, da sem odstranila zamašek in s tem omogočila, je vzorec stekel v steklenico. Kazalniki, da sem uspešno odstranila zamašek, so bili zračni mehurčki na površju. Ko so se mehurčki umirili, sem počasi potegnila steklenico na površje in vzorec prelila v prej pripravljeno plastenko. Nato sem postopek ponovila na ostalih treh lokacijah. Pomembno je bilo, da sem bila pri vzorčenju natančna in hitra in da sem vzorce prenesla v čim krajšem času v tehnološki laboratorij. To je bilo potrebno zaradi tega, ker se je blato hitro posedalo na dno. Zato sem vzorce večkrat počasi in nežno premešala. Nato je sledila

nadaljnja analiza v laboratoriju. Ko sem opravila meritve z ene lokacije, sem se odpravila na drugo lokacijo in ponovila postopek.

#### 4.9 VZORČENJE ODPADNE VODE IZ PRIMARNEGA USEDALNIKA

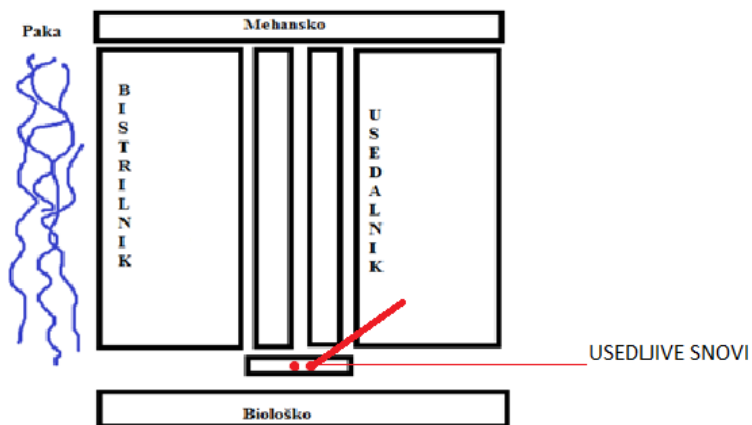
Poleg globinskega vzorčenja blata sem dobila nalogo, da samo iz usedalnika vzorčim tudi odpadno vodo. Svoje meritve sem primerjala z meritvami osebe, ki je bila prav tako odgovorna za vzorčenje na tej lokaciji. Tako sem preverila odstopanja in nepravilnosti v vzorčenju. Rezultati so bili zanimivi, saj so bile razlike med globinskim in normalnim vzorčenjem po pričakovanju precejšnje. Vzorčenje sem začela 12. 3. 2014 in končala 31. 5. 2013. To je bila moja prva in najdlje trajajoča naloga na praktičnem usposabljanju.

##### 4.9.1 MERILNA OPREMA PRIBOR

Za izvedbo sem potrebovala zajemalko in vzorčno posodo z volumnom 1 L. Od zaščitne opreme sem uporabila rokavice in plašč.

##### 4.9.2 LOKACIJA IN OPIS POSTOPKA

Vzorčenje je potekalo na mestu, kjer se izteka odpadna voda iz usedalnika. Na skici je to mesto označeno z rdečima pikama. Ko je delavec iz CČN, zadolžen za vzorčenje, opravil svoje meritve in v računalnik vpisal količino usedljivih snovi, sem to opravila še jaz. Vzela sem zajemalko in zajela en liter odpadne vode, ki sem jo prelila v plastenko. Vzorec sem odnesla v laboratorij in izvedla analizo usedljivih snovi (30 minut).



Slika 8: Skica vzorčnega mesta (Vir: Avtor, 2013).

#### 4.10 VZORČENJE PRALNIH VOD NA BIOFILTRACIJI

Z vzorčenjem pralnih vod na biofiltraciji sem pričela potem, ko sem dodobra spoznala sam način izpiranja biofiltrorov, njihovo delovanje ter samo trajanje izpiranja le-teh. Sam postopek je tehnično zelo dovršen in časovno traja dalj časa, kar posledično pomeni, da je bilo tudi vzorčenje trajajoče dalj časa. Prvi dan vzorčenja je bil 11. 4. 2013; od takrat sem vzorčila vsak dan, tako pralno vodo pri DN kot NIT. Vsakič sem si izbrala poljuben filter, npr. DN 6, naslednji dan pa DN 1. Moj cilj je bil, da vzorčim pralno vodo vseh 16 biofiltrorov.



#### **4.10.1 MERILNA OPREMA IN PRIBOR**

Za sam postopek vzorčenja sem potrebovala plastično zajemalko (za zajemanje pralne vode), merilni valj, vzorčno posodo volumna 9 L, v katero sem zlivala vse vzorce in pa plastenko z volumnom enega litra. Imela sem še manjšo plastično posodico z volumnom 250 mL, ki sem jo potrebovala za vzorec pralne vode za analizo sušine le-te. Od zaščitne opreme sem uporabila rokavice in zaščitni plašč. Potrebovala sem še štoparico, saj je v mojem primeru šlo za sestavljen kompozitni vzorec, ki sem ga izvajala v določenem časovnem intervalu.

#### **4.10.2 LOKACIJA IN OPIS POSTOPKA**

Bazeni za nitrifikacijo in denitrifikacijo se nahajajo na strehi v biološkem delu stavbe na CČN Šaleške doline. Pred samim vzorčenjem sem morala v kontrolni sobi vedno preveriti, kateri filter se bo spiral in kdaj se bo postopek začel. Nato sem se z opremo odpravila na samo lokacijo vzorčenja. Ko se je pričel postopek spiranja in se je pralna voda prvič prelila čez jašek, se je moje vzorčenje pričelo. Pomembno pri tem je, da se vzorči le voda, ki se prelija čez jašek (Slika 9), v ostalih fazah, kjer se drenira in polni bazen z zrakom/vodo, se vzorčenje ne opravlja. Z zajemalko sem vsake pol minute zajela pralno vodo in s pomočjo merilnega valja odmerila 110 mL. To vodo sem prelila v vzorčno posodo (9 L) in postopek ponavljala toliko časa, dokler se proces spiranja ni končal. Običajno sem pridobila od 5–6 litrov vzorca, odvisno od časa izpiranja in morebitnega ponavljanja posameznih faz. V nitrifikacijskih bazenih sem pridobila več vzorcev pralne vode, ker je že postopek izpiranja drugačen v številu in trajanju posameznih faz. Vsebino v posodi sem nato počasi krožno premešala in odlila en liter vzorca pralne vode za potrebe pri analizi usedljivih snovi. V manjšo posodico pa sem odlila še 250 mL premešanega vzorca za analizo sušine pralne vode. Opremo in vzorce sem nato takoj odnesla v laboratorij, saj so se usedljive snovi zelo hitro usedale. Tam sem opravila vse nadaljnje analize.

#### **4.11 POSEBNOSTI IN MOTNJE PRI VZORČENJU**

Včasih pride pri samem procesu polnjenja in dreniranja tudi do erupcij, ki so bile enkrat tako visoke, da je nosilec za biomaso (ekspandirano glino) vrglo čez bazen. To lahko pripisujemo manjšim zamažitvam biofiltru med samim pranjem. Pojavljajo se neredno in na različnih lokacijah. V času mojega praktičnega usposabljanja so se pogosteje pojavljale pri pranju filtrov na denitrifikaciji. Dobro bi bilo ugotoviti zakaj pride do tega pojava in kako ga preprečiti.



Slika 9: Jašek, kamor se preliva pralna voda (Vir: Avtor, 2013).

Naslednji pojav, ki se je pripetil, je dvigovanje gline, kjer se je v bazenu iz neznanega vzroka pojavila zračna blazina med dnom in glino (Slika 10). Razvidno je, da je vsa glina na vrhu bazena, voda pa večinoma pod njo. Biofilter je bil med tem dogodkom v fazi delovanja in

same sonde za tlak niso zaznale kakšne nepravilnosti, sicer bi glavni računalnik oz. sama kontrolna soba zaznala napako. V tem primeru so filter prestavili na ročno pranje in stanje se je stabiliziralo. V samem nadaljevanju mojega praktičnega usposabljanja do ponovitve tega pojava ni prišlo.



Slika 10: Napihovanje gline (Vir: Avtor, 2013).

Na spodnji sliki lahko vidimo normalno delujoč biofilter (desno). V levem pa se je pojavila zračna blazina, kot je ta pojav opisan zgoraj. Na sliki lahko tudi opazimo, kako v desnem bazenu izhaja plinasti dušik ( $N_2$ ). Na gladini vode se namreč pojavijo majhni mehurčki.



Slika 11: Biofilter z napihnjeno glino v primerjavi z normalno delujočim (Vir: Avtor, 2013).

Velik problem je predstavljalo tudi napihnjeno plavajoče blato, ki se pojavlja na bazenih za biofiltracijo. Mikrobiološke analize bioruše so pokazale pojav nekaterih vrst nitastih organizmov, ki so se začeli razraščati na površju in posledica tega so velike količine plavajočega blata.

”Z raziskavami je bilo ugotovljeno, da pri pH vrednosti med 6,0 in 6,8 v aktivnem blatu izgine večina praživali, ostanejo le amebe. Kosmi začnejo pri tako nizki vrednosti pH razpadati in tako je tudi nitrifikacija zavrta. V sistemu so opazili tudi čezmerno rast nitastih (filamentoznih) bakterij, ki povzročajo napihovanje blata in s tem slabšo usedljivost (Hoffman s sod., 2007).”

Zaradi plavajoče (flotirane) biomase le-ta izteka skupaj z očiščeno vodo iz čistilne naprave. Značilen predstavnik je vrsta *Sphaerotilus natrans*. To sicer za sam postopek DN in NIT nima odločilnega pomena, vseeno pa moti sam postopek čiščenja. Pri procesu spiranja se zaradi tega pojavi posledično nabere več usedljivih snovi, kar je bilo ugotovljeno tudi pri vzorčenju in analizi pralnih vod. To prikazujeta tudi spodnji sliki.



Slika 12: Delno pokrit bazen s plavajočim blatom (Vir: Avtor, 2013).



Slika 13: Bazen, pokrit s plavajočim blatom v celoti (Vir: Avtor, 2013).

Problematika "napihnjenega blata" se je v času mojega praktičnega usposabljanja pojavila le enkrat. Zato je bilo potrebno bazen izprazniti in ga ročno nastaviti na proces pranja biofiltrrov. Po tem postopku je vse delovalo nemoteno. V ponovnem vzorčenju bioruše in opazovanjem le-te pod mikroskopom pa ni bilo opaziti novega razrasta nitastih bakterij.

## 5. REZULTATI

Spodnje preglednice prikazujejo dobljene rezultate pri vzorčenju primarnega usedalnika. Vsaka preglednica je ločena glede na mesec vzorčenja (marec, april, maj, junij).

Preglednica 3: Analiza usedljivih snovi v primarnem usedalniku (marec). (Vir: Avtor, 2013).

Datum	Čas	Usedljive snovi (mL/L)	Elektroprevodnost ( $\mu\text{S/cm}$ )	pH
12. 3. 2013	9:15	2,5	649	7,71
	13:00	1,5	744	7,77
13. 3. 2013	9:00	2,5	762	7,85
	13:00	2,5	713	7,78
18. 3. 2013	9:15	4,5	1034	7,84
	13:00	2,5	642	7,76
19. 3. 2013	11:00	1,5	758	7,84
	14:00	1,0	579	7,73
20. 3. 2013	9:00	1,3	1047	7,77
	13:00	1,5	1116	7,85
21. 3. 2013	13:00	2,0	1232	7,86
22. 3. 2013	10:30	8,0	978	7,91
	13:00	2,5	1287	7,86
25. 3. 2013	9:00	2,0	1804	7,90
	13:00	4,2	2100	7,80
26. 3. 2013	9:00	3,5	1690	7,92
	13:00	5,5	2270	7,78
27. 3. 2013	9:00	4,0	1770	7,99
	13:00	8,0	2260	7,78
28. 3. 2013	11:15	10,0	1113	7,89
29. 3. 2013	9:00	5,5	760	7,60

Preglednica 4: Analiza usedljivih snovi v primarnem usedalniku (april). (Vir: Avtor, 2013).

Datum	Čas	Usedljive snovi (mL/L)	Elektroprevodnost ( $\mu\text{S/cm}$ )	pH
2. 4. 2013	8:30	0,5	887	7,79
	13:30	1,7	836	7,79
3. 4. 2013	8:30	3,0	970	7,93
	14:00	2,5	1054	7,80
4. 4. 2013	8:30	1,5	1127	7,84
	13:00	6,3	1215	7,76
5. 4. 2013	11:00	5,0	761	7,71
8. 4. 2013	8:30	2,5	1141	7,83
	13:00	4,5	1324	7,78
9. 4. 2010	8:15	3,0	1055	7,81
	13:30	7,0	1392	7,80
10. 4. 2013	8:30	2,5	1346	7,88
	12:30	3,5	1352	7,89
11. 4. 2013	9:00	4,0	1356	7,89
	12:00	6,0	1359	7,90
12. 4. 2013	7:30	1,0	1079	7,90
	11:30	3,5	1084	7,80
15. 4. 2013	10:30	14,0	1080	7,45
	13:30	4,0	1380	7,80
16. 4. 2013	8:30	5,5	1151	7,98
	13:00	5,0	1183	7,94
17. 4. 2013	8:30	2,5	1139	8,01
	13:00	6,5	1402	7,80
18. 4. 2013	10:15	12,0	1419	7,86
	13:00	8,0	1400	7,80
19. 4. 2013	8:00	1,0	1027	7,86
	12:30	7,0	1311	7,76
22. 4. 2013	8:30	5,0	796	7,60
	9:15	6,0	799	7,70
23. 4. 2013	11:00	5,0	1056	7,90
	13:45	7,0	1525	7,90
24. 4. 2013	9:45	5,5	1509	7,80
	13:30	5,0	1561	7,90
25. 4. 2013	9:15	6,5	1362	7,90
	14:00	5,0	1506	7,80
26. 4. 2013	10:30	11,0	1314	7,80
29. 4. 2013	7:15	0,5	1720	8,00
	12:30	11,0	1180	7,70
30. 4. 2013	7:30	1,0	1462	7,90
	12:15	9,5	1200	7,80

Preglednica 5: Analiza usedljivih snovi v primarnem usedalniku (maj). (Vir: Avtor, 2013).

Datum	Čas	Usedljive snovi (mL/L)	Elektroprevodnost ( $\mu\text{S/cm}$ )	pH
6. 5. 2013	7:30	1,0	697	7,90
	11:45	3,5	815	7,90
8. 5. 2013	13:15	2,5	1004	7,90
9. 5. 2013	12:15	14,0	1067	7,80
10. 5. 2013	8:15	2,0	1064	8,00
13. 5. 2013	7:30	1,0	1076	8,00
	13:30	4,0	1489	7,80
14. 5. 2013	8:00	1,0	1078	7,80
	13:15	5,0	1525	7,70
15. 5. 2013	8:00	1,5	1094	7,90
	13:00	6,0	1437	7,80
16. 5. 2013	8:00	1,5	1084	7,70
	13:00	8,0	1543	7,80
17. 8. 2013	10:45	8,0	1150	7,90
20. 5. 2013	7:30	0,5	1255	7,90
22. 5. 2013	7:30	1,0	1327	7,90
	12:30	4,5	1458	7,90
23. 5. 2013	7:45	1,5	1102	7,90
	11:30	7,0	1584	7,80
24. 5. 2013	7:30	2,5	1211	7,90
	12:00	18,0	855	7,70
27. 5. 2013	8:00	0,5	1257	7,90
	12:30	9,0	1389	7,80
28. 5. 2013	8:15	1,5	1146	7,90
	12:45	8,0	1608	7,80
29. 5. 2013	9:00	4,0	1703	7,90
30. 5. 2013	8:30	6,0	1144	7,80
	12:45	2,5	641	7,70
31. 5. 2013	8:00	1,5	870	7,90
	11:00	5,0	960	7,80

Preglednica 6: Analiza usedljivih snovi v primarnem usedalniku (junij). (Vir: Avtor, 2013).

Datum	Čas	Usedljive snovi (mL/L)	Elektroprevodnost ( $\mu\text{S/cm}$ )	pH
3. 6. 2013	7:45	1,0	1061	7,90
	13:30	5,0	1465	7,80
4. 6. 2013	11:00	14,0	1468	7,90
	13:30	5,0	1547	7,80
5. 6. 2013	7:30	0,5	1195	7,90
	12:30	10,0	1380	7,90
6. 6. 2013	8:00	1,5	967	7,90
	12:00	9,5	1060	7,80
7. 6. 2013	8:30	3,5	1312	7,90
	12:30	9,0	1134	7,80
10. 6. 2013	7:30	0,5	1169	7,80
	13:30	4,5	1601	7,80
11. 6. 2013	8:00	1,5	1068	7,90
	12:45	12,0	1065	7,60
12. 6. 2013	7:30	0,5	1299	8,00
	13:00	6	1531	7,80
13. 6. 2013	10:15	8	1526	7,90
14. 6. 2013	7:30	2	1267	7,90



Sledita preglednici, ki prikazujeta rezultate globinskega vzorčenja v primarnem usedalniku in bistrilniku.

Preglednica 7: Globinsko vzorčenje v primarnem usedalniku (Vir: Avtor, 2013).

Dan	Ura	Usedljive snovi (mL/L)			
		Primarni usedalnik			
Mesto vzorčenja		4	3	2	1
25. 3. 2013	11:30	2,5	1,0	1,0	0,5
26. 3. 2013	11:30	36,0	2,0	1,5	0,2
27. 3. 2013	11:30	13,0	19,0	2,5	2,0
28. 3. 2013	11:30	1,0	3,5	11,0	0,3
29. 3. 2013	11:30	13,0	1,5	0,2	2,0
2. 4. 2013	11:15	25,0	0,5	1,2	0,1
3. 4. 2013	12:00	31,0	2,5	1,0	1,5
4. 4. 2013	12:00	35,0	5,0	0,1	5,0
5. 4. 2013	11:00	28,0	7,0	0,2	2,5
8. 4. 2013	11:00	32,0	8,0	2,0	3,5
10. 4. 2013	13:30	6,0	3,5	0,1	0,1
11. 4. 2013	13:00	15,0	5,0	0,5	1,0
12. 4. 2013	13:00	8,0	4,5	2,0	0,5
15. 4. 2013	13:00	0,5	7,0	4,0	0,1
16. 4. 2013	12:00	5,0	2,0	0,2	0,5
17. 4. 2013	12:30	10,0	3,5	2,0	0,3
18. 4. 2013	12:30	11,0	3,0	1,5	0,2
19. 4. 2013	12:30	9	2,5	1,5	0,5

Preglednica 8: Globinsko vzorčenje v bistrilniku (Vir: Avtor, 2013).

Dan	Ura	Usedljive snovi (mL/L)			
		Bistrilnik			
Mesto vzorčenja		4	3	2	1
25. 3. 2013	12:30	4,5	3,5	33,0	2,5
26. 3. 2013	12:30	25,0	2,5	12,5	9,0
27. 3. 2013	12:30	13,0	4,0	12,0	8,0
28. 3. 2013	12:30	35,0	4,0	12,0	1,5
29. 3. 2013	12:30	1,2	2,5	6,0	1,0
2. 4. 2013	11:00	1,0	1,5	7,0	3,5
3. 4. 2013	11:30	1,0	2,0	8,0	5,0
4. 4. 2013	11:30	2,0	2,5	10,0	4,0
5. 4. 2013	10:00	4,0	3,0	8,0	2,5
8. 4. 2013	11:30	42,0	3,0	3,0	5,0
10. 4. 2013	11:30	25,0	2,0	1,5	3,0
11. 4. 2013	12:00	30,0	4,0	2,0	1,5
12. 4. 2013	09:00	30,0	2,0	1,0	0,7
15. 4. 2013	10:00	20,0	3,0	2,0	1,0
16. 4. 2013	11:00	40,0	4,0	1,5	0,7
17. 4. 2013	11:00	86,0	8,0	0,2	1,5
18. 4. 2013	11:00	45,0	5,0	2,0	1,0
19. 4. 2013	11:00	35,0	3,0	3,5	2,0

Sledita preglednici, ki prikazujeta rezultate, pridobljene pri vzorčenju pralnih vod na biofiltraciji. Ločeni sta na denitrifikacijske in nitrifikacijske bazene.

Preglednica 9: Vzorčenje pralnih vod – denitrifikacija (Vir: Avtor, 2013).

DATUM	LOKACIJA	USEDLJIVE SNOVI (mL/L)	ELEKTROPREVODNOST ( $\mu\text{S/cm}$ )	pH
15. 4. 2013	4	44,0	1211	7,50
19. 4. 2013	4	37,0	1161	7,60
22. 4. 2013	2	32,0	961	7,60
29. 4. 2013	5	4,0	1389	7,80
30. 4. 2013	1	40,0	1363	7,70
7. 5. 2013	1	32,0	908	7,80
10. 5. 2013	7	42,0	1223	7,70
13. 5. 2013	2	28,0	1205	7,80
16. 5. 2013	2	42,0	1241	7,70
24. 5. 2013	7	32,0	1321	7,80
30. 5. 2013	4	32,0	1080	7,70
4. 6. 2013	1	44,0	1267	7,60
5. 6. 2013	6	60,0	1327	7,80
7. 6. 2013	1	37,0	1199	7,70

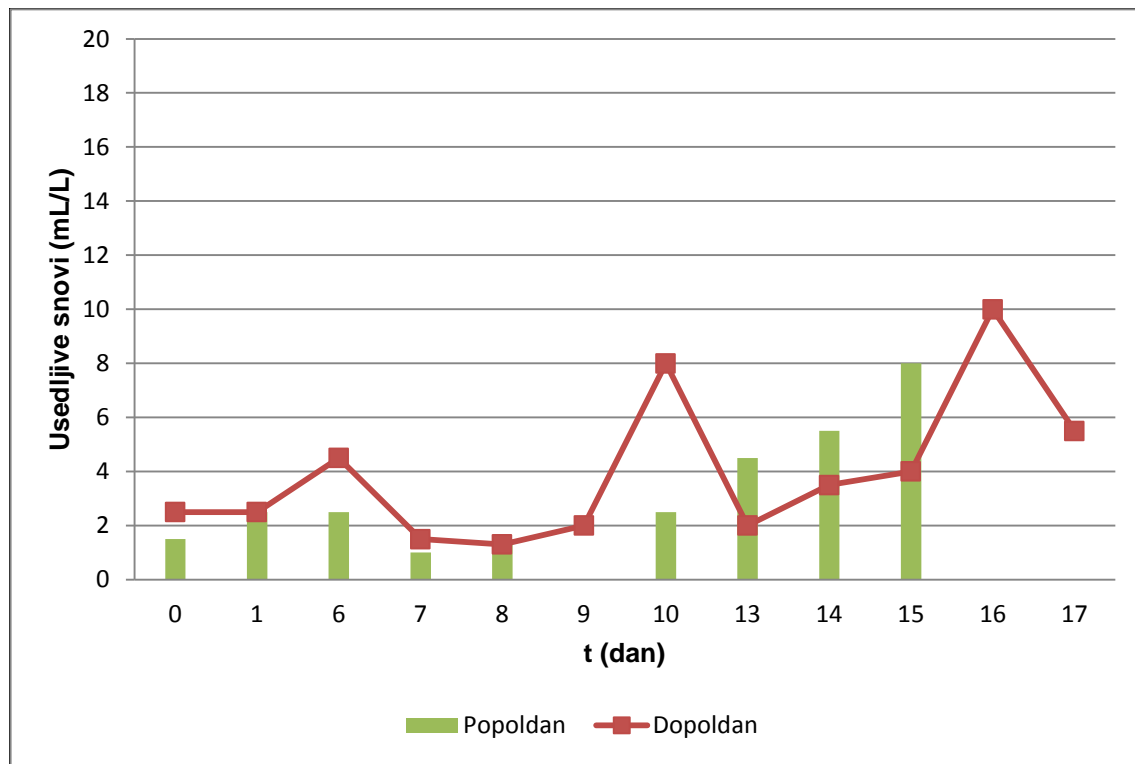
Z rdečo barvo je označen dan, kjer se je zaradi tehničnih težav na biofiltru opravilo intenzivno pranje. Temu primerna je tudi količina usedljivih snovi.

Preglednica 10: Vzorčenje pralnih vod – nitrifikacija (Vir: Avtor, 2013).

DATUM	LOKACIJA	USEDLJIVE SNOVI (mL/ L)	ELEKTROPREVODNOST ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	pH
11. 4. 2013	5	2,0	1144	7,60
17. 4. 2013	6	8,0	1236	7,70
18. 4. 2013	8	4,0	1419	7,60
22. 4. 2013	1	9,5	1256	7,65
24. 4. 2013	1	9,5	1256	7,60
25. 4. 2013	7	15,0	1221	7,50
26. 4. 2013	2	4,5	1226	7,80
8. 5. 2013	6	12,0	881	7,90
14. 5. 2013	3	3,5	1216	7,80
15. 5. 2013	1	1,5	1202	7,80
20. 5. 2013	4	2,0	1267	7,80
22. 5. 2013	4	1,2	1281	7,80
23. 5. 2013	4	2,5	1158	7,80
28. 5. 2013	2	3,5	1293	7,80
29. 5. 2013	4	4,0	1292	7,80
10. 6. 2013	4	2,5	1236	7,60
12. 6. 2013	1	2,5	1225	7,80

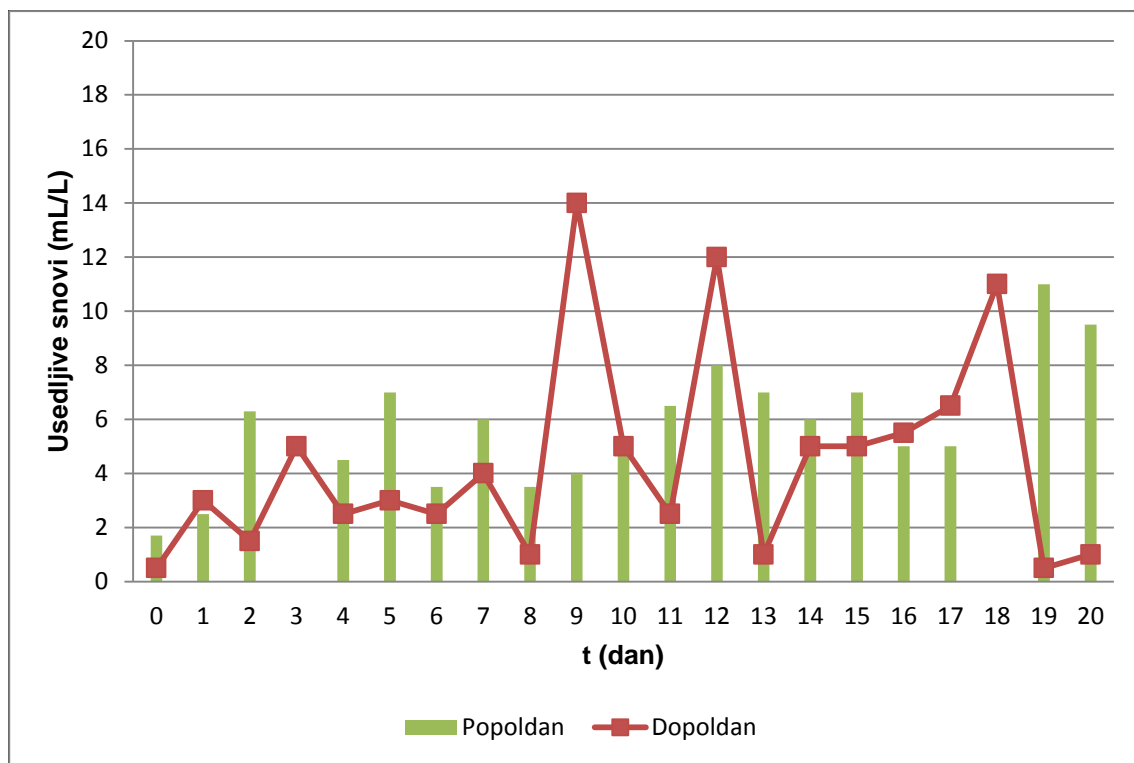
## 6. RAZPRAVA REZULTATOV

### 6.1 USEDLJIVE SNOVI V PRIMARNEM USEDALNIKU



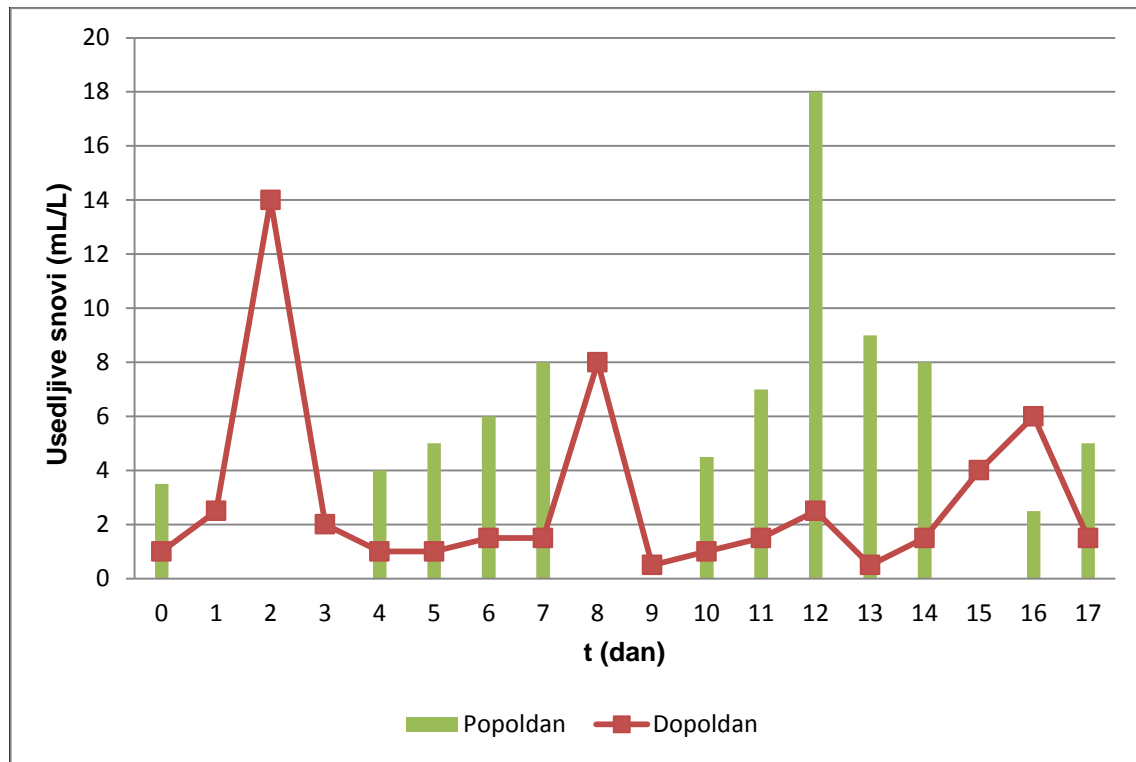
Slika 14: Usedljive snovi v primarnem usedalniku (marec)

Količina usedljivih snovi se je marca (popoldan) gibala od 1,5 mL/L do 8 mL/L. Dopoldan pa so bile vrednosti povečini višje (med 1,3 in 10 mL/L). Najvišja izmerjena količina je bila 16. dan (28. 3. 2013) in je znašala 10 mL/L. Najmanjša izmerjena količina (1 mL/L) pa je bila dne 19. 3. 2013. Največkrat izmerjena količina je bila 2,5 mL/L. Povprečna količina usedljivih snovi za mesec marec je bila 3,65 mL/L. Največja vzpona usedljivih snovi sta bila z 9. na 10. dan in iz 15. na 16. dan. Iz grafa je lepo razvidno naraščanje količine usedljivih snovi v naslednjih dneh: 10., 13., 14., 15. (dopoldan). V grobem pa se količine ne povečujejo/znižujejo konstantno, ampak variirajo. Vzrok je nihanje pretoka odpadne vode čez dan.



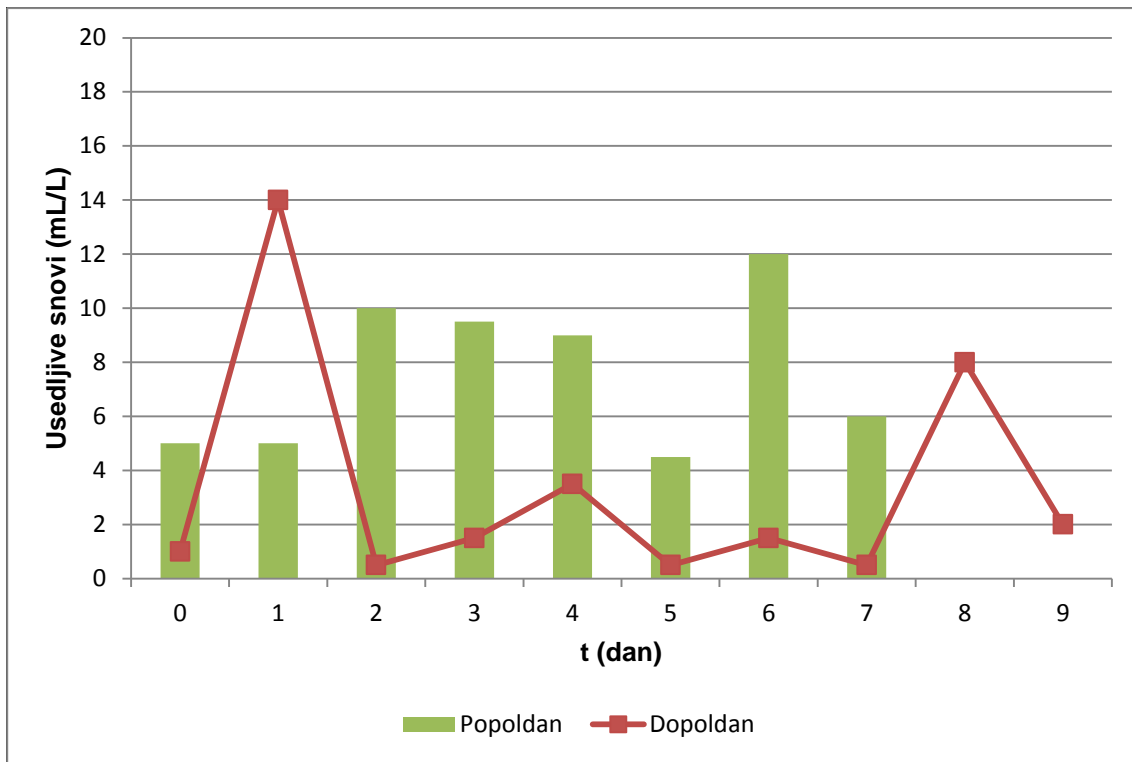
Slika 15: Usedljive snovi v primarnem usedalniku (april)

April je po številu vzorčenih dnevov najštevilčnejši od vseh mesecev. Vzorčila sem 20 dni. Popoldan so se usedljive snovi gibale od 1,7 mL/L do 11 mL/L. Dopoldan pa so se rezultati gibali od 0,5 mL/L do 14 mL/L. Najvišji poskok dopoldanskih meritev je bil z 8. na 9. dan. Količina usedljivih snovi se je povečala za 13 mL/L. Strm padec pa je bil zabeležen z 18. na 19. dan, in sicer za 10,5 mL/L. Dopoldanske meritve so bile povečini količinsko manjše od popoldanskih. Povprečna količina usedljivih snovi za mesec april je znašala 5,02 mL/L. Tudi tukaj se vrednosti spreminjajo iz dneva v dan in niso konstantne. Vzrok je nihanje pretoka odpadne vode.



Slika 16: Usedljive snovi v primarnem usedalniku (maj)

Maja je vzorčenje potekalo 17 dni. Kot je razvidno iz grafa, je bila največja količina usedljivih snovi 12. dan (24. 5. 2013), in sicer 18 mL/L. Temu dnevju se je najbolj približala dopoldanska vrednost drugega dneva (9. 5. 2013) s 14 mL/L. Dopoldanske vrednosti so dokaj konstantne z dvema dvigoma v 2. in 8. dnevju. Povprečna količina usedljivih snovi znaša za mesec maj 4,25 mL/L. 12. dan je izjema tudi v razliki usedljivih snovi dopoldan-popoldan, ki je znašala 15,5 mL/L. Vzrok je nihanje pretoka odpadne vode.

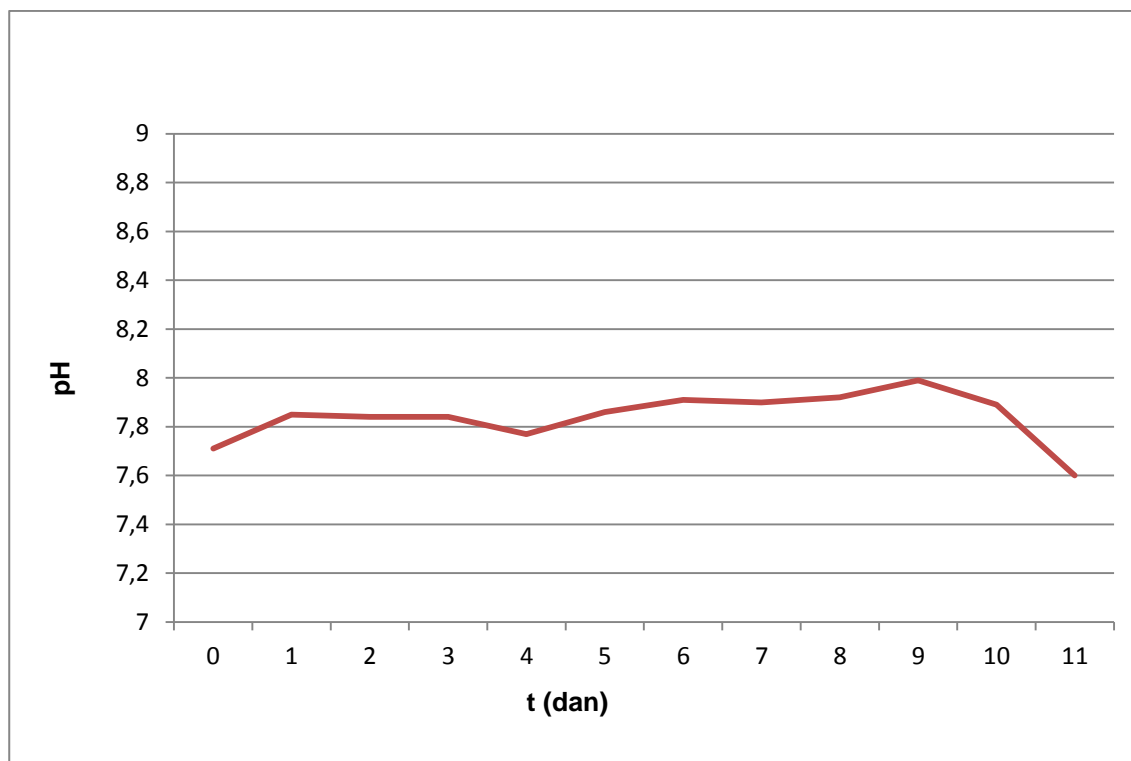


Slika 17: Usedljive snovi v primarnem usedalniku (junij)

Junija je bilo vzorčenja najmanj. Razlog je ta, da je bilo takrat moje praktično usposabljanje končano. Kot je razvidno iz grafa, je največji poskok v količini usedljivih snovi dan 1 (14 mL/L). Razlika z dnevom 0 je bila 13 mL/L. Najmanjša izmerjena količina je bila 2., 5. in 7. dan (0,5 mL/L). Popoldan je bila največja količina 12 mL/L, in sicer 6. dan (11. 6. 2013). Vzrok je nihanje pretoka količine odpadne vode.

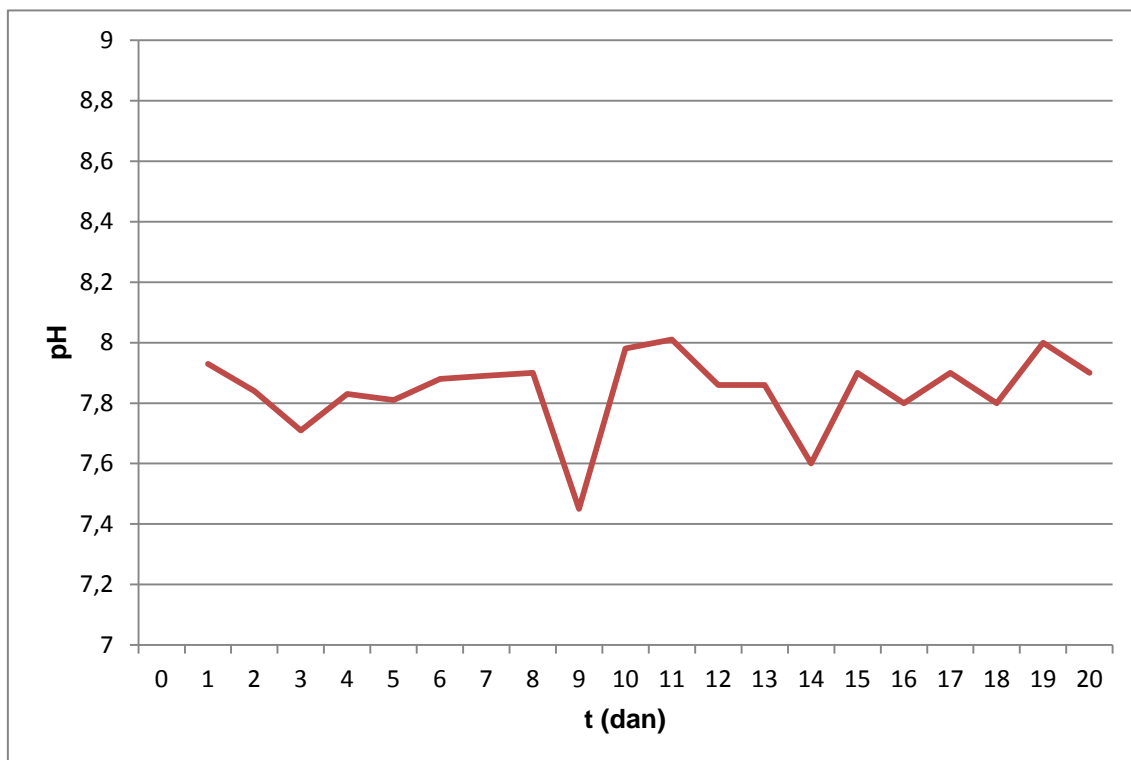


## 6.2 VREDNOSTI PH V PRIMARNEM USEDALNIKU



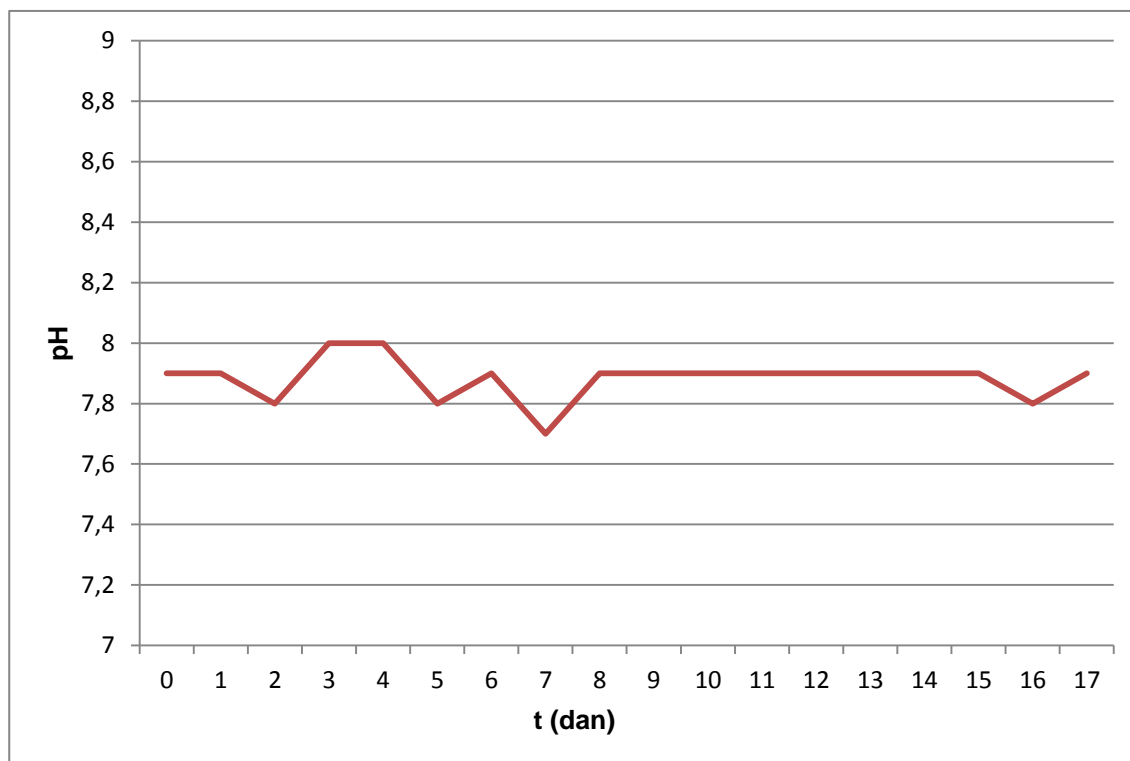
Slika 18: Vrednosti pH v primarnem usedalniku (marec)

Vrednosti pH so se gibale med 7,60 in 7,99. Povprečen pH znaša 7,84. Najpogosteje so vrednosti znašale okoli 7,9. Bistvenih odstopanj ni bilo. Vzrok lahko pripišemo sestavi in temperaturi odpadne vode, ki se ves čas spreminja.



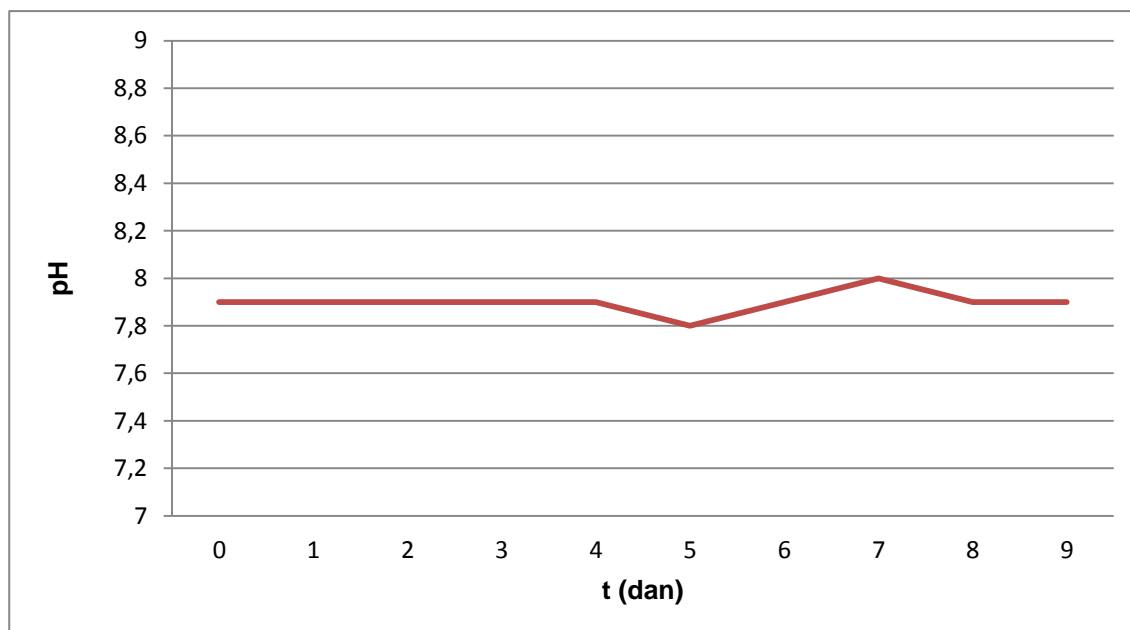
Slika 19: Vrednosti pH v primarnem usedalniku (april)

Aprila je opaziti bolj spremenljive pH-vrednosti. Največji padec vrednosti je bil 10. dan (16. 4. 2013). Takrat je bila vrednost 7,98. Najnižji pH pa je bil 9. dan, in sicer 7,45. Vzrok sta temperatura in sestava odpadne vode, ki se ves čas spreminjata.



Slika 20: Vrednosti pH v primarnem usedalniku (maj)

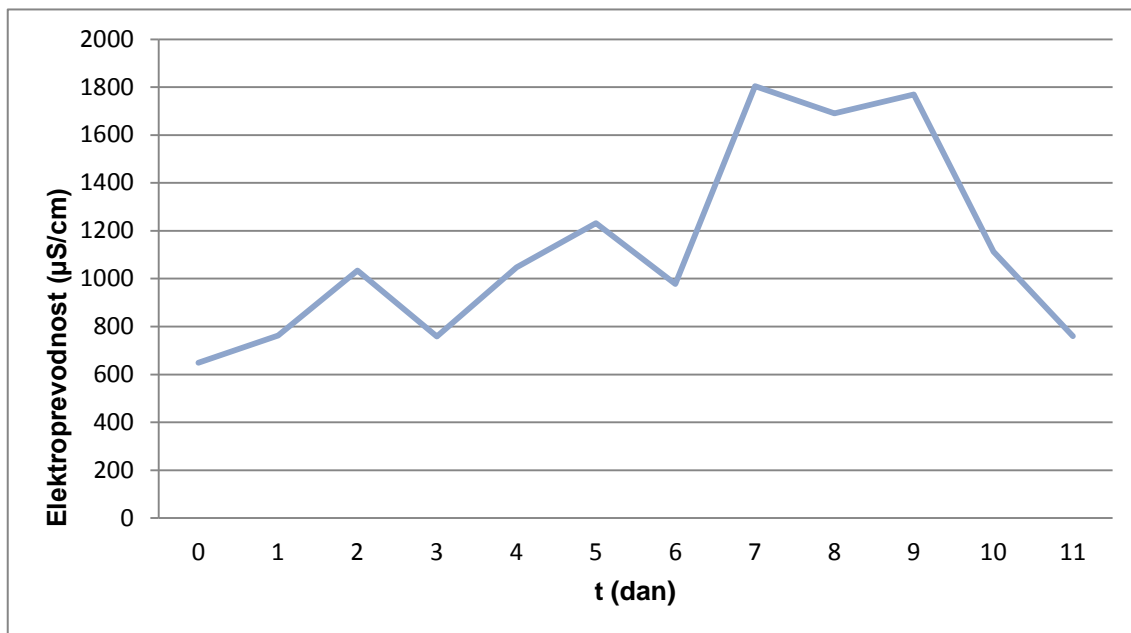
Iz grafa je razvidno, da je bila osem dni konstantna vrednost pH. Zanimivo je tudi, da je bil ta mesec največkrat izmerjen pH ravno 7,9. Povprečen pH je znašal 7,88. Najmanjša vrednost je bila 7,7 (dan 7). Vzrok sta sestava in temperatura odpadne vode, saj se nenehno spreminjata.



Slika 21: Vrednosti pH v primarnem usedalniku (junij)

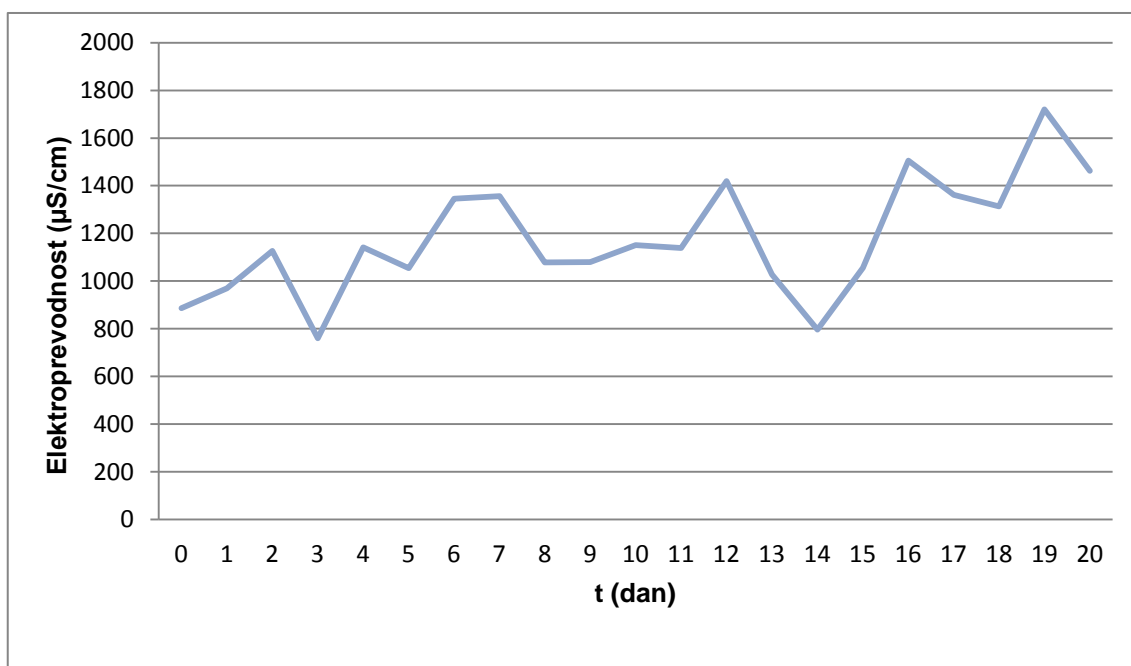
Tudi junija je bil pH večinoma konstanten, tako kot meseca maja. Vrednost 7,9 se je pojavila kar 8-krat, pet dni pa se ni spreminjala. Najnižji pH je bil 7,8. Najvišji pH je bil 8,0 (dan 7).

### 6.3 ELEKTROPREVODNOST V PRIMARNEM USEDALNIKU



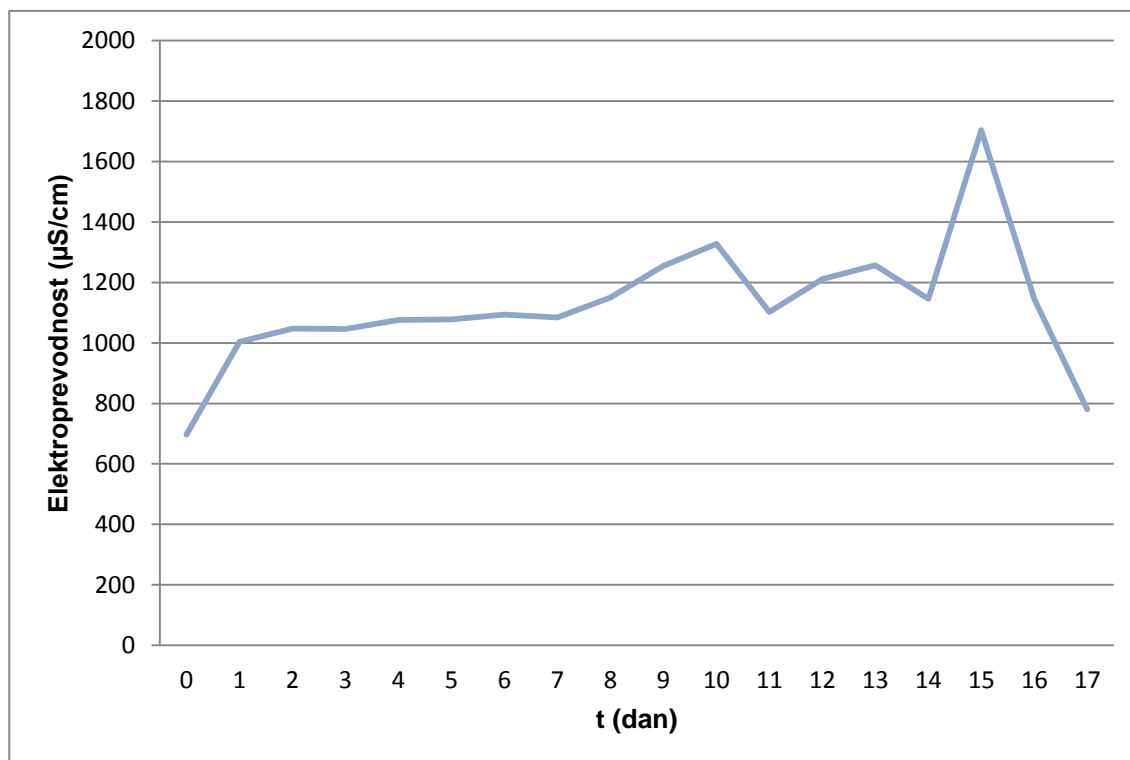
Slika 22: Elektroprevodnost v primarnem usedalniku (marec)

Marca so vrednosti elektroprevodnosti zelo nihale. Kot je razvidno iz grafa, je bila najnižja vrednost 649  $\mu\text{S/cm}$ , najvišja pa 1804  $\mu\text{S/cm}$ . Velika nihanja lahko pripisujemo tudi vremenskim razmeram, natančneje sneženju. Zaradi snega so ceste posipali s soljo, kar je povzročilo iztekanje le-te v odpadne vode. Soli pa višajo vrednosti elektroprevodnosti. Strm padec vrednosti se je zgodil z 9. (1770  $\mu\text{S/cm}$ ) do 11. dne (760  $\mu\text{S/cm}$ ). Večina meritev je bila okoli 1000  $\mu\text{S/cm}$ , trije dnevi pa so krepko presegli to številko (dan: 7, 8, 9). Povprečje je bilo 1135  $\mu\text{S/cm}$ . Vzrok pa so tudi različne vrste odpadnih vod, ki dotekajo na CČN.



Slika 23: Elektroprevodnost v primarnem usedalniku (april)

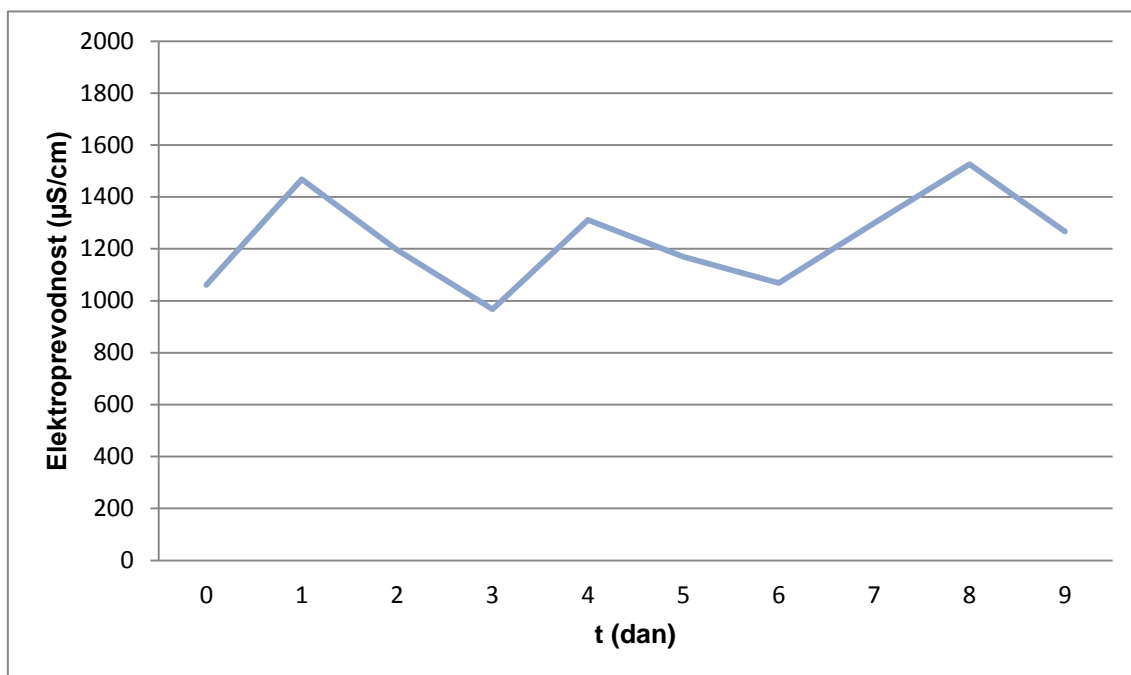
Kot je razvidno iz grafa, so tudi aprila vrednosti zelo nihale. Najnižja je znašala 761  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , najvišja pa 1720  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Tudi tukaj lahko visoke vrednosti pripisujemo soljenju cestišč. Vpliv na vrednosti pa imajo tudi različne vrste odpadnih vod, ki dotekajo na CČN. Kot zanimivost velja omeniti, da so samo štiri meritve bile pod 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Ostale so bile povečini okoli 1200  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , tri pa so izstopale (dan: 16, 19 in 20). Povprečje je bilo 1179  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .



Slika 24: Elektroprevodnost v primarnem usedalniku (maj)

V prvi polovici meseca maja so bile vrednosti dokaj konstantne, vmes so variirale, na koncu pa je bil zabeležen strm padec. Samo dva dneva (0 in 17) nista presegala 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Najnižja vrednost je bila 697  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (1. dan), najvišja pa 1703  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (16. dan). Vrednosti so se gibale okoli 1100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Povprečje je bilo 1122  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Nobena vrednost se ni ponovila dvakrat.

Vzrok sta zasoljenost in vrste vod, ki pritečejo na CČN.

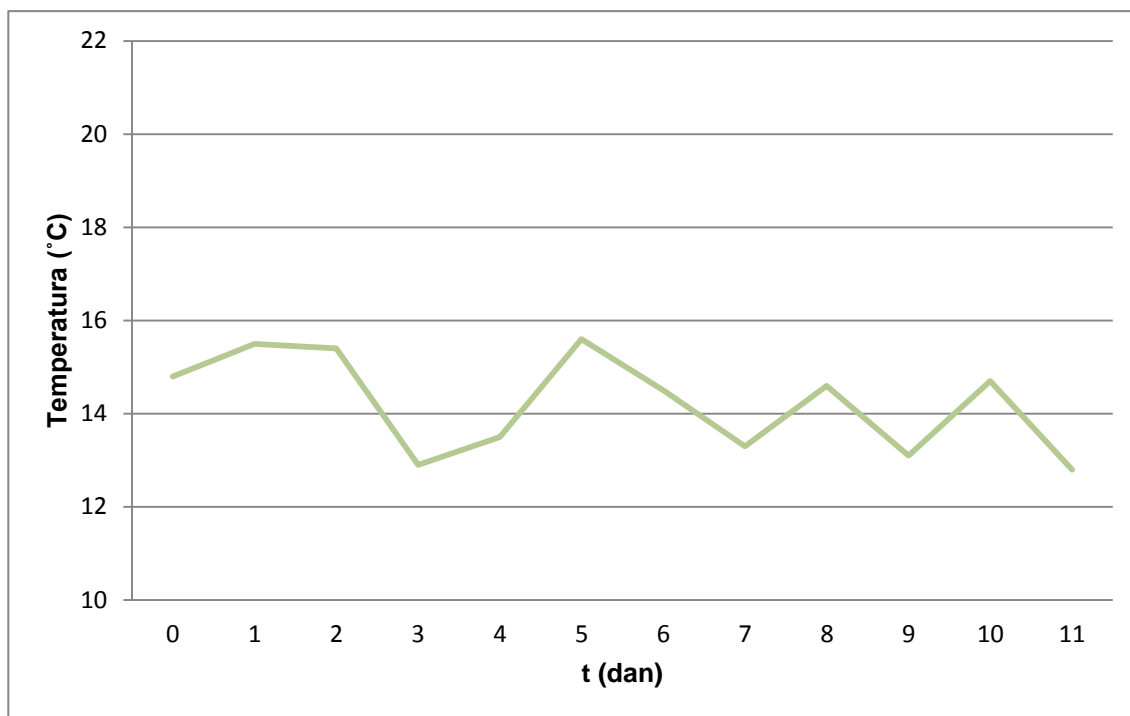


Slika 25: Elektroprevodnost v primarnem usedalniku (junij)

Za mesec junij so iz grafa razvidna nihanja; vrednosti padejo, se dvignejo in tako naprej. Najvišja vrednost je bila 1526  $\mu\text{S/cm}$  (9. dan), najnižja pa 967  $\mu\text{S/cm}$  (4. dan). Slednja je tudi edina vrednost, ki je pod 1000  $\mu\text{S/cm}$ . Najbolj so izstopale tri vrednosti (1468, 1312 in 1526  $\mu\text{S/cm}$ ). Povprečje je znašalo 1233  $\mu\text{S/cm}$ . Ta povprečna vrednost je tudi največja izmed vseh štirih vzorčenih mesecev.

Vzrok je zasoljenost odpadne vode in vremenske razmere (ni več snega, soljenja cestišč ...), pa tudi vrste vod, ki dotekajo na CČN, se spreminjajo.

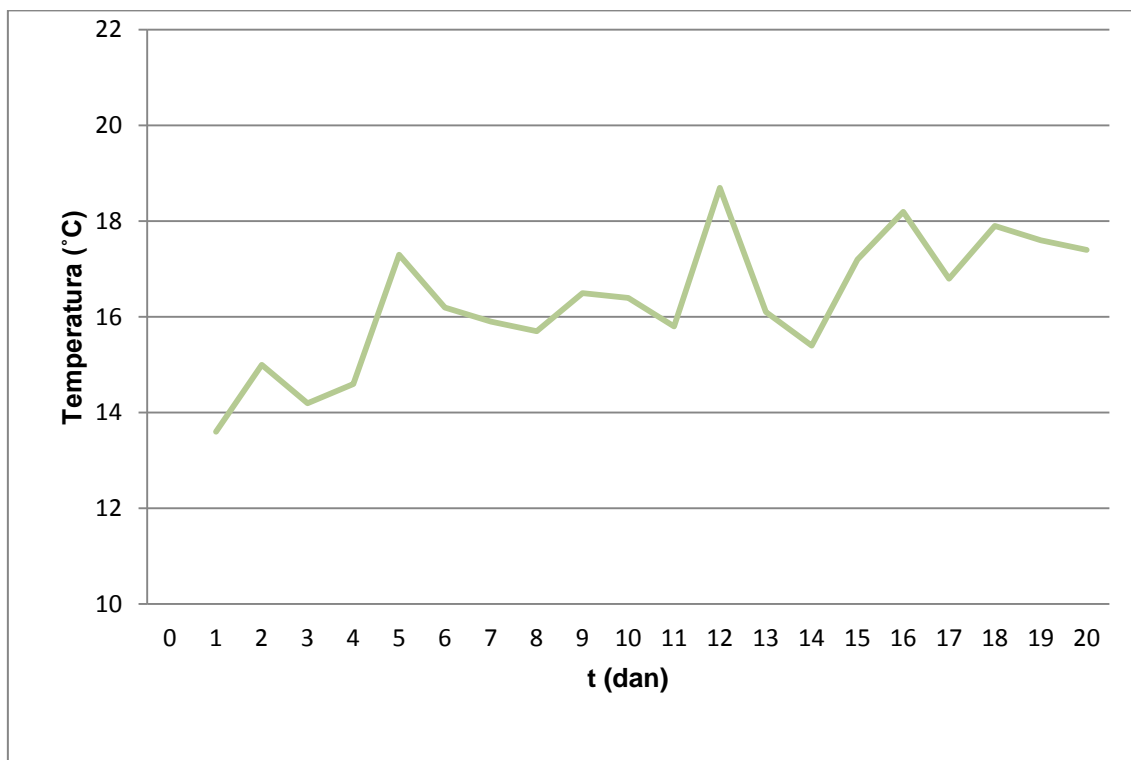
## 6.4 TEMPERATURA V PRIMARNEM USEDALNIKU



Slika 26: Temperatura v primarnem usedalniku (marec)

Marca so se temperature gibale brez večjih odstopanj. Najvišja izmerjena je bila 15,6 °C (5. dan), najnižja pa 12,8 °C (zadnji dan). Povprečna temperatura je znašala 14,2 °C.

Temperatura vode niha glede na letni čas in vremenske razmere. V tem primeru so bile to spomladanske temperature, ki niso presegale 16 °C. Odvisno pa je tudi od same temperature odpadne vode.

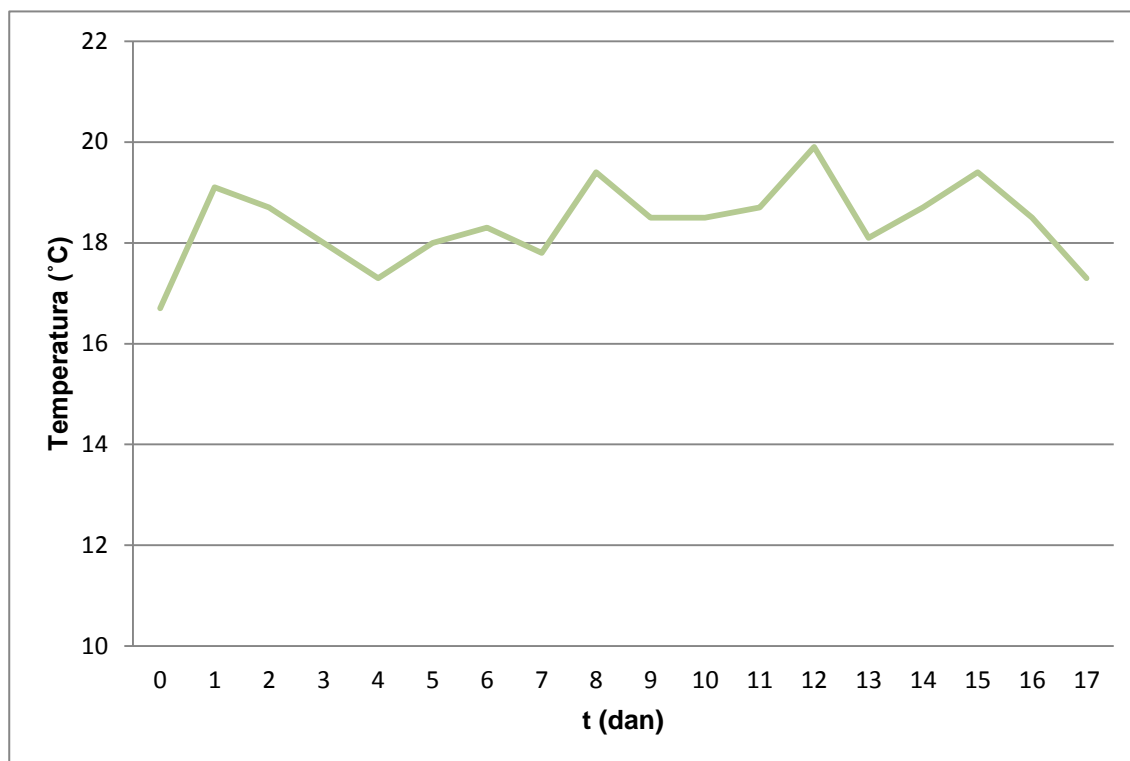


Slika 27: Temperatura v primarnem usedalniku (april)

Aprila so bile temperature v primerjavi z marcem višje. Že najnižja se je razlikovala od marčevske. Znašala je 13,6 °C. Najvišja vrednost pa je bila izmerjena 18. dne, in sicer 18,6 °C. Temperatura je čez mesec nihala in ni bilo prevelikih odstopanj. Največ meritev je bilo okoli 17 °C. Povprečje je znašalo 16,3 °C.

Vzrok za takšne temperature je letni čas, temperatura odpadne vode ter vremenske razmere.

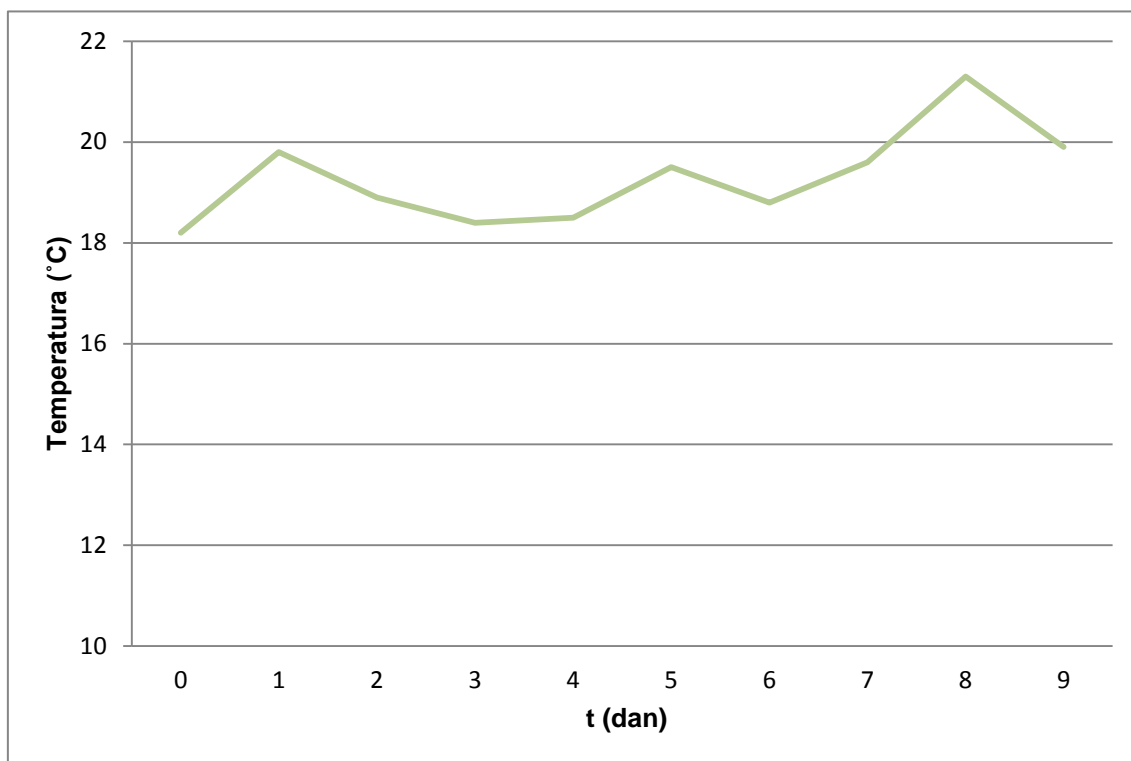




Slika 28: Temperatura v primarnem usedalniku (maj)

Maja so opazna večja temperaturna nihanja. Vrednosti so se gibale od 16,7 °C (dan 0) do 19,9 °C (12. dan). Dvakrat so se ponovile naslednje vrednosti: 18 °C, 18,7 °C in 19,4 °C. Trikrat pa se je ponovila vrednost 18,5 °C. Povprečna temperatura je znašala 18,4 °C. V primerjavi z mesecem aprilom je povprečje narastlo za 2 °C, prav tako se je to zgodilo z meseca marca na april.

Vrednosti nihajo glede na letni čas in vremenske razmere. Maja je bilo sončno skoraj cel mesec in temu primerne so tudi temperature, ki so se približale 20 °C.

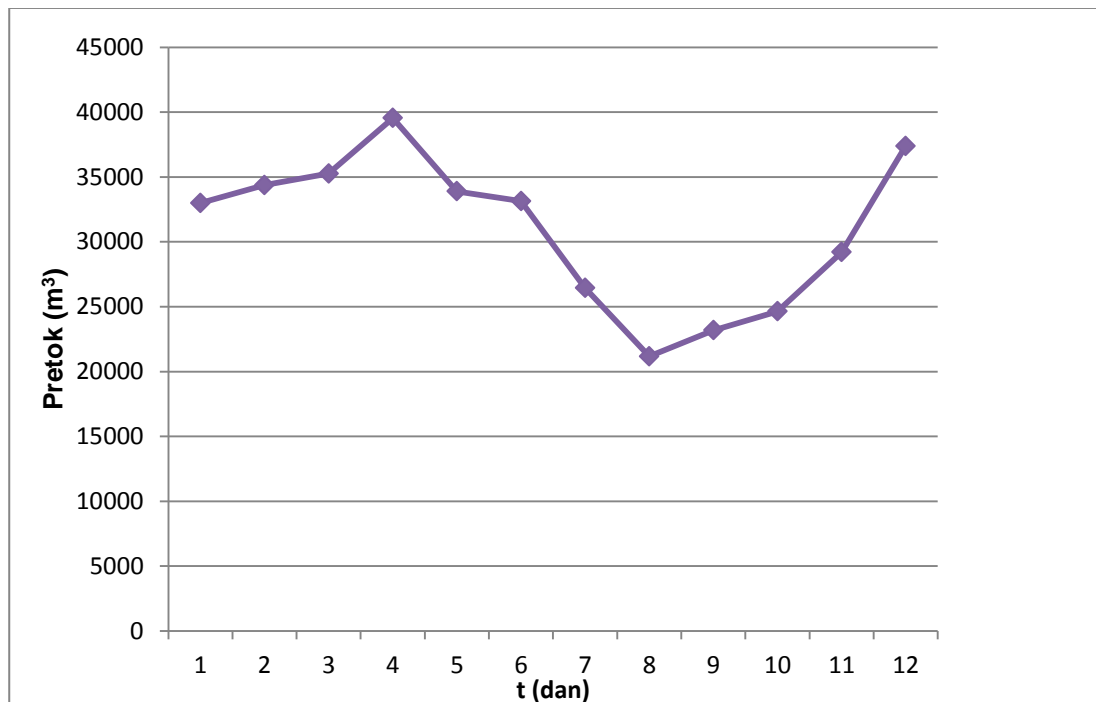


Slika 29: Temperatura v primarnem usedalniku (junij)

Junija je iz grafa lepo razvidno strmo povečanje temperature. Najbližja je bila 18,2 °C (dan 0), najvišja pa 21,3 °C (8. dan). Vrednosti so se gibale med 18–19 °C, kar je bilo za mesec junij pričakovano. Povprečje je znašalo 19,3 °C, kar je bilo najvišje povprečje izmed vseh vzorčenih mesecev. 3. in 4. dan je bila temperatura skoraj enaka (razlika za 0,1 °C).

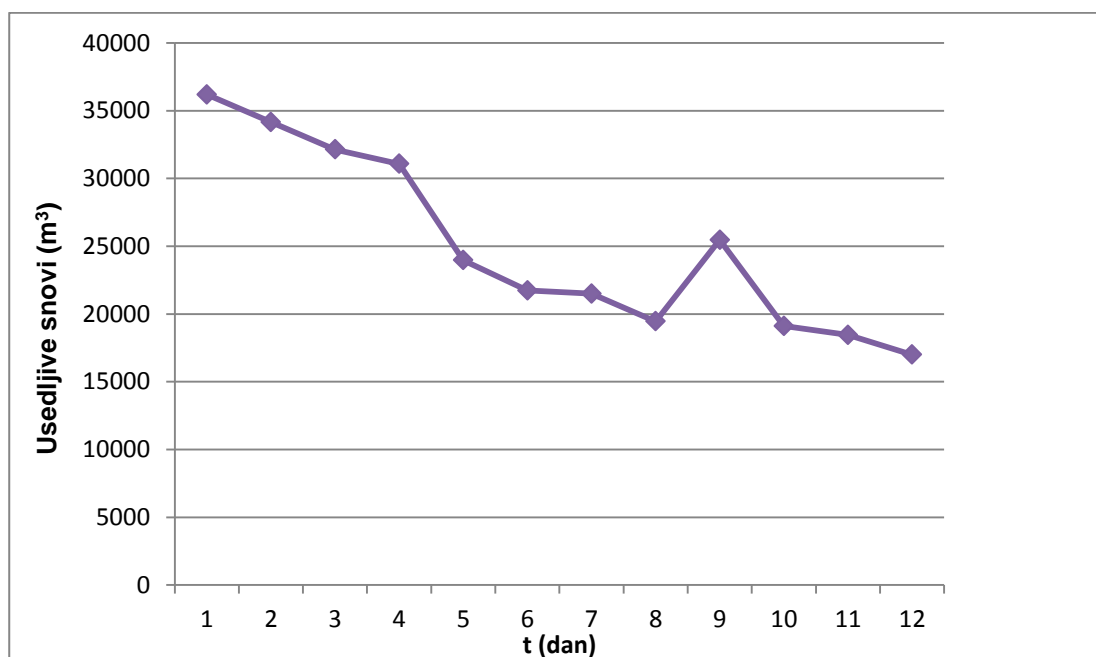
Temperatura se spreminja glede na letni čas, temperaturo odpadne vode in vremenske razmere.

## 6.5 PRETOK VODE V PRIMARNEM USEDALNIKU



Slika 30: Pretok vode v primarnem usedalniku (marec)

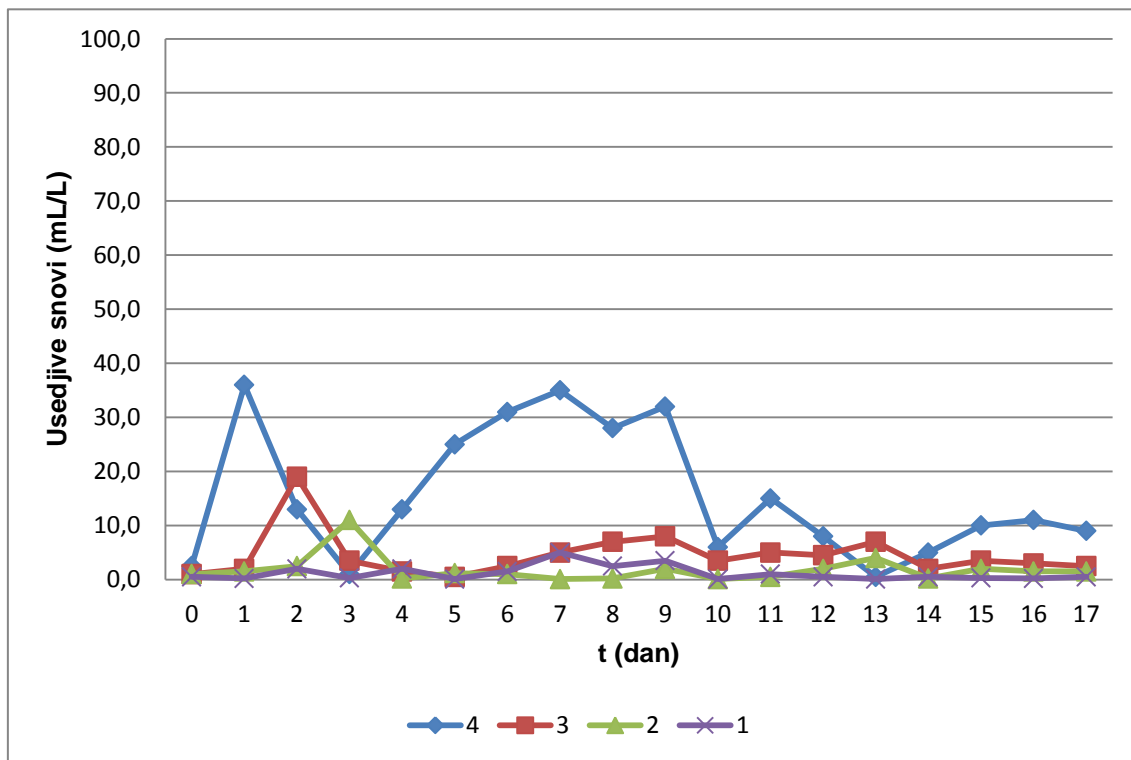
Pretok vode iz dneva v dan niha. To je odvisno tudi od samih vremenskih razmer in drugih dejavnikov. V dnevih, ko je več dežja se tudi pretok vode temu primerno zviša. Na začetku meseca marca so se vrednosti višale, nato pa je sledil padec do dneva 8. Od takrat naprej so vrednosti spet naraščale. Največja vrednost je bila četrty dan in sicer  $39545 \text{ m}^3$  vode, najnižji pretok pa je bil osmi dan ( $21169 \text{ m}^3$ ).



Slika 31: Pretok vode v primarnem usedalniku (april)

Aprila pa je bila količina pretoka na CČN zelo razgibana. Od začetnega pretoka, ki je bil  $36191 \text{ m}^3$  so se vrednosti samo še padale. Izjema v naraščanju je bil le dan 9. Najnižji pretok je bil zadnji dan ( $17000 \text{ m}^3$ ).

## 6.6 GLOBINSKO VZORČENJE



Slika 32: Usedljivost v primarnem usedalniku (1–4 mesta vzorčenja)

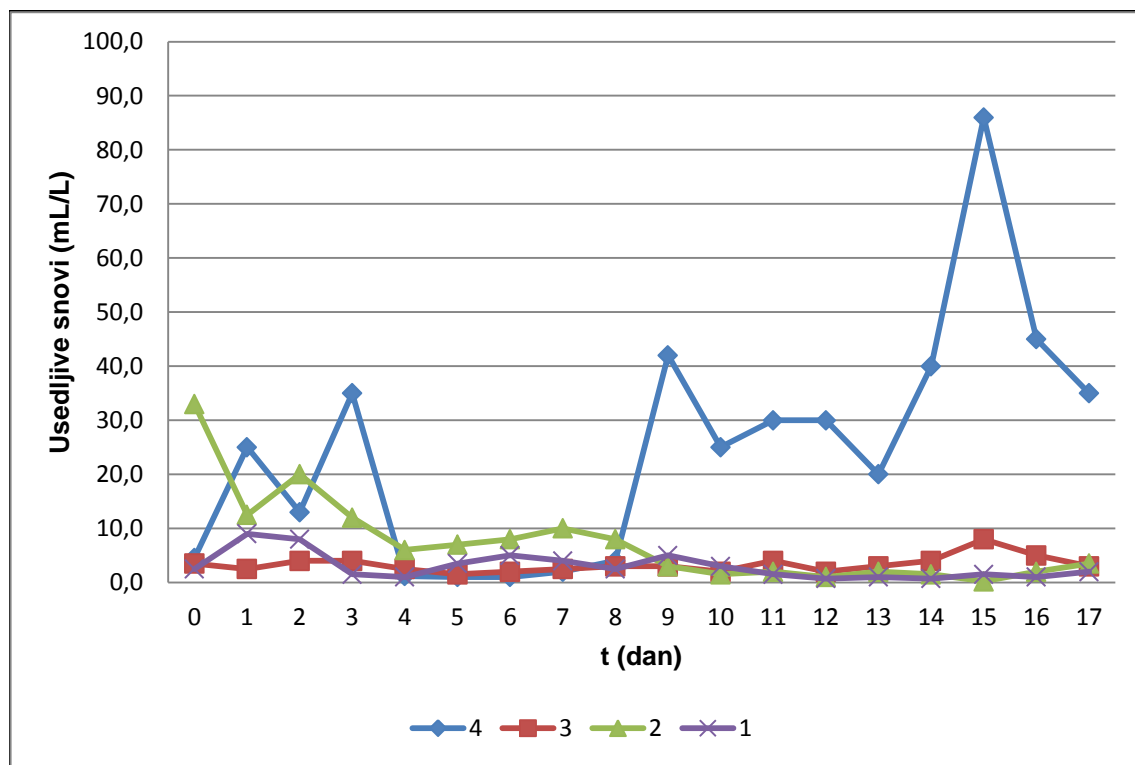
Zgornji graf prikazuje vrednosti usedljivih snovi za vse štiri lokacije naenkrat. V nadaljevanju so lokacije prikazane tudi med sabo (za primerjavo). Že takoj opazimo, da so največje količine usedljivih snovi na lokaciji 4. Vrednosti bistveno izstopajo v primerjavi z ostalimi tremi. Najvišja izmerjena je  $36,0 \text{ mL/L}$  (dan 1). Vrednost  $13 \text{ mL/L}$  se je ponovila dvakrat (dan 2 in 4). Najnižja vrednost na tej lokaciji pa je bila  $0,5 \text{ mL/L}$  (dan 13). Povprečje na lokaciji 4 je bilo  $15,6 \text{ mL/L}$ . Opaziti je neenakomerno posedanje po dnevih.

Naslednje vrednosti, ki so še izstopale, so bile na lokaciji 3. Najvišja je bila  $19,0 \text{ mL/L}$  (dan 2), najnižja pa  $0,5 \text{ mL/L}$  (dan 5). Samo enkrat je vrednost presegla  $10 \text{ mL/L}$ . Naslednje štiri vrednosti so se ponavljale:  $2,0 \text{ mL/L}$ ,  $3,5 \text{ mL/L}$ ,  $5,0 \text{ mL/L}$  in  $7,0 \text{ mL/L}$ . Povprečje je znašalo  $4,5 \text{ mL/L}$ .

Na lokaciji 2 so bile vrednosti malo nižje. Tukaj je bila najvišja  $11 \text{ mL/L}$  (dan 3), najmanjša pa  $0,1$  (dan 7 in 10). Nihanj ni bilo, količina je enakomerno naraščala in padala. Nekaj vrednosti se je dvakrat ponovilo. Povprečje je znašalo  $1,8 \text{ mL/L}$ .

Lokacija 1 je izmed vseh 4 lokacij dosegala najmanjšo količino usedljivih snovi. Večjih nihanj ni bilo opaziti. Najvišja količina je bila  $5 \text{ mL/L}$  (dan 7), najnižja pa  $0,1$  (dan 5, 10, 13). Nekatere vrednosti so se večkrat ponovile. Večina vrednosti se je gibala okoli  $1 \text{ mL/L}$ . Izstopala sta dneva 7 in 10, kjer se je količina malo dvignila. Povprečje je bilo  $1,1 \text{ mL/L}$ .

Iz tega lahko sklepamo, da je lokacija 4 najbolj obremenjena z usedljivimi snovi, lokacija 1 pa najmanj. Po vrstnem redu se usedljivost niža postopoma; lokacija 4, nato lokacija 3, lokacija 2 in na koncu še lokacija 1. Skratka enakomerno usedanje je značilno za primarni usedalnik.



Slika 33: Usedljivost v bistrilniku (1–4 mesta vzorčenja)

Iz grafa je razvidno, da so največje količine usedljivih snovi na lokaciji 4. Prav tako je bilo opaziti tudi pri primarnem usedalniku. Največja izmerjena količina je bila 86,0 mL/L (dan 5), najnižja pa presenetljivo samo 1,0 mL/L (dan 5 in 6), kar je precejšnja razlika glede na ostale meritve. Po večini so vse meritve znašale več kot 20 mL/L. Manjše so bile samo 6-krat. V grobem so meritve najprej naraščale, nato so bile 4 dni precej nizke in konstantne, nato pa se je količina usedljivih snovi spet naglo zvišala in takšne vrednosti so prevladovala do konca meseca. Povprečje lokacije 4 je znašalo 24,4 mL/L.

Naslednja krivulja (če gledamo količino usedljivih snovi) pripada lokaciji 2, kjer prihaja do razlike v primerjavi s primarnim usedalnikom. Tam so si krivulje sledile enakomerno po lokacijah (4, 3, 2, 1). Iz grafa lahko razberemo, da so si vrednosti enakomerno sledile od največje vrednosti do najmanjše. Najvišja vrednost je znašala 33,0 mL/L (dan 0), kar je precej manj kot najvišja vrednost na lokaciji 4. Najmanjša vrednost je znašala 0,2 mL/L (dan 15). Povprečje je znašalo 7,5 mL/L.

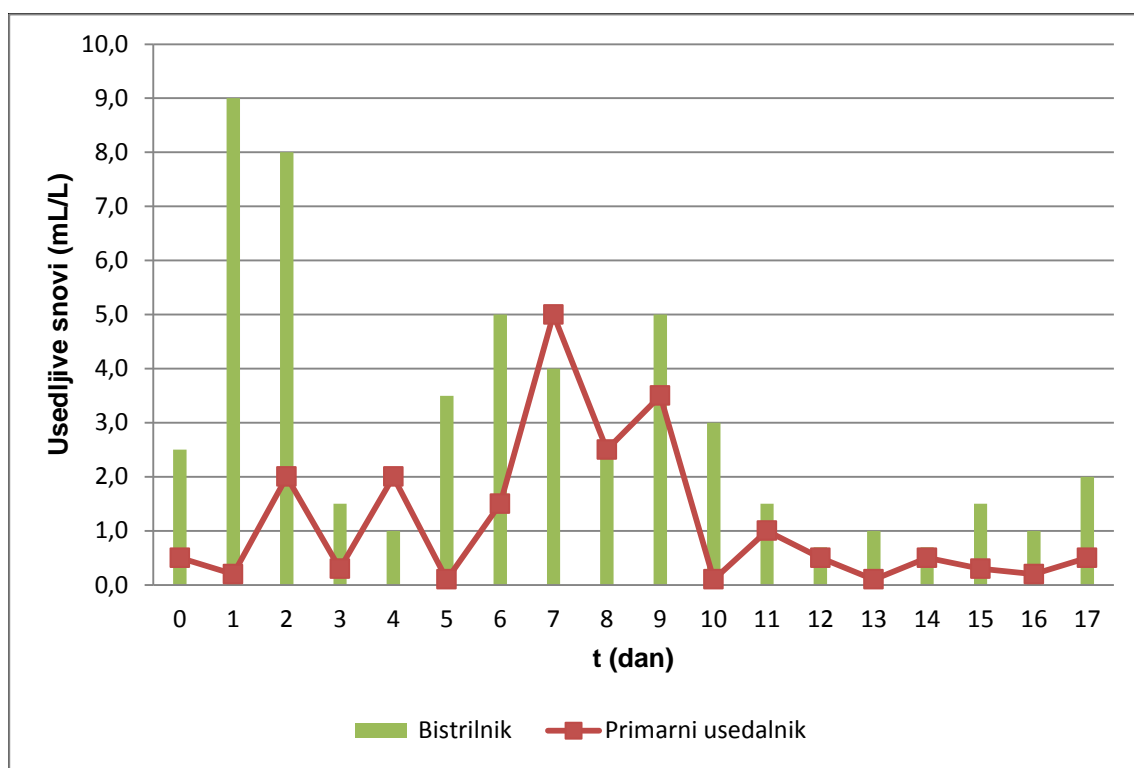
Nato si sledita lokaciji 3 in 1, ki sta si po vrednostih zelo podobni. Še vseeno pa lokacija 3 nekoliko bolj izstopa (po količini usedljivih snovi) od lokacije 1. Največja vrednost je znašala 8,0 mL/L (dan 15). Nekatere vrednosti so se večkrat ponovile (2,0 in 4,0 mL/L in ostale). Ostale vrednosti so se povečini dvigale nad 2,0 mL/L. Najmanjša vrednost je znašala 1,5 mL/L (dan 5). Isti dan je bila tudi najmanjša vrednost na lokaciji 4. Povprečje znaša 3,2 mL/L. Lokacija 1 je glede na vrednosti dokaj konstantna in nima nihanj. Najvišja vrednost je 9,0 mL/L (dan 1), najmanjša pa 0,7 mL/L (dneva 12 in 14). Tudi tukaj so se nekatere vrednosti

večkrat ponovile. Med večjimi vrednostmi izstopata 9 mL/L in 8 mL/L. Ostale vrednosti se gibljejo nad 1,0 mL/L. Povprečje je bilo 2,9 mL/L.

Iz ugotovljenega lahko sklepamo, da se usedljive snovi po lokacijah ne gibljejo enakomerno (4, 3, 2, 1), ampak si sledijo po naslednjem vrstnem redu lokacij: 4, 2, 3 in 1. To kaže na težjo usedljivost biološkega blata. Količina usedljivih snovi je odvisna od nihanja pretoka, sestave vode ... Zanimivo je, da si povprečne vrednosti sledijo od največje do najmanjše po zgoraj podanih lokacijah. Največje povprečje je bilo na lokaciji 4.

S tem lahko potrdim prvo zastavljeno hipotezo, ki govori o tem, da je sekundarno (biološko) blato težje usedljivo.

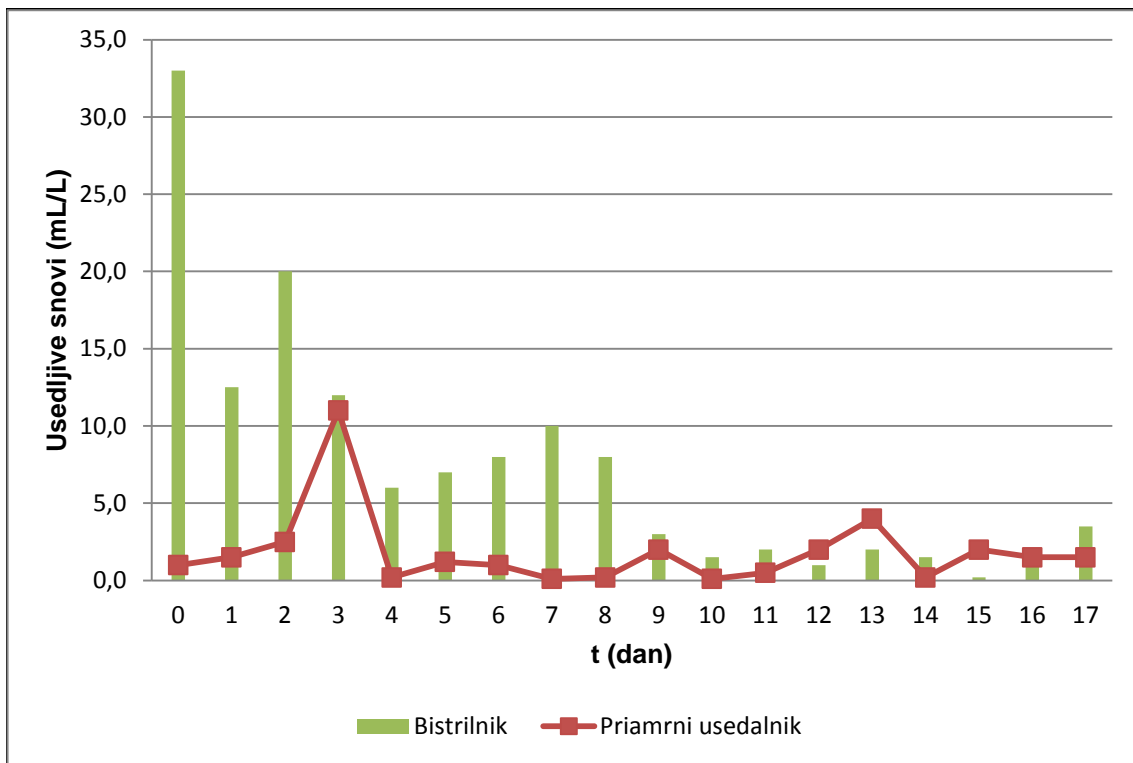
## 6.7 PRIMERJAVA USEDOLJIVIH SNOVI MED PRIMARNIM USEDALNIKOM IN BISTRILNIKOM GLEDE NA ISTO LOKACIJO



Slika 34: Primerjava količine usedljivih snovi na lokaciji 1

Kot je prikazano na grafu, so bile vrednosti usedljivih snovi (lokacija 1) skoraj vedno višje v bistrilniku (biološko blato). Proti koncu meseca pa so se vrednosti približevale in odstopanja niso bila tako očitna. Vrednosti v primarnem usedalniku sta bili večji le dvakrat (dan 4 in 7). Najbolj opazna razlika je bila 1. in 2. dan, ko so vrednosti v bistrilniku krepko presegle vrednosti v primarnem usedalniku. Za primerjavo vzemimo dan 1; v bistrilniku je bilo 9,0 mL/L usedljivih snovi, primarni usedalnik pa je dosegal le 0,2 mL/L le-teh. Razlika je torej 8,8 mL/L. Po tem lahko sklepamo, da je na lokaciji 1 biološko blato v primerjavi s primarnim težje usedljivo (Hipoteza 1), čeprav se nobeno blato ni usedalo konstantno, ampak so bila nenehna nihanja.

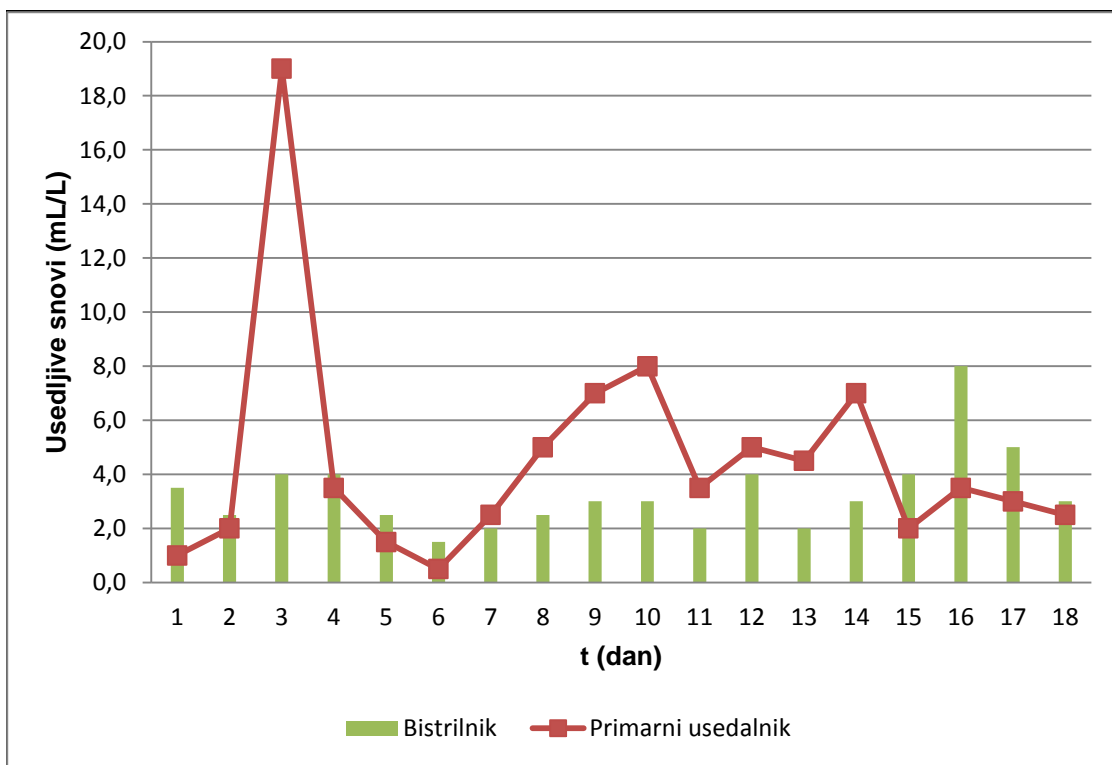
Vzrok je v nihanju pretoka odpadne vode. Pretok ni nikoli konstanten, ampak se ves čas spreminja. Na količino pa vpliva tudi sestava vode.



Slika 35: Primerjava količine usedljivih snovi na lokaciji 2

Na prvi pogled opazimo, da se je mesec nekoliko "razdelil" na dve polovici. Najprej so prednjačile vrednosti v bistrilniku, nato pa vrednosti v primarnem usedalniku. Vendar po podrobni analizi ugotovimo, da je bila večino dni količina usedljivih snovi v bistrilniku večja. Količina primarnega blata je biološko blato presegla le 3-krat. To so bili dnevi: 12, 13 in 15. Najbolj izstopa dan 0, ko je bilo v bistrilniku 33,0 mL/L usedljivih snovi, v usedalniku pa samo 1,0 mL/L. Vrednosti so se najbolj približale 3., 12. in 16. dan. Tudi tukaj ni opaziti enakomernega usedanja.

Vzrok je v sestavi vode, ki priteče na CČN, nihanje pretoka ...

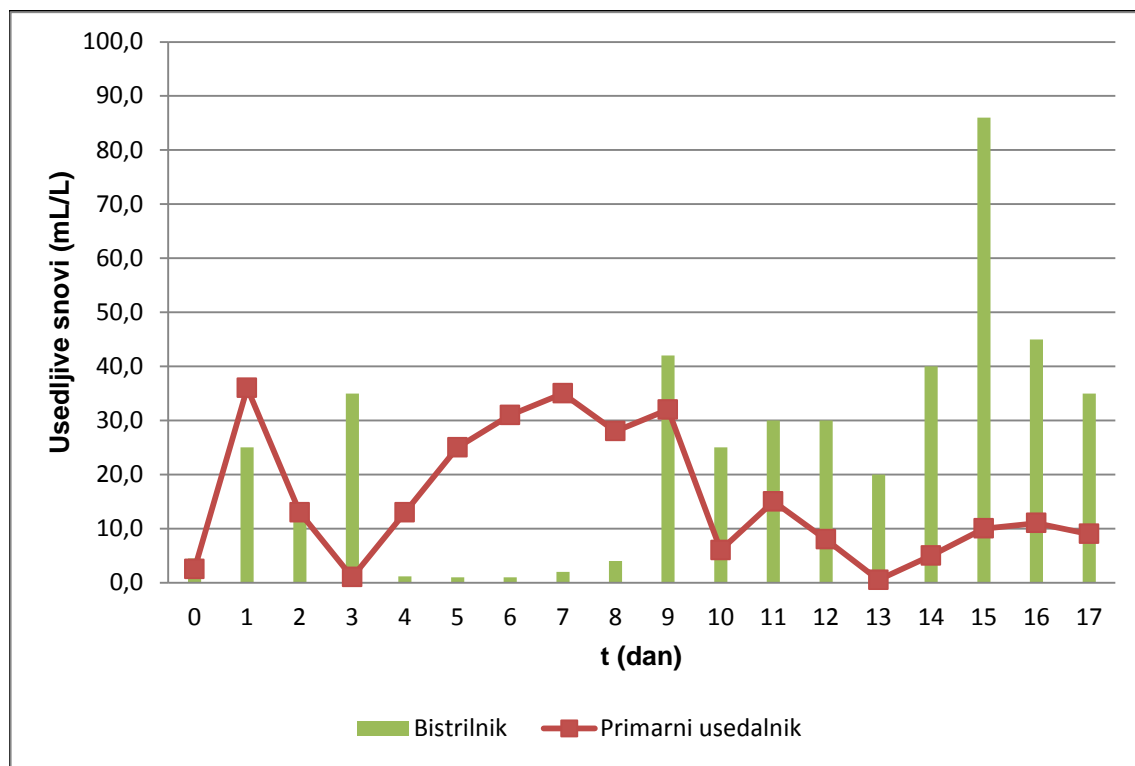


Slika 36: Primerjava količine usedljivih snovi na lokaciji 3

Lokacija 3 je prva in edina izmed lokacij, kjer so vrednosti usedljivih snovi v usedalniku večje kot v bistrilniku. Usedljive snovi v bistrilniku so višje le 8-krat. Najbolj izstopata vrednosti tretjega dne, kjer je v usedalniku 19 mL/L usedljivih snovi, v bistrilniku pa 4,0 mL/L. Ostale dni ni izrazitejših odstopanj. Enakomernejše posedanje smo opazili v bistrilniku, vendar so tudi tu opazna minimalna nihanja vrednosti. 3., 5., 8. in 19. dan se vrednosti med seboj najbolj približajo (za 0,5 mL/L razlike).

Da prihaja do takšnih razlik med vrednostmi, lahko pripišemo nihanju pretoka in sami sestavi ter vrstam vod.





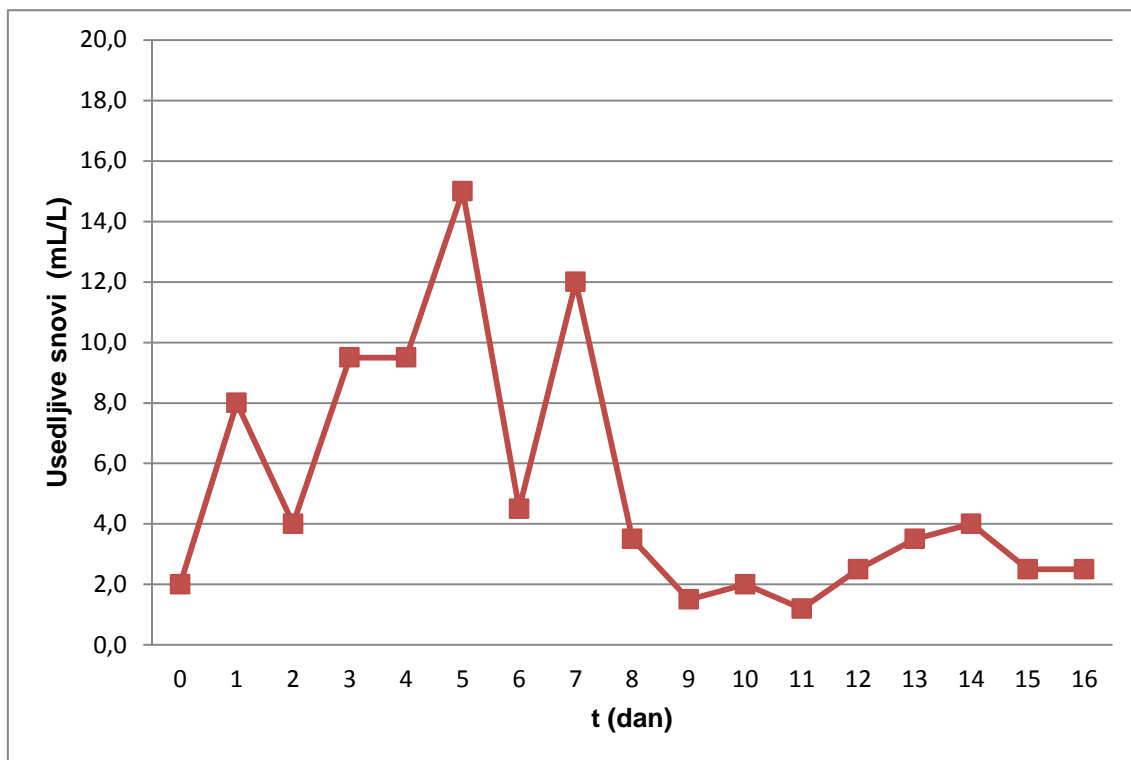
Slika 37: Primerjava količine usedljivih snovi na lokaciji 4

Iz grafa je razvidno, da na tej lokaciji vrednosti usedljivih snovi v bistrilniku presegajo tiste v usedalniku. V slednjem so vrednosti višje le šestkrat (dan 2, 4, 5, 6, 7 in 8). Največje odstopanje je 15. dan, kjer je bilo v bistrilniku 86,0 ml/L usedljivih snovi, v usedalniku pa le 10 mL/L. Ta vrednost (86 mL/L) je tudi najvišja izmerjena količina (tudi glede na lokacije), kar je lep prikaz, da je biološko blato res težje usedljivo. Tudi tukaj so prisotna nihanja in ni opaziti enakomernega usedanja. Na začetku meseca prevladujejo vrednosti primarnega usedalnika, nato pa to mesto zavzame bistrilnik. Najnižja izmerjena količina je bila 0,5 mL/L, in sicer v usedalniku (dan 15). Tej količini se za 0,5 mL/L približata tudi količini v bistrilniku (dan 7 in 8). Kot zanimivost velja omeniti, da sta tretji dan količini popolnoma enaki (13 mL/L usedljivih snovi).

Količina usedljivih snovi se spreminja glede na pretok odpadne vode.

Na podlagi primerjave usedljivih snovi vseh 4 lokacij lahko potrdim prvo hipotezo, ki govori o tem, da je biološko blato težje usedljivo kot primarno. To velja tudi za neenakomerno posedanje.

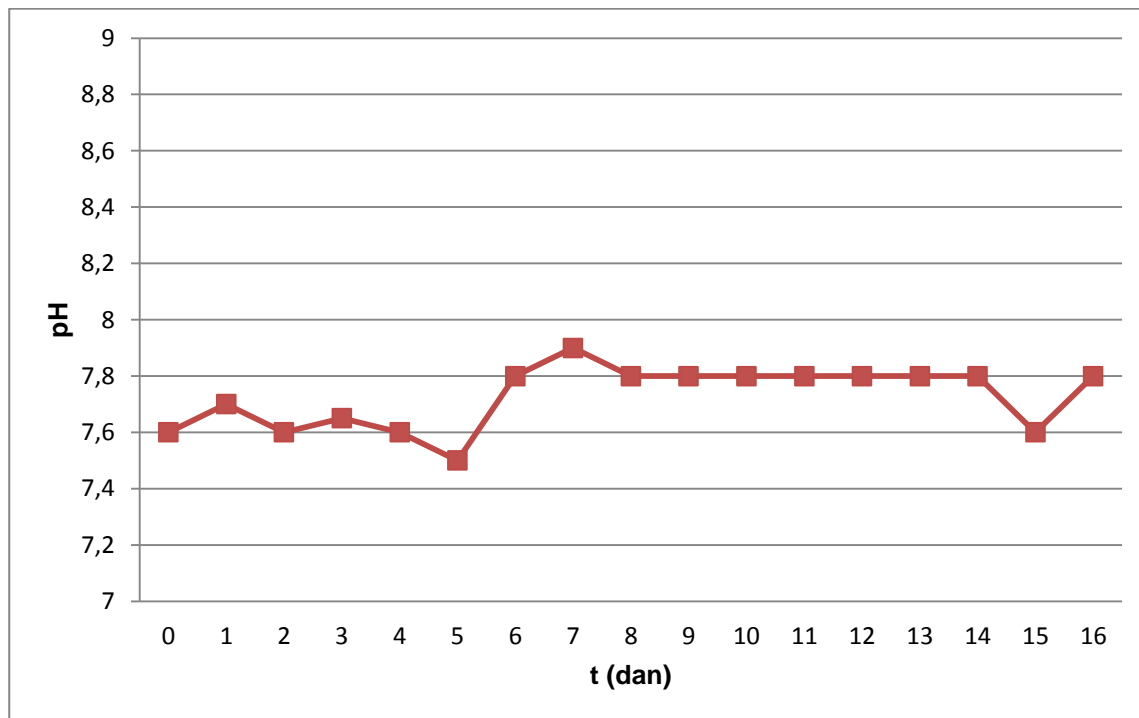
## 6.8 PRALNE VODE



Slika 38: Usedljive snovi pralnih vod (nitrifikacija)

Zgornji graf prikazuje količine usedljivih snovi pri vzorčenju pralnih vod na biofiltraciji. Količine so predstavljene za nitrifikacijske bazene. Iz grafa je razvidno, da so vrednosti precej nihale, zadnje dni pa vrednosti niso izstopale. Najvišja količina je bila 15 mL/L (dan 5). Nato ji sledi dan 7 z 12 mL/L, 3. in 4. dan pa sta vrednosti izenačeni (9,5 mL/L). Vrednosti sta izenačeni tudi zadnja dva dneva v mesecu (2,5 mL/L). Najnižja količina je bila izmerjena 11. dan (1,2 mL/L). Povprečje je 5,1 mL/L.

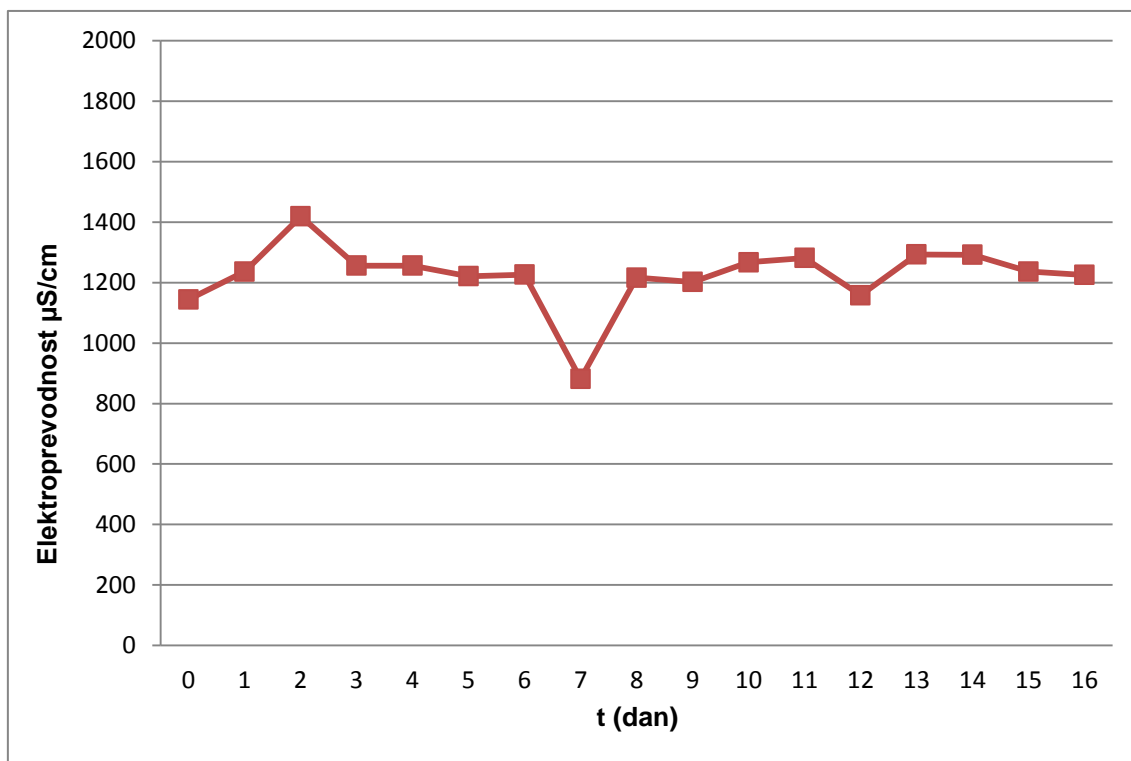
Usedljive snovi nihajo glede na pretok odpadne vode, ki doteka na CČN in se spreminja čez dan. Tudi vrsta vode vpliva na količino (padavinska, industrijska ... voda).



Slika 39: Vrednosti pH pralnih vod (nitrifikacija)

Vrednosti pH na nitrifikacijskih bazenih so bile konstantne z manjšimi odstopanji. To je veriga sedmih zaporednih dni, ko je bila vrednost 7,8. Ta vrednost se je nato ponovila še enkrat (dan 17). Najvišji izmerjen pH je bil 7,9 (dan 8). Povprečje je znašalo 7,7.

Vrednosti pH se spreminjajo glede na sestavo vode (odpadna voda, naravna voda, industrijska voda). Povezane pa so tudi s temperaturo vode.

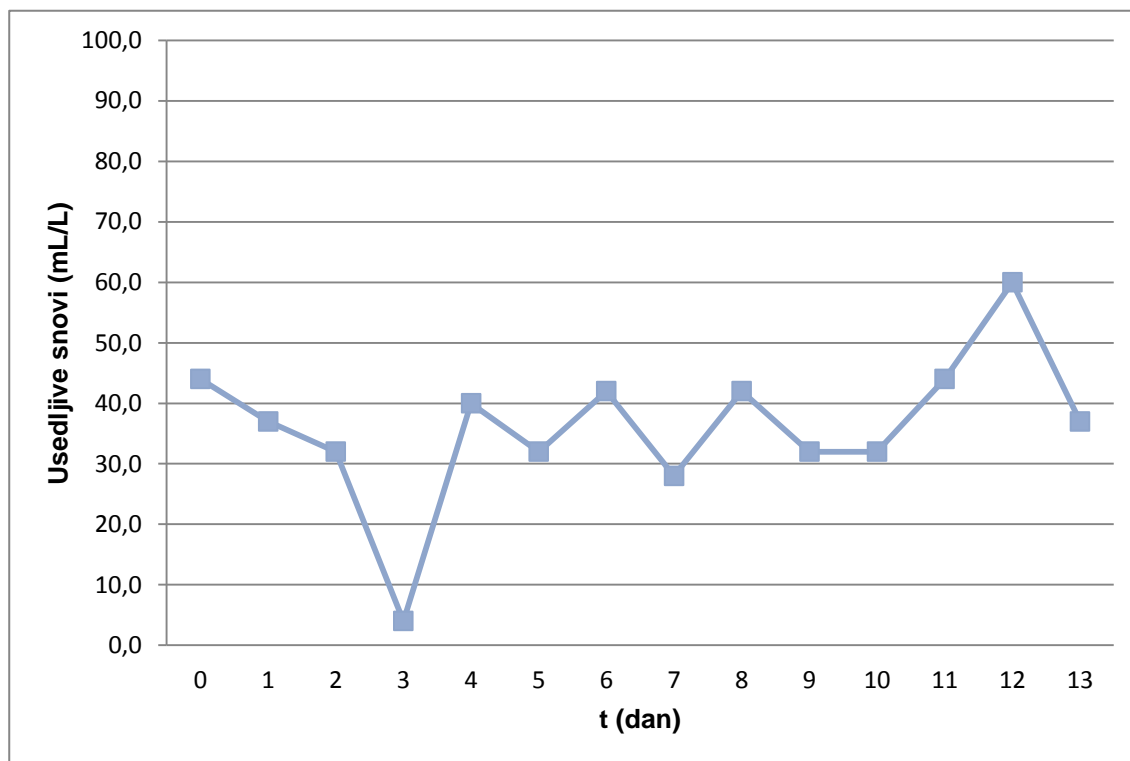


Slika 40: Elektroprevodnost pralnih vod (nitrifikacija)

Vrednosti elektroprevodnosti so bile dokaj konstantne z izjemo treh vrednosti, ki so nekoliko odstopale. Najvišja vrednost je znašala  $1419 \mu\text{S/cm}$  (dan 3). Ta dan je bil izmerjen najnižji pH. Najnižja vrednost je znašala  $881 \mu\text{S/cm}$  (dan 8). Zanimivo je, da je bil ta dan najvišji izmerjen pH in pa tudi drugi glede na največjo količino usedljivih snovi. Povprečje je znašalo  $1078,0 \mu\text{S/cm}$ .

Na vrednosti vplivajo zasoljenost vod, vremenske razmere (pozimi solijo cestišča), vrste in sestava vod.

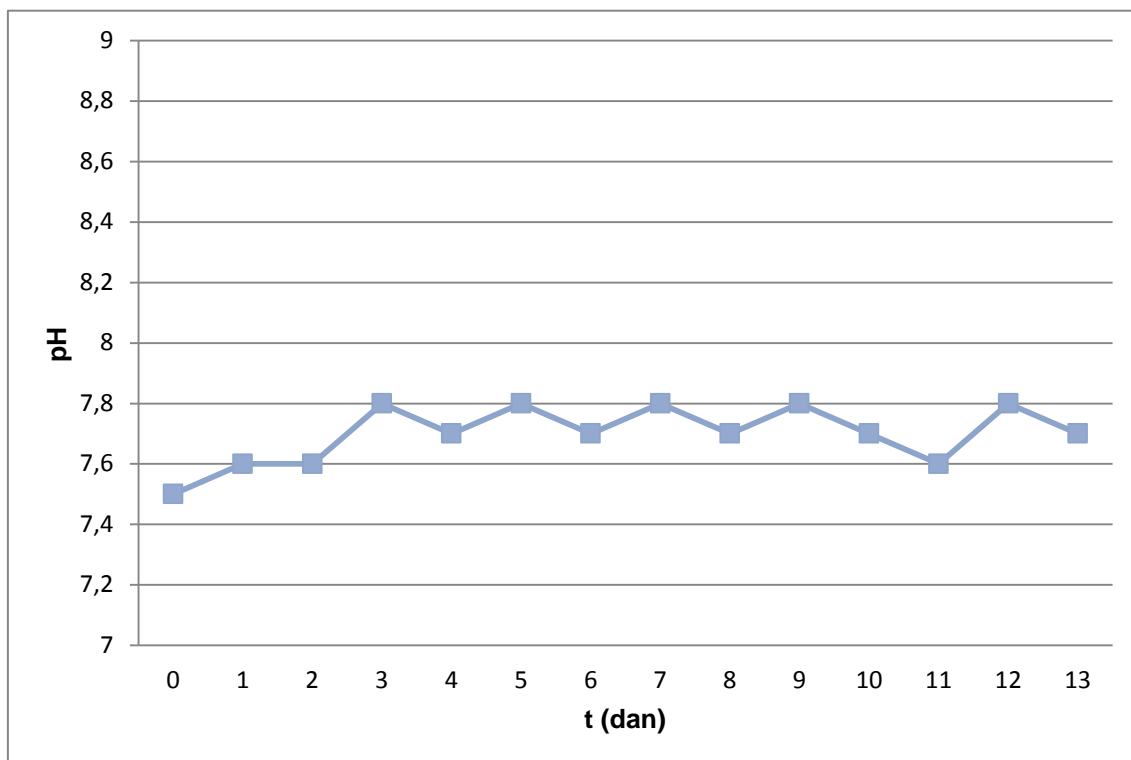
## 6.9 DENITRIFIKACIJA



Slika 41: Usedljive snovi pralnih vod (denitrifikacija)

Kot je razvidno iz grafa, so usedljive snovi pri pralnih vodah bitrifikacijskih biofiltru ves čas nihale. Najnižja količina je bila 4,0 mL/L (dan 4), najvišja pa 60,0 mL/L (dan 13). 10. in 11. dan je bila vrednost konstantna (32 mL/L). Na začetku vzorčenja so vrednosti nihale, nato pa so se proti koncu povečevale. Večina vrednosti je bila nad 30 mL/L, le dve sta bili pod to vrednostjo, in sicer sta bili najmanjši vrednosti (4. dne) in 7. dne (28 mL/L). Opazimo ponavljanje nekaterih vrednosti; 42 mL/L (7. in 9. dan), 32 mL/L (3. in 6. dan). Povprečje je znašalo 36,1 mL/L.

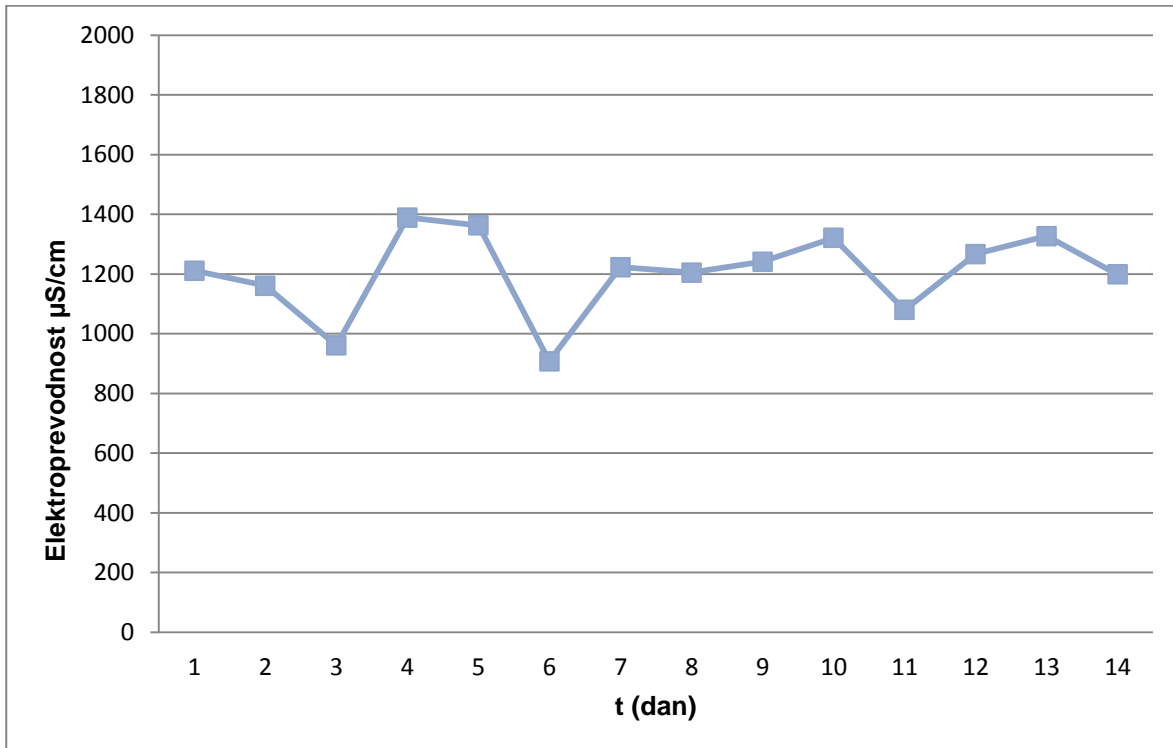
Na količino vpliva nihanje pretoka odpadne vode, ki se čez dan spreminja.



Slika 42: Vrednosti pH pralnih vod (denitrifikacija)

Tudi pH-vrednosti niso bile konstantne. Cik cak vzorec krivulje nakazuje, da so se vrednosti en dan višale, drugi dan znižale in tako vse do zadnjega dne, kar kaže na nenehno ponavljanje vrednosti. Najnižji pH je bil 7,5 (dan 0). Najvišja vrednost pH = 7,8 pa se je večkrat ponovila, in sicer 5-krat v naslednjih dneh: 3, 5, 7, 9, 12. Skladno s tem so se vrednosti pH = 7,7 prav tako ponovile 5-krat, in sicer 4., 6., 8., 10. in 13. dan. Sledi še eno zaporedje ponovitev pH = 7,6 (dan: 1, 2 in 11). Iz tega lahko sklepamo, da je bil dan 0 edini, kjer se vrednost ni podvojila. Povprečje je bilo pH = 7,7.

Vzrok je sestava odpadne vode, ki se ves čas spreminja. Nekaj vpliva ima tudi temperatura vode.

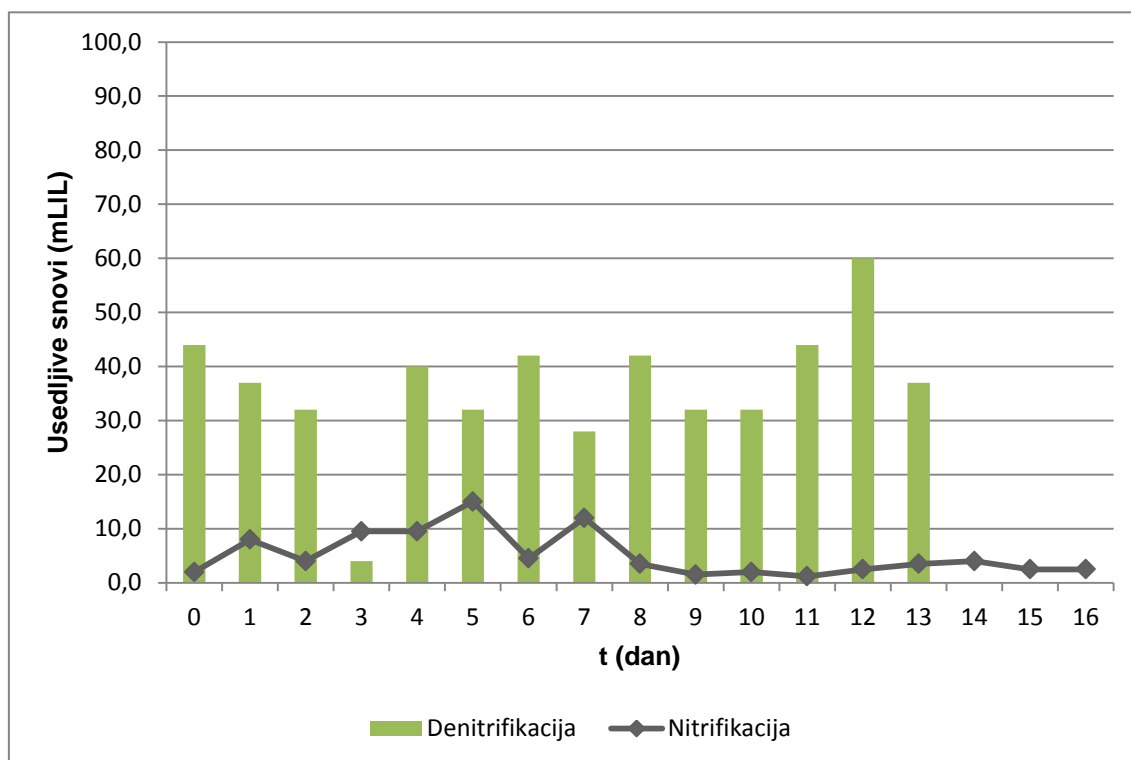


Slika 43: Elektroprevodnost pralnih vod (denitrifikacija)

Graf prikazuje vrednosti elektroprevodnosti na biofiltraciji (pralne vode). Vrednosti so ves čas nihale. Najnižja vrednost je bila  $908 \mu\text{S/cm}$  (dan 5), najvišja pa  $1389 \mu\text{S/cm}$  (dan 3). V večini se je elektroprevodnost gibala nad  $1000 \mu\text{S/cm}$ , le dva dneva je bila pod to vrednostjo (dan 2 in 5). Ponavljanja vrednosti ni bilo. Povprečna vrednost je  $1247 \mu\text{S/cm}$ . 10., 11. in 12. dan so se vrednosti višale ( $1080$ ,  $1267$  in  $1327 \mu\text{S/cm}$ ).

Nihanja vrednosti nastajajo zaradi različnih vrst odpadnih vod in zasoljenosti. Na to pa vplivajo vremenske razmere (npr. pozimi solijo cestišča, kar se kaže v visokih vrednostih). Poleti pa so vrednosti manjše.

## 6.10 PRIMERJAVA DENITRIFIKACIJA-NITRIFIKACIJA



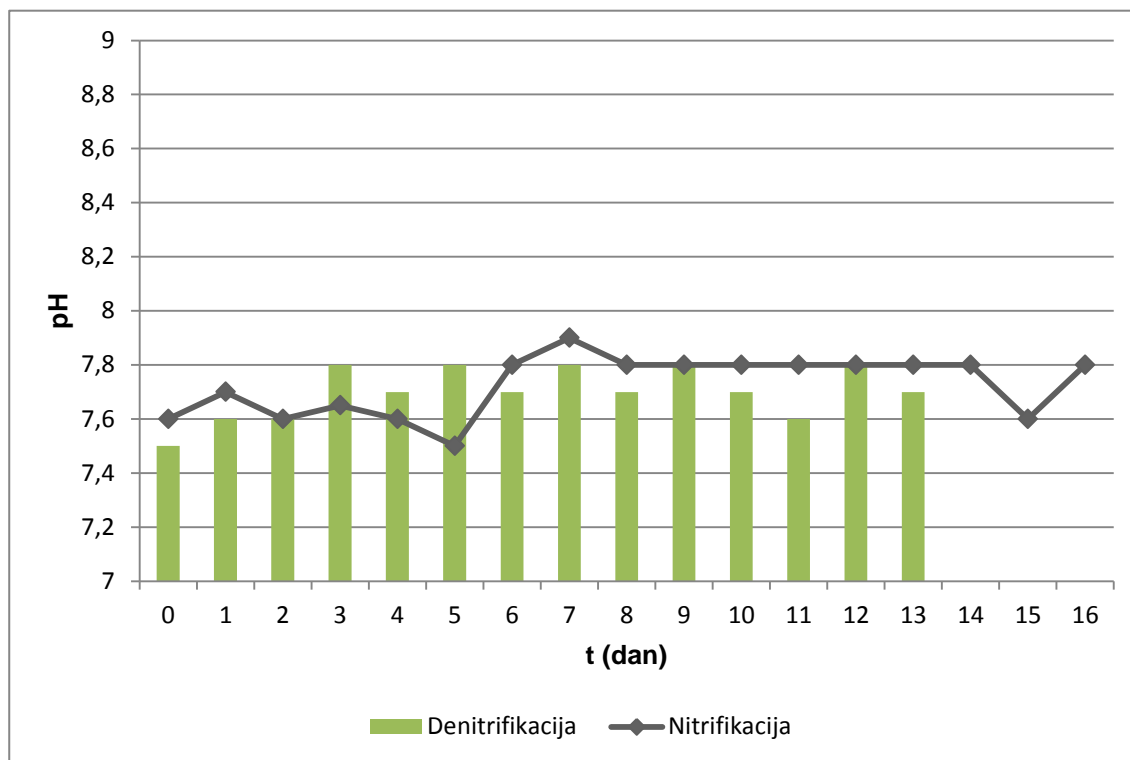
Slika 44: Primerjava usedljivih snovi pralnih vod

Zgornji graf prikazuje primerjavo količine usedljivih snovi na denitrifikaciji in nitrifikaciji. Že takoj opazimo, da so količine večje v denitrifikacijskih bazenih. S tem lahko ovržem hipotezo pod številko 3, ki govori o tem, da je količina usedljivih snovi večja pri pranju nitrifikacijskih filtrov. Količine so večje predvsem zaradi tega, ker na CČN najprej poteče proces denitrifikacije in šele nato proces nitrifikacije. Ko voda priteče do nitrifikacijskih biofiltrrov in se tam useda, se s tem zmanjša še predhodna količina le-teh. Razberemo lahko tudi, da je bila vrednost na NIT večja enkrat, in sicer 3. dan, ko je znašala 9,5 mL/L usedljivih snovi.

Če pogledamo razliko med najnižjo (NIT) in najvišjo (DEN) vrednostjo, je razlika precej opazna. Vrednost na DEN je 60,0 mL/L, na NIT pa 1,2 mL/L. Opazimo lahko, da so vrednosti usedljivih snovi na NIT proti koncu meseca bolj enakomerne, medtem ko pri DEN ves čas nihajo. Morda veja omeniti še, da je pri dnevih 9 in 10, ko je količina usedljivih snovi enaka na DEN, tudi na NIT razlika samo 0,5 mL/L.

Na količino usedljivih snovi vpliva pretok odpadne vode, ki se spreminja.

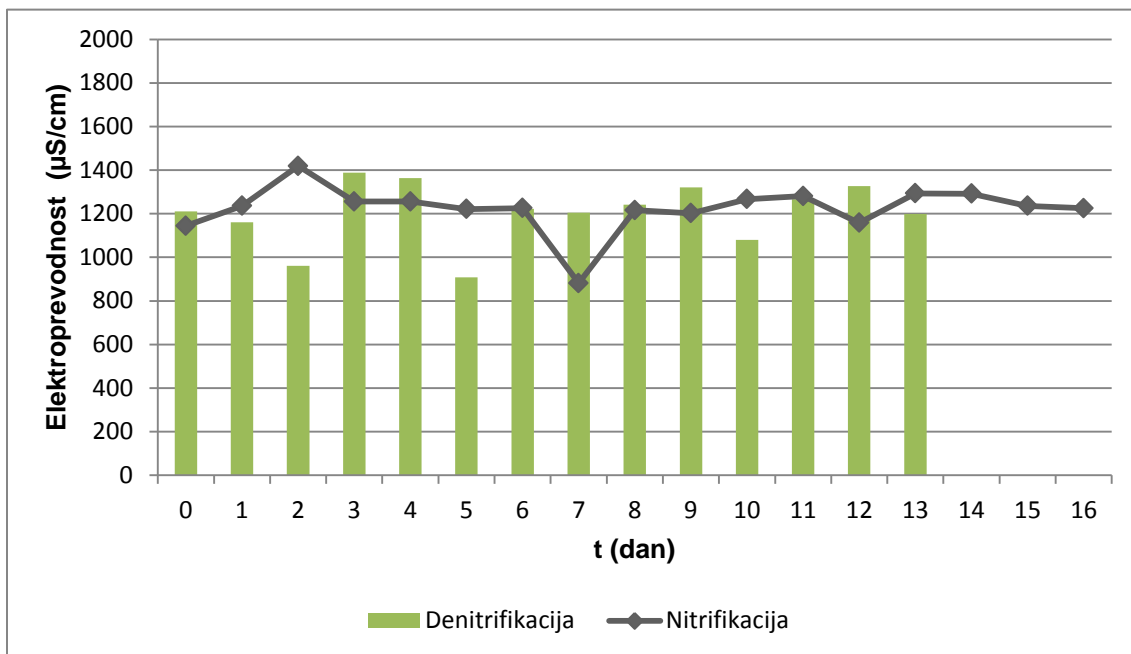




Slika 45: Primerjava vrednosti pH pralnih vod

Iz grafa je razvidno, da prevladujejo višje vrednosti pH pri nitrifikaciji. Vrednosti pri denitrifikaciji so jih presegle le 3-krat (dan 3, 4 in 5). Izenačenja so bila naslednje dni: 2 (pH = 7,6), 9 (pH = 7,8) in 12 (pH = 7,8). Z razponom pH-vrednosti v grafu so bile dosežene vrednosti za optimalno delovanje NIT in DEN-bakterij. Najvišji pH je bil 7,9 (dan 7), najmanjši pa 7,5 (dan 0 in 5).

Na pH vpliva sestava odpadne vode, ki se spreminja. Povezano pa je tudi s temperaturo vode.



Slika 46: Primerjava elektroprevodnosti pralnih vod

Ko pogledamo ta graf, lahko takoj opazimo zanimiv podatek, da so vrednosti pri DEN višje samo glede usedljivih snovi, medtem ko pri pH in elektroprevodnosti prevladujejo višje vrednosti pri NIT. Krivulji sta podobni, nihajoči z vrednostmi, primernim vremenskim razmeram in ostalim dejavnikom. Najvišja vrednost pri NIT je 1419 (dan 2), pri DEN pa 1389 (dan 4). Najnižja pa je bila 908 na DEN (dan 5).

Vrednosti elektroprevodnosti se spreminjajo glede na vremenske razmere in zasoljenost vode.

## 7. SKLEP

Iz analize lasnosti primarnega in sekundarnega blata na Centralni čistilni napravi Šaleške doline lahko potrdimo in/ali ovržemo naslednje hipoteze. Prvo hipotezo, ki govori o tem, da je sekundarno (biološko) blato težje usedljivo, lahko potrdimo. Dokaz je primerjava v usedanju primarnega in sekundarnega blata, kjer smo izvedli globinsko vzorčenje odpadne vode. Krivulje na grafu so pokazale, da se biološko blato težje useda glede na lokacije vzorčenja. V primarnem usedalniku se blato useda postopoma tako, kot s sledi zaporedje vzorčnih mest (4, 3, 2 in 1). Se pravi, da je največja količina usedljivih snovi na lokaciji 4, nato ji sledi lokacija 3, 2 in na koncu je še lokacija 1, kjer je usedljivih snovi najmanj. V bistrilniku pa se blato useda neenakomerno glede na lokacije. Najprej po količini usedljivih snovi prevlada lokacija 4, sledi ji lokacija 2, nato pa sledita še lokaciji 3 in 1. Potrdimo lahko tudi drugo hipotezo, ki pravi, da se primarno blato hitro useda.

Na količino usedljivih snovi vpliva nihanje pretoka odpadne vode, ki doteka na CČN. Vzrok je lahko tudi v količini posamezne vrste vod (padavinska, industrijska, komunalna).

Rezultati, ki se nanašajo na vrednosti pH, so povezani s samo sestavo odpadne vode in temperaturo le-te. Obe se nenehno spreminjata.

Na različne vrednosti elektroprevodnosti pa vplivajo zasoljenost odpadne vode, vremenske razmere in vrste odpadnih vod. V zimskem času so vrednosti zelo povečane zaradi soljenja cestišč, saj soli zvišajo elektroprevodnost. V poletnem času pa so vrednosti nižje in po navadi ne presegajo 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Ovržemo hipotezo, ki se nanaša na to, da je količina usedljivih snovi večja pri pranju nitrifikacijskih biofiltrrov. To ne drži, saj je analiza usedljivih snovi pralnih vod pokazala, da so le-te višje pri pralnih vodah denitrifikacijskih biofiltrrov. Temu prispeva tudi sam postopek biološkega čiščenja (biofiltracija), kjer najprej poteče proces denitrifikacije (zunanji vir ogljika), nato pa sledi nitrifikacija. V naravi sta ta procesa v obratnem vrstnem redu. Ker se večina usedljivih snovi odstrani pri denitrifikaciji, priteče v nitrifikacijske bazene manj obremenjena voda, ki se nato še dodatno prečisti pri procesu nitrifikacije. S tem se količina usedljivih snovi še zmanjša. Moji predlogi za v prihodnje so, da bi morali na CČN še bolj zmanjšati količine usedljivih snovi in s tem pridobiti večjo učinkovitost in rezultat čiščenja odpadne vode. S tem bi prihranili tudi pri stroških, ki nastanejo zaradi odlaganja prevelikih količin blata in odvoza le-teh.

## 8. LITERATURA

Centralna čistilna naprava Šaleške doline (2006). Zloženka. Velenje.

Cukjati N., Zupančič G. D., Roš M., Grilc V. (2012). Composting of anaerobic sludge: An economically feasible element of a sustainable sewage sludge management. *Journal of Environmental. Maribor*, 93, št. 1, str. 94–55.

Geun Shim W., Moon H. (2003). Biofilter in Water and Wastewater Treatment. *Korean J. Chem. Eng. Sydney*, št. 20(6), str. 1054–1065.

Gerardi M. H., (2002). Nitrification and denitrification in the activated sludge proces. John Wiley&Sons. Inc. New York.

Henze M., Harremöes P., Jansen J. C., Arvin E. (1995). *Wastewater treatment: biological and chemical processes*. Springer Verlag. Berlin: Nemčija.

Hidroinženiring d.o.o. (2006). Tehnično poročilo. Ljubljana.

Hoffman, H., Barbosa da Costa T., Wolff D.B., Platzer C., Riberio Da Costa R.H. (2007). The Potential of Denitrification for the Stabilization of Activated Sludge Processes Affected by Low Alkalinity Problems. Brazil.

Komunalno podjetje Velenje: Centralna čistilna naprava. Medmrežje 1: [http://www.kp-velenje.si/index.php?option=com\\_content&view=article&id=126&Itemid=201](http://www.kp-velenje.si/index.php?option=com_content&view=article&id=126&Itemid=201) (Dostop: 2.7.2014).

Komunalno podjetje Velenje: Dejavnost čiščenja odpadk. Medmrežje 2: [http://www.kp-velenje.si/index.php?option=com\\_content&view=article&id=125:dejavnost-ienja-odplak&catid=67:odvajanje-in-ienje&Itemid=200](http://www.kp-velenje.si/index.php?option=com_content&view=article&id=125:dejavnost-ienja-odplak&catid=67:odvajanje-in-ienje&Itemid=200) (Dostop: 1.5.2013).

Kurbus, T. (2008). Doktorska disertacija: Razvoj visoko učinkovitega postopka čiščenja odpadnih vod v šaržnem biološkem reaktorju. Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo. Ljubljana.

Miklavčič, J. (2010). Magistrsko delo: Primernost aktivnega blata kot vira ogljika za denitrifikacijo. Biotehniška fakulteta. Ljubljana.

Navodila za obratovanje Centralne čistilne naprave Šaleške doline (2008). Velenje.

Operativni program odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode za obdobje od 2005 do 2017. Medmrežje 3: [http://www.mko.gov.si/fileadmin/mko.gov.si/pageuploads/zakonodaja/varstvo\\_okolja/operativni\\_programi/operativni\\_program\\_komunalne\\_vode.pdf](http://www.mko.gov.si/fileadmin/mko.gov.si/pageuploads/zakonodaja/varstvo_okolja/operativni_programi/operativni_program_komunalne_vode.pdf)

Pipuš, G. (2007). Predstavitev tehnologije biofiltracije. Zbornik referatov: Vodni dnevi 2007. Ljubljana, Slovensko društvo za zaščito voda, str. 54–63.

Roš, M. (2005). Sistemi čiščenja s problematiko odpadnega blata. V: Zbornik referatov vodni dnevi. Ljubljana, Slovensko društvo za zaščito voda, str. 18–26.

Markovič T.: Primerjava usedanja primarnega in sekundarnega blata na Centralni čistilni napravi Šaleške doline. Visoka šola za varstvo okolja, Velenje 2015.

---

Roš, M., Zupančič, D. (2010). Čiščenje odpadnih voda. Velenje, Visoka šola za varstvo okolja.

Roš, M. (2001). Biološko čiščenje odpadne vode. Ljubljana, GV založba.

Štramcar, A. (2008). Diplomsko delo: Preskusno obratovanje biološke stopnje čiščenja na Centralni čistilni napravi Šaleške doline. Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo. Maribor.

Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz komunalnih čistilnih naprav (Ur. l. RS, št. 45/2007).

## PRILOGE

Preglednica: Vremenske razmere (marec-junij 2013). (Vir: Avtor, 2013).

DAN	VREMENSKE RAZMERE	DAN	VREMENSKE RAZMERE
12. 3. 2013	Oblačno	26. 4. 2013	Oblačno
13. 3. 2013	Oblačno	29. 4. 2013	Oblačno
18. 3. 2013	Oblačno	30. 4. 2013	Oblačno
19. 3. 2013	Delno jasno	6. 5. 2013	Jasno
20. 3. 2013	Sneži	8. 5. 2013	Jasno
21. 3. 2013	Sončno	9. 5. 2013	Sončno
22. 3. 2013	Sončno	10. 5. 2013	Dežuje
25. 3. 2013	Sneži	13. 5. 2013	Oblačno
26. 3. 2013	Sneži	14. 5. 2013	Sončno
27. 3. 2013	Sneži	15. 5. 2013	Dežuje
28. 3. 2013	Oblačno	16. 5. 2013	Sončno
29. 3. 2013	Dežuje	17. 5. 2013	Oblačno
2. 4. 2013	Oblačno/ dežuje	20. 5. 2013	Jasno
3. 4. 2013	Oblačno/ dežuje	22. 5. 2013	Oblačno
4. 4. 2013	Delno jasno	23. 5. 2013	Oblačno
5. 4. 2013	Oblačno	24. 5. 2013	Dežuje
8. 4. 2013	Sončno	27. 5. 2013	Oblačno
9. 4. 2013	Jasno	28. 5. 2013	Oblačno
10. 4. 2013	Dežuje	29. 5. 2013	Jasno

Markovič T.: Primerjava usedanja primarnega in sekundarnega blata na Centralni čistilni napravi Šaleške doline. Visoka šola za varstvo okolja, Velenje 2015.

---

<b>DAN</b>	<b>VREMENSKE RAZMERE</b>	<b>DAN</b>	<b>VREMENSKE RAZMERE</b>
11. 4. 2013	Sončno	30. 5. 2013	Dežuje
12. 4. 2013	Oblačno	31. 5. 2013	Dežuje
15. 4. 2013	Oblačno	3. 6. 2013	Oblačno
16. 4. 2013	Oblačno	4. 6. 2013	Oblačno
17. 4. 2013	Sončno	5. 6. 2013	Jasno
18. 4. 2013	Sončno	6. 6. 2013	Sončno
19. 4. 2013	Sončno	7. 6. 2013	Sončno
22. 4. 2013	Sončno	10. 6. 2013	Jasno
23. 4. 2013	Sončno	11. 6. 2013	Dežuje
24. 4. 2013	Sončno	12. 6. 2013	Sončno
25. 4. 2013	Sončno		