

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Čepon, U., 2013. Analiza delovanja čistilnih naprav za odpadne vode pri planinskih kočah. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Kompare, B., somentorica Griessler Bulc, T.): 100 str.

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



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

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

This is original version of final thesis.

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

Čepon, U., 2013. Analiza delovanja čistilnih naprav za odpadne vode pri planinskih kočah. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Kompare, B., co-supervisor Griessler Bulc, T.): 100 pp.

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



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

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ
VODARSTVA IN
KOMUNALNEGA
INŽENIRSTVA

Kandidat:

URBAN ČEPON

**ANALIZA DELOVANJA ČISTILNIH NAPRAV ZA
ODPADNE VODE PRI PLANINSKIH KOČAH**

Diplomska naloga št.: 213/VKI

**PERFORMANCE ANALYSIS OF WASTEWATER
TREATMENT PLANTS FOR MOUNTAIN LODGES**

Graduation thesis No.: 213/VKI

Mentor:

prof. dr. Boris Kompare

Predsednik komisije:

doc. dr. Dušan Žagar

Somentorica:

doc. dr. Tjaša Griessler Bulc

Ljubljana, 25. 10. 2013

STRAN ZA POPRAVKE (ERRATA)

Stran z napako	Vrstica z napako	Namesto	Naj bo

IZJAVE

Podpisani Urban Čepon izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom:

»Analiza delovanja čistilnih naprav za odpadne vode pri planinskih kočah«.

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

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v repozitoriju UL FGG.

Ljubljana, 2.10. 2013

Urban Čepon

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN Z IZVLEČKOM

UDK: 696.139:628.287 (043.2)

Avtor: Urban Čepon

Mentor: prof. dr. Boris Kompare

Somentorica: doc. dr. Tjaša Griessler Bulc

Naslov: Analiza delovanja čistilnih naprav za odpadne vode pri planinskih kočah

Tip dokumenta: Diplomaska naloga – univerzitetni študij

Obseg in oprema: 100 str., 27 sl., 38 pregl., 8 graf., 2 pril.

Ključne besede: čistilna naprava za odpadno vodo, čistilna naprava, planinske kočeh, zakonodaja, fizikalno-kemijske meritve, kemijske analize

IZVLEČEK

Diplomska naloga temelji na samostojni izvedbi terenskih fizikalno-kemijskih meritev ter vzorčenj in kemijskih analiz odpadne vode na sedmih izbranih čistilnih napravah pri planinskih kočah. Na vsaki napravi so bili izvedeni trije krogi zimskih meritev, vzorčenj in analiz ter dva kroga poletnih. Skupaj je bilo izvedenih 200 ur terenskih raziskav v gorskem svetu. Pred tem je bilo potrebno izvesti popis vseh čistilnih naprav na kočah Planinske zveze Slovenije, na podlagi katerega je bil izbran reprezentativni vzorec čistilnih naprav za nadaljnjo raziskavo.

Naloga tudi širše poseže v slovenski prostor z natančnim, analitskim pregledom zakonodaje o malih komunalnih čistilnih napravah (v nadaljevanju MKČN). Izsledki so splošni za vse MKČN v Sloveniji, posebej pa so poudarjene ugotovitve v povezavi z gorskim svetom.

Analiziranih je 20 parametrov vtočnih in iztočnih vrednosti sedmih čistilnih naprav, lociranih širom Slovenije, na katerih temeljijo predlogi izboljšav za posamezne čistilne naprave. Z analizo tako velikega števila parametrov vtočnih kot tudi iztočnih vrednosti je sama naloga bogat vir podatkov za nadaljnje študije čistilnih naprav na občutljivih območjih.

Poleg konkretnih predlogov izboljšav, so v diskusiji podani predlogi in odprta vprašanja za izboljšanje slovenske zakonodaje o MKČN, predlogi za projektante in proizvajalce čistilnih naprav, ter predlogi za izboljšanje in poenotenje terenskih meritev in vzorčenj. Podani so tudi nasveti vsem bodočim investitorjem čistilnih naprav v gorskem svetu.

BIBLIOGRAFIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT**UDC:** 696.139:628.287 (043.2)**Author:** Urban Čepon**Supervisor:** Prof. Boris Kompare, Ph.D**Co-advisor:** Assist. Prof. Tjaša Griessler Bulc, Ph.D**Title:** Performance analysis of wastewater treatment plants for mountain lodges**Document type:** Graduation Thesis – University studies**Notes:** 100 p., 27 fig., 38 tab., 8 graph., 2 ann.**Key words:** Wastewater treatment plant, sewage plants, alpine environment, mountain lodges, legislation**ABSTRACT**

The thesis is based on independent chemical analyses, on-site analyses and field sampling. It includes seven selected wastewater treatment plants at mountain lodges. At each plant the author conducted three sets of winter analyses and two sets of summer analyses. The research includes 200 hours of field work in the mountains. Before conducting the analyses it was necessary to catalogue all wastewater treatment plants at Slovenian Alpine Association's mountain lodges and on this basis choose a representative sample of wastewater treatment plants for further research.

The thesis interferes widely with Slovenian environment with exact, analytical review of Slovenian legislation about small wastewater treatment plants. The results are generally applicable to all small wastewater treatment plants while mountain-related are stressed separately.

The thesis monitored 20 parameters at inflow and outflow of wastewater treatment plants all around Slovenia. Propositional improvements for concrete plants are made on this data. The great amount of data acquired in the research is of great help for further scientific research.

The thesis also includes proposals and questions for improvement of Slovenian legislation, proposals for wastewater treatment plants producers as well as proposals to improve and to make on-site samplings and measures uniform. It also includes proposals for further investors of wastewater treatment plants in mountain environment.

ZAHVALA

Rad bi se zahvalil:

mentorju prof. dr. Borisu Komparetu in somentorici doc. dr. Tjaši Griessler Bulc za možnost opravljanja raziskave, za vse komentarje, nasvete in strokovno pomoč,

laborantu Renatu Babiču, ing. kem. teh., za pomoč pri opravljanju kemijskih analiz v laboratoriju Inštituta za zdravstveno hidrotehniko in za vse nasvete glede terenskega dela,

Planinski zvezi Slovenije za omogočen dostop do potrebnih internih podatkov in za podporo diplomski nalogi,

planinskim društvom (PD Krka Novo mesto, PD Vrhnika, PD Škofja Loka, PD Radovljica, PD za Selško dolino Železniki, PD Sovodenj in PD »Lisca« Sevnica), ki so dovolila izvajanje raziskave na njihovih čistilnih napravah in vpogleda v projektno dokumentacijo naprav,

osebju komunalnega podjetja Komunala Novo mesto d.o.o. za spremstvo pri izvajanju vzorčenj in meritev na čistilni napravi pri Gospodični na Gorjancih,

vsem šestim podjetjem in proizvajalcem čistilnih naprav za strokovno pomoč in gradivo,

matični fakulteti (UL FGG) za omogočeno uporabo laboratorija in vzorčevalne ter merilne opreme,

kolegom, ki so se z menoj podajali na planinske kočice, ter prijateljem, ki so me bodrili tekom diplomske naloge,

in

staršema, ki mi omogočata študij in vedno podpirata moje zamisli.

KAZALO VSEBINE

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN Z IZVLEČKOM	I
BIBLIOGRAFIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC.....	IX
KAZALO GRAFIKONOV	XI
KAZALO SLIK.....	XII
KAZALO PRILOG	XIII
IZJAVE	I
OKRAJŠAVE	XIV
SLOVAR MANJ ZNANIH BESED IN TUJK	XVI
ZAHVALA	V
1 UVOD	1
1.1 Opredelitev raziskovalnega problema.....	1
1.2 Nameni diplomske naloge	2
2 PREGLED LITERATURE IN STANJA	3
2.1 Slovenska zakonodaja.....	3
2.1.1 Splošno o slovenski zakonodaji.....	3
2.1.2 Osnovni pojmi, kratice	4
2.1.3 Pred gradnjo MKČN	5
2.1.4 Gradbeno dovoljenje	5
2.1.5 Soglasja	7
2.1.6 Gradnja	9
2.1.7 Delovanje MKČN	10
2.1.8 Mejne vrednosti.....	10
2.1.9 Meritve, obratovalni monitoring	11
2.1.10 Odvajanje odpadne vode iz MKČN	13
2.1.11 Blato iz MKČN.....	14
2.1.12 Evidence	16
2.1.13 Evropska zakonodaja	17
2.1.14 Pogled v prihodnost – pričakujoče spremembe	17
2.2 Stanje čistilnih naprav in planinskih koč v slovenskih gorah.....	19
2.3 Splošni opis čistilnih naprav v slovenskih gorah	23
2.3.1 SBR tip čistilne naprave	23
2.3.2 Rastlinska čistilna naprava.....	23

2.3.3 Biološka čistilna naprava tipa precejalnik	24
2.3.4 Biološka čistilna naprava tipa biodisk (potopniki).....	25
2.3.5 Biološka čistilna naprava tipa biofilter.....	26
2.3.6 Biološka čistilna naprava tipa MBBR (Moving Bed Biological Reactor)	26
2.3.7 Biološka čistilna naprava tipa »Sanita«	26
2.3.8 Membranska čistilna naprava.....	27
3 METODE IN MATERIALI.....	29
3.1 Analizirane čistilne naprave in koče.....	29
3.1.1 Kriteriji pri izbiri planinskih koč in pripadajočih ČN.....	29
3.1.2 Čistilna naprava na Ermanovcu	32
3.1.3 Čistilna naprava na Ratitovcu.....	34
3.1.4 Čistilna naprava na Valvasorju pod Stolom	36
3.1.5 Čistilna naprava na Lubniku.....	38
3.1.6 Čistilna naprava pri Zavetišču na Planini.....	40
3.1.7 Čistilna naprava pri Gosposdični na Gorjancih.....	42
3.1.8 Čistilna naprava na Lisci	44
3.2 Terenska vzorčenja in meritve fizikalno-kemijskih parametrov.....	47
3.2.1 Na splošno o vzorčenjih in meritvah fizikalno-kemijskih parametrov.....	47
3.2.2 Terenska vzorčenja in meritve fizikalno-kemijskih parametrov na ČN na Ermanovcu	50
3.2.3 Terenska vzorčenja in meritve fizikalno-kemijskih parametrov na ČN na Ratitovcu	51
3.2.4 Terenska vzorčenja in meritve fizikalno-kemijskih parametrov na ČN na Valvasorju	52
3.2.5 Terenska vzorčenja in meritve fizikalno-kemijskih parametrov na ČN na Lubniku	53
3.2.6 Terenska vzorčenja in meritve fizikalno-kemijskih parametrov na ČN na Planini nad Vrhniko	54
3.2.7 Terenska vzorčenja in meritve fizikalno-kemijskih parametrov na ČN pri Gosposdični na Gorjancih.....	55
3.2.8 Terenska vzorčenja in meritve fizikalno-kemijskih parametrov na ČN na Lisci	56
3.3 Kemijske analize vzorcev	58
4 REZULTATI.....	59
4.1 Izmerjene vrednosti fizikalno-kemijskih meritev in kemijskih analiz	59
4.2 Rezultati fizikalno-kemijskih meritev in analiz vtočnih in iztočnih vrednosti čistilnih naprav	64
4.2.1 Vrednosti BPK ₅	64
4.2.2 Vrednosti KPK	64

4.2.3	Vrednosti celotnega dušika	65
4.2.4	Vrednosti celotnega fosforja	65
4.2.5	Temperatura odpadne vode	66
4.3	Učinkovitosti čiščenja čistilnih naprav	67
5	DISKUSIJA.....	69
5.1	Učinkovitost delovanja posameznih čistilnih naprav.....	69
5.1.1	ČN na Ermanovcu.....	69
5.1.2	ČN na Ratitovcu	70
5.1.3	ČN na Valvasorju	72
5.1.4	ČN na Lubniku	73
5.1.5	ČN na Planini	74
5.1.6	ČN pri Gosposdični na Gorjancih.....	74
5.1.7	ČN na Lisci nad Sevnico	76
5.2	Primerjava vrednosti na iztokih posameznih čistilnih naprav.....	78
5.2.1	Organsko onesnaženje	78
5.2.2	Onesnaženje s celotnim dušikom in celotnim fosforjem	79
5.3	Splošna ocena učinkovitosti čiščenja posameznih čistilnih naprav	81
5.4	Primerjava delovanja čistilnih naprav glede na zimske/letne razmere.....	83
5.5	Primerjava čistilnih naprav tipa SBR glede na zmogljivost (število PE)	83
5.6	Dejansko stanje merilnih mest.....	85
5.6.1	Pomen ustreznega vzorčenja na vtoku v ČN.....	85
5.6.2	Pomen ustreznega vzorčenja na iztoku iz ČN	87
5.6.3	Pomen ustreznosti merilnih mest	88
5.6.4	Izbira pokrovov za jaške pri ČN.....	88
5.7	Ustreznost slovenske zakonodaje o čistilnih napravah v gorskem svetu.....	89
5.7.1	Pomen ustreznosti ocene obratovanja in prvih meritev kot jih določa zakonodaja	89
5.7.2	Pomen ustreznosti zahtevanih parametrov	91
6	SKLEPI.....	92
VIRI.....		94

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Mejne vrednosti emisij iz malih komunalnih čistilnih naprav (vir: priloga uredbe [1])	10
Preglednica 2: Mejne vrednosti za mikrobiološke parametre pri dodatni obdelavi (vir: priloga uredbe [3])	11
Preglednica 3: Seznam planinskih koč s čistilnimi napravami in tip čistilnih naprav (temelji na viru [46]).....	20
Preglednica 4: Pogostost posameznih tipov čistilnih naprav pri planinskih kočah PZS (stanje januar 2013)	22
Preglednica 5: Izbrane čistilne naprave, vključene v analizo	32
Preglednica 6: Osnovni podatki o čistilni napravi na Ermanovcu.....	32
Preglednica 7: Osnovni podatki o čistilni napravi na Ratitovcu	34
Preglednica 8: Osnovni podatki o čistilni napravi na Valvasorju	36
Preglednica 9: Osnovni podatki o čistilni napravi na Lubniku	38
Preglednica 10: Osnovni podatki o čistilni napravi na Planini	40
Preglednica 11: Osnovni podatki o čistilni napravi pri Gospodični na Gorjancih.....	42
Preglednica 12: Osnovni podatki o čistilni napravi na Lisci	44
Preglednica 13: Uporabljene merilne metode	47
Preglednica 14: Analizirani parametri, uporabljene analizne metode in oprema.....	58
Preglednica 15: Čistilna naprava na Ermanovcu - rezultati meritev in kemijskih analiz	59
Preglednica 16: Čistilna naprava na Ratitovcu - rezultati meritev in kemijskih analiz	59
Preglednica 17: Čistilna naprava na Valvasorju - rezultati meritev in kemijskih analiz.....	60
Preglednica 18: Čistilna naprava na Lubniku - rezultati meritev in kemijskih analiz.....	60
Preglednica 19: Čistilna naprava na Planini - rezultati meritev in kemijskih analiz.....	61
Preglednica 20: Čistilna naprava pri Gospodični na Gorjancih - rezultati meritev in kemijskih analiz	61
Preglednica 21: Čistilna naprava na Lisci - rezultati meritev in kemijskih analiz	62
Preglednica 22: Čistilna naprava na Mirni gori - rezultati meritev in kemijskih analiz (izločena po prvem terenskem dnevu)	62

Preglednica 23: Izmerjene vrednosti BPK ₅ na vtoku v čistilno napravo	64
Preglednica 24: izmerjene vrednosti BPK ₅ na iztoku iz čistilne naprave	64
Preglednica 25: Izmerjene vrednosti KPK na vtoku v čistilno napravo.....	64
Preglednica 26: Izmerjene vrednosti KPK na iztoku iz čistilne naprave	65
Preglednica 27: Izmerjene vrednosti TN na vtoku v čistilno napravo	65
Preglednica 28: Izmerjene vrednosti TN na iztoku iz čistilne naprave	65
Preglednica 29: Izmerjene vrednosti TP na vtoku v čistilno napravo	66
Preglednica 30: Izmerjene vrednosti TP na iztoku iz čistilne naprave.....	66
Preglednica 31: Temperatura odpadne vode na vtoku in iztoku v/iz čistilne naprave	66
Preglednica 32: Učinkovitost čiščenja čistilnih naprav in temperatura vode, prvi krog analiz	67
Preglednica 33: Učinkovitost čiščenja čistilnih naprav in temperatura vode, drugi krog analiz	67
Preglednica 34: Učinkovitost čiščenja čistilnih naprav in temperatura vode, tretji krog analiz	67
Preglednica 35: Učinkovitost čiščenja čistilnih naprav in temperatura vode, četrti krog analiz	67
Preglednica 36: Učinkovitost čiščenja čistilnih naprav in temperatura vode, peti krog analiz	68
Preglednica 37: Povprečna učinkovitost čiščenja čistilnih naprav.....	68
Preglednica 38: Vrednosti KPK in BPK ₅ izmerjene na iztoku iz čistilne naprave na Ermanovcu.....	90

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Povprečne vrednosti učinkovitosti čiščenja organskega onesnaženja.....	75
Grafikon 2: Primerjava vrednosti BPK ₅ na iztoku čistilnih naprav, po posameznih krogih.....	78
Grafikon 3: Primerjava vrednosti KPK na iztoku čistilnih naprav, po posameznih krogih.....	79
Grafikon 4: Vrednosti celotnega dušika na iztoku posameznih čistilnih naprav, po posameznih krogih.....	80
Grafikon 5: Vrednosti celotnega fosforja na iztoku posameznih čistilnih naprav, po posameznih krogih.....	80
Grafikon 6: Povprečne vrednosti učinkovitosti čiščenja.....	82
Grafikon 7: Primerjava čistilnih naprav, tipa SBR glede na vrednost BPK ₅	84
Grafikon 8: Primerjava čistilnih naprav, tipa SBR glede na vrednost KPK.....	84

KAZALO SLIK

Slika 1: Planinske kočice v Sloveniji (vir: spletna stran PZS [24])	19
Slika 2: Mala čistilna naprava tipa precejalnik (vir [12])	25
Slika 3: Biodisk (vir [56]).....	26
Slika 4: Primer ČN »Sanita« (vir [57]).....	27
Slika 5: Primerjava MBR - klasična tehnologija (vir [58])	28
Slika 6: Lebdeči nosilec, vir [51]	34
Slika 7: Shema ČN na Ermanovcu, vir [51]	34
Slika 8: Izravnalni bazen z modrimi tipali ob strani	36
Slika 9: ČN pri Valvasorjevem domu	38
Slika 10: Časovna razporeditev sekvenc, ČN na Valvasorju (vir [30])	38
Slika 11: Vgradnja ČN na Planini (vir fotografije: [38]).....	41
Slika 12: Rastlinska čistilna naprava na Lisci (vir: [41])	46
Slika 13: Izvajanje meritev na iztoku, Ratitovec 3. marec 2013	48
Slika 14: Vzorčenje na iztoku, ČN na Ratitovcu, 3. februar 2013.....	49
Slika 15: Merilno mesto iztok, ČN Ratitovec, 24. marec 2013	50
Slika 16: Tloris ČN na Ermanovcu z označenimi merilnimi mesti (po viru [26]).....	51
Slika 17: Tloris ČN na Ratitovcu. S številkami so označeni pokrovi.....	52
Slika 18: Stranski ris ČN na Valvasorju z označenimi merilnimi mesti (vir [47])	52
Slika 19: Iztok na ČN na Lubniku. Na sliki vidna posoda (1,5l) - vzorec očiščene odpadne vode.....	53
Slika 20: Merilni mesti na ČN na Lubniku (vir slike [48]).....	54
Slika 21: Merilni mesti na ČN na Planini. Z rdečim krogom je označeno mesto, kjer se vzorči in meri odpadno vodo na iztoku iz ČN (vir [49]).....	55
Slika 22: Shema merilnih mest na ČN pri Gospodični na Gorjancih	56
Slika 23: Zajemanje vzorca na iztoku iz ČN pri Gospodični na Gorjancih.....	56
Slika 24: Shema RČN na Lisci z označenimi merilnimi mesti	57
Slika 25: Merilni jašek/merilno mesto iztok, Ratitovec, 3. 3. 2013.....	71
Slika 26: Zdrs ob ČN na Lisci, obrobjen z rdečo črto. 21. 5. 2013	77

Slika 27: Primer okroglega betonskega pokrova s kovinskimi izvlečnimi držali na Lisci..... 89

SEZNAM PRILOG

PRILOGA A: Opis analitskih metod A.1

PRILOGA B: Fotodokumentacija B.1

OKRAJŠAVE

MKČN = mala komunalna čistilna naprava

ČN = čistilna naprava

MBR = membranska čistilna naprava

MBBR = »Moving Bed Biological Reactor«

SBR = sekvenčni biološki reaktor

RČN = rastlinska čistilna naprava

PE = populacijski ekvivalent

PD = planinsko društvo

PZS = Planinska zveza Slovenije

TNP = Triglavski narodni park

m.n.m. = metrov nad morjem

KCl (aq) = raztopina kalijevega klorida

KPK = kemijska potreba po kisiku

BPK₅ = biokemijska potreba po kisiku po 5 dneh

TSS = skupne neraztopljene snovi

OSS = organske neraztopljene snovi

ASS = anorganske neraztopljene snovi

NH₄⁺-N = amonijev dušik izražen v obliki dušika v mg/l

NO₃⁻-N = nitratni dušik izražen v obliki dušika v mg/l

NO₂⁻-N = nitritni dušik izražen v obliki dušika v mg/l

TN = celotni dušik

TKN = Celotni dušik po Kjeldahlu

ON = organski dušik

TP = celotni fosfor

$\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ = ortofosfat izražen v obliki fosforja v mg/l

MDK = mejna dopustna koncentracija

SLOVAR MANJ ZNANIH BESED IN TUJK

Čistilna naprava = infrastruktura za čiščenje odpadnih voda na podlagi različnih kemijskih, bioloških in fizikalnih postopkov. V diplomski nalogi se zveza čistilna naprava nanaša na čistilne naprave za čiščenje komunalnih odpadnih voda.

Komunalna čistilna naprava = čistilna naprava za čiščenje komunalnih odpadnih voda.

Populacijska enota = enota s katero se izrazi hidravlično zmogljivost čistilne naprave. 1 PE je enak 150 l/dan oziroma 60 g BPK₅/dan.

Mala komunalna čistilna naprava = (kot navedeno v uredbi [1]) naprava za čiščenje komunalne odpadne vode z zmogljivostjo čiščenja, manjšo od 2000 populacijskih ekvivalentov. V njej se odpadna voda čisti z biološko razgradnjo.

Centralna čistilna naprava = večja komunalna čistilna naprava (primer: centralna čistilna naprava Ljubljana).

Biomasa = biofilm = skupek organizmov prisotnih v čistilni napravi, ki preko biološke razgradnje čisti odpadno vodo.

Blato = preostalo obdelano ali neobdelano blato iz čistilnih naprav za čiščenje odpadnih voda, tudi iz greznic (povzeto po uredbi [2]).

Planinska koča = v diplomski nalogi se pojem planinska koča nanaša na planinske kočice, upravljane s strani planinskih društev, včlanjenih v Planinsko zvezo Slovenije.

Ponikovalnica = infrastruktura za ponikanje vode.

1 UVOD

1.1 Opredelitev raziskovalnega problema

Planinska društva v okviru Planinske zveze Slovenije (v nadaljevanju PZS) upravljajo s 176 planinskimi kočami, ki planincem v visokogorju in sredogorju poleg hrane, vode in prenočišč zagotavljajo tudi higienski minimum. Obiskovalci planinskih koč povzročajo nastajanje odpadnih voda, ki jih je potrebno, pred izpustom v ranljivi gorski svet, očistiti. Od vseh planinskih koč je januarja 2013 le 38 koč (vir [46]) imelo urejeno čiščenje komunalne odpadne vode. Zato v bližnji prihodnosti planinska društva (v nadaljevanju PD) načrtujejo izgradnjo večjega števila čistilnih naprav za odpadno vodo (v nadaljevanju ČN) pri planinskih kočah.

Pri projektiranju in izbiri ustrezne ČN za konkretne lokacije se PD in projektanti soočajo s težkimi odločitvami, predvsem zaradi težkega predvidevanja porabe in sestave odpadne vode v planinskih kočah kot tudi zaradi specifičnih lokalnih pogojev v gorskem svetu. V idealnih pogojih mikroorganizmi kot glavni vršitelji čiščenja v ČN delujejo v stalnem temperaturnem okolju nad 10 °C pri stalnem dotoku odpadne vode in s tem hranil za njihovo delovanje. Po eni strani so planinske kočice zelo neenakomerno obremenjene, včasih celo zapuščene več mesecev, kar se izraža v izrazitem nihanju dotoka odpadne vode v ČN. Po drugi strani so biološki procesi pri čiščenju odpadne vode in presnovi blata odvisni od temperature, ki zaradi težjih gorskih vremenskih razmer zelo niha, saj pozimi lahko prihaja celo do zmrzovanja in prekinitve čiščenja. Pri čiščenju odpadnih voda nastaja odvečno blato, ki ga moramo ustrezno obdelati in odložiti v bližini mesta nastanka ali ga ustrezno pripraviti za prevoz v dolino na centralno ČN. Poleg osnovnih naštetih problemov se pri izbiri ustrezne ČN pojavljajo tudi vprašanja dostopnosti do planinske kočice, potrebne električne energije za delovanje ČN, zakonodajnih omejitev, strukture in porabe vode v planinskih kočah in nenazadnje večje ranljivosti gorskega okolja.

Obstoječe ČN pri planinskih kočah delujejo po principu različnih tehnologij, so različnih zmogljivosti, nameščene na različnih nadmorskih višinah, geografskih lokacijah in posamezno, sinergistično ali neodvisno od naštetih parametrov dosegajo različne rezultate čiščenja odpadne vode. Poleg tega slovenska zakonodaja glede ČN v gorah temelji na več kot 10 uredbah, pravilnikih in zakonih, ki se pogosto spreminjajo, kar dodatno otežuje delo PD in projektantov.

PZS, ki ima status organizacije v javnem interesu na področju ohranjanja narave, želi svojim društvom v prihodnje ponuditi boljšo strokovno pomoč pri izbiri ČN, pri čemer nima ustreznih kadrovskih in tehnoloških zmogljivosti za izvedbo strokovne analize obstoječih naprav.

1.2 Nameni diplomske naloge

Glede na opredeljeni problem smo želeli v diplomski nalogi prikazati dejansko stanje delovanja in učinkovitost čiščenja obstoječih ČN pri planinskih kočah. Na podlagi lokalnih značilnosti planinskih koč in v okviru tehnoloških, laboratorijskih in drugih zmogljivosti smo želeli določiti reprezentativni vzorec ČN za nadaljnjo analizo. Potrebno je bilo pridobiti podatke za nadaljnjo analizo: podatke o napravah in lokalnih značilnostih kot tudi izvajanje fizikalno-kemijskih meritev, vzorčevati na izbranih ČN in izvajanje kemijskih analiz. Skupaj se je merilo in analiziralo kar 20 različnih parametrov, tako na vtoku kot tudi na iztoku ČN.

Podlaga za primerjavo rezultatov analize so mejne dopustne koncentracije, opredeljene v slovenski zakonodaji (več v poglavju 2.1). V okviru diplomske naloge smo zato želeli tudi podrobno spoznati in razčleniti zakonodajo o ČN v gorah, ki jo je potrebno upoštevati pri nadaljnjih predlogih izboljšav pri načrtovanju, gradnji in obratovanju ČN. Nadaljnji nameni naloge so bili ugotoviti učinkovitost njihovega delovanja pozimi (v primerjavi s poletjem), izračunati učinkovitost čiščenja, izdelati predloge izboljšav delovanj posameznih ČN ter izdelati splošne predloge glede vzorčenj in izvajanja meritev.

Naloga je vključevala veliko vpletenih. Obsegala je pridobivanje informacij o izbranih ČN s pomočjo PD, PZS, proizvajalcev in projektantov naprav, 19 dni izvajanja standardiziranih kemijskih analiz vzorcev odpadne vode v laboratoriju UL FGG, obdelavo rezultatov, oblikovanje predlogov izboljšav in 200 ur samostojnega terenskega dela (vzorčenje in meritve) na 7 različnih ČN pri planinskih kočah širom Slovenije.

Hipoteze, ki smo jih želeli potrditi ali ovreči so:

1. Različni tipi čistilnih naprav dosegajo različne stopnje učinkovitosti čiščenja pri različnih parametrih.
2. Membranska čistilna naprava, glede na vgrajeno tehnologijo, najbolje čisti organsko onesnaženje (KPK in BPK₅).
3. Čistilne naprave pozimi ne dosegajo mejnih dopustnih koncentracij in imajo nižjo stopnjo učinkovitosti čiščenja zaradi nizkih temperatur.
4. Poenoteno vzorčenje in izvajanje meritev je možno na vseh čistilnih napravah.
5. Čistilne naprave z večjo zmogljivostjo (število PE) delujejo bolj učinkovito in stabilno.
6. Slovenska zakonodaja o malih čistilnih napravah v gorskem svetu je okoljsko ustrezna in ne predstavlja ovire pri odločitvi za izgradnjo čistilne naprave.

2 PREGLED LITERATURE IN STANJA

2.1 Slovenska zakonodaja

O zakonodaji o ČN v slovenskih gorah sem pisal tudi v seminarju Čistilne naprave na planinskih kočah - zakonodaja, lokalni pogoji pri izbiri čistilne naprave in neizkoriščene dobre prakse. Ključne izsledke navajam v tem poglavju.

2.1.1 Splošno o slovenski zakonodaji

Za vsako znanstveno delo so ključni osnovni podatki, na katerih temelji znanstveno delo. Zato sem velik del časa porabil za iskanje, raziskavo in obdelavo virov, literature in ostalih podatkov. Zaradi lažjega in tekočega branja ter pogostega sklicevanja na posamezne uredbe, je poleg uredb v oglatih oklepajih navedena tudi številka vira. Slovenski predpisi, ki urejajo področje malih čistilnih naprav, so naslednji:

- Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz malih komunalnih čistilnih naprav (UL RS 98/2007 in UL RS 30/2010) [1],
- Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod v vode in javno kanalizacijo (UL RS 47/2005 in UL RS 64/2012) [2],
- Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz komunalnih čistilnih naprav (UL RS 45/2007, 63/2009, 105/2010) [3],
- Uredba o odvajanju in čiščenju komunalne in padavinske odpadne vode (UL RS 88/2011) [4],
- Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih voda iz virov onesnaževanja (UL RS 35/1996) [5],
- Pravilnik o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih voda ter o pogojih za njegovo izvajanje (UL RS, 54/2011) [6],

Upoštevani, omenjeni ali razloženi so tudi naslednji predpisi:

- Zakon o varstvu okolja (UL RS 41/2004) [7],
- Uredba o razvrščanju objektov glede na zahtevnost gradnje (UL RS 18/2013) [8],
- Zakon o graditvi objektov (UL RS 120/2004) [9] in njegovi podakti,
- Zakon o varstvu kulturne dediščine (UL RS 16/2008) [10],
- osnutek Uredbe o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz malih komunalnih čistilnih naprav (www.mko.gov.si, december 2012) [11],
- Zakon o ohranjanju narave (UL RS 96/2004) [18],

- Uredba o vrstah posegov v okolje, za katere je treba izvesti presojo vplivov na okolje. (UL RS 78/2006) [19],
- Uredba o uporabi blata iz komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu [21].

2.1.2 Osnovni pojmi, kratice

Za pravilno razumevanje podane snovi je potrebno razumeti nekatere osnovne pojme in kratice. Predstavljene so definicije, kot so zapisane v zakonih.

MKČN = mala komunalna čistilna naprava (kot navedeno v uredbi [1]) je naprava za čiščenje komunalne odpadne vode z zmogljivostjo čiščenja, manjšo od 2000 populacijskih ekvivalentov. V njej se odpadna voda čisti z biološko razgradnjo na naslednji način:

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

Za MKČN z zmogljivostjo manjšo od 50 populacijskih enot je primerna tudi MKČN izdelana v skladu s standardi od SIST EN 12566-1 do SIST EN 12566-5. Pri teh potrebujemo pri iztoku v površinsko vodo filtrirno napravo, pri iztoku v podzemno vodo pa moramo poskrbeti za posredno infiltracijo v tla.

PE = populacijski ekvivalent (definiran v uredbi [2]) je enota za obremenjevanje vode, izražena z biokemijsko potrebo po kisiku (v nadaljnjem besedilu: BPK₅). 1 PE je enak 60 g BPK₅ na dan.

Komunalna odpadna voda je odpadna voda, ki nastaja v bivalnem okolju gospodinjstev zaradi rabe vode v sanitarnih prostorih, pri kuhanju, pranju in drugih gospodinjstevskih opravilih (po uredbi [2]). V to kategorijo spadajo vse odpadne vode iz planinskih koč.

Neposredno odvajanje v podzemne vode je vnos onesnaževal v podzemno vodo brez precejanja skozi zemljino ali kamnine, ki so pod površjem tal (citirano iz uredbe [2]). Ta pojem se pojavlja kot zahteva pri nekaterih MKČN. Posredno odvajanje se tako zagotovi preko ponikovalnice, ponikovalnih jarkov, različnih filtrov ali membran.

Blato je preostalo obdelano ali neobdelano blato iz čistilnih naprav za čiščenje odpadnih voda kot tudi iz greznic (povzeto po uredbi [2]).

Ločevalnik maščob oz. maščobnik je naprava za čiščenje odpadne vode z izločanjem maščob rastlinskega ali živalskega izvora po standardu SIST EN 1825 (po uredbi [2]).

Lovilnik olj je naprava za čiščenje odpadne vode z izločanjem lahkih tekočin po standardu SIST EN 858 (po uredbi [2]).

Usedalnik je gradbeni proizvod, namenjen izločanju usedljivih snovi zaradi predčiščenja komunalne odpadne vode v mali komunalni čistilni napravi (po uredbi [1]).

2.1.3 Pred gradnjo MKČN

Prvi korak pri reševanju odpadnih voda v gorah je odločitev lastnika ali lastnikov objekta, da izgradijo ČN. Znano je, da si planinska društva želijo problem čiščenja odpadnih voda čim hitreje rešiti. Pri tem jim je v spodbudo dejstvo, da zakonodaja predpisuje časovne roke. Po Uredbi o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz malih komunalnih čistilnih naprav [1] mora biti čiščenje odpadne vode urejeno v MKČN ali nepretočni greznici do:

- 31. decembra 2015, če je obstoječa stavba na prispevnem območju občutljivega območja, na vplivnem območju kopalnih voda ali na vodovarstvenem območju.
- 31. decembra 2017, če obstoječa stavba ni na območjih iz prejšnje alineje.

Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz malih komunalnih čistilnih naprav (UL RS 98/2007) [1] je temeljna uredba, ki ureja male ČN do 2000 PE, kar ne presega zmogljivosti nobene slovenske planinske kočje. Pomemben podatek je zmogljivost MKČN, saj se v zakonodaji postopki za izgradnjo MKČN z zmogljivostjo manjšo od 50 PE ponekod poenostavijo.

Ko se sprejme odločitev za izgradnjo ČN, je najprej potrebno pridobiti lokacijsko informacijo s strani občinske uprave. Zanj se zaprosi z vlogo za izdajo lokacijske informacije. Za izdajo informacije se plača upravno takso v vrednosti 22,66 EUR. Lokacijsko informacijo izda občina, na območju katere se nahaja zemljišče. S tem se zagotovi, da je izgradnja ČN v skladu s prostorskimi plani občine.

2.1.4 Gradbeno dovoljenje

2.1.4.1 Gradbeno dovoljenje za MKČN z zmogljivostjo manjšo od 50 PE

ENOSTAVNI OBJEKTI

Mala komunalna čistilna naprava z zmogljivostjo do 50 PE se uvršča med enostavne objekte po uredbi [8]. Če pogledamo v prilogo 2, uredbe [8], lahko zapišemo, da za gradnjo MKČN z

zmogljivostjo do 50 PE **ni** potrebno pridobiti gradbenega dovoljenja. Še vedno pa moramo izpolnjevati naslednje pogoje:

- investitor ima pravico graditi na zemljišču, kjer bo stala MKČN,
- gradnja MKČN ni v nasprotju s prostorskimi akti (zato vnaprej pridobimo prostorsko informacijo),
- upoštevani so vsi pogoji in zahteve za gradnjo enostavnega objekta.

»Objekti iz prvega in drugega odstavka tega člena, za katere je predpisana pridobitev soglasja v varovalnem pasu ali varovanem območju, se štejejo za enostavne objekte samo pod pogojem, da je tako soglasje pridobljeno.« (6. člen Uredbe [8])

Nepretočna greznica prostornine do vključno 30 m³ se glede na prilogo 2, uredbe [8], klasificira kot enostavni objekt.

NEZAHTEVNI OBJEKTI

Nepretočna greznica velikosti nad 30 m³ do 50 m³ se klasificira pod nezahtevne objekte (vir [8]).

Gradbeno dovoljenje za nezahtevne objekte se izda po skrajšanem postopku. Vlogi za izdajo je potrebno priložiti le (po [14]):

- prikaz lege objekta na zemljišču z odmiki od sosednjih zemljišč,
- značilne prereze ter oblikovanje objekta in terena,
- soglasja pristojnih soglasodajalcev in
- dokazilo o pravici graditi (lastništvo zemljišča ali stavbna pravica).

Dokazilo o pravici graditi določa zakon [9] in sicer kot dokazilo šteje (po zakonu [9]):

- izpisek iz zemljiške knjige, ki nam prikazuje stvarno ali lastninsko pravico, da lahko gradimo na omenjeni nepremičnini,
- notarsko overjena pogodba z dokazilom o vložitvi predloga za vpis pogodbe o pridobitvi lastninske ali kakšne druge stvarne oziroma obligacijske pravice na določeni nepremičnini, ki investitorju dovoljuje gradnjo oziroma izvajanje del na takšni nepremičnini ali
- druga listina, ki v skladu z zakonom izkazuje pravico graditi oziroma izvajati dela na določeni nepremičnini.

2.1.4.2 Gradbeno dovoljenje za MKČN z zmogljivostjo večjo od 50 PE

MKČN zmogljivosti od 50 PE do vključno 200 PE se glede na prilogo 2 uredbe [8] klasificira pod nezahtevne objekte (glejte točko 2.1.5.1 NEZAHTEVNI OBJEKTI).

2.1.5 Soglasja

Za MKČN večje od 50 PE je potrebno gradbeno dovoljenje. Za izdajo le tega moramo pridobiti vsa potrebna dovoljenja oziroma projektne pogoje. Projektne pogoje so pogoji, ki jih določi soglasodajalec za izdelavo projektne dokumentacije. Na podlagi projektne dokumentacije upravna enota izda gradbeno dovoljenje. Zakon [9] določa, da je investitor dolžan pred pričetkom projektiranja pisno pozvati pristojne soglasodajalce, da določijo projektne pogoje.

Pri MKČN, manjših od 50 PE gradbeno dovoljenje ni potrebno, toda to še ne pomeni, da ne potrebujemo nobenih soglasij. Potrebujemo dokumente naštetih v poglavju 2.1.4.1 in tudi soglasja, če so potrebna.

Če bo MKČN stala na območju, ki ima poseben status, potem potrebuje soglasja, ne glede na velikost MKČN. Za nobeno MKČN ni potrebno izvesti presoje vplivov na okolje, saj je to potrebno le za ČN, večje od 150.000 PE (uredba [19]).

Soglasja moramo pridobiti pri državnih in občinskih soglasodajalcih. Če ne vemo ali se nahajamo na zavarovanem območju (naravovarstvenem, okoljevarstvenem ali vodnem) je najbolje, da za ta podatek zaprosimo Agencijo RS za okolje (v nadaljevanju ARSO). Uporabimo lahko tudi spletno aplikacijo Atlas okolja, ki je na voljo na straneh agencije. Če ne vemo, ali je naša koča pod kulturnim varstvom, za informacijo zaprosimo na Zavodu za varstvo kulturne dediščine Slovenije.

2.1.5.1 Naravovarstveno soglasje

Območja, kot navaja Dretnik [13], ki imajo s predpisi na področju ohranjanja narave poseben status in so navedena tudi na spletnih straneh ARSO [17], so naslednja:

- varovana območja: posebna varstvena območja in potencialna posebna varstvena območja – Natura 2000,
- zavarovana območja, določena z akti o zavarovanjih (med drugim tudi Triglavski narodni park),
- območja naravnih vrednot državnega ali lokalnega pomena.

Za graditev MKČN na teh območjih je potrebno pridobiti naravovarstveno soglasje in izpolniti naravovarstvene pogoje.

Poznamo tudi ekološko pomembna območja, toda za gradnjo na teh območjih, naravovarstvenega soglasja ni potrebno pridobiti kot navaja vir [17].

Izdaja naravovarstvenega soglasja in pogojev je oproščena plačila upravne takse.

2.1.5.2 Vodno soglasje

Vodno soglasje je potrebno pridobiti v nekaterih primerih.

Poseg v prostor, ki bi lahko trajno ali začasno vplival na vodni režim ali stanje voda, se lahko izvede samo na podlagi vodnega soglasja, in sicer kot pravi [15] je vodno soglasje potrebno za:

- poseg na vodnem ali priobalnem zemljišču,
- poseg, ki je potreben za izvajanje javnih služb po tem zakonu,
- poseg, ki je potreben za izvajanje vodne pravice,
- poseg na varstvenih in ogroženih območjih,
- **poseg zaradi odvajanja odpadnih voda,**
- **poseg, kjer lahko pride do vpliva na podzemne vode, zlasti bogatenje vodonosnika ali vračanje vode v vodonosnik,**
- hidromelioracijo in drugo kmetijsko operacijo, gozdarsko delo ali drug poseg, zaradi katerega lahko pride do vpliva na vodni režim.

Vodno soglasje preneha veljati, če v dveh letih od dneva, ko je postalo dokončno, ni bila vložena zahteva za izdajo gradbenega dovoljenja oziroma ni bila začeta gradnja ali drug poseg v prostor, če gradbenega dovoljenja po predpisih, ki urejajo graditev objektov, ni treba pridobiti (po [15]).

Vodno soglasje se lahko podaljša na zahtevo investitorja, ki jo lahko poda tri mesece pred prenehanjem njegove veljavnosti. Vodno soglasje se lahko podaljša za največ dve leti, če so izpolnjeni pogoji, ki so ob vložitvi zahteve za podaljšanje vodnega soglasja predpisani za njegovo pridobitev (kot navaja vir [15]).

2.1.5.3 Okoljevarstveno dovoljenje

V uredbi [2] so v 27. členu čistopisa te uredbe navedene izjeme za katere okoljevarstveno dovoljenje ni potrebno.

Okoljevarstveno dovoljenje za MKČN z zmogljivostjo manjšo od 50 PE

Glede na 27. člen uredbe [2], okoljevarstveno dovoljenje **ni potrebno** za MKČN manjšo od 50 PE.

To velja tudi za MKČN, manjše od 50 PE, ki ni gradbeni proizvod z izjavo o skladnosti gradbenega proizvoda, pod pogojem, da je iz strokovne ocene razvidno, da je naprava skladna s predpisi. Prav tako ni potrebno za lovilce olj in maščob, ki se uporabljajo za komunalno odpadno vodo.

Okoljevarstveno dovoljenje za MKČN z zmogljivostjo večjo od 50 PE

Uredba [2] določa, da okoljevarstveno dovoljenje ni potrebno za MKČN z zmogljivostjo enako ali večjo od 50 PE, če ne gre za odvajanje:

- posredno v podzemno vodo,
- na vodovarstvenem območju in
- na vplivnem območju kopalnih voda.

2.1.5.4 Državna soglasja

Uvodoma je potrebno razčistiti besedo soglasodajalec. Soglasodajalec je, kot definira zakon [9], državni organ, organ lokalne skupnosti ali nosilec javnega pooblastila, za katerega je z zakonom ali s predpisom, izdanim na podlagi zakona določeno, da določa projektne pogoje in izdaja soglasja za graditev objektov.

Našteta so soglasja in soglasodajalci, ki **lahko** pridejo v poštev pri gradnji MKČN, odvisno od primera do primera (temu je namenjeno poglavje 2.1.6). Poleg so naštetih soglasodajalci.

- Naravovarstveno soglasje, izda ARSO.
- Dovoljenje za poseg v prostor, izda ARSO.
- Vodno soglasje, izda ARSO.
- Okoljevarstveno dovoljenje, izda ARSO.
- Kulturnovarstveno soglasje, izda Zavod za varstvo kulturne dediščine Slovenije (če se nahajamo na območju kulturne dediščine).

2.1.5.5 Občinska soglasja

Nosilci občinskih javnih pooblastil oziroma občinski soglasodajalci so od občine do občine različne pravne osebe. Vsem je skupno, da je eden od soglasodajalcev občina. Ostali soglasodajalci so izvajalci obveznih občinskih gospodarskih javnih služb – pravne osebe, ki se ukvarjajo z vodovodom, kanalizacijo in občinskimi javnimi cestami. Potrebujemo soglasje občine in pravne osebe, ki se ukvarja s kanalizacijo.

2.1.6 Gradnja

Po izdanih vseh potrebnih soglasjih in dovoljenjih se gradnja lahko začne.

Po zakonu [9] posameznik ali društva lahko v lastni režiji gradi enostavni objekt (glejte poglavje 2.1.5). Lahko gradi tudi MKČN, ki se jo obravnava kot manj zahtevni objekt in izpolnjuje pogoje 79. člena Zakona o gradnji objektov [9].

Projektant, izvajalec in nadzornik morajo biti za to delo usposobljene in registrirane pravne ali fizične osebe.

Za začetek gradnje se šteje, ko je investitor sklenil pisno pogodbo z izvajalcem (75. člen zakona [9]).

Za začetek uporabe nezahtevnih in enostavnih objektov (torej tudi za MKČN z zmogljivostjo manjšo od 50 PE) uporabno dovoljenje ni potrebno (kot navaja [13]).

2.1.7 Delovanje MKČN

Pomembna prepoved v uredbi [1] je prepoved uporabe greznic. Na večini planinskih koč se nepretočne greznice lahko uporabljajo, saj je zapisano, da so dovoljene v uporabo tam, kjer uporaba MKČN tehnično ni izvedljiva zaradi:

- prepovedi odvajanja odpadne vode v vode ali
- posebnih razmer, ki lahko negativno vplivajo na delovanje MKČN, kot so posebne geografske razmere ali nestalno naseljene stavbe.

Naj poudarim, kot je zapisano v delu Male čistilne naprave na območju razpršene poselitve [12], da je nepretočna greznica zaradi praznjenja najdražja možnost pri izbiri čiščenja odpadne vode. Moderne rešitve omogočajo uporabo raznih MKČN in alternativnih rešitev.

V MKČN je po 3. členu uredbe [1] tudi prepovedano odvajati padavinsko odpadno vodo. Na planinskih kočah lahko padavinsko vodo tudi smotrno uporabimo kot vir pitne vode.

2.1.8 Mejne vrednosti

Zakonsko določeni mejni vrednosti za MKČN sta le biokemijska potreba po kisiku (v nadaljevanju BPK₅) in kemijska potreba po kisiku (v nadaljevanju KPK). To sta osnovna parametra odpadne vode za MKČN kot predpisuje pravilnik [6]. Mejni vrednosti sta predstavljeni v spodnji preglednici 1 iz priloge uredbe [1].

Preglednica 1: Mejne vrednosti emisij iz malih komunalnih čistilnih naprav (vir: priloga uredbe [1])

Parameter	Izražen kot	Enota	Mejna vrednost emisije
KPK	O ₂	mg/l	150
BPK ₅	O ₂	mg/l	30

Za mejne vrednosti mikrobioloških parametrov odpadne vode (preglednica 2 in kot je navedeno v uredbi [1]) iz MKČN se uporabljajo mejne vrednosti mikrobioloških parametrov iz uredbe [3]. To pomeni, da se mikrobiološke parametre meri le pri MKČN, ki potrebujejo tudi dodatno obdelavo odpadne vode (odstranjujejo mikrobiološko onesnaženje) – MKČN, ki to potrebujejo so našteje v poglavju 2.1.10.1.

Preglednica 2: Mejne vrednosti za mikrobiološke parametre pri dodatni obdelavi (vir: priloga uredbe [3])

Mikrobiološki parameter	Enota	Mejna vrednost	
		Vodotoki	Morje
Intestinalni enterokoki	cfu/100 ml	400	200
Escherichia coli	cfu/100 ml	1000	500

2.1.9 Meritve, obratovalni monitoring

Ločiti moramo pojme prve meritve, obratovalni monitoring in ocena obratovanja MKČN.

Osnovna uredba [1] predpisuje, da se prve meritve emisije snovi pri odvajanju odpadne vode iz MKČN izvedejo v skladu s pravilnikom [6]. Pravilnik [6] predpisuje meritev dveh osnovnih parametrov in dodatne parametre. Dodatne parametre se meri, če je to potrebno (glejte poglavje 2.1.10.1.)

Prve meritve se izvedejo po prvem zagonu nove MKČN in po vsaki večji spremembi obratovanja. Pravilnik [6] tudi zapiše: »Če rezultati meritev kateregakoli od parametrov, razen mikrobioloških parametrov, presegajo mejno vrednost, je treba meritev ponoviti v celotnem obsegu parametrov.« Vedno se meri tudi količino odpadne vode med vzorčenjem.

2.1.9.1 Prve meritve in obratovalni monitoring za MKČN z zmogljivostjo večjo od 50 PE

Za MKČN z zmogljivostjo večjo od 50 PE je potrebno gradbeno dovoljenje, zato se prve meritve izvedejo med poskusnim obratovanjem (to velja tudi za nepretočne greznice, saj za njih potrebujemo gradbeno dovoljenje!).

Če med postopkom izdaje dovoljenja za gradnjo ni predpisano poskusno obratovanje, se prve meritve izvede ne prej kot v treh mesecih in ne pozneje kot v devetih mesecih po vzpostavitvi stabilnih obratovalnih razmer. Vzorči se na vtoku in iztoku iz MKČN. Oba vzorca sta potrebna za izračun učinka čiščenja. Prve meritve se izvajajo v enakomernih časovnih presledkih, ki niso krajši od desetih dni in v času, ko je obratujoča naprava ali čistilna naprava polno obremenjena.

Za MKČN med 50 in 1000 PE se vzorči dve uri in potrebni sta dve prvi meritvi, v razmiku več kot deset dni. Za MKČN med 1000 in 2000 PE se vzorči šest ur in potrebni sta dve prvi meritvi, v razmiku več kot deset dni. Pri MKČN, za katere ni potrebno okoljevarstveno dovoljenje je potrebna le ena prva meritev.

Kjer so potrebni mikrobiološki vzorci se vzame trenutni vzorec.

Pri čistilnih napravah med 50 in 200 PE potrebujemo za obratovalni monitoring dve meritvi vsako tretje leto, pri MKČN med 200 in 1000 PE dve meritvi vsako drugo leto in pri MKČN med 1000 in 2000 MKČN dve meritvi vsako leto. Meri se KPK in BPK₅. Prvi obratovalni monitoring mora biti izveden prvo naslednje leto po opravljenih prvih meritvah (prve meritve ne štejejo kot obratovalni monitoring, povzeto po pravilniku [6]). Poznamo še nekaj izjem, ki so naštetje v pravilniku [6].

Če je za odmero okoljske dajatve potrebno meriti učinek čiščenja, se meri tudi KPK na vtoku v MKČN.

2.1.9.2 Prve meritve in obratovalni monitoring za MKČN manjšo od 50 PE, z izjavo o skladnosti

Za MKČN, manjšo od 50 PE, ki ima kot gradbeni proizvod izjavo o skladnosti, da ustreza standardom 12566-1 do 12566-5 in je izdana v skladu s predpisom, ki ureja potrjevanje skladnosti in označevanje gradbenih proizvodov, se namesto prvih meritev in namesto obratovalnega monitoringa izdelava ocena obratovanja MKČN (povzeto po [1] in [13]).

Z oceno obratovanja MKČN je treba preveriti:

- način nastajanja in zbiranja komunalne odpadne vode, ki se odvaja v MKČN, ter odvajanja očiščene komunalne odpadne vode v zvezi s prepovedmi in omejitvami iz uredbe [1] (glejte poglavje 2.1.10),
- nazivno zmogljivost MKČN glede na količino komunalne odpadne vode, ki se odvaja vanjo, to pomeni, da je dimenzionirana na pravilno število PE,
- izpolnjevanje pogojev glede ustreznega čiščenja komunalne odpadne vode iz 4. člena uredbe [1],
- dokazila o skladnosti MKČN s standardi SIST EN 12255-5 do 7 ali SIST EN 12566-1 do 12566-5, ki morajo biti izdana v skladu s predpisom, ki ureja potrjevanje skladnosti in označevanje gradbenih proizvodov,
- hrambo podatkov in sicer upravljavec mora hraniti dokumentacijo o opravljenih delih na MKČN, podatke o ravnanju z blatom in podatke o izrednih dogodkih (po uredbi [1]).

Oceno obratovanja v vsakem primeru izdelata izvajalec javne službe za vsako MKČN na območju občine. Ceno ocene določi občina (po uredbi [1]) glede na predpis, ki ureja oblikovanje cen obveznih občinskih gospodarskih javnih služb varstva okolja.

2.1.9.3 Prve meritve in obratovalni monitoring za MKČN manjšo od 50 PE, ki nima izjave o skladnosti

Prve meritve predpisuje pravilnik [6] in sicer se prve meritve izvede ne prej kot v treh mesecih in ne pozneje kot v devetih mesecih po vzpostavitvi stabilnega delovanja MKČN. Meritve se izvajajo le na iztoku iz MKČN. Vzame se en, trenutni vzorec. Meri se KPK in BPK₅.

Namesto obratovalnega monitoringa se prav tako izdelata oceno obratovanja. Za izdelavo ocene obratovanja se uporabi rezultate prvih meritev.

2.1.10 Odvajanje odpadne vode iz MKČN

Voda na iztoku iz MKČN ni stoo odstotno čista, zato je pomembno, kam vodimo iztok. Tu se največkrat pojavijo nepravilnosti, saj je voda na pogled velikokrat čista ni pa nujno ustrezna za zalivanje, pranje ali drugo ponovno uporabo. Po uredbi [1] je komunalno odpadno vodo iz MKČN dovoljeno odvajati:

1. Posredno v podzemno vodo, razen na območju, ki je:

- najozje vodovarstveno območje po predpisih, ki urejajo vode,
- ožje ali širše vodovarstveno območje, če tako odvajanje komunalne odpadne vode prepoveduje predpis, ki ureja na teh območjih vodovarstveni režim,
- manj kot 600 m oddaljeno od obale naravnega jezera, razen presihajočega,
- manj kot 600 m oddaljeno od obale umetnega jezera,
- manj kot 300 m oddaljeno od obale kopalne vode.

2. Neposredno v celinsko površinsko vodo, razen v celinsko površinsko vodo, ki je:

- namenjena pripravi pitne vode,
- kopalna voda,
- vodotok na območju manj kot 300 m od obale ali gorvodne meje kopalne vode,
- voda naravnega ali umetnega jezera, razen presihajočega,
- voda vodnega objekta za zadrževanje voda,
- vodotok na vodovarstvenem območju, če tako odvajanje komunalne odpadne vode prepoveduje predpis, ki ureja na tem območju vodovarstveni režim.

3. Neposredno v morje ali rečno ustje izven kopalnih voda.

Nadalje uredba [1] piše, da se za ustrezno odvajanje in čiščenje komunalne odpadne vode v MKČN šteje, če:

- so upoštewane prepovedi in omejitve pri odvajanju in čiščenju komunalne odpadne vode (glejte prejšnjo stran) v skladu s predpisi, ki urejajo varstvo okolja in vode,
- očiščena komunalna odpadna voda ustreza zahtevam glede mejnih vrednosti emisij (glejte poglavje 2.1.10) in dodatne obdelave v skladu s tem členom (glejte poglavje 2.1.11.1),
- MKČN obratuje v skladu z določbami uredbe [1].

Na področju kraških in razpoklinskih vodonosnikov mora biti zagotovljeno ponikanje preko objekta za ponikanje. Prostornina le tega mora biti najmanj enaka povprečni dnevni količini odpadne vode. Med dnom objekta za ponikanje in najvišjo gladino podzemne vode pa se mora nahajati plast neomočenih sedimentov ali kamnin ali filtrnega materiala, debeline najmanj 1 m (povzeto po 4. členu [1]).

2.1.10.1 Odvajanje odpadne vode za MKČN z zmogljivostjo manjšo/večjo od 50 PE

Naj povzamemo dva odstavka 4. člena uredbe [1].

Pri posrednem odvajanju v podzemno vodo na vplivnem območju kopalnih voda mora biti komunalna odpadna voda dodatno obdelana na način, pri katerem mejne vrednosti za mikrobiološke parametre na iztoku niso presežene. To ni potrebno, če gre za MKČN z zmogljivostjo manjšo od 50 PE.

Pri neposrednem odvajanju v tekočo celinsko površinsko vodo na vplivnem območju kopalnih voda mora biti komunalna odpadna voda dodatno obdelana na način, pri katerem mejne vrednosti za mikrobiološke parametre na iztoku niso presežene, razen če:

- gre za MKČN z zmogljivostjo manjšo od 50 PE **in**
- srednji nizki pretok tekoče celinske površinske vode mora presegati največji šesturni povprečni iztok iz MKČN za več kot desetkrat.

2.1.11 Blato iz MKČN

V uredbi [1] ni nikjer posebej zapisano, kaj je potrebno storiti z odpadnim blatom. Le v 10. členu je omenjeno, da je podatek o ravnanju z blatom iz MKČN eden od podatkov, ki se vodijo v evidenci MKČN. V 12. členu je še omenjeno, da mora upravljavec MKČN manjše od 50 PE hraniti poleg dokumentacije o opravljenih delih na MKČN tudi podatke o ravnanju z blatom.

Po Uredbi o odvajanju in čiščenju komunalne in padavinske odpadne vode [4] za individualne objekte, ki segajo daleč od javne kanalizacije (več v uredbi [4], 7. člen) je potrebno zagotoviti prevzem blata z uporabo storitev javne službe. Prevzem mora zagotoviti upravljavec.

Blato iz MKČN pri planinskih kočah se odvaža v dolino na centralno ČN, kjer gre v postopek nadaljnje obdelave. Zakonodaja ne dovoljuje druge uporabe ali predelave blata. Dve alternativni, ki prideta v poštev le izjemoma, sta opisani v nadaljevanju. Nasvet za kočice, ki ne delujejo čez zimo – blato naj se odvaža v dolino na začetku sezone, saj blato čez zimo dehidrira in tako zmanjša svojo prostornino in težo.

Občina mora zagotavljati javno službo na celotnem območju občine. Na območjih, kjer ni možen dostop s cestnim motornim vozilom za prevoz komunalne vode in blata, se določi izvajanje javne službe v omejenem obsegu, lastnikom stavb pa določi obveznosti. To zajema prevzem, čiščenje in obdelavo neobdelanega blata iz MKČN, odpadne komunalne vode ali ravnanje z neobdelanim blatom v skladu z Uredbo o uporabi blata iz komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu [21].

2.1.11.1 Uporaba blata iz MKČN v kmetijstvu

Uredba [21] dovoljuje le vnašanje obdelanega blata na kmetijska tla. Obdelano blato je biološko, termično ali kemično obdelano blato, dolgoročno skladiščeno blato ali drugače obdelano, da se bistveno zmanjša nevarnost za zdravje ljudi zaradi njegove uporabe. Poudariti je potrebno, da je dovoljeno vnašanje le v in na kmetijska tla. Za obdelavo blata iz ČN, manjših od 500 PE ni potrebno zagotavljati rednih analiz tal in merjenja parametrov blata (povzeto po uredbi [21]).

Obdelano blato, ki se uporablja na pašnikih, mora biti raztroseno na travnik najmanj 21 dni pred začetkom paše.

Toda uporaba blata iz nepretočnih greznic in MKČN, manjših od 50 PE je prepovedana povsod, razen na kmetijskih gospodarstvih, kjer je blato zmešano s komunalno odpadno vodo in gnojvko, ter je skladiščeno vsaj 6 mesecev pred njegovo uporabo. Izjema je tudi, če je blato oddano izvajalcu javne službe, ki ga prevzame in naprej obdela v večji predelovalnici.

Na kratko lahko sklenemo, da uporaba blata iz MKČN pri planinskih kočah za potrebe kmetijstva v okolici planinske kočice ni mogoča, razen če ima kočica hkrati tudi živo kmetijsko dejavnost.

2.1.11.2 Kompostiranje blata iz MKČN

Kompostiranje blata ureja Uredba o obdelavi biološko razgradljivih odpadkov [22]. Blato mora biti kompostirano, stabilizirano in higienizirano. Obdelati ga moramo na določeni temperaturi in skladiščiti določen čas. V uredbi [1] je navedeno, da je potrebno blato odpeljati na centralno ČN in kompostiranja ne omenja.

2.1.12 Evidence

Najprej razjasnimo pojem upravljavec. Upravljavec je v primeru planinskih koč v večini primerov PD oziroma predstavnik društva. V posameznih primerih so PD sklenila dogovor, da je komunala prevzela MKČN v upravljanje.

Izvajalec javne službe je pravna oseba, ki na območju občine skrbi za odvajanje in čiščenje odpadne vode, ki ga pogosto poimenujemo kar komunalo podjetje.

2.1.12.1 Obveznosti upravljavca

Poleg spodaj naštetih obveznosti je obveznost upravljavca tudi prevzem blata z uporabo javne službe (glejte tudi 2.1.11).

Obveznosti upravljavca MKČN z zmogljivostjo večjo od 50 PE

Upravljavec MKČN večje od 50 PE mora hraniti in voditi poslovnik za obratovanje naprave in obratovalni dnevnik. Poslovnik mora vsebovati 13 ključnih podatkov in priloge, natančneje opisane v uredbi [2].

Obratovalni dnevnik zagotovi upravljavec. Obratovalni dnevnik je potrebno voditi tudi za vse lovilce olj in maščob, ne glede na velikost (če niso del certificirane MKČN). V obratovalni dnevnik se zapišejo (povzeto po [1] in [2]):

- vsa opravljena dela pri obratovanju in vzdrževanju ČN, ločevalnika maščob ali lovilnika olj,
- rezultati merjenja delovanja tehnologije čiščenja odpadnih voda,
- vsi izredni dogodki, ki nastanejo med obratovanjem zaradi drugačne sestave odpadne vode, okvar ali drugih prekinitev obratovanja,
- čas trajanja izrednih dogodkov iz prejšnje alineje in
- informacije o datumu obvestila in naslovu, ki je bil obveščen o izpadu ali okvari v delovanju naprave.

Obratovalni dnevnik je treba voditi v obliki vezane knjige z oštevilčenimi stranmi. Obratovalni dnevnik lahko vodimo tudi kot elektronsko vodeno evidenco, pod danimi pogoji iz uredbe [1].

Obveznosti upravljavca MKČN z zmogljivostjo manjšo od 50 PE

Upravljavec mora tekom celotne dobe MKČN hraniti naslednje podatke (po uredbi [1]):

- dokumentacijo o opravljenih delih na MKČN,
- podatke o ravnanju z blatom in
- podatke o izrednih dogodkih, ki nastanejo med obratovanjem zaradi drugačne sestave odpadne vode, okvar ali drugih prekinitev obratovanja ČN in podobnih razlogov, ter času njihovega trajanja.

Vodenje omenjene evidence je priporočeno ne le zaradi predpisov, marveč tudi zaradi zagotavljanja boljšega vzdrževanja naprave.

2.1.12.2 Obveznosti izvajalca javne službe

Izvajalec javne službe mora voditi evidenco izdanih soglasij (stavbe, za katere so bila izdana soglasja, zemljiška parcela, način odvajanja in čiščenja odpadne vode, dan vpisa v evidenco, številka sistema).

Izvajalec javne službe mora voditi tudi evidenco MKČN, v kateri se vodijo naslednji podatki o: upravljavcih MKČN, zmogljivostih MKČN, načinu čiščenja odpadne vode, lokaciji MKČN, koordinatah lokacije iztoka, ravnanju z blatom iz MKČN, načinu odvajanja odpadne vode iz MKČN (povzeto po uredbi [1]).

2.1.13 Evropska zakonodaja

Zakonodaja v Evropski uniji (v nadaljevanju EU) je urejena na hierarhičen in subsidiaren način. EU deluje preko strategij, mnenj, priporočil, odločb in direktiv. Uredba velja v vseh državah EU, je splošno veljavna in v celoti zavezujoča. Direktiva je bolj ohlapna, državam članicam pušča prosto izbiro pri obliki in načinih prenosa pričakovanih ciljev in rezultatov, ki jih predpisuje direktiva. Odločba je zavezujoča za vse članice, katerim je namenjena. Mnenja in priporočila so nezavezujoča.

Na področju komunalne odpadne vode poznamo Direktivo sveta EU o čiščenju komunalne odpadne vode [20], ki ureja zbiranje, čiščenje in odvajanje komunalne odpadne vode kot tudi odpadno vodo iz določenih industrijskih sektorjev. Direktiva sveta EU ne obravnava posebej MKČN. Pomemben del, ki se nanaša na MKČN in jo obravnava dana uredba so časovni roki, do katerih moramo urediti odvajanje odpadne vode (glejte 2.1.3).

2.1.14 Pogled v prihodnost – pričakujoče spremembe

Glede zakonodaje je na obzorju nova Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz malih komunalnih čistilnih naprav. Septembra 2012 se je zaključil rok, ko je bilo javnostim

dana možnost podajanja pripomb na osnutek nove uredbe. Na ministrstvu ni znano, kdaj bo nova uredba prišla v veljavo.

2.1.14.1 Osnutek nove Uredbe o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz malih komunalnih čistilnih naprav

Pričakujoča uredba še ni prestala vseh obravnav, zato se osnutek lahko še spremeni. Trenutno je na voljo le osnutek uredbe, ki je bil poslan v javno obravnavo.

Osnutek predvideva nov izraz in sicer »tipska MKČN« namesto »MKČN, manjša od 50 PE, ki je gradbeni proizvod z izjavo o skladnosti«.

Še vedno sta mejni vrednosti $KPK = 150 \text{ mg/l}$ in $BPK_5 = 30 \text{ mg/l}$. Za posamezno MKČN pa se lahko v okoljevarstvenem dovoljenju določi tudi nove parametre in njihove mejne vrednosti (celotni dušik = 15 mg/l , učinek čiščenja celotnega dušika = 70 %, celotni fosfor = 2 mg/l in učinek čiščenja celotnega fosforja = 80 %). To se lahko določi za posamezno MKČN, ki ima posredno odvajanje v podzemno vodo na:

- **prispevnem območju naravnega jezera, razen presihajočega** (npr. Koča pri Triglavskih jezerih),
- prispevnem območju umetnega jezera, ki je določen kot umetno vodno telo v skladu s predpisom, ki ureja določitev in razvrstitev vodnih teles površinskih voda,
- prispevnem območju vodnega objekta za zadrževanje voda, ki je določen kot močno preoblikovano vodno telo v skladu s predpisom iz prejšnje alineje,
- vplivnem območju kopalnih voda,
- **nadmorski višini, večji od 1.500 m** (veliko število koč) ali
- območju kraških in razpoklinskih vodonosnikov.

To velja tudi, ko ima MKČN neposreden odtok v vodotok na vodovarstvenem območju ali na vplivnem območju kopalnih voda in se s tem prepreči znatno povečanje vsebnosti onesnaževal.

Predvideno je bolj točno ravnanje z blatom iz MKČN. Jasneje so določene določbe glede ugotavljanja čezmerne obremenitve. Podpoglavje je povzeto po [11].

2.2 Stanje čistilnih naprav in planinskih koč v slovenskih gorah

Splošno mišljenje je, da planinske kočje povzročijo le drobec onesnaženja v primerjavi z vso nesnago, ki jo proizvedemo v mestih. Toda kljub vsemu se planinske kočje velikokrat nahajajo v ranljivem okolju, ki je ponekod tudi primerno zaščiteno (Triglavski narodni park, Natura 2000, vodovarstvena območja). Kot pravi ljudsko pravilo: »Svet smo si sposodili od svojih vnukov.« Tudi uredba [23] nas zavezuje, da moramo najpozneje do leta 2017 urediti odvajanje in čiščenje odpadnih voda, tudi na planinskih kočah.

V nalogi so bile raziskane ČN pri planinskih kočah v lasti različnih PD, včlanjenih v PZS. Na tem mestu bi zato razložil tri pojme: planinska kočja, zavetišče in bivak.

PZS na svojih spletnih straneh (vir [23]) planinske kočje definira: »Planinske kočje nudijo obiskovalcem zavetje, prenočišče, hrano in pijačo ter so obveščevalna točka Gorske reševalne službe. Obiskovalcem dajejo potrebna obvestila in poslušajo po načelih dobrega gospodarjenja ter po predpisih in splošnih aktih člana PZS, če njihovo delovanje ni urejeno s posebnimi predpisi. Neoskrbovane planinske kočje imenujemo tudi bivaki ali zavetišča.«



Slika 1: Planinske kočje v Sloveniji (vir: spletna stran PZS [24])

Tako PD, ki so lastniki koč, kot PZS, se zavedajo okoljskega problema. Ponekod je problem že rešen, nekje je v realizaciji, drugje pa v kratkoročnih načrtih.

Po podatkih, pridobljenih s spletne strani PZS [24], imamo v Sloveniji 176 planinskih koč, zavetišč in bivakov (lokacije označene na sliki 1). Po podatkih, pridobljenih od gospodarske komisije PZS [46], je januarja 2013 imelo urejeno odvajanje in čiščenje odpadne vode le 38 planinskih koč. Preglednica 3 podaja točen seznam planinskih koč s ČN. Tip ČN temelji na podatkih iz vira [46], ki pa za vsako ČN ne vsebuje tipa ČN. Pri vseh ČN sem tip ČN še preveril s poizvedbo na PD in pri proizvajalcih ali projektantih ČN. Kjer so bili podatki dostopni in pridobljeni, so upoštevani v preglednici 3. Na podlagi informacij iz preglednice 3 smo izbrali ČN za vzorčenja, meritve in nadaljnjo analizo podatkov.

Preglednica 3: Seznam planinskih koč s čistilnimi napravami in tip čistilnih naprav (temelji na viru [46])

	IME KOČE	NADMORSKA VIŠINA [m.n.m.]	PLANINSKO DRUŠTVO	TIP ČN	ZAČETEK OBRATOVANJA ČN
1.	Kamniška koča na Kamniškem sedlu	1864	Kamnik	»Sanita«	1999
2.	Zoisova koča na Kokrškem sedlu	1793	Kamnik	»Sanita«	1999
3.	Frishaufov dom na Okrešlju	1396	Celje Matica	»Sanita«	1998
4.	Dom na Menini planini	1453	Gornji Grad	RČN	1998
5.	Dom planincev v Logarski dolini	837	Celje Matica	Priključen na skupinsko ČN	2002
6.	Planinski dom na Gospincu	1491	Kranj	Priključen na skupinsko ČN	1999
7.	Češka koča na Spodnjih Ravneh	1542	Jezersko	Precejalnik	2004
8.	Planinski dom na Kališču	1534	Kranj	»Sanita«	2001
9.	Kranjska koča na Ledinah	1700	Kranj	Precejalnik	2002
10.	Koča na Loki pod Raduho	1534	Luče	»Sanita«	2001
11.	Dom na Peci	1665	Mežica	Precejalnik	2001
12.	Koča na Grohatu	1460	Mežica	Precejalnik	2005
13.	Koča na Pikovem	992	Mežica	SBR	2005

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Preglednice 3

14.	Aljažev in Šlajmarjev dom v Vratih	1015	Dovje Mojstrana	SBR	2004
15.	Dom na Komni	1520	Ljubljana Matica	»Sanita«	2005
16.	Slavkov dom na Golem Brdu	396	Medvode	SBR	2004
17.	Koča na Blegošu	1391	Škofja Loka	SBR	2006
18.	Poštarski dom na Vršiču	1688	Pošte in telekoma Ljubljana	Biodisk	2005
19.	Koča na Planini pri Jezeru	1453	Integral	Precejalnik	2007
20.	Tončkov dom in Jurkova koča na Lisci	927	»Lisca« Sevnica	RČN	2012
21.	Koča pri Triglavskih jezerih	1685	Ljubljana Matica	SBR	2010
22.	Planinski dom na Mirni gori	1048	Črnomelj	MBBR	2011
23.	Planinski dom pri Gospodični na Gorjancih	828	Krka Novo mesto	MBR	2009
24.	Mozirska koča na Golteh	1356	Mozirje	SBR	2011
25.	Dom Klementa Juga v Lepeni	700	Nova Gorica	SBR	2008
26.	Koča na planini Razor	1315	Tolmin	RČN	2009
27.	Koča pod Bogatinom	1513	Srednja vas v Bohinju	Precejalnik	2011
28.	Krekova koča na Ratitovcu	1642	Za selško dolino Železniki	SBR	2011
29.	Roblekov dom na Begunjščici	1657	Radovljica	SBR	2011
30.	Valvasorjev dom pod Stolom	1181	Radovljica	SBR	2010
31.	Planinska koča na Uskovnici	1154	Srednja vas v Bohinju	SBR	2010
32.	Koča pri izviru Soče	886	Jesenice	SBR	2012
33.	Dom na Lubniku	1025	Škofja Loka	SBR	2010

se nadaljuje ...

... nadaljevanja Preglednice 3

34.	Domžalski dom na Mali planini	1534	Domžale	SBR	2011
35.	Planinski dom na Zelenici	1536	Tržič	SBR	2011
36.	Zavetišče na Planini	733	Vrhnika	Biofilter	2012
37.	Planinska kočča na Ermanovcu	964	Sovodenj	MBBR	2012
38.	Dom na Uršlji gori	1680	Prevalje	Biofilter	2012

Januarja 2013 je bilo stanje ureditve in čiščenja odpadnih voda na planinskih kočah v lasti PD sledeče: dve koči sta bili priključeni na skupinsko ČN, ena kočča je imelo suho stranišče, 36 koč pa MKČN.

Nadalje lahko 36 MKČN razdelimo v 8 tipov, ki so naštetih v spodnji preglednici 4.

Preglednica 4: Pogostost posameznih tipov čistilnih naprav pri planinskih kočah PZS (stanje januar 2013)

Tip ČN	Število ČN pri planinskih kočah
SBR (Sequenced Batch Reactor = Zaporedni šaržni biološki reaktor)	15
»Sanita« CAS princip (Classical Activated Sludge = Klasična naprava s poživiljenim blatom)	6
RČN (rastlinska čistilna naprava)	3
Precejalnik	6
MBBR (Moving Bed Biological Reactor = bioreaktor s plavajočimi nosilci)	2
Biofilter	2
MBR (membranska čistilna naprava)	1
Biodisk	1

2.3 Splošni opis čistilnih naprav v slovenskih gorah

2.3.1 SBR tip čistilne naprave

SBR je okrajšava za zaporedni biološki reaktor (ang. Sequential batch reactor) ali zaporedni šaržni biološki reaktor. To pomeni, da se procesi čiščenja odvijajo v istem prostoru (reaktorju), eden za drugim, zaporedoma v šaržah. Pri SBR poznamo 5 faz:

1. Prečrpavanje odpadne vode

Iz prostora za predčiščenje oziroma izravnalnega bazena se voda prečrpa v SBR reaktor. V prostoru za predčiščenje ostanejo trdne snovi.

2. Denitrifikacija

V SBR reaktorju se nahaja del vode iz prejšnjega cikla, v kateri je nastali nitrat. Ko se prečrpa sveža odpadna voda, v reaktor priteče nova organsko snov. Organska snov je energija in hrana za mikroorganizme, ki za svoje delovanje potrebujejo tudi kisik. Ker ni vnosa kisika (ozračevanje se začne v naslednji fazi) mikroorganizmi uporabijo za oksidacijo kisik, ki je prisoten v nitratu. Pri omenjeni oksidaciji nitrata se sprostijo molekularni N_2 v atmosfero.

3. Ozračevanje

Vodo preko črpalk prezračujemo in tudi mešamo. Mešanje je lahko izvedeno že s samim prezračevanjem ali posebej. Mikroorganizmi v kosmih razpršene biomase čistijo vodo.

4. Usedanje

Črpalke se izklopijo in voda miruje. Med mirovanjem se delci usedajo na dno, s tem se vrhnji sloj vode bistri.

5. Črpanje očiščene vode

Očiščena voda se izčrpa v izpust, ponikovalnico ali ponikovalne jarke.

Zaradi stalnega dotoka odpadne vode imajo večje ČN tipa SBR več vzporednih reaktorjev.

2.3.2 Rastlinska čistilna naprava

Rastlinske čistilne naprave (RČN) so naprave, ki najbolj posnemajo naravo in njene procese. RČN sestavlja substrat (različne zemljine), neprepustno dno pod substratom, močvirske rastline zasajene v substrat in mikroorganizmi, ki so pritrjeni na substrat ali koreninski sistem rastlin.

Kot pravi Dragoš [54]: »Rastlinske čistilne naprave posnemajo močvirske ekosisteme. Rastline uspešno prevzemajo dušik, fosfor in težke kovine.« Ko pride čas za košnjo rastlin, jih je potrebno pokositi in položiti nazaj na grede zaradi zagotavljanje dodatne izolacijske plasti v zimskem času ter jih pred rastno sezono odstraniti in ustrezno kompostirati. Poznamo različne podtipе rastlinskih čistilnih naprav (povzeto po viru [55]):

- S površinskim tokom.

Voda se v napravi pretaka površinsko. Izgled je zelo podoben naravnim močvirjem. Ker je voda na površju, je potrebno okolico zaradi varnosti ograditi.

- S horizontalnim, podpovršinskim tokom.

Voda se v napravi pretaka pod površino, horizontalno v substratu. Primer je RČN na Lisci.

- Z navpičnim tokom.

Odpadno vodo dovajamo po celotni površini naprave, kjer se lokalno infiltrira navpično skozi substrat. Voda vertikalno ponikne do dna, kjer preko drenaže očiščena odteče. Polnjenje naprave je lahko nihajoče.

- Intenzivna grajena mokrišča:
 - Ozračena (predvsem primerna za mrzle klimate – uporabno na planinskih kočah).
 - »Napolni in posuši« (primerno za tople klimate).
 - Z aktivnim substratom (odstranjevanje dušika, fosforja).
 - Za industrijske odpadne vode.

RČN je možno dimenzionirati tako, da ne potrebujejo električne energije, ker se voda pretaka skozi sistem s pomočjo gravitacije. To je koristno pri planinskih kočah, ki imajo omejeno električno oskrbo. Problem lahko predstavlja zmrzal pri odprtih tipih RČN.

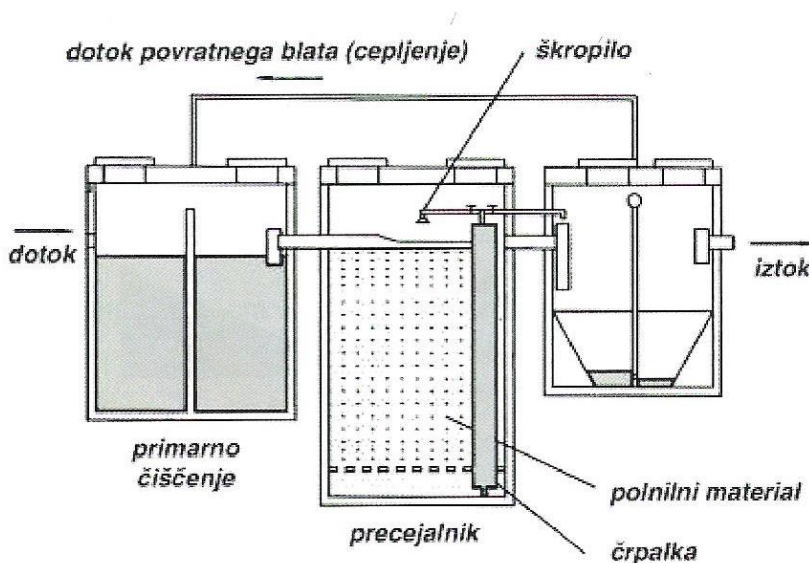
2.3.3 Biološka čistilna naprava tipa precejalnik

Voda pod vplivom gravitacije teče oziroma ponika skozi precejalnik. Precejalnik je dejansko peščen filter, preko katerega se preceja odpadna voda in pri tem fizikalno in biološko čisti. Pomembno je razumeti, da glavna naloga precejalnika ni fizikalno filtriranje vode (filtriranje je stranskega pomena), temveč je precejalnik nosilec biofilma, ki čisti vodo, oziroma v vodi raztopljenе organske snovi. Biofilm je plast:

- aerobnih bakterij na površini in
- anaerobnih bakterij v notranjosti.

Bakterije oziroma v biofilmu prisotni mikroorganizmi se hranijo z organsko snovjo, ki se nahaja v odpadni vodi. Zračenje lahko poteka s puhalci ali po naravni poti s pomočjo naravnega vleka. Taki precejalniki ne potrebujejo električne energije, kar je koristno pri planinskih kočah. Precejalnik je zgrajen iz kamnitih ali plastičnih nosilcev biomase, nasutih v sam prostor precejalnika. Precejalnik je na zgornji strani odkrit.

Tako kot pri vseh omenjenih tipih, voda ponika preko ponikovalnice (točkovno), ponikovalnih jarkov (linijsko) ali pa izpušča neposredno v vodotok, če to vodotok dovoljuje s svojo ekološko kapaciteto. Primer ČN tipa precejalnik je prikazan na sliki 2.



Slika 2: Mala čistilna naprava tipa precejalnik (vir [12])

2.3.4 Biološka čistilna naprava tipa biodisk (potopniki)

Biodisk (potopnik ali rotirajoči biološki kontaktor) je podlaga za biofilm (razrast bakterij). Z rotiranjem se na diske priraščeni (pritrjeni) biofilm izmenično zavrti nad vodo in izpostavlja ozračevanju, ko se v vodo vnaša kisik. Dodatno se lahko biodisk ozračuje tudi z vpihovanjem zraka v bazen. Očiščena voda odteka iz bazena preko prelivov.

Biodisk je s svojo veliko neto površino dober nosilec za biofilm. Z vsakim dvigom iz vode se biofilm in bakterije v njem obogatijo s kisikom, pa tudi prostor med diski valja se napolni z zrakom. Pri potapljanju se tako voda ozrači. Za svoje delovanje (rotacijo) potrebuje električno energijo. Primer biodiska je prikazan na sliki 3.



Slika 3: Biodisk (vir [56])

2.3.5 Biološka čistilna naprava tipa biofilter

Biofilter je po zasnovi podoben precejalniku. Glavni razliki sta, da je biofilter v celoti vkopan v zemljo, ni odkrit na površini ter ima drugačno sestavo biofiltra. Biofilter je sestavljen iz več različnih plasti in materialov. Biofilter na Planini je na primer sestavljen iz sintetičnih, filcu podobnih plasti, polnjenih s plastičnim substratom. V ostalih pogledih sta si s precejalnikom podobna.

2.3.6 Biološka čistilna naprava tipa MBBR (Moving Bed Biological Reactor)

Čistilna naprava tipa MBBR je dobila ime po nosilcih biomase, ki se prosto gibajo v glavnem reaktorju s pomočjo vpihovanja zraka. ČN je praviloma sestavljena iz treh delov; primarnega usedalnika, reaktorja z nosilci biomase in naknadnega usedalnika.

Posebnost MBBR je v nosilcih biomase, ki imajo veliko specifično površino glede na svoj volumen. Če zmogljivost ČN postane premajhna ali prevelika to enostavno rešimo z dodajanjem ali odvzemanjem nosilcev biomase in s tem povečamo ali zmanjšamo neto površino, na katero se priraste biomasa.

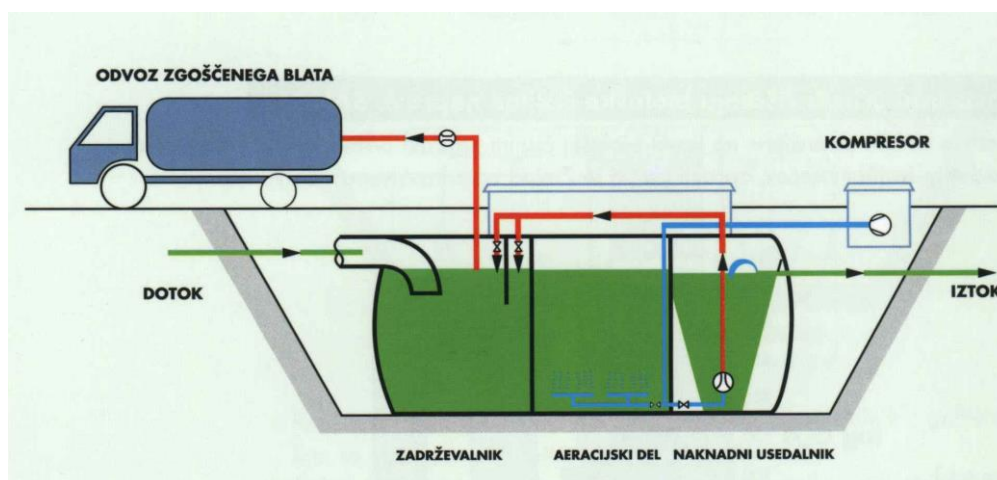
Kompresor vpihuje zrak v osrednji prekat, s tem ozračuje vodo in meša nosilce biomase. Nihanja dobro prenese z zmanjšanjem vpihovanja, tako mikroorganizme obdržimo žive dlje časa. Iz sekundarnega usedalnika se odvečna biomasa prečrpava v primarni usedalnik.

2.3.7 Biološka čistilna naprava tipa »Sanita«

»Sanita« je komercialno ime za običajne popolnoma premešane ČN (ang. CAS = Conventional Activated Sludge) s stalnim tokom, ki so sestavljene iz treh prekatov: primarnega usedalnika, aeracijskega prekata in naknadnega usedalnika. Voda doteka v primarni usedalnik, se mehansko očisti in pretoka v aeracijski prekat, kjer je vgrajen kompresor za vpihovanje zraka. V aeracijskem prekatu je v vodi razpršena biomasa, ki čisti

vodo (kot pri SBR tipu ČN). V naknadnem usedalniku se useda odvečna biomasa, vrhnji bistri sloj pa izteka.

»Sanita« za razliko od SBR ČN nima sekvenc, ima stalno gladino in voda se pretaka glede na dotok. Taka različica slabo prenaša nihanja v dotoku odpadne vode. To slabost lahko deloma odpravimo s črpalko iz primarnega usedalnika v aeracijski del, ki zagotavlja stalni dotok odpadne vode, ki pa ga na planinskih kočah zelo težko izračunamo zaradi mnogih nepredvidljivih dejavnikov, ki vplivajo na dotok odpadne vode. Primer ČN, tipa Sanita, je prikazan na sliki 4.



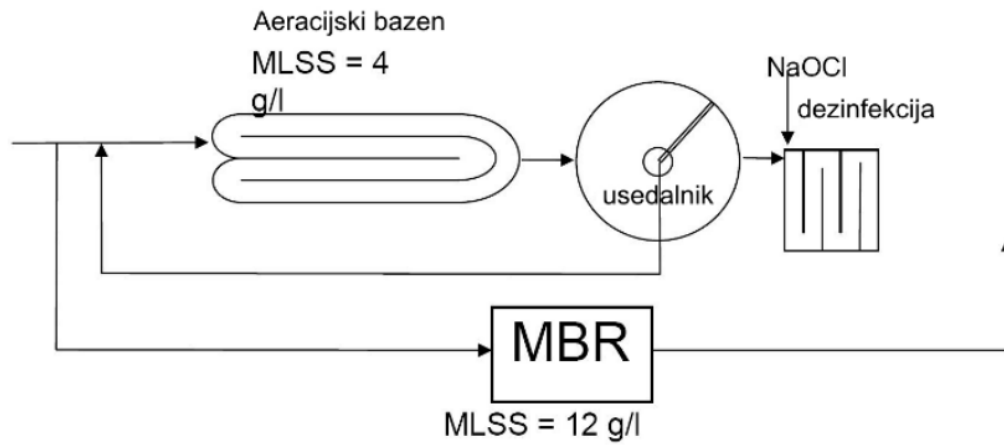
Slika 4: Primer ČN »Sanita« (vir [57])

2.3.8 Membranska čistilna naprava

Membranska čistilna naprava (membranski biološki reaktor ali MBR) je biološka čistilna naprava, pri kateri membrane nadomestijo terciarno stopnjo filtracije in sekundarni usedalnik. Membrane so v mejah ultrafiltracije do mikrofiltracije (velikost por od 0,04 do 0,5 μm) (vir [58]).

Kisik, ki ga potrebujejo mikroorganizmi za svoje delovanje v bazenu, se vpihuje s puhali.

Membrane zadržijo mikroorganizme, zato so mikroorganizmi v večjih koncentracijah. S tem zmanjšamo potrebe po prostornini bazenov. Za svoje delovanje membranska ČN potrebuje električno energijo. Membrane so v večini primerov iz polimerov. Primerjava MBR in klasične tehnologije je prikazana na sliki 5.



Slika 5: Primerjava MBR - klasična tehnologija (vir [58])

3 METODE IN MATERIALI

3.1 Analizirane čistilne naprave in koč

3.1.1 Kriteriji pri izbiri planinskih koč in pripadajočih ČN

Pred samim vzorčenjem sem s terenskimi ogledi, elektronsko komunikacijo s PD, PZS in vpogledi v načrte ter skice ugotovil stanje urejanja in odvajanja odpadnih voda v slovenskih gorah, ki je opisano v poglavju 2.2. Izmed vseh 38 koč smo se, glede na časovno omejitev in zmogljivost laboratorija odločili, da bomo analizirali 7 reprezentativnih koč.

Pri izbiri ČN, primernih za nadaljnjo raziskavo, so izbiro vzorca ČN določali naslednji kriteriji:

- Obratovalni čas koč in s tem ČN.
- Tip ČN in število posameznih tipov ČN v slovenskih gorah.
- Ustrezno delovanje ČN.
- Oddaljenost posameznih koč med seboj.
- Obremenitev ČN, izražena s PE.
- Nadmorska višina ČN.
- Ustrezen in varen dostop do merilnega mesta.

Obratovalni čas

Obratovalni čas koč in s tem ČN je bil bistvenega pomena, saj smo iskali naprave, ki delujejo tekom celega leta in ne le poleti. Glede na ta kriterij je iz seznama možnih koč izpadlo veliko ČN. ČN tipa biodisk se nahaja na Vršiču in pozimi ni v obratovanju. Prav tako pozimi ne obratuje nobena ČN tipa precejalnik. Zato v samo analizo omenjena tipa nismo vključili. ČN tipa biodisk za svoje delovanje potrebuje električno energijo. Rastlinsko čistilno napravo so imele 3 koč, toda glede na obratovalni čas smo pri izbiri ČN izločili koč na Planini Razor, saj je odprta le poleti.

Tip čistilne naprave

Glede na kriterij diplomske naloge, da ČN obratuje tekom celega leta, sta ostali le dve ČN tipa »Sanita«. Zaradi oddaljenosti in potrebnega časa za dostop do koč, smo izločili koč na Komni. Zaradi neodzivnosti pri pridobivanju informacij pa je izpadla iz seznama tudi druga koč tipa »Sanita«. Tako ČN tipa »Sanita« nismo obravnavali. Vse ČN tipa »Sanita« so starejšega datuma izgradnje.

Glede na izločitev posameznih tipov ČN, so ostali naslednji tipi: SBR, RČN, MBBR, MBR in biofilter.

Ustrezno delovanje čistilne naprave

Za koč, ki so zadoščale vsem določenim kriterijem, smo preveril tudi njihovo dejansko stanje. Ugotovili smo, da nekatere ČN ne delujejo pravilno, saj so potrebne čiščenja ali v postopku obnove. V postopku izbire ČN, primernih za analizo, smo izbrali le novejše in delujoče ČN. RČN pri Domu na Menini planini ne deluje pravilno, zato načrtujejo obnovo. To RČN smo izločili pri izbiri reprezentativnih koč. Po terenskem ogledu ČN na Mirni gori smo ugotovili, da je ČN potrebno izprazniti, kar pa ni bilo mogoče izvesti do kopnih razmer. Ker smo potrebovali zimske vzorce, je bila ČN na Mirni gori, tipa MBBR, izločena. Zato je od ČN, tipa MBBR ostala le ČN na Ermanovcu.

Oddaljenost koč med seboj

Na Uršlji gori je ČN tipa biofilter. Zaradi velike oddaljenosti od ostalih koč in s tem povezanih logističnih in transportnih težav je bila izločena pri izbiri reprezentativnih ČN. Tako je od ČN tipa biofilter ostala le ČN pri Zavetišču na Planini nad Vrhniko, ki je začela z delovanjem šele novembra 2012.

Obremenitev ČN, izražena s PE

Vse obravnavane ČN imajo zmogljivost manjšo od 50 PE, saj imajo vse planinske koč ČN z zmogljivostjo manjšo od 50 PE, z izjemo ČN na Komni. Meja 50 PE v zakonodaji olajša administrativne postopke (ni potrebno gradbeno dovoljenje, če zadostujemo nekaterim pogojem, monitoring in vzorčenje nista potrebna, če ima naprava izjavo o skladnosti – glejte poglavje 2.1). Meja 50 PE je kategorija ČN, za katero so zakonodajni postopki in obveznosti bolj preprosti in omiljeni, kar je pravilno, če želimo približati ČN investitorjem. Toda bolj preproste in omiljene postopke lahko sebi v prid obrnejo tudi proizvajalci in prodajalci ČN. To je bila potrditev več, da je taka raziskava potrebna.

Tudi v območju do 50 PE smo predvideli razlike v delovanju glede na samo velikost ČN. Razlike se kažejo v izdelavi in montaži ČN za npr. 4 PE ali tiste za 49 PE. Kjer je bilo možno in z ozirom na druge kriterije, smo znotraj istega tipa izbrali tiste ČN, ki imajo različno zmogljivost (število PE). S tem smo želeli ugotoviti povezavo med učinkovitostjo delovanja ČN in njeno zmogljivostjo. Zato smo pri izbiri ČN tipa SBR izbrali naslednje koč:

- Dom na Lubniku - ČN z zmogljivostjo 14 PE,
- Krekova koč na Ratitovcu – ČN z zmogljivostjo 25 PE in
- Valvasorjev dom – ČN z zmogljivostjo 40 PE.

Nadmorska višina ČN pri planinskih kočah

Z izbiro naštetih SBR čistilnih naprav smo zadostili tudi kriteriju čim večje razpršenosti ČN glede na nadmorsko višino, saj smo na začetku izdelave diplomske naloge kot enega od glavnih faktorjev določili nadmorsko višino. Znotraj vsakega izbranega tipa ČN smo želeli analizirati po eno ČN na nadmorski višini do 1000, eno na višini med 1000 do 1500 in eno nad 1500 metrov nadmorske višine. Zaradi ostalih omejitvenih pogojev in kriterijev je bilo to mogoče izvesti le pri SBR tipu ČN.

Osnovna ideja za izbiro tega kriterija je bila pridobiti informacijo o tem, ali so nekateri tipi ČN bolj primerni za nižje nadmorske višine in nekateri za višje nadmorske višine. Predpostavljali smo, da so na nižjih legah vremenski vplivi milejši kot na višjih. Med samimi terenskimi meritvami in vzorčenji se je izkazalo, da so vremenski vplivi ponekod bolj odvisni od lokalnih pogojev na sami lokaciji. Primer je kočja na Gorjancih (nadmorska višina 828 m), na kateri se je sneg obdržal enako dolgo kot na koči na Ratitovcu (nadmorska višina 1642 m) – še v maju. Seveda nadmorska višina še vedno ima pomembno vlogo.

Ustrezno in varno merilno mesto ČN

Če ČN ne poznamo do potankosti, se lahko zgodi, da vzorčimo na napačnem mestu. Zato je bilo nadvse pomembno, da smo pridobili vpogled v načrte in skice vseh analiziranih ČN. V okviru naloge smo imeli omogočen vpogled v načrte vseh ČN.

Pri ČN z zmogljivostjo manjšo od 50 PE, ki nimajo izjave o skladnosti, je potrebno izvesti prve meritve le na iztoku iz ČN, kjer je tudi urejeno merilno mesto. V sami diplomski nalogi nas je zanimala tudi sestava in analiza odpadne vode, ki priteka v ČN. Dostop do pritekajoče odpadne vode bi lahko zaradi neurejenih merilnih mest na vtoku v ČN predstavljal problem. Zato smo pri izbiri analiziranih ČN upoštevali ustreznost merilnega mesta tako na vtoku kot tudi na iztoku iz ČN. Varnost in ustreznost smo zagotovili na vseh merilnih mestih.

Izbrane ČN pri planinskih kočah, vključene v nadaljnjo raziskavo

Glede na zgoraj opisani postopek izbire primernih ČN pri planinskih kočah in glede na omenjene kriterije smo izbrali planinske kočje s pripadajočimi ČN, ki so predstavljene v preglednici 5.

Preglednica 5: Izbrane čistilne naprave, vključene v analizo

	IME KOČE	NADMORSKA VIŠINA [m.n.m.]	PLANINSKO DRUŠTVO	TIP ČN	ZAČETEK OBRATOVANJA
1.	Tončkov dom in Jurkova kočica na Lisci	927	»Lisca« Sevnica	RČN	2012
2.	Planinski dom pri Gospodični na Gorjancih	828	Krka Novo mesto	MBR	2009
3.	Krekova kočica na Ratitovcu	1642	Za selško dolino Železniki	SBR	2011
4.	Valvasorjev dom pod Stolom	1181	Radovljica	SBR	2010
5.	Dom na Lubniku	1025	Škofja Loka	SBR	2010
6.	Zavetišče na Planini	733	Vrhnika	Biofilter	2012
7.	Planinska kočica na Ermanovcu	964	Sovodenj	MBBR	2012

V nadaljevanju so v preglednicah 6 do 12 predstavljeni osnovni podatki o izbranih ČN.

3.1.2 Čistilna naprava na Ermanovcu

3.1.2.1 Informativni okvir

Preglednica 6: Osnovni podatki o čistilni napravi na Ermanovcu

Planinska kočica	Planinski dom na Ermanovcu
Planinsko društvo	PD Sovodenj
Nadmorska višina	964 m.n.m.
Čistilna naprava	Biološka ČN s pritrjeno biomaso
Tip čistilne naprave	MBBR (»Moving Bed Biological Reactor«)
Zmogljivost ČN	4 PE
Začetek obratovanja	Maj 2012
ČN za delovanja potrebuje električno napajanje	Da
Iztok iz ČN	Ponikovalnica
Geografska lega	Škofjeloško hribovje
Dostop	Lokalna asfaltirana cesta Trebija – Klodje

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Preglednice 6

Obratovalni čas koč	Od 16. oktobra do 26. aprila odprta ob sobotah, nedeljah in praznikih. Od 27. aprila do 15. oktobra odprta vsak dan, razen v ponedeljek in torek.
Kapacitete in opremljenost koč (vir [25])	35 sedežev (ob lepem vremenu se zunaj postavi še 5 miz), 34 ležišč; WC, umivalnica in prha s toplo in mrzlo vodo; centralno ogrevanje, tekoča voda, elektrika preko električnega omrežja, telefon.

3.1.2.2 Opis in delovanje čistilne naprave

ČN je plastične izvedbe, nemškega proizvajalca. Zasnovana je kot biološka ČN s pritrjeno biomaso tipa MBBR, kar pomeni, da so nosilci čiščenja (biomasa) pritrjeni na podlagi.

Za svoje delovanje potrebuje električno energijo in je avtomatsko krmiljena preko elektronskega vmesnika, ki je nameščen v planinski koči. ČN ima izjavo o skladnosti s standardom DIN EN 12566-3.

V projektni dokumentaciji ČN [26] so navedeni naslednji podatki o velikosti in kapaciteti ČN:

- dnevna organska obremenitev: 240 g BPK₅/dan (v dokumentaciji je pomotoma navedena napačna vrednost in sicer 2,4 g BPK₅/dan),
- dnevna hidravlična obremenitev: 0,6 m³/dan,
- skupna prostornina: 3750 litrov,
- dolžina: 2,3 m,
- širina: 1,8 m,
- višina: 2,2 m.

ČN je sestavljena iz treh glavnih delov: usedalnega prekata, biološke komore in prekata za sekundarno usedanje. Odpadna voda priteče v usedalni prekat, kjer poteka predobdelava odpadne vode. V njem se usedajo trdne snovi iz odpadne vode in tudi biomasa oziroma odvečno blato, ki nastaja pri čistilnem procesu. Usedalni prekat je prekat, ki ga moramo prazniti dvakrat letno. Pri praznjenju moramo paziti, da prekat ne ostane suh več kot eno uro. Po izpraznjenju moramo prekat napolniti z vodo.

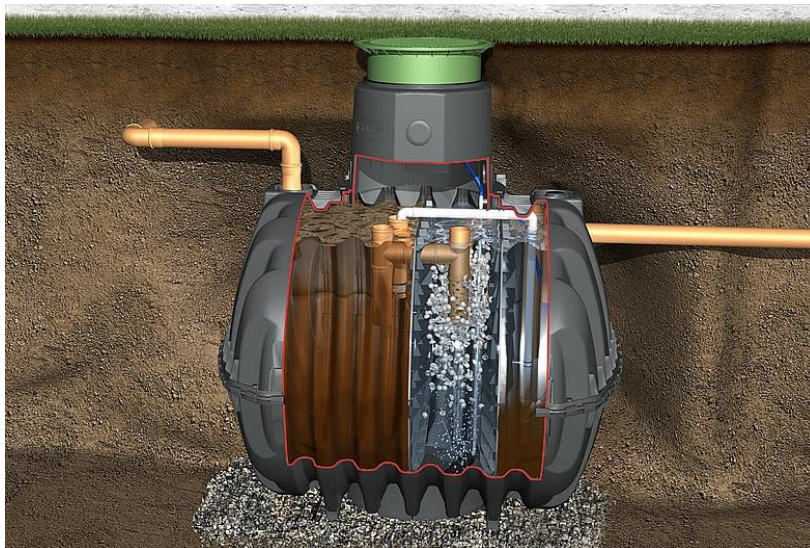
Opadna voda se prečrpa naprej v biološko MBBR komoro. Komora je napolnjena z lebdečimi nosilci aktivnega blata. Lebdenje nosilcev omogoča izmenično vpihovanje zraka v 15 minutnih ciklih. S tem se zagotavlja tudi dobro ozračenje vode ter zagotavljanje kisika

čistilni biomasi. Lebdeči nosilci (slika 6) so majhni plastični nosilci, ki skupaj tvorijo veliko neto površino za naselitev biomase. Biomasa, ki jo sestavljajo mikroorganizmi čisti organsko onesnaženje in s tem pridobiva na svoji masi. Odvečno blato se odluči od nosilcev in potuje v sekundarni usedalnik preko preliva.



Slika 6: Lebdeči nosilec, vir [51]

V sekundarnem usedalniku odvečna biomasa potone na dno, kjer jo zračna črpalka prečrpa v usedalni prekat. Prečiščena voda se izliva preko preliva v ponikovalnico. Shema ČN na Ermanovcu je prikazana na sliki 7.



Slika 7: Shema ČN na Ermanovcu, vir [51]

3.1.3 Čistilna naprava na Ratitovcu

3.1.3.1 Informativni okvir

Preglednica 7: Osnovni podatki o čistilni napravi na Ratitovcu

Planinska koča	Krekova koča na Ratitovcu
Planinsko društvo	PD za Selško dolino Železniki
Nadmorska višina	1642 m.n.m.
Čistilna naprava	Biološka ČN z razpršeno biomaso

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Preglednice 7

Tip čistilne naprave	SBR, beton
Zmogljivost ČN	25 PE
Začetek obratovanja	2010
ČN za delovanja potrebuje električno napajanje	Da
Iztok iz ČN	Ponikovalnica
Geografska lega	Vzhodni del Julijskih Alp
Dostop	Do vasi Prtovč asfaltirana cesta, nato peš pot (1,5 ure hoje), koča ima tudi tovorno žičnico.
Obratovalni čas koč	Stalno odprta od začetka junija do konca septembra, v vmesnem obdobju ob sobotah, nedeljah in praznikih.
Kapacitete in opremljenost koč (vir [28])	100 sedežev, 24 ležišč, WC, umivalnica z mrzlo vodo; prvi gostinski prostor ogrevajo s kmečko pečjo; voda kapnica, elektrika preko električnega omrežja, mobilni telefon.

3.1.3.2 Opis in delovanje čistilne naprave

Čistilna naprava je vkopana biološka čistilna naprava z razpršeno biomaso, tipa SBR, betonske izvedbe. Sama konstrukcija, globoka vgradnja (kota dna na -5,25 m) in material – beton omogočajo dolgo življenjsko dobo in robustnost, ki sta potrebna na tako vremensko izpostavljeni lokaciji, kot je Ratitovec.

Dimenzije naprave:

- dolžina bazenov (skupaj): 6 metrov,
- globina bazena: 5,25 metra,
- širina bazenov (skupaj): 2,6 m,
- globina gladine v merilnem jašku na iztoku: cca. 1 m.

Kuhinjska odpadna voda se izteka najprej v lovilec olj in maščob. Za lovilec olj in maščob se kuhinjska odpadna voda združi s fekalno odpadno vodo. ČN je sestavljena iz treh bazenov. V primarni, usedalni bazen doteka odpadna voda in se preko prelivov preliva v vmesni bazen s tipali, tako imenovani izravnalni bazen.

Izravnalni bazen (slika 8) je opremljen s tipali za nivo gladine odpadne vode. Nivo gladine je v primarnem in vmesnem bazenu enak, saj ju povezuje podgladinski preliv. Vmesni bazen ima dve vrsti tipal in sicer za minimalen in maksimalen nivo odpadne vode. Ko gladina doseže maksimalen nivo, se vklopi črpalka, ki prečrpa vodo v tretji bazen oziroma SBR reaktor. Ko gladina doseže minimalen nivo, se črpalka ustavi.

V tretjem bazenu (SBR reaktor) se vrši glavni del čiščenja. Vsi SBR reaktorji delujejo po sekvencah. Najprej se vpihuje zrak, s katerim dovedemo kisik v vodo in s tem aktivnemu blatu ali biomasi, hkrati vpihovanje zraka tudi meša odpadno vodo. Vpihovanje se po določenem času ustavi, aktivno blato čisti vodo, sledi vpihovanje zraka in tako se nadaljuje, odvisno od nastavitve programa. Po določenem številu ciklov voda miruje, da se aktivno blato usede na tla, prečiščeno vodo na vrhu reaktorja se prečrpa v iztok.



Slika 8: Izravnalni bazen z modrimi tipali ob strani

ČN na Ratitovcu ima merilno mesto na iztoku posebej urejeno. Približno meter od SBR reaktorja se nahaja merilni jašek za vzorčenje in meritve na iztoku.

3.1.4 Čistilna naprava na Valvasorju pod Stolom

3.1.4.1 Informativni okvir

Preglednica 8: Osnovni podatki o čistilni napravi na Valvasorju

Planinska koča	Valvasorjev dom pod Stolom
Planinsko društvo	PD Radovljica

... se nadaljuje

... nadaljevanje Preglednice 8

Nadmorska višina	1181 m.n.m.
Čistilna naprava	Biološka ČN z razpršeno biomaso
Tip čistilne naprave	SBR, armiran poliester
Zmogljivost ČN	40 PE
Začetek obratovanja	2011
ČN za delovanja potrebuje električno napajanje	Da
Iztok iz ČN	Ponikovalnica
Geografska lega	Južno pobočje Stola, Karavanke
Dostop	Makadamska cesta, pozimi cestni dostop ni možen, saj se cesta uporablja kot sankališče.
Obratovalni čas koč	Koča je stalno odprta
Kapacitete in opremljenost koč (vir [29])	75 sedežev v koči in 50 sedežev pred koč, 47 ležišč, WC, v vsaki etaži, umivalnica in tuši s toplo in mrzlo vodo; gostinski prostor dodatno ogrevajo s krušno pečjo; tekoča voda, elektrika preko električnega omrežja, radijska zveza, mobilni telefon, vodo pridobivajo iz izvira.

3.1.4.2 Opis in delovanje čistilne naprave

ČN je izdelek slovenskega proizvajalca, vkopana v zemljo in plastične izvedbe. V ČN doteka kuhinjska in fekalna odpadna voda iz Valvasorjevega doma. Je avtomatsko krmiljena preko krmilne omarice, ki je nameščena v Valvasorjevem domu. ČN ima izdano izjavo o skladnosti EN 12566-3:2005 + A1:2009. Dimenzije čistilne naprave so:

- dolžina: 5,5 metrov,
- širina: 1,8 metra in
- višina: 1,8 metra.

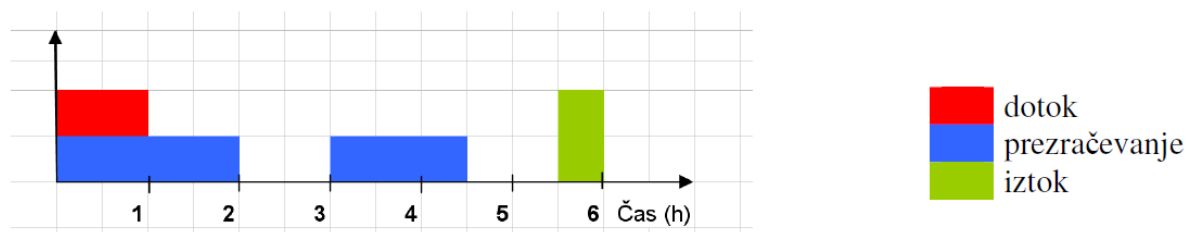
ČN je primerno ograjena z ograjo, kot je razvidno na sliki 9, in pokrita z lesnimi sekanci.



Slika 9: ČN pri Valvasorjevem domu

Odpadna voda doteka v mehansko stopnjo (primarni usedalnik), kjer se usedajo težji delci in hkrati odlaga odvečno blato. ČN je opremljena in vodena preko avtomatskih tipal. Ko voda doseže določeno gladino se prečrpa v glavni del naprave – v SBR reaktor, kjer poteka glavni del čiščenja.

V reaktorju je v vodi razpršena biomasa, ki čisti odpadno vodo. Voda se sekvenčno ozračuje, miruje in useda. Prečrpana voda se začne ozračevati preko puhal in membranskih krožnikov. Princip sekvenc je sledeč: dotok vode, prezračevanje, mirovanje, prezračevanje, mirovanje z usedanjem in na koncu še iztok preko črpalk (slika 10).



Slika 10: Časovna razporeditev sekvenc, ČN na Valvasorju (vir [30])

3.1.5 Čistilna naprava na Lubniku

3.1.5.1 Informativni okvir

Preglednica 9: Osnovni podatki o čistilni napravi na Lubniku

Planinska koča	Dom na Lubniku
Planinsko društvo	Planinsko društvo Škofja Loka
Nadmorska višina	1025 m.n.m.
Čistilna naprava	Biološka ČN z razpršeno biomaso

... se nadaljuje

... nadaljevanje Preglednice 9

Tip čistilne naprave	SBR, polietilen
Zmogljivost ČN	14 PE
Začetek obratovanja	2010
ČN za delovanja potrebuje električno napajanje	Da
Iztok iz ČN	Ponikovalnica
Geografska lega	Škofjeloško hribovje, vzhodni del
Dostop	Motorni dostop ni možen, tovorna žičnica. Peš dostop iz vasi Suša (0,5 ure hoje).
Obratovalni čas koč	Od začetka marca do konca noveletnih praznikov odprta od torka do nedelje, od januarja do začetka marca odprta ob sobotah, nedeljah in praznikih.
Kapacitete in opremljenost koč (vir [33])	56 sedežev v koči in 60 sedežev zunaj, 18 ležišč, WC, umivalnica s toplo in mrzlo vodo, elektrika iz električnega omrežja, telefon, vodooskrba iz zajetja kapnice, voda v koči ni pitna, izvajajo dezinfekcijo s klorom [33]. Ogrevanje na lesno biomaso (pelete).

3.1.5.2 Opis in delovanje čistilne naprave

Čistilna naprava je vgrajena pod spodnjo teraso ob domu na Lubniku, izdelana iz polietilena, je dvoprekatna in vgrajena v zemljo. Čistilna naprava ima izjavo o skladnosti s standardom SIST EN 12566-3. Po podatkih prodajalca [32] naprava čisti organsko onesnaženje, dušik in izvaja dodatno denitrifikacijo. Sistem je krmiljen preko krmilne omarice.

Odvečno blato odlagajo v bližini koč oziroma način odlaganja blata še ni urejeno [33]. Zaskrbljujoče je, da ČN že obratuje in še vedno ni znan trajen način ravnanja z blatom iz ČN.

ČN je sestavljena iz dveh prekatov. Prvi prekat je usedalnik, kjer se useda blato in odvečno blato. Odpadna voda se prečrpa naprej v drugi, glavni prekat kjer poteka biološko čiščenje.

V drugem prekatu na gladini plava čistilni sistem za vpihovanje zraka. Čiščenje poteka v ciklih po 8 ur. Voda se prezračuje s potopnim turbinskim prezračevalnikom, ki oskrbuje

mikroorganizme s kisikom. Ker je čistilni sistem plavajoč, omogoča obratovanje naprave tudi pri nihanju dotoka odpadne vode [32].

Prezračevanje se samodejno skrajša v primeru, ko v čistilno napravo več kot 6 ur ne priteče odpadna voda. S tem se zagotovi, da mikroorganizmi ostanejo živi tudi v času daljše prekinitve dotoka odpadne vode, hkrati se varčuje z električno energijo.

Po podatkih prodajalca [32] čistilna naprava dosega naslednje vrednosti v očiščeni vodi na iztoku:

- $BPK_5 \leq 15$ mg/l (iz homogeniziranega, 24h mešanega vzorca),
- $BPK_5 \leq 20$ mg/l (iz homogeniziranega vzorca),
- $KPK \leq 90$ mg/l (iz homogeniziranega vzorca),
- $NH_4-N \leq 10$ mg/l (iz filtriranega 24h mešanega vzorca) in
- anorganski N ≤ 25 mg/l (iz filtriranega 24h mešanega vzorca).

3.1.6 Čistilna naprava pri Zavetišču na Planini

3.1.6.1 Informativni okvir

Preglednica 10: Osnovni podatki o čistilni napravi na Planini

Planinska koča	Zavetišče na Planini
Planinsko društvo	Planinsko društvo Vrhnika
Nadmorska višina	733 m.n.m.
Čistilna naprava	Biološka ČN s pritrjeno biomaso
Tip čistilne naprave	Biofilter, HDPE (polietilen visoke gostote)
Zmogljivost ČN	6 PE
Začetek obratovanja	November 2012
ČN za delovanja potrebuje električno napajanje	Ne
Iztok iz ČN	Ponikovalnica
Geografska lega	Notranjska, nad JZ delom Ljubljanskega barja, nad Vrhniko
Dostop	Makadamska cesta
Obratovalni čas koč	Koča je odprta ob sobotah, nedeljah in praznikih.

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Preglednice 10

Kapacitete in opremljenost koče (vira [33] in [34])	24 sedežev znotraj in 32 sedežev zunaj; ni ležišč, WC, elektrika preko električnega agregata in fotovoltaike, vodooskrba z kapnico, ki jo filtrirajo in opravijo dezinfekcijo s klorom.
--	---

3.1.6.2 Opis in delovanje čistilne naprave

ČN je izdelana iz polietilena, dvoprekatna in je vkopana v zemljo. Ima izdan certifikat skladnosti EN 12566-3, njena dnevna hidravlična zmogljivost je $0,9 \text{ m}^3$. Voda se pretaka s pomočjo gravitacije, glavni del je biofilter na in v katerem je pritrjena biomasa, ki čisti odpadno vodo. Zrak kroži po principu naravnega vleka. Posebnost ČN je, da za svoje delovanje ne potrebuje električne energije. Primarni usedalnik in biološki reaktor sta vidna na sliki 11 spodaj.



Slika 11: Vgradnja ČN na Planini (vir fotografije: [38])

Dimenzije ČN:

- dolžina: 1,15 m,
- širina: 1,15 m in
- višina: od 1,74 do 2,05 m.

Očiščena voda preko ponikovalnega tunela (1,2 m dolžine in prostornine 300 l) ponika v zemljo.

ČN je sestavljena iz dveh glavnih delov. Odpadna voda doteka v primarni usedalnik. Preko preliwa se mehansko očiščena odpadna voda preliwa na filter, preko katerega voda navpično pronica do iztoka. Preko iztoka očiščena voda doteka v ponikovalnico.

Mikroorganizme se oskrbuje s kisikom preko naravnega vleka zraka, zato ČN potrebuje dva prezračevalnika. Prvi je nameščen nad površino odpadne vode v primarnem usedalniku in je hkrati cev za dotok odpadne vode. Cev je v koči podaljšana skozi streho, da je omogočen dotok zraka. Drugi prekat (filter) je ozraččen z dveh strani. Na dotočni strani je postavljen ozraččevalnik, ki je nameščen skozi streho koč, nad sleme koč. Drugi ozraččevalnik je nameščen na iztoku in se konča pol metra nad tlemi.

Proizvajalec v projektni dokumentaciji [35] navaja, da je ob največji dnevni obremenitvi 0,9 m³ učinek čiščenja naslednji:

- BPK₅: 4 mg/l oziroma 99%,
- KPK: 26 mg/l oziroma 96% in
- TSS/SS: 3 mg/l oziroma 99%.

Glede na podatek v projektni dokumentaciji, da se naj prve meritve izvedejo šele po 6 mesecih [35], je potrebno poudariti, da temu kriteriju zadostita le četrti in peti krog meritev in analiz te diplomske naloge.

3.1.7 Čistilna naprava pri Gospodični na Gorjancih

3.1.7.1 Informativni okvir

Preglednica 11: Osnovni podatki o čistilni napravi pri Gospodični na Gorjancih

Planinska koč	Planinski dom pri Gospodični na Gorjancih
Planinsko društvo	Planinsko društvo Krka Novo mesto
Nadmorska višina	828 m.n.m.
Čistilna naprava	Biološka ČN z razpršeno biomaso
Tip čistilne naprave	Membranska čistilna naprava
Zmogljivost ČN	20 PE
Začetek obratovanja	2011
ČN za delovanja potrebuje električno napajanje	Da

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Preglednice 11

Iztok iz ČN	Ponikovalnica
Geografska lega	Gorjanci, Dolenjska
Dostop	Makadamska cesta, pozimi potrebna zimska oprema (verige).
Obratovalni čas koč	Od prvega maja do zadnjega septembra je koč odprta od srede do nedelje. V ostalem terminu je koč odprta med vikendi.
Kapacitete in opremljenost koč (vir [39])	100 sedežev v koči in 100 sedežev pred koč, 49 ležišč, umivalnica s toplo in mrzlo vodo; centralno ogrevanje, tekoča voda, elektrika iz električnega omrežja, telefon.

3.1.7.2 Opis in delovanje čistilne naprave

ČN je postavljena na strmem terenu in je vkopana v tla. Vkopan betonski prostor služi kot zaščitni prostor za ČN. Glede na Navodila za obratovanje in vzdrževanje [40] ČN izpolnjuje standard SIST EN 12566-3 in ima izdan certifikat o skladnosti. Dnevna hidravlična obremenitev je 3 m³. Dimenzije naprave so slednje:

- prvi bazen: premer 2 m in višine 2,4 m in
- drugi bazen: premer 2,35 m in višine 2,4 m.

Čistilna naprava ima tri litoželezne pokrove in je vodena preko krmilne omarice. Čistilno napravo pregleduje in z njo upravlja podjetje Komunala Novo mesto d.o.o.

Naprava je sestavljena iz dveh okroglih bazenov, prvi ima vlogo primarnega usedalnika, v drugem se odvija biološko čiščenje z razpršeno biomaso. V drugem bazenu so potopljeni trije sistemi z membranami, skozi katere se delno očiščena voda še dodatno prečisti in izteka v naravo.

Odpadna voda priteka v prvi bazen – primarni usedalnik. V njem poteka usedanje, flotacija in prečrpavanje odvečnega blata iz drugega bazena. Preko preliva se voda pretaka v drugi bazen, kjer se z vpihovanjem zraka zagotavlja izmenično dvoje različnih pogojev – najprej aerobne in nato anaerobne pogoje, da zadostimo vsem delujočim mikroorganizmom.

Zrak se vpihuje preko aeratorjev, ki so nameščeni na dnu bazena. Aeratorji hkrati ozračujejo vodo in čistijo membrane. Nivo vode se krmili s pomočjo plovnih tipal in se usklajuje z dnevnim dotokom in konicami.

Voda iz biološkega bazena preko membran izteka v naravo. V bazenu so potopljeni trije sistemi membran, ki preko podtlačne filtracije filtrirajo in prečrpavajo vodo v naravo, kjer ponika.

Premer por membran je 0,035 mikrona, s tem se zaustavi tudi bakterije (velikost bakterije E. Coli je 0,1 mikron) in poskrbi za neoporečno vodo v biološkem smislu [40]. Še vedno pa skozi membrano prehajajo vse snovi, ki so topne v vodi (nitriti, nitrati, fosfati). Zato očiščena voda ni pitna.

Za obdobja, ko dotok niha, se ČN preklopi na varčevalni način, ki pri življenju ohrani mikroorganizme, potrebne za čiščenje.

Certifikat zagotavlja naslednje učinke čiščenja [40]:

- $BPK_5 = 20 \text{ mg/l}$,
- $KPK = 90 \text{ mg/l}$,
- $TSS = 50 \text{ mg/l}$,
- $NH_4\text{-N} = 10 \text{ mg/l}$,
- anorganski N = 25 mg/l in
- vsebnost mikrobov = 100/100 ml.

3.1.8 Čistilna naprava na Lisci

3.1.8.1 Informativni okvir

Preglednica 12: Osnovni podatki o čistilni napravi na Lisci

Planinski koči	Jurkova koča na Lisci in Tončkov dom na Lisci
Planinsko društvo	Planinsko društvo »Lisca« Sevnica
Nadmorska višina	927 m.n.m.
Čistilna naprava	Rastlinska čistilna naprava (RČN)
Tip čistilne naprave	Horizontalna rastlinska čistilna naprava s podpovršinskim tokom
Zmogljivost ČN	49 PE

... se nadaljuje

... nadaljevanje Preglednice 12

Začetek obratovanja	Jesen 2012
ČN za delovanja potrebuje električno napajanje	Ne
Iztok iz ČN	Ponikovalnica
Geografska lega	Posavsko hribovje
Dostop	Asfaltirana cesta, pozimi občasno potrebna zimska oprema (verige).
Obratovalni čas koč	Jurkova koč je odprta le po dogovoru. Tončkov dom je stalno odprt od torka do nedelje.
Kapacitete in opremljenost Jurkove koč (vir [37])	20 sedežev, 27 ležišč, umivalnica z mrzlo vodo; gostinski prostor ogrevajo s pečjo; tekoča voda, elektrika iz električnega omrežja.
Kapacitete in opremljenost Tončkovega doma (vir [36])	90 sedežev v domu in 50 sedežev pred domom, 79 ležišč, WC, umivalnice in prhe s toplo in mrzlo vodo, centralno ogrevanje, tekoča voda, elektrika iz električnega omrežja, telefon.

3.1.8.2 Opis in delovanje čistilne naprave

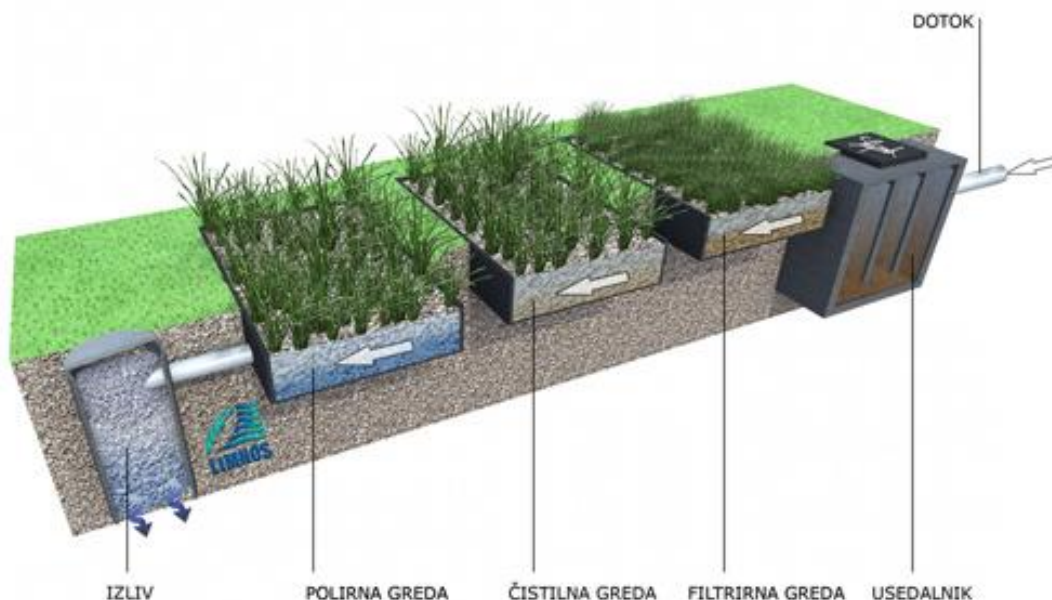
Čistilna naprava na Lisci čisti odpadno vodo iz dveh koč, in sicer iz Jurkove koč in Tončkovega doma na Lisci. Pri projektiranju ČN so zato bile upoštevane lastnosti obeh koč.

Za svoje delovanje RČN ne potrebuje električne energije, saj se voda pretaka gravitacijsko. V posamezne grede so posajeni navadni trst, rogoz in šaš [42]. Skupna površina vseh gred je 125 m². Naprava je sestavljena iz usedalnika, treh čistilnih gred in ponikovalnice. Grede so izolirane (razen z zgornje strani) z nepropustno folijo in napolnjene s substratom, v katerega se naselijo mikroorganizmi in zasadi rastline.

Opadna voda iz koč doteka v primarni usedalnik, kjer poteka mehanično predčiščenje. Primarni usedalnik je sestavljen iz dveh usedalnikov, s čimer se doseže boljše mehansko čiščenje. Mehansko očiščena voda teče naprej v tri čistilna polja: filtrirno gredo, čistilno gredo in polirno gredo. Vse grede so napolnjene z različno zrnatimi vrstami peska.

Že samo ime grede izpostavi ključno nalogo same grede. Substrat ima veliko neto površino, kar pomeni, da imajo mikroorganizmi veliko površino, kjer se lahko naselijo in čistijo vodo.

Grede se med seboj razlikujejo po velikosti odprtin med posameznimi zrni substrata. Filtrirna greda ima tako največje odprtine, saj ima vlogo filtriranja. Polirna greda ima vlogo zadnjega čiščenja pred iztokom in tako zaustavlja preostale suspendirane snovi. Glavni procesi čiščenja pa potekajo v glavni čistilni gredi. Grede so shematično prikazane na sliki 12.



Slika 12: Rastlinska čistilna naprava na Lisci (vir: [41])

Glede na informativno tablo, postavljeno na Lisci [42] omenjena naprava zagotavlja: »Zelo učinkovito odstranjevanje KPK, BPK5, ter ostalih parametrov: dušika, fosforja, težkih kovin, drugih strupenih snovi in učinkovito zmanjšujejo število fekalnih in drugih bakterij (90–99 %).«

3.2 Terenska vzorčenja in meritve fizikalno-kemijskih parametrov

3.2.1 Na splošno o vzorčenjih in meritvah fizikalno-kemijskih parametrov

V sklopu diplomske naloge sem opravil 200 ur terenskega dela (meritve in vzorčenja). O samem načinu vzorčenja mi je svetoval laborant, gospod Renato Babič, ing. kem. teh, kemijski laboratorij, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za okoljsko gradbeništvo, Inštitut za zdravstveno hidrotehniko. Prav tako je strokovno svetoval glede načina prevoza in skladiščenja vzorcev in me naučil pravilno in strokovno uporabljati multimeter. Pred samimi meritvami je bil multimeter vedno kalibriran.

Izvedel sem tri kroge vzorčenj in meritev v zimskem obdobju in dva kroga v poletnem obdobju. Vrstni red vzorčenj in meritev v posameznem krogu je bil naključen. Fotodokumentacija terenskega dela je vidna v prilogi B.

Fizikalno-kemijske meritve sem izvajal z multimetrom na vtoku in iztoku iz ČN in na istih mestih tudi vzorčil. Vzorčil sem v čiste posode, prostornine 2 l. Pri tem sem si pomagal z, v ta namen izdelane, zajemalne posode pritrjene na drogu. Meritve sem izvajal s prenosnim multimetrom Hach, model HQ40d. Uporabljal sem tri sonde in sicer:

- sondo za merjenje pH, redox potenciala in temperature,
- sondo za merjenje koncentracije kisika, nasičenosti kisika in temperature in
- sondo za merjenje električne prevodnosti in temperature.

Meril sem naslednje parametre: pH, redox potencial, temperaturo vode, koncentracijo kisika v vodi, nasičenost kisika v vodi in električno prevodnost vode kot kaže preglednica 13. Temperaturo vode sem odčital s sondo za merjenje pH, redox potenciala in temperature.

Preglednica 13: Uporabljene merilne metode

Parameter	Merilna metoda
pH	ISO 10523
temperatura	DIN 38404 - C4
koncentracija raztopljenega kisika	elektrometrično
nasičenost s kisikom	elektrometrično
redox potencial	elektrometrično
električna prevodnost	elektrometrično

Meritve sem izvajal 10 do 15 centimetrov pod gladino odpadne vode. Na ČN na Lubniku in pri Gospodični na Gorjancih sem zaradi same konstrukcije posamezne naprave meritve izvedel na drugačen način, opisan v naslednjih poglavjih.

Meritve na vtoku sem na vseh ČN izvedel brez težav, neposredno v primarnem usedalniku. Primer meritev je prikazan na sliki 13.

Sam multimeter hkrati omogoča priključitev dveh sond, zato sem izvedel meritve v dveh korakih. V prvem koraku sem z dvema sondama izmeril parametre v iztoku iz ČN, nato pa iste parametre še v vtoku v ČN. V drugem koraku sem uporabil še tretjo sondo in prav tako najprej izmeril parametre v iztoku iz ČN in nato še v vtoku v ČN. Vrstni red uporabe različnih sond ni bil definiran. Po zaključenih meritvah na posamezni čistilni napravi sem sonde opral s pitno vodo in na sondo za meritve pH namestil čepico z raztopino KCl.



Slika 13: Izvajanje meritev na iztoku, Ratitovec 3. marec 2013

Po ali pred meritvami sem izvedel tudi vzorčenje odpadne vode. Na ČN, kjer je bilo na voljo malo vzorca tako za meritve in vzorčenje za nadaljnje kemijske analize v laboratoriju, sem najprej izvedel vzorčenje, da s samimi sondami ne bi onesnažil vzorca. Na tistih čistilnih napravah, kjer bi izvedba meritev premešala plast blata ali usedlin na iztoku iz ČN z vzorcem, sem najprej vzorčil in nato izvedel meritve. Točnejši opis sledi v nadaljevanju.

Metoda vzorčenja je bila enkratno vzorčenje trenutnega vzorca. Vzorce sem shranil v vzorčevalne posode in pripeljal v kemijski laboratorij, kjer sem jih shranil na 4°C v hladilni omari za nadaljnje kemijske analize. Med transportom vzorcev sem poskrbel, da so bili vzorci v temi in temperaturno izolirani.

Vsako delo zahteva potrebno stopnjo varnosti. Kadar rokujemo z manj ali bolj nevarnimi snovi in se hkrati nahajamo v težjih vremenskih okoliščinah (sliki 14 in 15), je varnost še toliko bolj pomembna.

V stiku z odpadno vodo se lahko okužimo z različnimi bakterijami in virusi (Escherichia coli, Staphylococcus, fekalni enterokoki, koliforme bakterije). Prav tako lahko v sami ČN nastanejo anoksične cone oziroma plini, ki vodijo do zadužitve ali zastrupitve s plini. Pri meritvah v zimskem času lahko ob nespametnem ravnanju pride do ozeblin in omrzlin. Kadar smo v fizičnem stiku z odpadno vodo in je naprava napajana z elektriko obstaja možnost električnega udara.



Slika 14: Vzorčenje na iztoku, ČN na Ratitovcu, 3. februar 2013

Pri samem vzorčenju in izvajanju meritev moramo biti še posebej pozorni na naslednje:

- padec skozi odprtino v čistilno napravo,
- padec v bazen z odpadno ali delno prečiščeno odpadno vodo in možnost utopitve,
- kožna okužba pri stiku z odpadno vodo,
- zastrupitev ali zadužitev zaradi plinov, ki nastajajo znotraj ČN in
- zagotovitev varnosti morebitnim mimoidočim.

Zaradi večje varnosti sem poskrbel, da je ob vzorčenjih in izvajanju meritev bila vedno prisotna še ena oseba, ki bi ob morebitnih zapletih lahko ukrepala.

Med samimi vzorčenji in meritvami sem uporabljal higienske rokavice, ki sem jih po uporabi zavrgel, roke pa razkužil. Multimater in vzorčevalne posode sem varno shranil v higienske vreče in jih nato shranil v nahrbtnik. Za shranjevanje vzorčevalnih posod in zajemalne

posode sem uporabil dvojne vreče. Višek vzorca sem zлил nazaj v ČN, pri tem pa pazil na električne dele ali električno napeljavo znotraj ČN. Če višek vzorca zavržemo v naravo, lahko pride do okužbe ljudi, ki bi se pozneje nahajali na istem mestu (npr. igra otrok).

Da preprečimo morebitne okužbe je pomembno, da med delom na ČN ne pijemo ali se prehranjujemo, niti ne kadimo, praskamo po očeh, nosu ali ustih, saj na ta način prenesemo morebitne bakterije in viruse. Če bi prišlo do padca v odpadno vodo ali zaužitja odpadne ali prečiščene odpadne vode obiščemo zdravnika.

Med zimskimi meritvami in vzorčenji je še posebej pomembno, da poskrbimo za primerno toplotno izolacijo. Higijenske rokavice so večino časa mokre, kar še poveča izgubo toplote. Pozimi so pokrovi ČN zasneženi in jih moramo izkopati izpod snega. Pomembno je, da odkopljemo sneg tudi okoli pokrova in s tem zagotovimo varno, nedrseče mesto za vzorčenje in izvajanje meritev.

Če se na strani pokrova nabere zamet ali je pokrov slabše viden tudi v kopnih pogojih, moramo med izvajanjem meritev in vzorčenj poskrbeti za varnost mimoidočih in označiti nevarnost in s tem preprečiti morebiten padec skozi odprtino (slika 15).



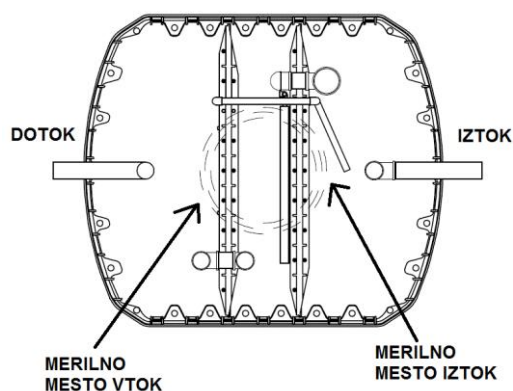
Slika 15: Merilno mesto iztok, ČN Ratitovec, 24. marec 2013

3.2.2 Terenska vzorčenja in meritve fizikalno-kemijskih parametrov na ČN na Ermanovcu

V viru [27] proizvajalec glede jemanja vzorcev navaja slednje: »Vzorec vzamete v globini 10 cm, pri tem pa je pomembno, da ne zajamete filma blata na površini vode.« Na samem terenskem vzorčenju sem opazil omenjeni film na gladini. Če se ga ni bilo mogoče izogniti, sem vzorec v laboratoriju prefiltriral na kvadratni cedilni mreži, z velikostjo odprtin 1 mm.

Vzorčil in meril sem skozi edini pokrov, ki ga ima ČN in sicer na merilnih mestih, kot je označeno na sliki 16.

Na Ermanovcu sem izvajal meritve in vzorčil ob nedeljah in sicer: 10. 2. 2013 ob 16:00, 3. 3. 2013 ob 15:50, 10. 3. 2013 ob 13:00, 5. 5. 2013 ob 15:10 in 15. 9. 2013 ob 16:40. Na samem terenu je prišlo do posebnosti in sicer: 10. 2. sem opazil, da se mehurčki med vpihovanjem zraka selijo tudi v prvi prekat, kjer je merilno mesto vtok, zato obstaja možnost večjega ozračjenja v prvem prekatu. 10. 2. in 5. 5. sem za zajem vzorca na vtoku moral premešati skorjasto blato na gladini in nato izvedel vzorčenje in meritve. 5. 5. sem v ČN opazil mravlje in druge žuželke. 15. 9. je bila odpadna voda na iztoku že na pogled temnejše barve kot v prejšnjih krogih meritev.

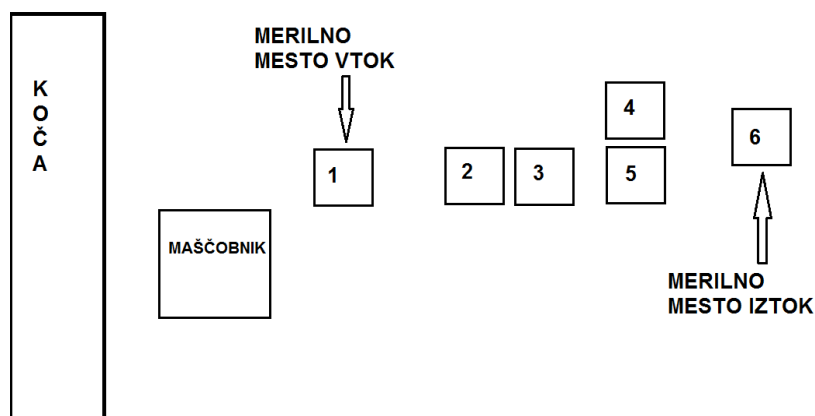


Slika 16: Tloris ČN na Ermanovcu z označenimi merilnimi mesti (po viru [26])

3.2.3 Terenska vzorčenja in meritve fizikalno-kemijskih parametrov na ČN na Ratitovcu

Celoten sistem bazenov je globoko vkopan in sicer je dno bazena 5,3 metra pod površjem. Za vzorčenje zato potrebujemo dovolj dolgo zajemno orodje. Pokrovi jaškov so kovinski in za njihovo odprtje potrebujemo vzvodno železno palico. Meritve in vzorčenja sem izvajal skozi prvi in šesti pokrov, kot je označeno na sliki 17. Pod pokrovoma številka 1 in 2 se nahaja primarni usedalnik, pod pokrovom 3 se nahaja izravnalni bazen, pod pokrovoma 4 in 5 je glavni del – SBR reaktor. Pod pokrovom 6 je merilno mesto na iztoku.

Na ČN na Ratitovcu sem vzorčil in izvajal meritve ob nedeljah in sicer: 3. 2. 2013 ob 14:00, 3. 3. 2013 ob 11:50, 24. 3. 2013 ob 12:30, 19. 5. 2013 ob 11:50 in v torek 20. 8. 2013 ob 16:00. Na samem terenu je prišlo do nekaterih posebnosti in sicer: 3. 3. so se med zajemom vode na iztoku dvignile usedline, ki sem jih zajel v vzorec. Zato sem vzorec za KPK v laboratoriju najprej usedal 2 uri in nato izvedel test KPK. 24. 3. je močno snežilo in hkrati pihalo. 19. 5. sem v primarnem bazenu, po odprtju pokrova opazil muhi.

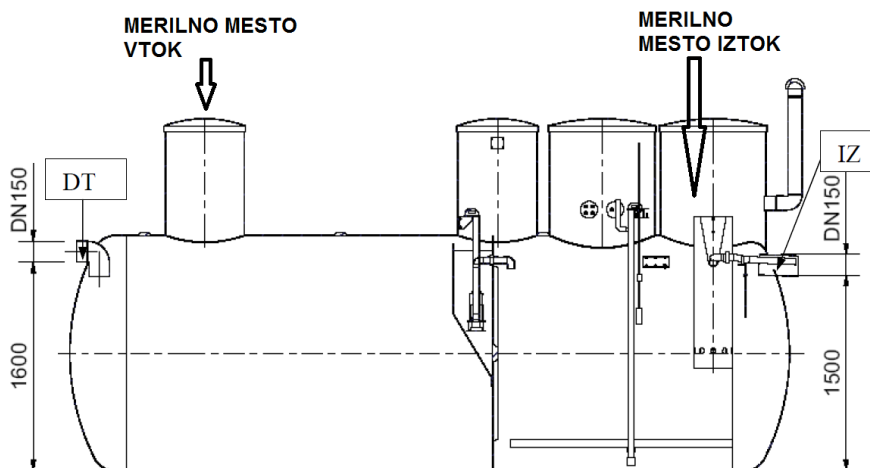


Slika 17: Tloris ČN na Ratitovcu. S številkami so označeni pokrovi

3.2.4 Terenska vzorčenja in meritve fizikalno-kemijskih parametrov na ČN na Valvasorju

Vzorčenje in meritve na iztoku je potrebno izvesti ob določeni uri, saj je potrebno vzorčiti v fazi iztoka. S tem zagotovimo, da vzorčimo vodo, ki izteka v naravo. Vzorčil sem med 11.30 in 11.45 (faza iztoka) na merilnih mestih, kot je označeno na sliki 18.

Pri koči na Valvasorju sem vzorčil in izvajal meritve v: nedeljo 10. 2. 2013 ob 11:38, nedeljo 24. 2. 2013 ob 11.30, torek 19. 3. 2013 ob 11.25, nedeljo 5. 5. 2013 ob 11.30 in torek 20. 8. 2013 ob 11:35. Med prvim vzorčenjem in meritvami sem ugotovil, da je ura na krmilni omarici zamaknjena za 15 minut. Tako je faza iztok od 11:15 do 11.45. Ob vzorčenju iztoka 10. 2., ki sem ga izvedel ob 11.46 se je že začelo mešanje tretjega bazena. Zato sem vzorec v laboratoriju najprej usedal 2 uri in usedline zavrgel. Koncentracije ostalih parametrov se v minuti nove faze niso znatno spremenile. 5. 5. sem na ceveh v ČN opazil veliko žuželk in njihovih ličink. Zaradi kratkega časovnega razmaka med enim in drugim ciklom, 20. 8. nisem uspel izmeriti nasičenosti s kisikom.



Slika 18: Stranski ris ČN na Valvasorju z označenimi merilnimi mesti (vir [47])

3.2.5 Terenska vzorčenja in meritve fizikalno-kemijskih parametrov na ČN na Lubniku

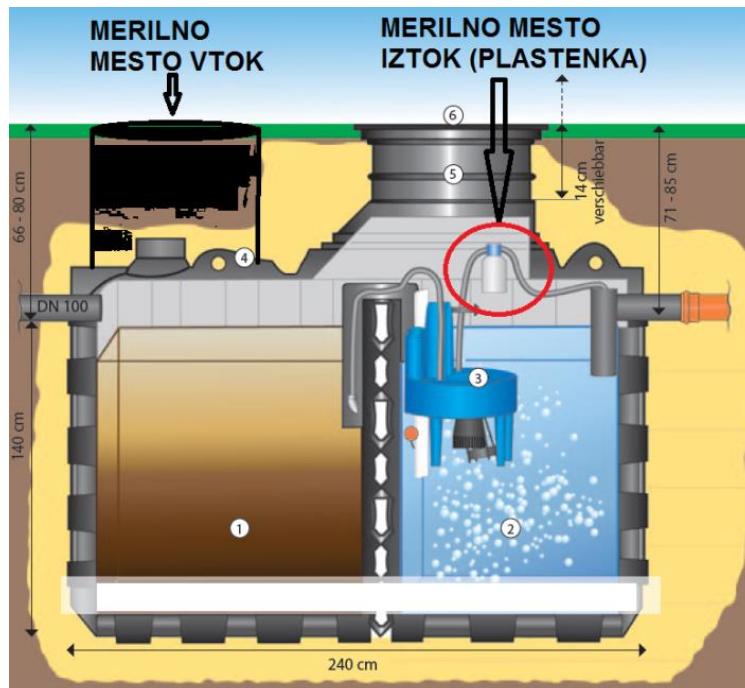
ČN na Lubniku ima avtomatski odvzem vzorca na iztoku iz ČN. Na iztoku je nameščena plastenka (vidna na sliki 19), ki je vedno polna vzorca (1,5 l). Vzorec se zamenja ob vsakem praznjenju SBR prekata. Tako je vedno na voljo vzorec, star največ 8 ur. Na vtoku v ČN sem vzorčil in meril v primarnem usedalniku. Vzorec sem zajel z zajemalno posodo in pretočil v posodo prostornine 2 l. Na iztoku iz ČN je bilo na voljo 1,5 l vzorca. Zato sem 0,5 litra vzorca najprej prelij v posodo in v njej izvedel meritve. Preostanek (1,0 l) sem pretočil v vzorčevalno posodo prostornine 1,0 l.

Pokrovi so plastične izdelave, pohodni. Zavarovani so s sistemom vijačenja – za odprtje pokrova potrebujemo poseben ključ, ki sem si ga po predhodnem dogovoru sposodil v Domu na Lubniku. Meril in vzorčil sem na merilnih mestih, kot je prikazano na sliki 20.

Na ČN na Lubniku sem vzorčil in izvajal meritve v: nedeljo 3. 2. 2013 ob 17:00, nedeljo 24. 2. 2013 ob 17:30, torek 19. 3. 2013 ob 16:00, nedeljo 19. 5. 2013 ob 16:40 in nedeljo 25. 8. 2013 ob 13:30. Posebnosti: 19. 3. je bilo v primarnem bazenu veliko večjih kosov blata, zato so se le te nahajali tudi v vzorcu, kar je pozneje vplivalo na analizo BPK_5 . 24. 2. in 19. 5. sem primarni bazen moral premešati s palico, saj je na vrhu nastala plast blata.



Slika 19: Iztok na ČN na Lubniku. Na sliki vidna posoda (1,5l) - vzorec očiščene odpadne vode



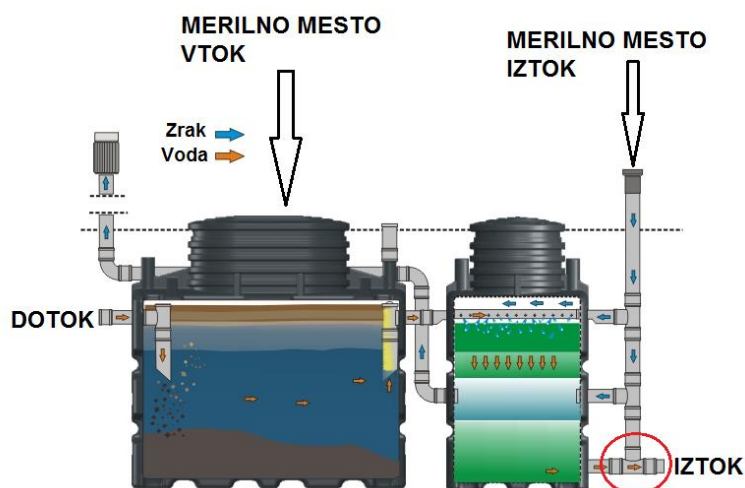
Slika 20: Merilni mesti na ČN na Lubniku (vir [48])

3.2.6 Terenska vzorčenja in meritve fizikalno-kemijskih parametrov na ČN na Planini nad Vrhniko

Vtok v ČN sem vzorčil preko odprtine nad primarnim usedalnikom. Odprtina je zaščiten s HDPE pokrovom, ki je varovan z vijaki. Meritve sem izvedel na istem mestu.

Vzorčenja in meritve iztoka iz ČN sem izvedel skozi zadnji zračnik, kot je prikazano na sliki 21. Merilno mesto na iztoku je označeno z rdečim krogom. Odvil sem pokrov zračnika in zajel vzorec ter izvedel meritve na globini približno dveh metrov. Volumen vzorca, ki ga je bilo možno zajeti na iztoku, je približno 2,5 litrov, zato sem vedno najprej odvzel vzorec in nato izvedel meritve. S samimi meritvami pred vzorčenjem bi namreč dvignil usedline in s tem skalil vzorec.

Na Planini sem vzorčil in izvajal meritve ob nedeljah in sicer: 17. 2. 2013 ob 17:00, 10. 3. 2013 ob 8:00, 24. 3. 2013 ob 17:00, 19. 5. 2013 ob 7:00 in 25. 8. 2013 ob 9:30. Posebnosti: 17. 2. je v vzorec iztoka prišlo veliko usedlin, ki so se dvignile med zajemanjem vzorca. 10. 3. sem opazil, da je zadnji zračnik zasnežen in je s tem preprečeno ozračevanje filtra, zato sem na to opozoril PD. 25. 8. sem med vzorčenjem iztoka zajel film, ki se je nabral na gladini prečiščene odpadne vode v iztoku. V laboratoriju sem vzorec zato pred analizo ustrezno prefiltriral.



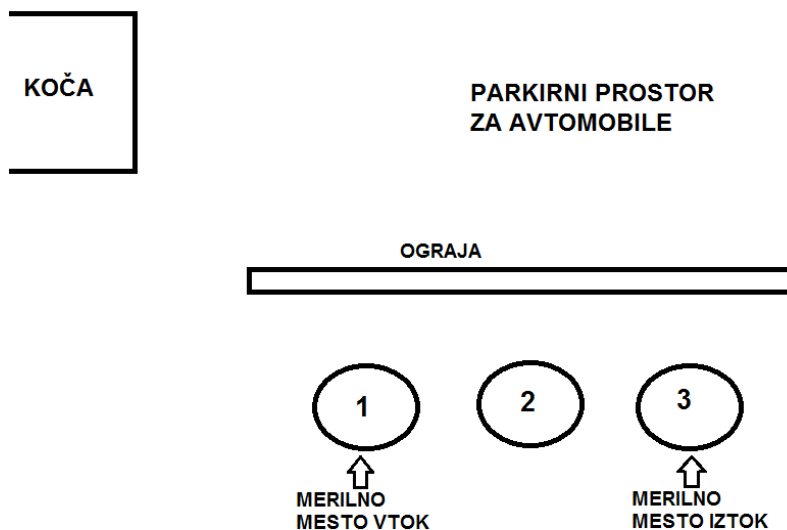
Slika 21: Merilni mesti na ČN na Planini. Z rdečim krogom je označeno mesto, kjer se vzorči in meri odpadno vodo na iztoku iz ČN (vir [49])

3.2.7 Terenska vzorčenja in meritve fizikalno-kemijskih parametrov na ČN pri Gospodični na Gorjancih

Vzorčenja in meritve sem izvajal preko prve in druge odprtine ČN, kot je razvidno na sliki 22. Zajem vzorca in meritve na vtoku sem izvedel v primarnem bazenu, skozi prelivno »H« cev.

Vzorčenje očiščene vode na iztoku zahteva usposobljeno osebo. Potrebno je namreč vklopiti črpalko v krmilni omarici, v nasprotnem primeru lahko čakamo več ur na vklop faze iztoka. Ob vzorčenju je bila zato vedno prisotna usposobljena oseba iz podjetja Komunala Novo mesto d.o.o.

Nad drugim bazenom potekajo tri cevi, ki se stekajo v eno, večjo cev. Tri cevi lahko snamemo in natočimo vzorec očiščene vode v vzorčevalno posodo. Po zajemu vzorca sem uporabil novo vzorčevalno posodo in natočil še en vzorec iztoka ter v posodi izvedel meritve. Opozoriti pa moram, da je prostor nad bazenom, kjer se končajo cevi in se polni vzorčevalno posodo poln pajčevin – zato v posodo lahko pade kakšna smet, ki je v iztoku sicer ni. Pretok očiščene vode (iztok) iz treh cevi je zelo počasen, zato je lovljenje v posodo potekalo dlje časa (slika 23).



Slika 22: Shema merilnih mest na ČN pri Gospodični na Gorjancih



Slika 23: Zajemanje vzorca na iztoku iz ČN pri Gospodični na Gorjancih

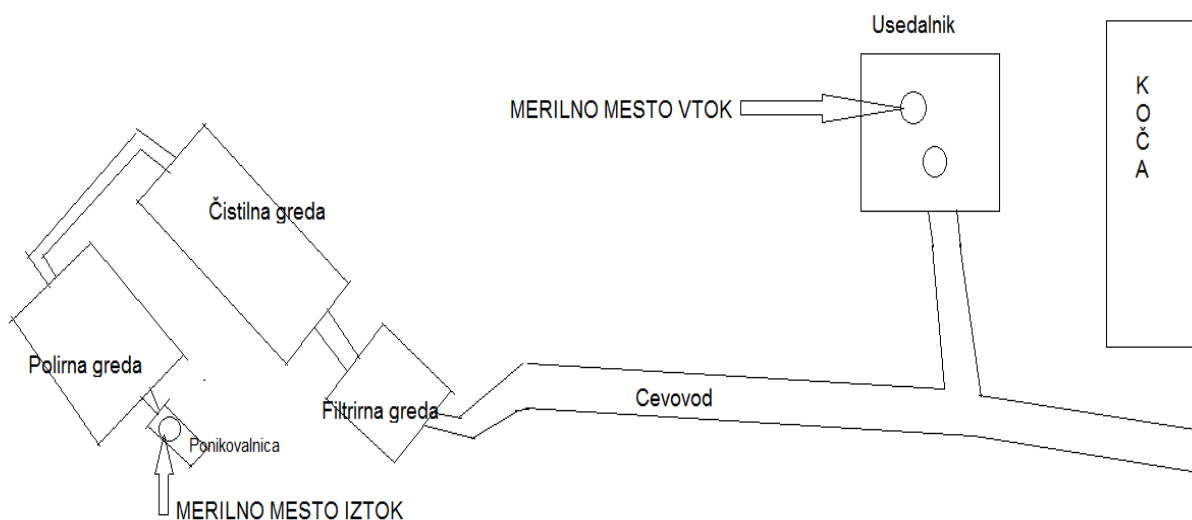
Na ČN pri Gospodični sem vzorčil in izvajal meritve v: nedeljo 27. 1. 2013 ob 17:30, torek 5. 3. 2013 ob 10:00, torek 2. 4. 2013 ob 10:00, torek 21. 5. 2013 ob 9:30 in torek 17. 9. 2013 ob 10:00.

3.2.8 Terenska vzorčenja in meritve fizikalno-kemijskih parametrov na ČN na Lisci

Vzorčenje in meritve na vtoku v ČN sem izvajal v prvem usedalniku (slika 24), kjer se zbira odpadna voda iz kuhinj in toaletnih prostorov obeh koč. Usedalnik pokriva betonski pokrov, ki sem ga lahko odstranil ročno. Odpadna voda je v tem delu še popolnoma neprečiščena, viden je toaletni papir in razmočeno blato.

Meritve in vzorčenja na iztoku sem izvajal na zato predvidenem mestu nad ponikovalnico (slika 24). Voda na iztoku je bistra. Vodo sem zajemal v navpični iztočni kolenčni cevi, iz katere se voda preliva na vrhu cevi. Omenjena cev je na dnu zaprta zaradi vzdrževanja gladine vode v prejšnji čistilni gredi. Ker je cev ozka, sem moral zajemati večkrat in sicer z zajemno posodo velikosti pol litra.

Na Lisci sem izvajal meritve in vzorčil v: nedeljo 27. 1. 2013 ob 9:00, torek 5. 3. 2013 ob 14:00, torek 2. 4. 2013 ob 15:00, torek 21. 5. 2013 ob 14.30 in četrtek 22. 8. 2013 ob 15:00. Na samem terenu je prišlo do nekaterih posebnosti, in sicer: 27. 1. in 21. 5. sem primarni usedalnik premešal s palico, s tem omehčal in razdril skorjo blata, ki je plavala na gladini in nato izvedel meritve in vzorčenje. Najemnik in stalni obiskovalci Jurkove koč [59] so mi povedali, da je občasno zaznati smrad v bližini RČN. Sam sem smrad zaznal 2. 4. in 21. 5. V četrtek 22. 8. sem opazil novo zasaditev naprave, katero so izvedli 7. junija 2013 [60].



Slika 24: Shema RČN na Lisci z označenimi merilnimi mesti

3.3 Kemijske analize vzorcev

Vse vzorce sem dan po vzorčenju analiziral v kemijskem laboratoriju, UL FGG, Inštitut za zdravstveno hidrotehniko. S pomočjo laboranta Renata Babiča, ing. kem. teh., sem analiziral naslednje parametre: usedljivost, kemijska potreba po kisiku (KPK), biokemijska potreba po kisiku po 5 dneh (BPK₅), skupne suspendirane snovi (TSS), organske suspendirane snovi (OSS), anorganske suspendirane snovi (ASS), amonijev dušik (NH₄⁺-N), nitratni dušik (NO₃⁻-N), nitritni dušik (NO₂⁻-N), celotni dušik (TN), Celotni dušik po Kjeldahlu (TKN), organski dušik (ON), celotni fosfor (TP) in ortofosfat (PO₄³⁻-P). Uporabljene merilne metode in oprema so prikazane v preglednici 14. Opis analitskih metod je priložen v prilogi A.

Preglednica 14: Analizirani parametri, uporabljene analizne metode in oprema

Parameter	Enota	Merilna metoda	Oprema
Usedljivost	mL/l	DIN 38409-H9	Sedimentacijski stožec
KPK	mg/l	ISO 6060	Spektrofotometer HACH DR 2800
BPK ₅	mg/l	SIST EN 1899 - 2	Manometer WTW Oxi top
TSS	mg/l	SIST ISO 11923	Analitska tehtnica Mettler
OSS	mg/l	SIST ISO 11923	Analitska tehtnica Mettler
ASS	mg/l	SIST ISO 11923	Analitska tehtnica Mettler
NH ₄ ⁺ -N	mg/l	ISO 7150 - 1,2	Spektrofotometer HACH DR 2800
NO ₃ ⁻ -N	mg/l	SIST ISO 7890-1	Spektrofotometer HACH DR 2800
NO ₂ ⁻ -N	mg/l	SIST EN 26777	Spektrofotometer HACH DR 2800
TN	mg/l	/	Spektrofotometer HACH DR 2800
TKN	mg/l	SIST EN 25663	Spektrofotometer HACH DR 2800
ON	mg/l	/	Spektrofotometer HACH DR 2800
TP	mg/l	ISO 6878 - 1	Spektrofotometer HACH DR 2800
PO ₄ ³⁻ -P	mg/l	ISO 6878 - 1	Spektrofotometer HACH DR 2800

4 REZULTATI

4.1 Izmerjene vrednosti fizikalno-kemijskih meritev in kemijskih analiz

V preglednicah 15 do 22 so prikazane vse vrednosti parametrov, izmerjene tekom naloge.

Preglednica 15: Čistilna naprava na Ermanovcu - rezultati meritev in kemijskih analiz

Parameter	Enota	MDK*	IZMERJENE VREDNOSTI									
			Vtok	Iztok	Vtok	Iztok	Vtok	Iztok	Vtok	Iztok	Vtok	Iztok
Oznaka vzorca			10.2.2013		3.3.2013		10.3.2013		5.5.2013		15.9.2013	
Datum												
pH	-	6,5-9,0	6,85	6,71	7,28	7,33	7,48	7,49	7,30	7,62	7,76	7,86
El. prevodnost	µS/cm	/	637	553	1159	1108	1145	1145	1289	1308	1597	1649
Temperatura	°C	30	4,8	4,3	6,7	6,5	5,3	5,4	11,2	11,1	19,1	18,8
Konc. kisika	mg/l	/	9,33	8,37	6,00	6,21	9,63	9,87	0,39	2,17	0,16	0,25
Nas. s kisikom	%	/	82,3	72,2	55,2	57,5	86,5	88,7	3,9	22,2	1,9	3
Redox potencial	mV	/	3,0	10,7	-16,2	-19,0	-29,9	-30,0	-15,9	-33,6	-41,9	-47,6
Usedljivost	ml/L	0,5	20	2	3	3	1	0,5	30	0	115	3
KPK	mg/l	150	215	72	250	175	149	81	502	177	2076	757
BPK ₅	mg/l	30	200	36	240	115	85	58	480	170	2000	320
TSS	mg/l	80	45	40	242	137	6	7	1581	13	7008	84
OSS	mg/l	/	41	34	233	135	3	3	1576	8	6534	67
ASS	mg/l	/	4	6	9	2	3	4	5	5	474	17
NH ₄ -N	mg/l	(1), 10	8,7	6,8	17,8	18,5	12,25	14,75	66,5	62,0	122	119
NO ₃ -N	mg/l	/			7	5,6	4,5	4,2	6,6	4,3	24	10,3
NO ₂ -N	mg/l	(0,1), 1	0,091	0,068	0,276	0,470	0,116	0,091	0,026	0,010	0,049	0,061
TN	mg/l	15			33,53	32,25	27,1	23,0	77,9	68,1	245	175
TKN	mg/l	/	11,25	7,5	26,25	26,25	22,5	18,75	71,3	63,8	221	165
ON	mg/l	/	2,55	0,7	8,45	7,75	10,25	4,0	4,8	1,8	99	46
TP	mg/l	2	10,34	10,24	15,54	16,06	16,04	16,8	19,20	20,28	34	28,2
PO ₄ -P	mg/l	/	8,36	8,36	14,58	14,57	14,09	14,09	18,68	18,22	32,5	27,5

Preglednica 16: Čistilna naprava na Ratitovcu - rezultati meritev in kemijskih analiz

Parameter	Enota	MDK*	IZMERJENE VREDNOSTI									
			Vtok	Iztok	Vtok	Iztok	Vtok	Iztok	Vtok	Iztok	Vtok	Iztok
Oznaka vzorca			3.2.2013		3.3.2013		24.3.2013		19.5.2013		20.8.2013	
Datum												
pH	-	6,5-9,0	6,50	7,40	5,96	7,11	6,78	7,15	7,07	7,01	6,91	7,16
El. prevodnost	µS/cm	/	2530	3002	4650	2610	1458	2300	1901	1784	4390	2430
Temperatura	°C	30	3,5	1,3	4,4	2,9	2,4	0,7	6,0	8,0	12,1	14,2
Konc. kisika	mg/l	/	0,35	0,71	0,48	0,39	0,51	0,40	0,32	0,27	0,27	0,27
Nas. s kisikom	%	/	3,3	6,2	4,4	3,5	4,6	3,5	3,1	2,8	3	3
Redox potencial	mV	/	22,3	-26,9	54,1	-7,2	8,2	-11,8	-1,5	1,8	11,1	-2,4
Usedljivost	ml/L	0,5	0,5	3	<1	130	2	1,5	1	1	51	8
KPK	mg/l	150	973	100	268	178	229	138	475	57	1835	682
BPK ₅	mg/l	30	640	45	220	80	105	40	270	18	1300	350
TSS	mg/l	80	17	69	77	460	56	116	26	42	553	202
OSS	mg/l	/	14	67	75	454	53	110	23	37	540	160
ASS	mg/l	/	3	2	2	6	3	6	3	5	13	42
NH ₄ -N	mg/l	(1), 10	153	164	31,5	164	37,5	102,0	49,0	48,0	141	172,5
NO ₃ -N	mg/l	/			4	5	3,2	2,2	4,6	1,7	11,5	9,8
NO ₂ -N	mg/l	(0,1), 1	0,012	0,166	0,042	0,059	0,020	0,111	0,022	0,141	0,057	0,026
TN	mg/l	15			41,54	177,56	44,5	107,3	68,4	50,6	185	209
TKN	mg/l	/	165	192	37,5	172,5	41,25	105,0	63,8	48,8	173	199
ON	mg/l	/	12	28	6,0	8,5	3,75	3,0	14,8	0,8	32	26
TP	mg/l	2	19,2	20,0	4,32	17,2	5,16	10,80	7,42	7,70	26,5	24,3
PO ₄ -P	mg/l	/	17,6	18,4	3,52	17,1	4,32	10,24	5,88	5,82	25,7	23,4

Preglednica 17: Čistilna naprava na Valvasorju - rezultati meritev in kemijskih analiz

Parameter	Enota	MDK*	IZMERJENE VREDNOSTI									
			Vtok	Iztok	Vtok	Iztok	Vtok	Iztok	Vtok	Iztok	Vtok	Iztok
Oznaka vzorca			10.2.2013		24.2.2013		19.3.2013		5.5.2013		20.8.2013	
Datum			10.2.2013		24.2.2013		19.3.2013		5.5.2013		20.8.2013	
pH	-	6.5-9.0	8,76	8,29	8,46	8,13	8,59	8,43	6,61	7,65	7,64	8,59
El. prevodnost	μS/cm	/	2190	2141	2570	2410	2490	1704	2410	1,47	2460	1779
Temperatura	°C	30	5,4	5,2	7,6	6,3	5,2	5,4	9,7	9,8	17,4	17,4
Konc. kisika	mg/l	/	0,51	8,39	0,38	6,88	0,38	8,81	0,27	3,24	0,49	6,42
Nas. s kisikom	%	/	4,8	77,4	3,7	64,9	3,5	81,2	2,7	32,7	5,8	-
Redox potencial	mV	/	-103,4	-77,0	-80,5	-62,0	-89,6	-81,0	22,6	-34,8	-29,2	-80,7
Usedljivost	ml/L	0,5	<1	<1	<1	<1	<1	0	0	0	3,5	<1
KPK	mg/l	150	836	100	1059	104	902	74,2	713	104	1122	149
BPK ₅	mg/l	30	407	82	540	32	500	14	380	18	760	30
TSS	mg/l	80	607	24	9	6	40	40	27	33	283	64
OSS	mg/l	/	565	14	5	3	28	25	23	29	216	22
ASS	mg/l	/	42	10	4	3	12	15	4	4	67	42
NH ₄ -N	mg/l	(1), 10	155,0	156,5	149,6	148,8	145,5	105,0	157,0	64,5	176	108
NO ₃ -N	mg/l	/					7,2	4,6	7,1	41,0	18,5	28
NO ₂ -N	mg/l	(0,1), 1	0,051	0,172	0,036	0,070	0,037	0,551	0,037	2,82	0,139	5,58
TN	mg/l	15					168,5	110,2	182,1	111,3	222	147
TKN	mg/l	/	172,5	180,0	198,8	157,5	161,25	105,0	175,0	67,5	203	113
ON	mg/l	/	17,5	23,5	49,2	8,7	15,75	0,0	18,0	3,0	27	5
TP	mg/l	2	19,54	16,98	21,18	17,44	22,5	14,4	18,16	16,40	22	15,5
PO ₄ -P	mg/l	/	17,04	15,36	20,06	15,51	21,3	13,9	17,78	15,80	21,6	14,8

Preglednica 18: Čistilna naprava na Lubniku - rezultati meritev in kemijskih analiz

Parameter	Enota	MDK*	IZMERJENE VREDNOSTI									
			Vtok	Iztok	Vtok	Iztok	Vtok	Iztok	Vtok	Iztok	Vtok	Iztok
Oznaka vzorca			3.2.2013		24.2.2013		19.3.2013		19.5.2013		25.8.2013	
Datum			3.2.2013		24.2.2013		19.3.2013		19.5.2013		25.8.2013	
pH	-	6.5-9.0	5,98	7,57	6,26	7,55	5,71	7,35	6,60	7,35	6,08	7,12
El. prevodnost	μS/cm	/	1393	1222	985	1601	1564	1647	1503	1718	1501	1283
Temperatura	°C	30	6,9	2,4	5,6	2,7	7,3	5,2	16,4	14,3	20	17,5
Konc. kisika	mg/l	/	0,36	7,34	0,41	3,1	0,40	1,49	0,23	0,27	0,24	0,34
Nas. s kisikom	%	/	3,4	59,2	3,7	26,1	3,7	13,0	2,7	3	3	4,1
Redox potencial	mV	/	52,2	-36,5	38,3	-30,5	66,3	-22,7	24,9	-16,7	53	-5,6
Usedljivost	ml/L	0,5	150	0,5	10	3,5	350	<1	120	8	160	<1
KPK	mg/l	150	1397	147	815	277	1863	282	1709	290	1938	486
BPK ₅	mg/l	30	1315	100	560	60	2500	105	1600	145	1550	210
TSS	mg/l	80	1246	196	223	51	3483	49	1322	108	1422	86
OSS	mg/l	/	1240	194	204	42	3278	46	1243	94	1323	78
ASS	mg/l	/	6	2	19	9	205	3	79	14	99	8
NH ₄ -N	mg/l	(1), 10	72,6	80,8	50,4	58,4	114,0	112,8	56,0	112,0	112,5	85
NO ₃ -N	mg/l	/					11,6	3,1	10,4	4,6	20	7
NO ₂ -N	mg/l	(0,1), 1	0,004	0,093	0,020	0,188	0,023	0,011	0,061	0,009	0,006	0,015
TN	mg/l	15					127,9	119,4	93,5	169,6	140	105
TKN	mg/l	/	112,5	82,5	82,5	75	116,25	116,3	82,5	165,0	120	98
ON	mg/l	/	40	1,7	32,1	16,6	2,25	3,5	26,5	53,0	7	13
TP	mg/l	2	15,0	5,5	11,14	2,08	19,9	16,5	14,20	23,92	22,9	6,9
PO ₄ -P	mg/l	/	14,8	4,6	10,74	0,87	18,6	13,24	13,10	19,72	21	6,7

Preglednica 19: Čistilna naprava na Planini - rezultati meritev in kemijskih analiz

Parameter	Enota	MDK*	IZMERJENE VREDNOSTI									
			Vtok	Iztok	Vtok	Iztok	Vtok	Iztok	Vtok	Iztok	Vtok	Iztok
Oznaka vzorca			17.2.2013		10.3.2013		24.3.2013		19.5.2013		25.8.2013	
Datum			17.2.2013		10.3.2013		24.3.2013		19.5.2013		25.8.2013	
pH	-	6.5-9.0	5,96	7,88	6,46	7,75	6,27	7,29	6,31	7,01	6,49	7,43
El. prevodnost	μS/cm	/	2420	2350	2730	2470	3250	1869	2130	1341	2770	2013
Temperatura	°C	30	4,7	4,6	2,7	4,4	3,1	3,1	11,7	10,6	16,4	15,3
Konc. kisika	mg/l	/	2,0	1,93	0,46	1,37	0,72	1,15	0,22	1,22	0,29	0,27
Nas. s kisikom	%	/	16,9	16,5	3,8	11,7	5,8	9,4	2,2	12,0	3,2	2,9
Redox potencial	mV	/	52,8	-53,8	25,3	-44,3	35,7	-45,7	40,9	2,1	29,7	-23,2
Usedljivost	ml/L	0,5	<1	4	<0,5	1	2	<0,5	1	14	12	63
KPK	mg/l	150	168	177	646	346	601	181	537	164	1310	386
BPK ₅	mg/l	30	80	55	410	195	380	150	310	115	900	200
TSS	mg/l	80	27	20	4	15	51	59	42	1256	10	71
OSS	mg/l	/	24	16	1	8	47	53	39	1237	5	45
ASS	mg/l	/	3	4	3	7	4	6	3	19	5	26
NH ₄ -N	mg/l	(1), 10	183,0	97,5	90,0	187,5	77,0	118,0	77,0	74,0	176	113
NO ₃ -N	mg/l	/			4,0	2,8	4,7	20,5	4,4	26,1	10	6,8
NO ₂ -N	mg/l	(0,1), 1	0,033	0,694	0,014	0,008	0,024	6,3	0,017	17,85	0,007	0,022
TN	mg/l	15			101,5	197,8	83,5	150,5	105,7	284	209	107
TKN	mg/l	/	202,5	213,8	97,5	195	78,75	123,8	101,3	240	199	120
ON	mg/l	/	19,5	116,3	7,5	7,5	1,75	5,75	24,3	166	23	7
TP	mg/l	2	23,15	16,76	8,76	19,96	8,76	11,12	9,32	17,18	26,3	21,1
PO ₄ -P	mg/l	/	20,14	12,84	8,57	17,45	8,38	10,82	7,76	11,52	25,9	18,8

Preglednica 20: Čistilna naprava pri Gospiščni na Gorjancih - rezultati meritev in kemijskih analiz

Parameter	Enota	MDK*	IZMERJENE VREDNOSTI									
			Vtok	Iztok	Vtok	Iztok	Vtok	Iztok	Vtok	Iztok	Vtok	Iztok
Oznaka vzorca			27.1.2013		5.3.2013		2.4.2013		21.5.2013		17.9.2013	
Datum			27.1.2013		5.3.2013		2.4.2013		21.5.2013		17.9.2013	
pH	-	6.5-9.0	6,48	7,44	6,76	6,73	6,25	6,86	6,18	6,49	6,47	4,00
El. prevodnost	μS/cm	/	2090	1037	2184	1855	1490	1465	1409	1658	2230	1992
Temperatura	°C	30	8,1	6,3	8,7	8,6	6,3	4,7	16,6	14,0	19,1	18,2
Konc. kisika	mg/l	/	0,52	4,12	0,75	4,1	0,45	7,5	3,18	0,3	0,36	8,65
Nas. s kisikom	%	/	4,8	36,9	6,6	38,6	4,2	71,7	36,6	3,2	4,3	98,4
Redox potencial	mV	/	24,1	-29,5	11,6	13,5	37,1	3,8	48,8	30,9	30,6	170,3
Usedljivost	ml/L	0,5	16	<0,5	23	0	0,2	<0,1	38	<1	3,5	0
KPK	mg/l	150	1156	11,5	869	14,1	716	6	890	27	1060	35
BPK ₅	mg/l	30	568	10	796	3	600	1	880	4	760	2
TSS	mg/l	80	379	54	913	36	104	55	697	26	97	5
OSS	mg/l	/	335	13	839	33	90	51	602	25	94	4
ASS	mg/l	/	44	41	74	3	14	4	95	1	3	1
NH ₄ -N	mg/l	(1), 10	56,6	11,4	88,5	17,25	48,0	0,3	72,5	6,0	96	19,5
NO ₃ -N	mg/l	/			8,1	30,4	5,6	25,5	7,9	57,0	7,9	62
NO ₂ -N	mg/l	(0,1), 1	0,12	0,90	0,087	0,557	0,042	0,010	0,056	5,53	0,045	0,008
TN	mg/l	15			98,2	49,75	58,1	48,0	83,0	70,0	113	84
TKN	mg/l	/	63,75	15,0	90,0	18,75	52,5	22,5	75,0	7,5	105	22
ON	mg/l	/	7,2	3,6	1,5	1,5	4,5	22,2	2,5	1,5	9	2,5
TP	mg/l	2	18,2	6,6	11,92	7,62	7,70	5,28	13,42	9,54	16,4	14,4
PO ₄ -P	mg/l	/	15,6	5,4	11,87	7,03	7,40	4,93	11,97	8,84	15,2	13,4

Preglednica 21: Čistilna naprava na Lisci - rezultati meritev in kemijskih analiz

Parameter	Enota	MDK*	IZMERJENE VREDNOSTI									
			Vtok	Iztok	Vtok	Iztok	Vtok	Iztok	Vtok	Iztok	Vtok	Iztok
Oznaka vzorca			27.1.2013		5.3.2013		2.4.2013		21.5.2013		23.8.2013	
Datum			27.1.2013		5.3.2013		2.4.2013		21.5.2013		23.8.2013	
pH	-	6.5-9.0	6,58	7,53	6,55	7,43	6,59	7,59	6,27	7,47	6,55	7,46
El. prevodnost	μS/cm	/	1454	1166	1214	1366	1145	610	1310	830	2059	1628
Temperatura	°C	30	6,6	0,9	6,1	2,6	4,2	1,7	14,04	12,6	20,4	18,5
Konc. kisika	mg/l	/	0,48	2,6	0,35	0,98	0,49	0,47	0,45	0,3	0,3	0,28
Nas. s kisikom	%	/	3,9	20,2	3,1	8,0	4,2	3,9	5,0	3,1	3,7	3,3
Redox potencial	mV	/	18,2	-34,1	22,7	-24,1	18,7	-35,0	43,3	-23,4	31,1	-19,3
Usedljivost	ml/L	0,5	90	0,5	3	0,5	0,5	<0,1	8	<1	320	<1
KPK	mg/l	150	2279	177	517	177	534	63	1033	178	2357	179
BPK ₅	mg/l	30	1230	130	470	87	460	60	920	175	6000	245
TSS	mg/l	80	1333	65	129	42	124	38	196	101	6692	54
OSS	mg/l	/	1183	48	118	38	111	34	194	100	6418	12
ASS	mg/l	/	150	17	11	4	13	4	2	1	274	42
NH ₄ -N	mg/l	(1), 10	75,6	47,8	23,75	68,75	32,3	13,0	64	36,5	157	92
NO ₃ -N	mg/l	/			4,6	1,1	4,2	0,6	7,0	0,7	30	2,2
NO ₂ -N	mg/l	(0,1), 1	0,60	0,60	0,025	0,002	0,003	0,011	0,020	0,005	0,1	<0,001
TN	mg/l	15			34,6	76,1	41,7	15,6	75,0	38,0	251	96
TKN	mg/l	/	90,0	60,0	30,0	75,0	37,5	15,0	67,5	37,5	221	94
ON	mg/l	/	14,4	12,2	6,25	6,25	5,2	2,0	3,5	1,0	64	2
TP	mg/l	2	18,0	10,8	5,36	9,18	5,88	3,08	12,48	5,76	28,6	13,7
PO ₄ -P	mg/l	/	16,8	8,6	5,32	8,14	5,43	2,58	11,27	5,33	29,3	13

Preglednica 22: Čistilna naprava na Mirni gori - rezultati meritev in kemijskih analiz (izločena po prvem terenskem dnevu)

Parameter	Enota	MDK*	VREDNOSTI	
			Vtok	Iztok
Oznaka vzorca			27.1.2013	
Datum			27.1.2013	
pH	-	6.5-9.0	8,48	6,85
El. prevodnost	μS/cm	/	1433	1196
Temperatura	°C	30	7,2	6,8
Konc. kisika	mg/l	/	0,28	7,04
Nas. s kisikom	%	/	2,7	65,3
Redox potencial	mV	/	-88,0	3,5
Usedljivost	ml/L	0,5	3	16
KPK	mg/l	150	371	126
BPK ₅	mg/l	30	250	60
TSS	mg/l	80	105	186
OSS	mg/l	/	92	164
ASS	mg/l	/	13	22
NH ₄ -N	mg/l	(1), 10	51,2	5,0
NO ₃ -N	mg/l	/		
NO ₂ -N	mg/l	(0,1), 1	0,10	0,18
TN	mg/l	15		
TKN	mg/l	/	63,75	7,5
ON	mg/l	/	12,6	2,5
TP	mg/l	2	21,8	24,6
PO ₄ -P	mg/l	/	21,0	21,8

* MDK = mejna dopustna koncentracija na iztoku iz ČN. Za MKČN, z zmogljivostjo manjšo od 50 PE sta zakonsko določeni le MDK za KPK in BPK₅. Za parametra celotni dušik (TN) in celotni fosfor (TP) sem uporabil MDK iz osnutka uredbe [11], ki so pravzaprav vrednosti iz priloge 2 uredbe [3]. Za parametre NH₄-N, TSS, NO₂-N, usedljivost, pH in temperaturo sem za okvirno predstavo uporabil MDK iz priloge 2, uredbe [5].

Pri nadaljnjih izračunih povprečnih vrednosti in primerjavah sem zaradi večje natančnosti izločil nekatere vrednosti meritev in analiz. Pri ČN na Ratitovcu sem izločil rezultate drugega kroga meritev in analiz, pri ČN na Valvasorju pa rezultate prvega kroga, in sicer zaradi zajetih suspendiranih usedlin v vzorcu iztoka. Pri ČN na Lubniku sem izločil rezultate BPK₅ tretjega kroga analiz, in sicer zaradi nesorazmerno visokega rezultata BPK₅ (rezultat 2500 mg/l) na vtoku.

Potreben je še komentar glede manjkajočih podatkov v prvem in drugem krogu meritev in analiz. Pri vzorcih, odvzetih 27. 1., 3. 2., 10. 2., 17. 2. in 24. 2. sem na spektrometru pri meritvi nitratov uporabljal program na napačni valovni dolžini, zato rezultatov nitratnega dušika pri teh vzorcih ni oziroma so bili napačni in sem jih zavrgel. Posledično zato tudi nisem pridobil rezultatov celotnega dušika.

Potreben je še komentar glede manjkajočih podatkov v prvem in drugem krogu meritev in analiz. Pri vzorcih, odvzetih 27. 1., 3. 2., 10. 2., 17. 2. in 24. 2. zaradi težav pri analitičnih metodah nisem pridobil relevantnih rezultatov nitratnega dušika, zato pri teh vzorcih ni rezultatov nitratnega dušika. Posledično zato tudi nisem pridobil rezultatov celotnega dušika.

ČN na Mirni gori sem, kot že povedano, izločil iz nadaljnjih krogov raziskave zaradi prepolnega primarnega usedalnika, ki ga ni bilo možno izprazniti do kopnih razmer. Zato so za Mirno goro predstavljeni le rezultati prvega kroga, ki pa jih v nadaljevanju naloge nisem upošteval.

4.2 Rezultati fizikalno-kemijskih meritev in analiz vtočnih in iztočnih vrednosti čistilnih naprav

Za lažje branje rezultatov bom v nadaljevanju predstavil izmerjene vrednosti petih najbolj pomembnih parametrov in sicer: BPK₅, KPK, celotni dušik, celotni fosfor in temperaturo vode.

4.2.1 Vrednosti BPK₅

MDK sem povzel iz uredbe [1]. V preglednici 23 so zbrane vrednosti BPK₅ na VTOKU v ČN. V preglednici 24 so zbrane izmerjene vrednosti BPK₅ na IZTOKU iz ČN.

Preglednica 23: Izmerjene vrednosti BPK₅ na vtoku v čistilno napravo

BPK ₅ - vtok	Enota	MDK	Gospodična	Lisca	Lubnik	Ratitovec	Valvasor	Ermanovec	Planina
Krog 1	mg/l	30	568	1230	1315	640	407	200	80
Krog 2	mg/l	30	796	470	560	220	540	240	410
Krog 3	mg/l	30	600	460	2500	105	500	85	380
Krog 4	mg/l	30	880	920	1600	270	380	480	310
Krog 5	mg/l	30	760	6000	1550	1300	760	2000	900

Preglednica 24: izmerjene vrednosti BPK₅ na iztoku iz čistilne naprave

BPK ₅ - iztok	Enota	MDK	Gospodična	Lisca	Lubnik	Ratitovec	Valvasor	Ermanovec	Planina
Krog 1	mg/l	30	10	130	100	45	82	36	55
Krog 2	mg/l	30	3	87	60	80	32	115	195
Krog 3	mg/l	30	1	60	105	40	14	58	150
Krog 4	mg/l	30	4	175	145	18	18	170	115
Krog 5	mg/l	30	2	245	210	350	30	320	200

4.2.2 Vrednosti KPK

MDK je vzet iz uredbe [1]. V spodnji preglednici 25 so zbrane izmerjene vrednosti KPK na VTOKU v ČN. V spodnji preglednici 26 so zbrane izmerjene vrednosti KPK na IZTOKU iz ČN.

Preglednica 25: Izmerjene vrednosti KPK na vtoku v čistilno napravo

KPK - vtok	Enota	MDK	Gospodična	Lisca	Lubnik	Ratitovec	Valvasor	Ermanovec	Planina
Krog 1	mg/l	150	1156	2279	1397	973	836	215	168
Krog 2	mg/l	150	869	517	815	268	1059	250	646
Krog 3	mg/l	150	716	534	1863	229	902	149	601
Krog 4	mg/l	150	890	1033	1709	475	713	502	537
Krog 5	mg/l	150	1060	2357	1938	1835	1122	2076	1310

Preglednica 26: Izmerjene vrednosti KPK na iztoku iz čistilne naprave

KPK - iztok	Enota	MDK	Gospodična	Lisca	Lubnik	Ratitovec	Valvasor	Ermanovec	Planina
Krog 1	mg/l	150	11,5	177	147	100	100	72	177
Krog 2	mg/l	150	14,1	177	277	178	104	175	346
Krog 3	mg/l	150	6	63	282	138	74,2	81	181
Krog 4	mg/l	150	27	178	290	57	104	177	164
Krog 5	mg/l	150	35	179	486	682	149	757	386

4.2.3 Vrednosti celotnega dušika

Zaradi omenjenih težav pri analitičnih metodah analize nitratov v prvem krogu analiz in prvi polovici drugega kroga analiz, so bili podatki o nitratih in celotnem dušiku v prvem krogu analiz in prvi polovici drugega kroga analiz, neuporabni. Pri nekaterih ČN sem tako pridobil le tri vrednosti celotnega dušika.

MDK za celotni dušik sem vzel iz osnutka nove uredbe [11], ki še ni v veljavi. V spodnji preglednici 27 so zbrane izmerjene vrednosti celotnega dušika na VTOKU na ČN. V spodnji preglednici 28 so zbrane izmerjene vrednosti celotnega dušika na IZTOKU iz ČN.

Preglednica 27: Izmerjene vrednosti TN na vtoku v čistilno napravo

TN - vtok	Enota	MDK	Gospodična	Lisca	Lubnik	Ratitovec	Valvasor	Ermanovec	Planina
Krog 1	mg/l	15	/	/	/	/	/	/	/
Krog 2	mg/l	15	98,2	34,6	/	41,54	/	33,53	101,5
Krog 3	mg/l	15	58,1	41,7	127,9	44,5	168,5	27,1	83,5
Krog 4	mg/l	15	83,0	75,0	93,5	68,4	182,1	77,9	105,7
Krog 5	mg/l	15	113,0	251,0	140,0	185,0	222,0	245,0	209,0

Preglednica 28: Izmerjene vrednosti TN na iztoku iz čistilne naprave

TN - iztok	Enota	MDK	Gospodična	Lisca	Lubnik	Ratitovec	Valvasor	Ermanovec	Planina
Krog 1	mg/l	15	/	/	/	/	/	/	/
Krog 2	mg/l	15	49,75	76,1	/	177,56	/	32,25	197,8
Krog 3	mg/l	15	48,0	15,6	119,4	107,3	110,2	23,0	150,5
Krog 4	mg/l	15	70,0	38,0	169,6	50,6	111,3	68,1	284
Krog 5	mg/l	15	84,0	96,0	105,0	209,0	147,0	175,0	107,0

4.2.4 Vrednosti celotnega fosforja

MDK za celotni fosfor sem vzel iz osnutka nove uredbe [11], ki še ni v veljavi. V spodnji preglednici 29 so zbrane izmerjene vrednosti celotnega fosforja na VTOKU na ČN. V spodnji preglednici 30 so zbrane izmerjene vrednosti celotnega fosforja na IZTOKU iz ČN.

Preglednica 29: Izmerjene vrednosti TP na vtoku v čistilno napravo

TP - vtok	Enota	MDK	Gospodična	Lisca	Lubnik	Ratitovec	Valvasor	Ermanovec	Planina
Krog 1	mg/l	2	18,2	18,0	15,0	19,2	19,54	10,34	23,15
Krog 2	mg/l	2	11,92	5,36	11,14	4,32	21,18	15,54	8,76
Krog 3	mg/l	2	7,7	5,88	19,9	5,16	22,5	16,04	8,76
Krog 4	mg/l	2	13,42	12,48	14,2	7,42	18,16	19,2	9,32
Krog 5	mg/l	2	16,4	28,6	22,9	26,5	22,0	34,0	26,3

Preglednica 30: Izmerjene vrednosti TP na iztoku iz čistilne naprave

TP - iztok	Enota	MDK	Gospodična	Lisca	Lubnik	Ratitovec	Valvasor	Ermanovec	Planina
Krog 1	mg/l	2	6,6	10,8	5,5	20,0	16,98	10,24	16,76
Krog 2	mg/l	2	7,62	9,18	2,08	17,2	17,44	16,06	19,96
Krog 3	mg/l	2	5,28	3,08	16,5	10,8	14,4	16,8	11,12
Krog 4	mg/l	2	9,54	5,76	23,92	7,7	16,4	20,28	17,18
Krog 5	mg/l	2	14,4	13,7	6,9	24,3	15,5	28,2	21,1

4.2.5 Temperatura odpadne vode

V spodnji preglednici 31 so zbrane izmerjene vrednosti temperature odpadne vode na vtoku in iztoku v/iz ČN.

Preglednica 31: Temperatura odpadne vode na vtoku in iztoku v/iz čistilne naprave

Temperatura vode	Enota	Gospodična - vtok	Gospodična - iztok	Lisca - vtok	Lisca - iztok	Lubnik - vtok	Lubnik - iztok	Ratitovec - vtok	Ratitovec - iztok
Krog 1	°C	8,1	6,3	6,6	0,9	6,9	2,4	3,5	1,3
Krog 2	°C	8,7	8,6	6,1	2,6	5,6	2,7	4,4	2,9
Krog 3	°C	6,3	4,7	4,2	1,7	7,3	5,2	2,4	0,7
Krog 4	°C	16,6	14,0	14,04	12,6	16,4	14,3	6,0	8,0
Krog 5	°C	19,1	18,2	20,4	18,5	20,0	17,5	12,1	14,2

Temperatura vode	Enota	Valvasor - vtok	Valvasor - iztok	Ermanovec - vtok	Ermanovec - iztok	Planina - vtok	Planina - iztok
Krog 1	°C	5,4	5,2	4,8	4,3	4,7	4,6
Krog 2	°C	7,6	6,3	6,7	6,5	2,7	4,4
Krog 3	°C	5,2	5,4	5,3	5,4	3,1	3,1
Krog 4	°C	9,7	9,8	11,2	11,1	11,7	10,6
Krog 5	°C	17,4	17,4	19,1	18,8	16,4	15,3

4.3 Učinkovitosti čiščenja čistilnih naprav

V spodnjih preglednicah 32 do 35 so za vsak posamezen krog analiz prikazani izračuni učinkovitosti čiščenja za naslednje parametre: KPK, BPK₅, TP in TN. Zaradi preglednosti in nadaljnjega razumevanja rezultatov podajam tudi izmerjene temperature odpadne vode na vtoku in iztoku v/iz ČN.

Preglednica 32: Učinkovitost čiščenja čistilnih naprav in temperatura vode, prvi krog analiz

Čistilna naprava	Gospodična	Lisca	Lubnik	Ratitovec	Valvasor	Ermanovec	Planina
KPK [%]	99,0	92,2	89,5	89,7	88,0	66,5	-5,4
BPK ₅ [%]	98,2	89,4	92,4	93,0	79,9	82,0	31,3
TN [%]	/	/	/	/	/	/	/
TP [%]	63,7	40,0	63,3	-4,2	13,1	1,0	27,6
T - vtok v ČN [°C]	8,1	6,6	6,9	3,5	5,4	4,8	4,7
T - iztok iz ČN [°C]	6,3	0,9	2,4	1,3	5,2	4,3	4,6

Preglednica 33: Učinkovitost čiščenja čistilnih naprav in temperatura vode, drugi krog analiz

Čistilna naprava	Gospodična	Lisca	Lubnik	Ratitovec	Valvasor	Ermanovec	Planina
KPK [%]	98,4	65,8	66,0	33,6	90,2	30,0	46,4
BPK ₅ [%]	99,6	81,5	89,3	63,6	94,1	52,1	52,4
TN [%]	49,3	-119,9	/	/	/	3,8	/
TP [%]	36,1	-71,3	81,3	-298,1	17,7	-3,3	-127,9
T - vtok v ČN [°C]	8,7	6,1	5,6	4,4	7,6	6,7	2,7
T - iztok iz ČN [°C]	8,6	2,6	2,7	2,9	6,3	6,5	4,4

Preglednica 34: Učinkovitost čiščenja čistilnih naprav in temperatura vode, tretji krog analiz

Čistilna naprava	Gospodična	Lisca	Lubnik	Ratitovec	Valvasor	Ermanovec	Planina
KPK [%]	99,2	88,2	84,9	39,7	91,8	45,6	69,9
BPK ₅ [%]	99,8	87,0	0,0	61,9	97,2	31,8	60,5
TN [%]	17,4	62,6	6,6	-141,1	34,6	15,1	-80,2
TP [%]	31,4	47,6	17,1	-109,3	36,0	-4,7	-26,9
T - vtok v ČN [°C]	6,3	4,2	7,3	2,4	5,2	5,3	3,1
T - iztok iz ČN [°C]	4,7	1,7	5,2	0,7	5,4	5,4	3,1

Preglednica 35: Učinkovitost čiščenja čistilnih naprav in temperatura vode, četrti krog analiz

Čistilna naprava	Gospodična	Lisca	Lubnik	Ratitovec	Valvasor	Ermanovec	Planina
KPK [%]	97,0	82,8	83,0	88,0	85,4	64,7	69,5
BPK ₅ [%]	99,5	81,0	90,9	93,3	95,3	64,6	62,9
TN [%]	15,7	49,3	-81,4	26,0	38,9	12,6	-168,7
TP [%]	28,9	53,8	-68,5	-3,8	9,7	-5,6	-84,3
T - vtok v ČN [°C]	16,6	14,04	16,4	6,0	9,7	11,2	11,7
T - iztok iz ČN [°C]	14,0	12,6	14,3	8,0	9,8	11,1	10,6

Preglednica 36: Učinkovitost čiščenja čistilnih naprav in temperatura vode, peti krog analiz

Čistilna naprava	Gospodična	Lisca	Lubnik	Ratitovec	Valvasor	Ermanovec	Planina
KPK [%]	96,7	92,4	74,9	62,8	86,7	63,5	70,5
BPK ₅ [%]	99,7	95,9	86,5	73,1	96,1	84,0	77,8
TN [%]	25,7	61,8	25,0	-13,0	33,8	28,6	48,8
TP [%]	12,2	52,1	69,9	8,3	29,5	17,1	19,8
T - vtok v ČN [°C]	19,1	20,4	20,0	12,1	17,4	19,1	16,4
T - iztok iz ČN [°C]	18,2	18,5	17,5	14,2	17,4	18,8	15,3

Povprečne vrednosti učinkovitosti čiščenja so predstavljene v preglednici 37. Pri izračunu povprečnih vrednosti KPK in BPK₅ nisem upošteval rezultatov prvega kroga analiz ČN na Valvasorju in drugega kroga analiz ČN na Ratitovcu. Pri izračunu povprečnih vrednosti BPK₅ na ČN na Lubniku, nisem upošteval rezultatov tretjega kroga analiz. Razlogi neupoštevanja nekaterih rezultatov so razloženi v poglavjih 3.2.1 do 3.2.8.

Preglednica 37: Povprečna učinkovitost čiščenja čistilnih naprav

Čistilna naprava	Gospodična	Lisca	Lubnik	Ratitovec	Valvasor	Ermanovec	Planina
KPK [%]	98,0	84,3	79,7	62,8	88,4	54,1	50,2
BPK ₅ [%]	99,4	87,0	89,8	77,0	92,5	62,9	57,0
TN [%]	27,0	13,4	-16,6	-113,9	35,8	15,0	-66,7
TP [%]	34,5	24,5	32,6	-81,4	21,2	0,9	-38,4

5 DISKUSIJA

5.1 Učinkovitost delovanja posameznih čistilnih naprav

5.1.1 ČN na Ermanovcu

ČN na Ermanovcu v nobenem od petih krogov analiz ni ustrezala zakonodajni normi $BPK_5 = 30$ mg/l na iztoku iz ČN. Rezultati KPK so bili dvakrat ustrezni, trikrat neustrezni. Zanimive so vrednosti KPK in BPK_5 izmerjene v zadnjem krogu meritev. Obe vrednosti sta bile močno preseženi (KPK = 757 mg/l in $BPK_5 = 320$ mg/l). Razlog za slabe rezultate je verjetno velika preobremenjenost ČN, saj so bile na vtoku izmerjene vrednosti KPK = 2076 mg/l in $BPK_5 = 2000$ mg/l. Vrednost BPK_5 na vtoku jasno kaže na preobremenjenost. ČN je dimenzionirana za 240 g BPK_5 /dan in 0,6 m³/dan. Normalna vrednost BPK_5 , izračunana iz teh podatkov bi bila 240 g / 600 l = 400 mg/l. Iz tega je razvidno, da je ČN poddimenzionirana. Prav tako so bile v zadnjem krogu izmerjene največje vrednosti TP in TN tako na vtoku kot iztoku (preglednica 15), kar zopet kaže na preobremenjenost naprave.

Vrednosti učinkovitosti čiščenja TN so nizke in sicer so v vseh krogih nižje od 29 %, med tem ko so učinkovitosti čiščenja TP bile v treh krogih celo negativne (glejte preglednice 32 do 36). Negativne vrednosti nakazujejo, da bi morali za izračun učinkovitosti vzorčiti z upoštevanjem zadrževalnega časa. ČN na Ermanovcu deluje s 15 minutnim ciklom ozračevanja, ki mu sledi 15 minutni cikel mirovanja. Dotok v in iz glavne biološke komore, kjer se vrši biološko čiščenje, je odvisen od same hidravlične obremenitve (princip pretokov). Dotok pa je nihajoč in povsem odvisen od trenutne porabe vode v koči, kar onemogoča izračun zadrževalnega časa.

Ozračenje je glede na rezultate koncentracije kisika ustrezno. Vrednosti amonijevega dušika, nitritnega in nitratnega dušika se skoraj ne spremenijo od vtoka v do iztoka iz ČN. Razlog temu je lahko premajhna obremenjenost ČN oziroma slabo delujoče, nerazvito aktivno blato. Rešitev temu bi bilo poživiljanje blata.

Merilna mesta (vtok in iztok) sta nekoliko ozka, dosegljiva le s plastenko velikosti 0,5 l. Pri novih postavitvah enakih ČN bi zato predlagal širši dostop. Vzorčenja in merjenje na vtoku v ČN je oteženo zaradi omenjene ožine, problematično pa je tudi zaradi samega mesta zajema. Primarni usedalnik je dostopen le v bližini preliva v biološko komoro (osrednji del), preko katere pa se med fazo ozračevanja, v manjši meri, ozračuje tudi vrhnji del primarnega usedalnika. To potrjujejo tudi visoke izmerjene vrednosti nasičenosti s kisikom na vtoku v ČN in sicer so bile vrednosti v prvih treh krogih slednje: 82,3 %, 55,2 % in 86,5 %. Zato za

nadaljnje terensko delo svetujem, da se vzorči in izvaja meritve tik pred fazo ozračevanja. Poudarim naj, da ČN na Ermanovcu ni izdelana z namenom, da bi se izvajalo meritve in vzorčilo na vtoku v ČN, saj tega današnja zakonodaja še ne predvideva (prihajajoča nova uredba [11] to predvideva za posebna območja, med drugim za vse objekte nad 1500 m.n.m., ČN na Ermanovcu se nahaja na 964 m.n.m.).

Pokrov ČN je plastične izvedbe, odpreti naj bi se ga dalo le s posebnim ključem. V dveh primerih se je dalo pokrov odpreti brez uporabe ključa. Zaradi splošne varnosti predlagam manjše popravilo, in sicer je potrebno boljše privijačiti železni vtič znotraj pokrova, da bo onemogočen dostop nepooblaščenim osebam.

5.1.2 ČN na Ratitovcu

ČN na Ratitovcu je v treh krogih ustrezala z zakonodajo predpisanim koncentracijam KPK na iztoku iz ČN (glejte preglednico 26). V dveh krogih ni ustrezala, v drugem krogu predpostavljam, da je vzorec vseboval zajete resuspendirane snovi v iztoku iz ČN (usedljivost = 130 mL/l, glejte preglednico 7). Rezultati BPK₅ kažejo, da so koncentracije v predzadnjem, poletnem krogu ustrezale predpisanim vrednostim, medtem ko v preostalih štirih krogih koncentracija BPK₅ ni ustrezala. V drugem krogu verjetno ni ustrezala zaradi že omenjenih resuspendiranih snovi, zajetih pri vzorčenju. V prvem in tretjem krogu sicer ni ustrezala zakonodaji, poudarim pa naj, da je ni prekoračila za več kot 0,5x (rezultata 40 in 45 mg/l). Glede na dobljene rezultate izstopata zadnji koncentraciji BPK₅ in KPK, izmerjeni na iztoku in sicer z vrednostjo BPK₅ = 350 mg/l in KPK = 682 mg/l. Razlog povečanih koncentracij omenjenih parametrov je lahko zelo povečan obisk koč dva in tri dni pred meritvami [61], ki se zaradi zadrževalnega časa odraža na iztoku z ustreznim zamikom.

Negativne vrednosti učinkovitosti čiščenja TN in TP zopet kažejo na neupoštevanje zadrževalnega časa pri vzorčenju (preglednici 34 in 35).

ČN ima prednost, da je zgrajena iz armiranega betona, kar podaljšuje njeno življenjsko dobo, saj življenjska doba plastičnih izvedb ČN ni znana oziroma preizkušena v realnosti. Je pa zato betonska izvedba dražja, zaradi dražje cene samega materiala.

Na ČN na Ratitovcu sem vzorčil ob nepoznavanju časovnih faz ČN. Podatkov o dolžini in nastopu posameznih faz namreč nisem uspel pridobiti oziroma so zaupne narave. Naključno vzorčenje na merilnem mestu iztok iz ČN pa v konkretnem primeru pomeni, da se prečiščena odpadna voda v merilnem jašku nahaja od zadnje zaključene faze prečrpavanja. To pomeni, da se voda v jašku nahaja le nekaj minut ali pa že več ur. V jašku je prav tako na voljo dovolj raztopljenega kisika, da se začnejo nadaljnji biokemijski procesi, ki lahko vplivajo na nekatere parametre kot je nitritni ion, ki je zelo občutljiv na koncentracijo raztopljenega kisika.

Če je prečrpana prečiščena odpadna voda oksična (prisoten kisik in z visokim redox potencialom) potem v njej ni veliko nitritnega iona. Ko pa voda miruje v jašku, se v njej porabi kisik, kar povzroči padec redox potenciala. To povzroči, da se iz nitratov začne porabljati kisik za dihanje mikroorganizmov in začne se sproščati nitrit. V primeru, da zajamemo tak vzorec, bodo kemijske analize pokazale večjo vrednost nitritov.

Mirovanje vode v merilnem jašku ima tudi velik vpliv na samo temperaturo vode, saj vode v jašku ni veliko, s tem pa se temperatura vode hitreje izravna s temperaturo okolice. Meritve temperature same odpadne vode priporočam v samem biološkem reaktorju, saj tam potekajo vsi biološki procesi čiščenja vode in so zato rezultati bolj reprezentativni.

Izračunane vrednosti učinkovitosti čiščenja pri parametrih TN in TP so v nekaterih krogih vzorčenj negativne. Vzrok je, da pri vzorčenju nisem mogel upoštevati zadrževalnega časa same ČN, saj je zadrževalni čas popolnoma odvisen od hidravlične obremenitve ČN, ki pa je zelo nihajoča. Za izračune učinkovitosti čiščenja bi zato bilo potrebno vzorčiti z upoštevanjem zadrževalnega časa ČN.

Kot omenjeno sem v drugem krogu med vzorčenjem iztoka resuspendiral usedle snovi, kar je verjetno vplivalo na rezultate BPK_5 in KPK. Predlagal bi odstranitev usedlin v merilnem mestu na iztoku (prikazan na sliki 25), da ne bi prihajalo do podobnih nevšečnosti v prihodnje.



Slika 25: Merilni jašek/merilno mesto iztok, Ratitovec, 3. 3. 2013

Na samem mestu ČN sem ugotovil, da v koči ni možno dobiti podatkov o točni lokaciji ČN. Tudi iz načrtov ČN, ki sem jih pridobil, se ni dalo locirati vseh pokrovov. Problem nastane v zimskem času, ko so vsi pokrovi globoko zasneženi. Ob morebitni nujni situaciji (nujno

popravilo) bi to pomenilo nepotrebno izgubljanje časa. V premislek bi predlagal označitev pokrovov jaškov tudi pozimi.

ČN na Ratitovcu ima vse jaške pokrite z litoželeznimi pokrovi. Jaški so globoki do 5 metrov, zato so, glede na splošno varnost, litoželezni pokrovi primerni. Zaradi načina odpiranja in nevarnosti padca pokrova po diagonali odprtine v jašek so z vidika varnosti za izvajanje meritev, vzorčenj in pregledov manj primerni. Tudi z zapiranjem pokrovov sem imel veliko težav, saj težko ležejo v prvotni položaj. Izjema je zadnji pokrov nad merilnim mestom iztok, ki ga je možno zaradi dveh ročk z lahkoto odpirati. Proizvajalcu bi predlagal uporabo takega pokrova nad vsemi jaški. Še boljša rešitev bi bila uporaba okroglih pokrovov, ki zaradi oblike ne morejo pasti skozi odprtino. Poznamo tudi okrogle litoželezne pokrove z zglobi, ki onemogočajo odtujitev pokrova. Primer takega pokrova je na sliki 23.

Do ČN ne vodi nobena cestna povezava, edina motorna povezava je s pomočjo tovarne žičnice ali helikopterja. Do sedaj se odvečno blato še ni odvažalo, zaradi same smotrnosti in racionalnosti bi zato predlagal premislek o dehidraciji blata pred prevozom v dolino.

5.1.3 ČN na Valvasorju

ČN na Valvasorju je v vseh petih krogih meritev in analiz ustrezala zakonodajnim predpisom za KPK na iztoku iz ČN. Vrednosti BPK_5 na iztoku so v zadnjih treh krogih ustrezale zakonodaji. S tem se je ČN na Valvasorju po uspehu doseganja zakonodajnih norm uvrstila na drugo mesto, za ČN pri Gospodični na Gorjancih. V drugem krogu je MDK presegla za dve enoti (vrednost $BPK_5 = 32$ mg/l), v prvem krogu meritev pa ni ustrezala zakonodajni normi. Poudarim naj, da se je v prvem krogu med vzorčenjem iztoka že vklopilo prečrpavanje in s tem mešanje odpadne vode, kar je povzročilo dvig organskih delcev. Meritve in vzorčenja na merilnem mestu iztok so nedvomljiva, saj sem vedno vzorčil in meril ob koncu zadnje faze, nekaj minut preden se je začel nov cikel. Meril in vzorčil sem 10 cm pod gladino, saj se zgornji sloj ob koncu cikla prečrpa v ponikovalnico in ponikne.

Na ČN na Valvasorju so bile izmerjene visoke vrednosti TN in TP na iztoku in sicer: vrednosti TN sta bili 147,0 mg/l in 111,3 mg/l, vrednosti TP pa so bile v razponu od 14,4 mg/l do 17,44 mg/l. Razlog za visoke koncentracije TN in TP so tudi visoke vtočne koncentracije (glejte preglednici 27 in 29). Na vtoku ČN na Valvasorju so bile namreč vedno visoke koncentracije TP in sicer od 18,16 mg/l do 22,5 mg/l. Prav tako sta bili v dveh krogih izmerjeni najvišji vrednosti TN na vtoku. Dom na Valvasorju velikokrat gosti tudi večje skupine, kar prispeva k kratkotrajni (dan do dva) preobremenitvi naprave.

Pohvalil bi lično urejeno zunanost ČN, ki je ograjena z leseno ograjo, prekrita z lesnimi sekanci in opremljena z informativno tablo. Sami pokrovi ČN so varovani z varovalno

zaklopko, ki jo je možno odpreti brez večje sile. V premislek bi predlagal preprečitev nedovoljenega odpiranja pokrova s strani nepooblaščenih oseb, npr otrok.

Prehitevanje prečrpavanja v prvem krogu vzorčenj je bila posledica premaknjene ure na kontrolni omarici (za 15 minut). Predlagam pravilno nastavitev ure v izogib nevšečnosti v prihodnje.

5.1.4 ČN na Lubniku

Iz preglednice 24 lahko razberemo, da ČN na Lubniku ni v nobenem krogu analiz ustrezala zakonodajnim predpisom za BPK₅ na iztoku iz ČN. V drugem krogu meritev je bila vrednost dvakratnik MDK, v ostalih krogih pa so izmerjene vrednosti presegle MDK za več kot trikrat. Vrednosti KPK na iztoku so zakonodajni MDK ustrezale le v prvem krogu, v ostalih treh krogih pa ne (glejte preglednico 26). Poudarim naj, da so bile vrednosti BPK₅ in KPK na vtoku v ČN v prvih štirih krogih meritev večkratniki vrednosti KPK in BPK₅ na ostalih ČN s podobno zmogljivostjo (ČN na Ermanovcu in ČN na Planini). Visoke vrednosti organskega onesnaženja kažejo na večjo obremenitev ČN. ČN je preveč obremenjena in bi bila bolj primerna ČN z večjo zmogljivostjo (število PE). ČN na Lubniku je v tretjem krogu meritev dosegla nesorazmerno (v primerjavi s KPK) visok rezultat BPK₅ na vtoku v ČN in sicer 2500 mg/l. KPK na vtoku je znašal 1863 mg/l. Do tega pojava je verjetno prišlo zaradi zajetih večjih organskih delcev, ki jih pri analizi KPK ne moremo upoštevati, pri analizi BPK₅ pa jih upoštevamo. Razlog je v tem, da je za analizo KPK potrebno s pipeto zajeti vzorec (s tem posledično ne zajamemo večjih delcev), pri analizi BPK₅ pa se vzorec prelije v steklenico (s tem posledično zajamemo vse delce do velikosti odprtine steklenice). Rešitev bi bila filtriranje vzorcev, toda s tem bi izločili trdne delce. Druga rešitev bi bila popolna homogenizacija vzorcev, s katerim bi večje delce razbili v manjše.

Zanimiv podatek je vrednost TP na iztoku iz ČN v drugem krogu meritev (TP = 2,08 mg/l), ki je najmanjša izmed vseh izmerjenih vrednosti TP na iztoku iz katerekoli obravnavane ČN.

Iztok iz ČN se vzorči iz plastenke (1,5 l), kar pomeni, da imamo na voljo vedno vzorec, star največ 8 ur (plastenka vidna na sliki 19). Čeprav je možno, da se vzorec v plastenki nahaja že 8 ur, je temperatura vzorca pravilna, saj je vzorčevalna plastenka nameščena tik nad osrednji biološki prekat, kjer se čisti odpadna voda in se zato ne spreminja.

ČN na Lubniku ima dva plastična pokrova, ki se odpirata s posebnim ključem. Glede na to, da sem ju dvakrat lahko odprl brez ključa, predlagam popravilo zaradi zagotavljanja splošne varnosti.

5.1.5 ČN na Planini

ČN na Planini, glede na rezultate raziskave (preglednica 19), ne deluje pravilno. V vseh krogih meritev izmerjene vrednosti KPK, BPK₅, TN in TP niso ustrezale MDK. Do napak je moralo priti ali med samem načrtovanjem ali med samo gradnjo. Iz rezultatov sklepam, da biološki del ČN ne deluje pravilno. Možnosti je več:

1. Mikroorganizmi oziroma biomasa se ni razrasla po celotnem biofiltru ali pa je odmrla. V tem primeru je rešitev ponovna poživitev biomase z vnosom nove biomase. Če bi bil to stalen problem, bi morali novo biomaso za poživitev dodajati tekom leta.
2. Povečanje ozračevanja biofiltra. Pomanjkanje kisika v biofiltru je prav tako možen vzrok nerazrasti biomase. Zračniki so bili 10. 2. 2013 zasneženi, kar je preprečilo pretok zraka. Predlagam redno skrb za brezmoten pretok zraka skozi zračnike. Predlagal bi tudi, da se zračnik, ki poteka skozi streho koč, poviša čez višino slemena strehe, saj se s tem izboljša naravni vlek zračnika. Naslednja rešitev bi bila prisilno ozračevanje s pomočjo ventilatorjev. Ventilator lahko poganja vetrnica, kar pa pomeni, da bi bil ventilator v pogonu le ob vetrovnem vremenu. Rešitev je tudi vgradnja ventilatorja na električni pogon v samo cev zračnika.
3. Zmogljivost ČN ni primerna dejanskim obremenitvam. Če ima ČN premalo dotoka odpadne vode ima s tem tudi premalo dotoka hranil za delovanje biomase. Glede na to, da biomasa očitno ne deluje učinkovito, je možno, da je zmogljivost ČN prevelika glede na dejanski dotok. ČN naprava ima zmogljivost 900 l/dan (6 PE), kar je sicer nizka obremenitev, vendar večina obiskovalcev spije čaj in ne uporabi toaletnih prostorov, saj je od izhodišča koč oddaljena manj kot uro hoje. Predlagam meritve porabe vode, da bi se lahko ugotovil točen dotok v ČN.
4. Možno je, da je prišlo do tehnične napake v samem delovanju znotraj ČN ali, še bolj verjetno, do napake pri vgradnji in montaži ČN.

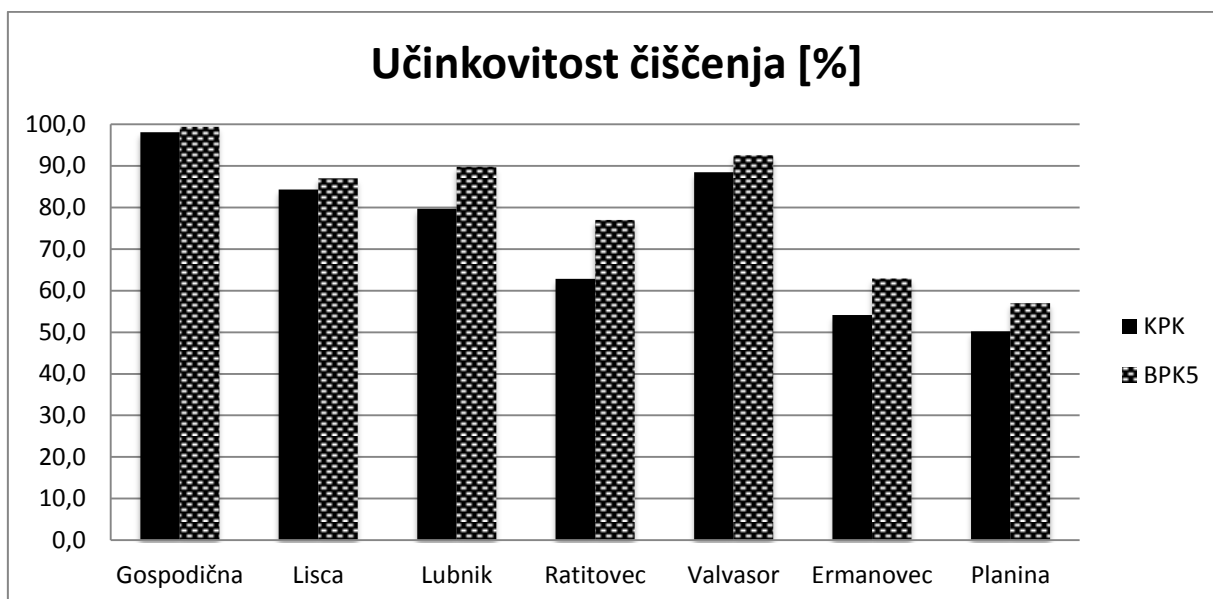
Zaradi zagotavljanja višje stopnje splošne varnosti in preprečitev nedovoljene vožnje čez pokrove ČN predlagam ograditev ČN z leseno ograjo. Predlagam še utrditev strmega brega poleg ČN, saj lahko v nasprotnem primeru pride do zdrsa zemeljske plasti ali erozije materiala.

V nekaj tednih po odpravljenih napakah predlagam ponovno vzorčenje za ugotovitev dejanskega delovanja.

5.1.6 ČN pri Gospodični na Gorjancih

ČN pri Gospodični na Gorjancih je edina membranska ČN obravnavana v diplomski nalogi. Dosegla je največje učinke čiščenja organskega onesnaženja (preglednice 32 do 36). Za

lažjo predstavo prilagam grafikon 1. V vseh krogih analiz je ČN po kriterijih KPK in BPK₅ ustrezala zakonodaji in izmerjene so bile najnižje vrednosti vseh meritev in sicer: KPK = 11,5 mg/l, 14,1 mg/l, 6,0 mg/l, 27,0 mg/l in 35,0 mg/l ter BPK₅ = 10 mg/l, 3 mg/l, 1 mg/l, 4 mg/l in 2 mg/l, kar pomeni, da so bile koncentracije od 3 do 30 krat manjše od dovoljenih (KPK = 150 mg/l in BPK₅ = 30 mg/l), kar je izjemno dober rezultat. Razlog temu so membrane, ki preprečijo prehod neraztopljenim organskim delcem v iztok. S tem sem potrdil hipotezo, ki pravi: membranska ČN glede na vgrajeno tehnologijo najbolje čisti organsko onesnaženje.



Grafikon 1: Povprečne vrednosti učinkovitosti čiščenja organskega onesnaženja

ČN pri Gospodični glede na izmerjene vrednosti ni dosegla v tej nalogi uporabljenih MDK za TP in TN (preglednici 28 in 30). Opozoriti pa moram na postopek samega vzorčenja. Membranska ČN deluje po podobnem principu kot SBR naprave in sicer se voda čisti v posameznih izmenično oksidnih in neoksidnih pogojih. Ker se samo fazo iztoka iz ČN ni dalo predvidevati, je osebje s podjetja Komunala Novo mesto d.o.o., prisilno vklopilo črpalko na iztoku. S tem sem dobil vzorec vode, za katerega ni znano iz katere faze ČN je bil prečrpan. Organsko čiščenje je vedno enako učinkovito zaradi samih membran, vrednosti ostalih izmerjenih ionov pa so dvomljive. Če so črpalke prisilno vklopili na koncu anoksične faze, je bilo lahko v vodi prisotnih veliko nitritnih ionov in s tem veliko celotnega dušika. Enako velja za fosfatne ione in celotni fosfor. Pravilno bi bilo, da bi vedno vzorčil le ob koncu cikla, ko poteka faza iztoka. Zato za prihodnje analize ionskih parametrov svetujem, da se vzorči, ko se črpalke vklopijo samodejno.

Omeniti je potrebno tudi zelo nizek pH, izmerjen v zadnjem krogu meritev na iztoku (pH = 4,00). Nizek pH inhibira delovanje mikroorganizmov. Upravljalcem bi svetoval poživitev ČN z biomaso iz druge ČN, na primer centralne ČN Novo mesto. Druga rešitev bi bila povišanje

pH vrednosti z dodatkom $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Možna razlaga za nizek pH je lahko tudi slednja: nitrifikacija poteka učinkovito, saj je vsebnost nitrata vedno visoka, ne poteka pa denitrifikacija. Zato se v vodi kopičijo visoke koncentracije nitratov (izmerjene vrednosti od 25,5 mg/l do 62,0 mg/l), kar posledično zapolni pufersko sposobnost odpadne vode in pH pade. Vrednosti pH na iztoku so v zadnjih treh krogih meritev nižje od 6,86, kar je že nekoliko zakisano. To kaže na majhno koncentracijo biomase v reaktorju. Vzrok temu bi lahko bila izredno nihajoča obremenitev ČN z onesnaženjem, ki je vir hrane biomasi.

Samo vzorčenje na iztoku je nekoliko oteženo zaradi same konstrukcije merilnega mesta. Vzorči se iz treh cevi, ki se nahajajo približno meter v jašku. Pred meritvami svetujem, da se jašek očisti v izogib morebitnemu smetenju vzorca z delci, ki so se npr. ujeli v pajčevino nad cevmi. Samo vzorčenje bi bilo lažje, če bi bile cevi daljše in bi jih bilo možno izvleči na površino.

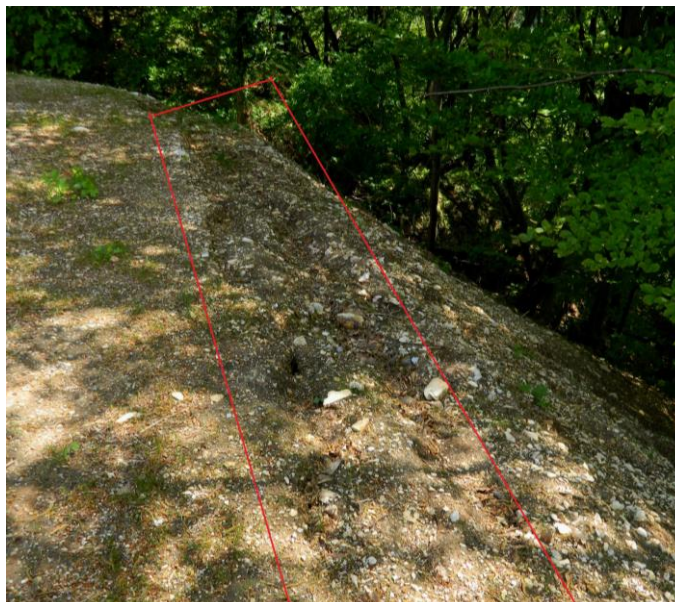
Vzorčenje tako v vtoku kot iztoku zahteva večjo stopnjo pozornosti, saj je površina in okoliški teren nagnjen in zato lahko pride do zdrsa in padca (še posebej v zimskih ali blatnih razmerah). Prihodnjim izvajalcem gradnje ČN bi svetoval izgradnjo ravne površine v okolici jaškov in ravno položitev le teh.

5.1.7 ČN na Lisci nad Sevnico

Rastlinska ČN na Lisci je začela obratovati v jeseni 2012 in je bila ponovno zasajena v juliju 2013. V pogovoru z najemnikom koč [59] sem izvedel, da prihaja do občasnega smradu. 20. in 21. 4. 2013 je na Lisci potekalo usposabljanje za varuhe gorske narave in opazili so površinski tok odpadne vode iz jaška primarnega usedalnika. Sam sem zaznal smrad med tretjim krogom meritev. Iz tega sklepam, da je naprava ob nekaterih viških, kot so večje skupine ali povečan obisk zaradi lepega vremena, premajhne zmogljivosti. Površinski tok iz jaška primarnega usedalnika je jasen dokaz za zamašitev ali preobremenjenost. To še enkrat dokazuje, da je dimenzioniranje ČN pri planinskih kočah zelo oteženo zaradi nihajoče porabe vode. Potrebovali bi podatke o porabi vode, ločeno za vsak dan v tednu. Mesečna ali letna poraba vode je le splošna informacija, ki ne poda nihanja porabe vode. Ob nadaljnjih pojavih površinskega toka iz jaška primarnega usedalnika bi svetoval povečanje prostornine le tega, premisliti pa bi bilo potrebno tudi o odvozu odvečnega blata. Možno je, da se je primarni usedalnik zaradi večjega obiska že napolnil z odvečnim blatom.

RČN na Lisci je glede na kriterij KPK na iztoku dosegla relativno dobre rezultate, saj so bile vrednosti vedno nižje od 179 mg/l, medtem ko je MDK (150 mg/l) dosegla le enkrat (63 mg/l). Vrednosti BPK_5 so bile od 60 do 245 mg/l. Opozoriti je potrebno na visoko vrednost BPK_5 na vtoku, izmerjeno v zadnjem krogu meritev, ki znaša 6000 mg/l. Razlog temu je enak, kot pri

tretjem krogu meritev na Lubniku, in sicer zaradi zajetih večjih organskih delcev, ki so vplivali na analizo BPK₅, medtem ko KPK analiza teh delcev ne zajame (več v poglavju 5.1.4). Na sliki 26 je viden pomik brežine ob filtrirni gredi in ponikovalnici. Svetoval bi utrditev brežine z lesenimi piloti ali vegetacijo v izogib večjemu zdrsu in s tem možnimi poškodbami na sami ČN.



Slika 26: Zdrs ob ČN na Lisci, obrobljen z rdečo črto. 21. 5. 2013

Iz preglednic 32 do 36 lahko razberem, da je ČN dosegla tri najboljše izmerjene vrednosti učinkovitosti čiščenja TN, in sicer v tretjem (62,6 %), petem (61,8 %) in četrtem krogu meritev (49,3 %). Meritev TN na iztoku iz ČN v tretjem krogu je tudi najnižja izmerjena vrednost TN na vseh ČN, in sicer znaša 15,6 mg/l, kar pa še vedno ne ustreza prihajajoči uredbi [11] (MDK = 15 mg/l).

5.2 Primerjava vrednosti na iztokih posameznih čistilnih naprav

Najbolj okoljsko zanimivi so rezultati koncentracije snovi, ki jih ČN izpušča v naravo. Te koncentracije so koncentracije snovi, izmerjene na merilnem mestu iztok iz ČN.

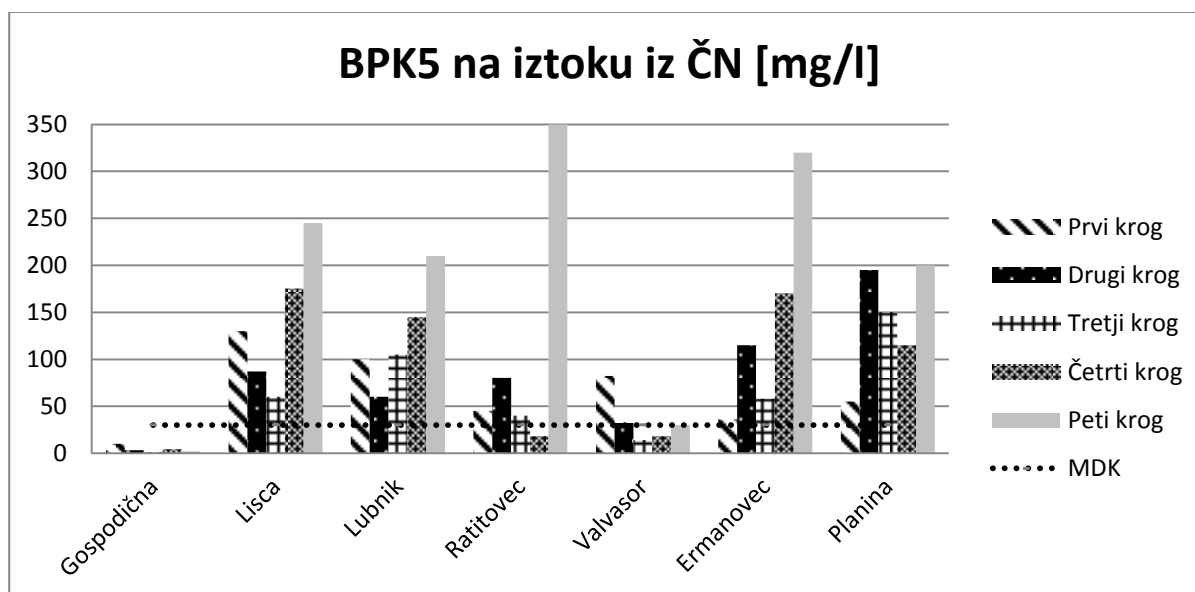
5.2.1 Organsko onesnaženje

V preglednicah 24 in 26, ter grafikonih 2 in 3 nazorno vidimo koncentracijo organskega onesnaženja, ki ga posamezna ČN izpušča v naravo. Kot že povedano v poglavju 5.1.6 je glede na parametra KPK in BPK_5 najbolj okoljsko prijazna membranska ČN pri Gospodični na Gorjancih. Sledita ji ČN na Valvasorju in na tretjem mestu ČN na Ratitovcu. Poudarim naj, da v spodnjih grafikonih nisem upošteval prvega kroga meritev ČN na Valvasorju zaradi zmotenega vzorčenja (mešanje in nastop nove faze) in drugega kroga meritev ČN na Ratitovcu zaradi zajetih resuspendiranih snovi v iztoku iz ČN.

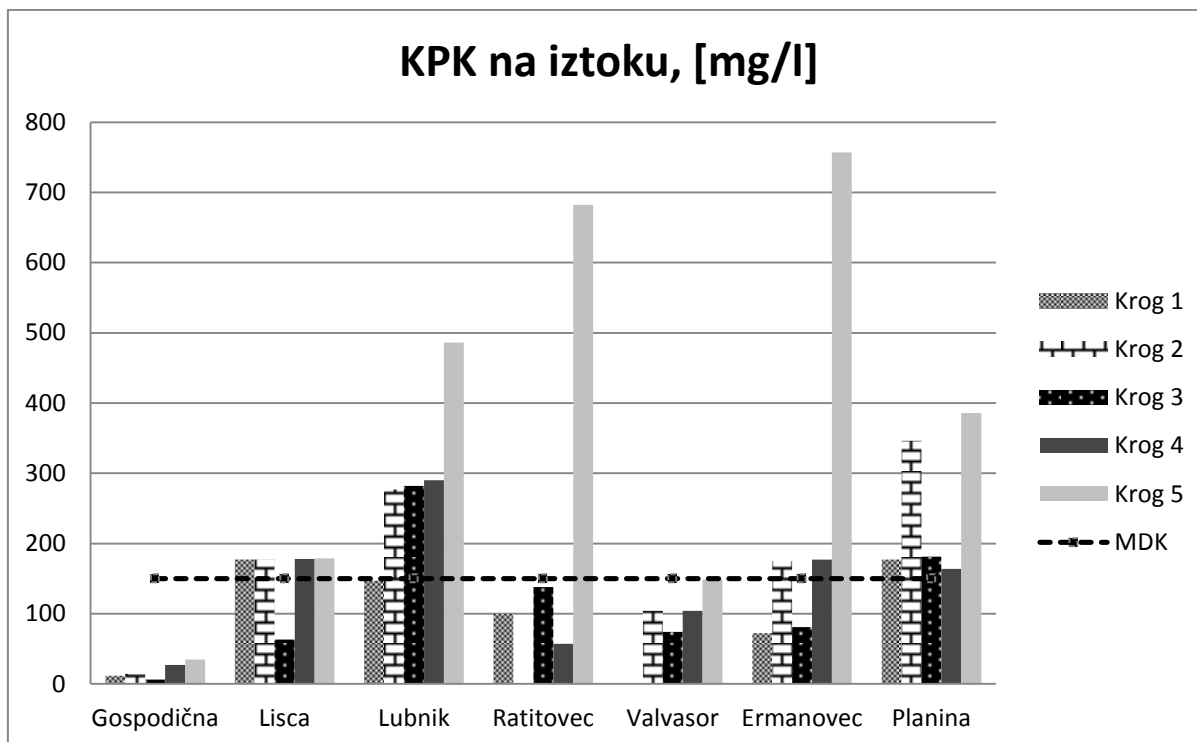
ČN pri Gospodični na Gorjancih je glede na zakonsko določeno MDK za BPK_5 ustrezala petkrat, ČN na Valvasorju trikrat, ČN na Ratitovcu pa enkrat (grafikon 2).

ČN pri Gospodični na Gorjancih in ČN na Valvasorju sta glede na zakonsko določeno MDK za KPK ustrezale v vseh krogih meritev. Sledijo ČN na Ratitovcu in ČN na Ermanovcu, ki sta ustrezali normi v dveh krogih meritev ter ČN na Lisci, ki je ustrezala v enem krogu meritev (grafikon 3).

Glede na zgoraj opisane podatke še enkrat potrjujem hipotezo, da membranska čistilna naprava najboljše čisti organsko onesnaženje (KPK in BPK_5), kar je tudi njen osnovni namen.



Grafikon 2: Primerjava vrednosti BPK_5 na iztoku čistilnih naprav, po posameznih krogih



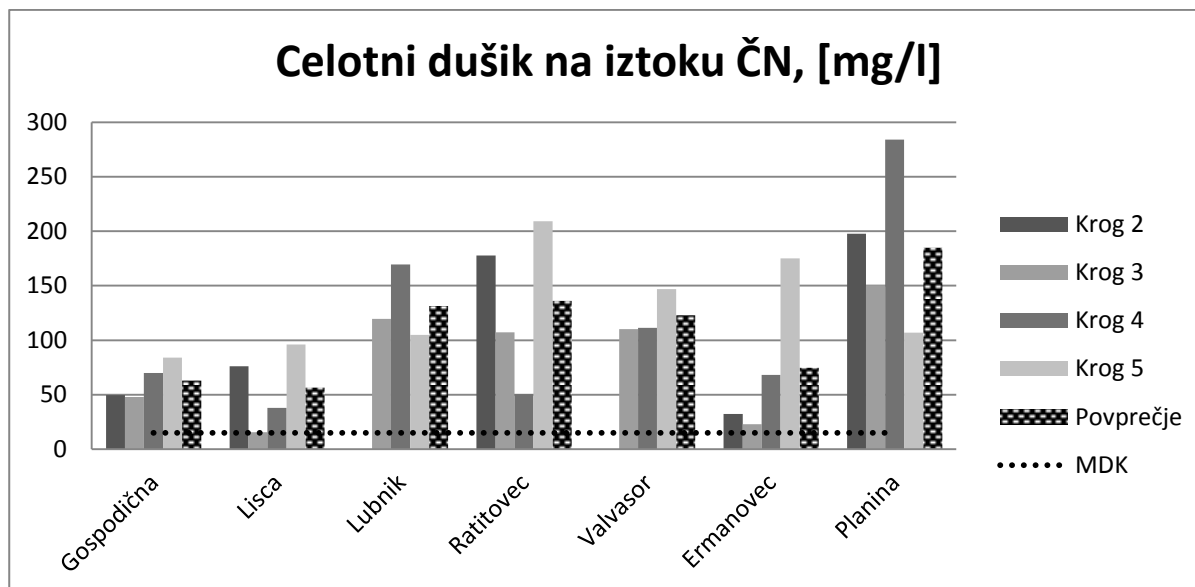
Grafikon 3: Primerjava vrednosti KPK na iztoku čistilnih naprav, po posameznih krogih

Veljavni MDK, kot predpisuje trenutna slovenska zakonodaja za MKČN, sta le parametra KPK in BPK₅. Glede na zgoraj opisane rezultate lahko deloma zavržem hipotezo o nedoseganju MDK pozimi, saj sta dve ČN ustrezali MDK za BPK₅ v vseh zimskih krogih analiz in kar tri ČN so ustrezale MDK za KPK v vseh zimskih krogih analiz. Razlog temu bi lahko iskali v manjši obremenitvi kože pozimi, kar bi bilo potrebno še raziskati. Več o primerjavi s poletjem v nadaljevanju, v poglavju 5.4.

5.2.2 Onesnaženje s celotnim dušikom in celotnim fosforjem

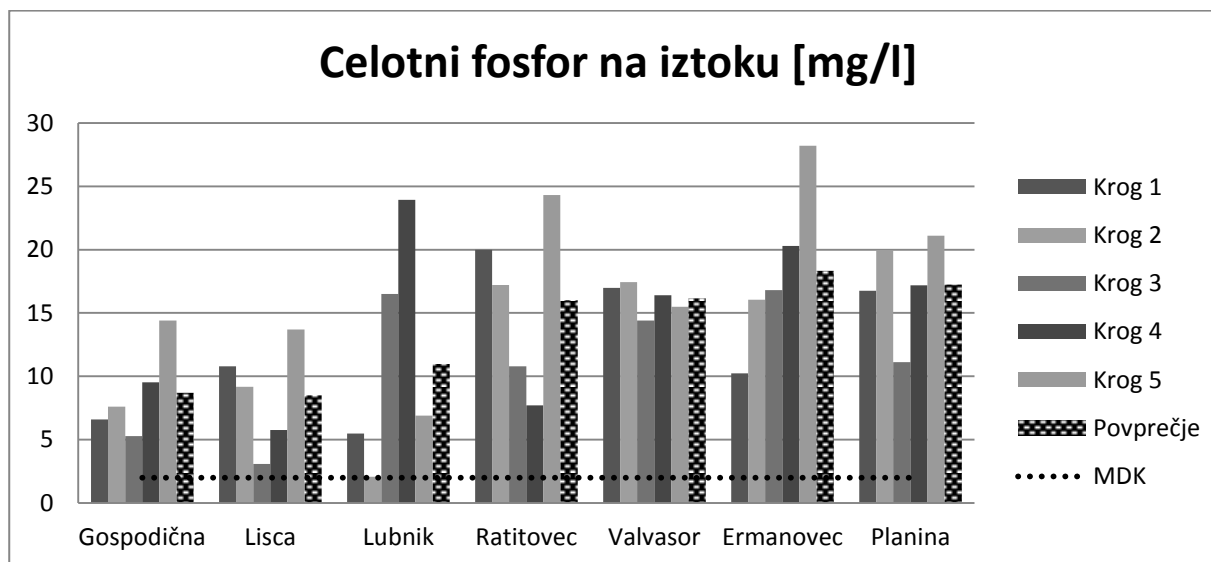
Nova uredba [11] za posebna območja (objekti nad 1500 m.n.m., TNP, Natura 2000) predvideva merjenje novih parametrov: celotni dušik in celotni fosfor. Veliko planinskih koč leži v posebnih območjih, zato je potrebno učinkovitost delovanja ČN oceniti tudi s stališča čiščenja fosforja in dušika. Zaradi zapletov opisanih v poglavjih 5.1.1 do 5.1.7 (neupoštevanje faz čiščenja ali nedelovanje ČN) so merodajni rezultati le ČN na Lisci, ČN na Lubniku, ČN na Valvasorju in ČN na Ermanovcu.

Kot je prikazano na spodnjem grafikonu 4 nobena ČN ni v nobenem krogu ustrezala predvideni zakonodajni normi TN = 15 mg/l. Najbolj se ji je približala ČN na Lisci v drugem krogu meritev, z rezultatom TN = 15,6 mg/l. Na splošno so, glede na kriterij TN, najboljše delovale ČN na Lisci, ČN pri Gospodični na Gorjancih in ČN na Ermanovcu.



Grafikon 4: Vrednosti celotnega dušika na iztoku posameznih čistilnih naprav, po posameznih krogih

Predvideno zakonodajno normo TP = 2 mg/l ni v nobenem krogu dosegla nobena ČN. Zelo se ji je približala vrednost, izmerjena v drugem krogu meritev na ČN na Ermanovcu z vrednostjo TP = 2,08 mg/l. ČN na Lisca je v tretjem krogu meritev dosegla drugo najboljšo izmerjeno vrednost in sicer TP = 3,08 mg/l. Ostale izmerjene vrednosti TP v diplomski nalogi so MDK presegale tudi za desetkrat (več na spodnjem grafikonu 5 in v preglednici 30).



Grafikon 5: Vrednosti celotnega fosforja na iztoku posameznih čistilnih naprav, po posameznih krogih

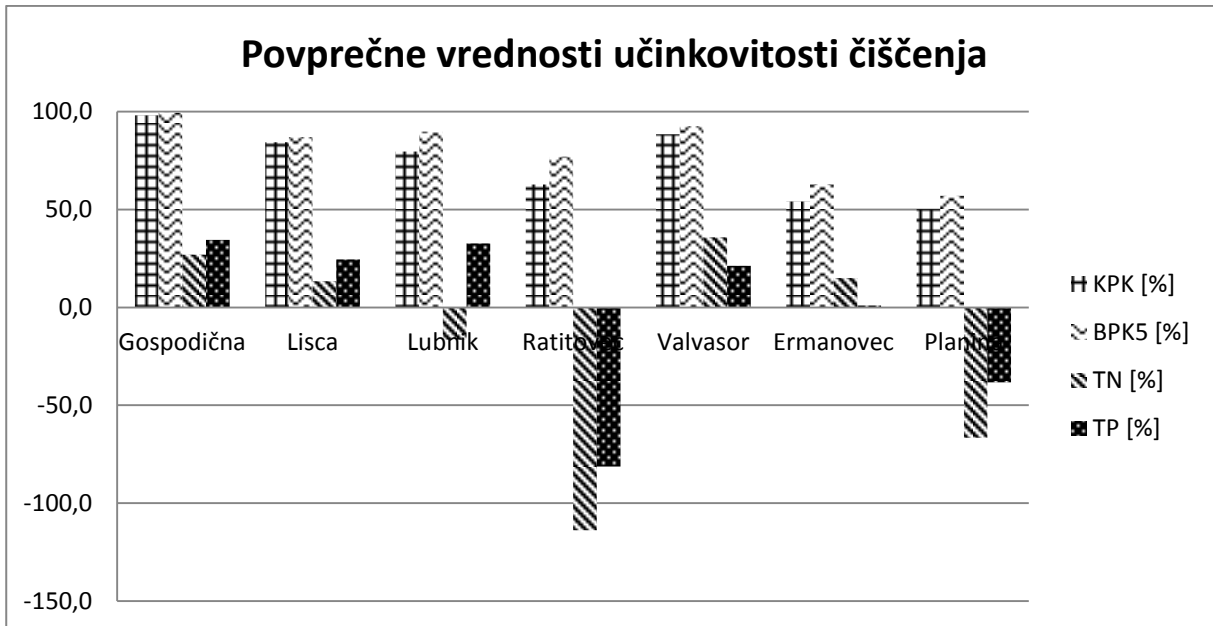
5.3 Splošna ocena učinkovitosti čiščenja posameznih čistilnih naprav

Kot že omenjeno, sem vzorčil in izvajal meritve tako na vtoku v kot tudi na iztoku iz ČN. To je bilo potrebno za ugotovitev stopnje onesnaženja neprečiščene odpadne vode na dotoku kot tudi za izračun učinkovitosti čiščenja posamezne ČN. Dejansko se iz istočasnih meritev vtoka in iztoka ne da izračunati realne učinkovitosti, ker bi morali meriti in vzorčiti z zamikom, odvisno od zadrževalnega časa ČN.

Upoštevanje zadrževalnega časa ČN bi pomenilo, da bi vsaka naprava zahtevala še enkrat toliko terenskih dni, saj bi vtok vzorčili prvi dan, iztok pa npr. čez nekaj ur ali šele drugi ali tretji dan. Problem ni bil le v zmogljivostih same diplomske naloge, toda tudi v samem poznavanju zadrževalnega časa. Zadrževalni čas poenostavljeno pomeni, v kolikem času enota vode iz primarnega usedalnika prispe v iztok. Zadrževalni čas je odvisen od dimenzij same ČN in hkrati od samega dotoka odpadne vode v ČN in s tem pretoka skozi ČN. Kot je znano, poraba vode na planinskih kočah zelo niha in je odvisna od obiska koč. Obisk koč pa je zelo odvisen od vremena in ostalih nemerljivih dejavnikov. Najmanj kar bi potrebovali je števec porabe vode na planinskih kočah, ki pa ga žal nimajo vse planinske koč. Pri nekaterih ČN sicer poznamo točno določene cikle (primer je ČN na Valvasorju, kjer se cikli menjajo na 8 ur), toda spet druge ČN delujejo na princip tipal. Princip tipal pomeni, da se faze izmenjujejo glede na dejanski dotok na ČN (primer je ČN pri Gospodični na Gorjancih). Zaradi vseh neznank in ostalih omejitvenih dejavnikov sem pri izračunih zanemaril vpliv zadrževalnega časa.

Učinkovitost čiščenja sem izračunal za naslednje parametre:

- KPK in BPK_5 , ki podata informacije o učinkovitosti čiščenja organskih snovi
- TN, ki poda učinkovitost čiščenja celotnega dušika in
- TP, ki poda učinkovitost čiščenja celotnega fosforja.



Grafikon 6: Povprečne vrednosti učinkovitosti čiščenja

V preglednici 32 do 36 in v zgornjem grafikonu 6 so nekatere vrednosti negativne, kar kaže na napako. Razlog temu je že omenjeno neupoštevanje zadrževalnega časa. Nemogoče je, da bi iz ČN izteklo več snovi, kot bi jo priteklo v samo ČN. Posamezni parametri se seveda lahko spremenijo in povečajo od vtoka do iztoka, kar pa za zgoraj naštete parametre ne moremo trditi. Vrednosti učinkovitosti čiščenja zato ne morejo biti negativne. Našteto nazorno prikazuje problem vzorčenja vtoka in iztoka ČN, saj to zahteva upoštevanje zadrževalnega časa, ki pri vseh obstoječih ČN ni znano. Zadrževalni čas bi lahko zanemarili, če bi ČN imela stalen vtok snovi, kar pa zaradi izredno nihajoče obremenitve in s tem vtoka v ČN ne drži.

Postavlja se tudi vprašanje, če je izračun učinkovitosti čiščenja sploh potreben, če so iztočne vrednosti pod mejo MDK. Pravilen izračun učinkovitosti je najbolj relevanten parameter za primerjavo različnih ČN med seboj, saj upošteva tako vtočne kot tudi iztočne koncentracije snovi. Primer je naprava, ki ima nizko vrednost celotnega fosforja na iztoku, ni pa nujno tudi najbolj učinkovita pri čiščenju omenjenega parametra. Celo več, lahko je zelo neuspešna pri čiščenju celotnega fosforja, nizke koncentracije na iztoku pa dosega, ker so tudi vhodne koncentracije zelo nizke. Očiten primer je ČN na Ermanovcu, ki je v prvem krogu meritev in vzorčenj dosegla na iztoku zelo nizke koncentracije: $KPK = 72 \text{ mg/l}$ in $BPK_5 = 36 \text{ mg/l}$. Toda učinkovitost čiščenja organskega onesnaženja, je kljub nizkim koncentracijam KPK in BPK_5 še vedno nizka, saj je učinkovitost čiščenja v omenjenem krogu glede na KPK le 66,5 %, glede na BPK_5 pa 82 %. Odgovor na to najdemo v dotekajoči odpadni vodi, z naslednjimi vrednostmi: $KPK = 215 \text{ mg/l}$ in $BPK_5 = 200 \text{ mg/l}$.

Iz rezultatov učinkovitosti čiščenja je razvidno, da obe ČN (Gospodična in Valvasor), ki dosegati visoke stopnje učinkovitosti čiščenja organskega onesnaženja, dosegati tudi visoke

stopnji čiščenja dušikovih in fosforjevih spojin. Največjo stopnjo učinkovitosti čiščenja organskega onesnaženja dosega ČN pri Gospodični na Gorjancih, ki dosega tudi največjo stopnjo čiščenja celotnega fosforja. Po učinkovitosti čiščenja celotnega dušika je učinkovitejša le ČN na Valvasorju. Hipoteze, da različni tipi ČN dosegajo različne stopnje učinkovitosti čiščenja pri različnih parametrih, ne morem ovreči, predvsem zaradi manjšega obsega meritev, vendar rezultati kažejo trend, ki zavrača hipotezo. S povečanjem obsega rezultatov bi hipotezo lahko z zagotovostjo ovrgli, potrebna bi bila namreč statistična analiza. Glede na zgoraj opisane rezultate lahko različni tipi ČN dosegajo enako stopnjo čiščenja različnih parametrov, ob predpostavki, da je ČN pravilno načrtovana in vgrajena.

5.4 Primerjava delovanja čistilnih naprav glede na zimske/letne razmere

Tekom same diplomske naloge sem izvedel tri kroge meritev, vzorčenj in analiz v zimskih razmerah in dva kroga meritev, vzorčenj in analiz v poletnih.

S primerjavo podatkov v poglavju 4.3 lahko ugotovim, da kljub višjim poletnim temperaturam odpadne vode (peti krog meritev: 14,2 °C na iztoku ČN Ratitovec do 18,8 °C na iztoku ČN Ermanovec), ni zaznati višje stopnje čiščenja.

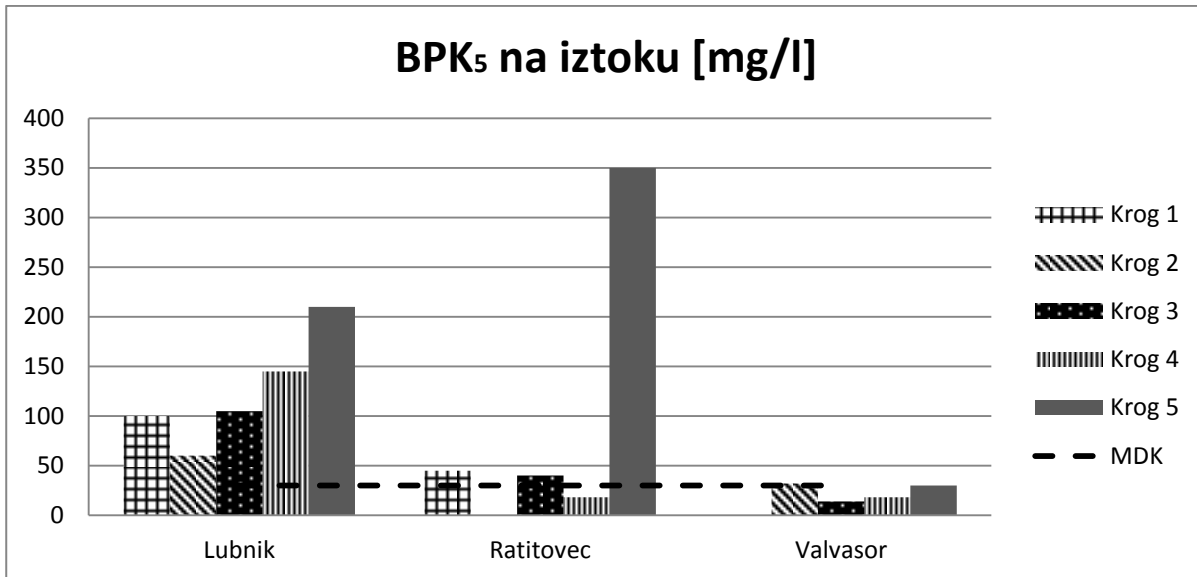
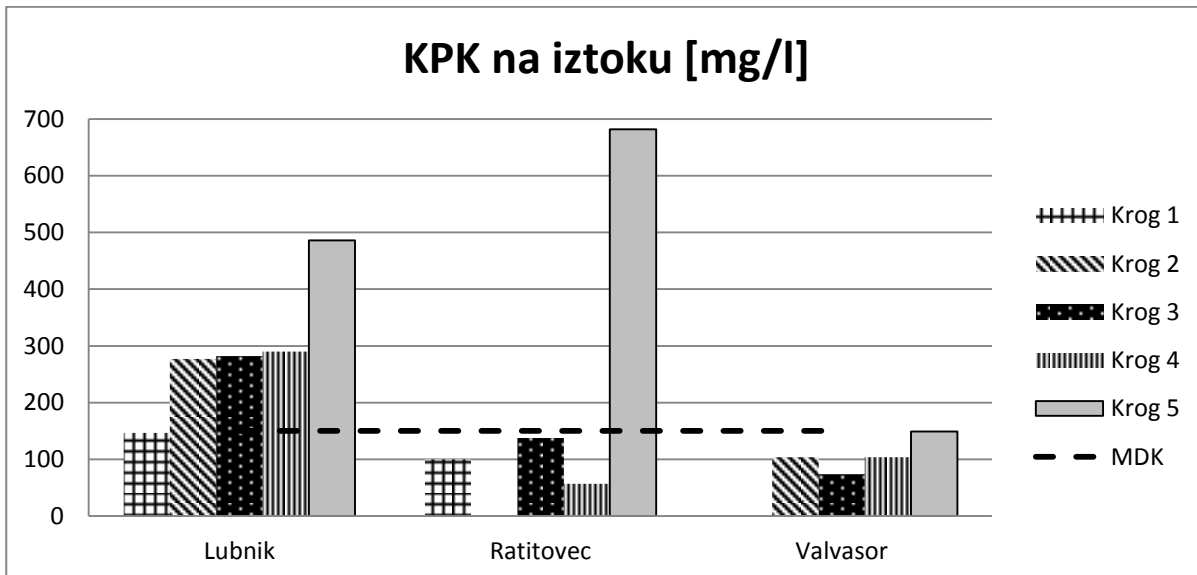
Na Ratitovcu je bilo v četrtem, poletnem krogu meritev, najnižja vrednost BPK_5 , medtem ko sem najnižje vrednosti BPK_5 na ostalih ČN izmeril v enem od treh zimskih krogov meritev. Razlog v temu bi lahko bil v nižji obremenitvi. S primerjavo podatkov preglednicah 23 do 26 ugotovimo, da ni zaznati povezanosti med večjo obremenitvijo na vtoku in posledično slabšim rezultatom na iztoku.

Zaradi zgoraj opisanih problemov bi za potrditev hipoteze o doseganju slabše stopnje čiščenja ČN pozimi zaradi nizkih temperatur bilo potrebno izvesti nove meritve in vzorčiti z upoštevanjem zadrževalnega časa ČN.

5.5 Primerjava čistilnih naprav tipa SBR glede na zmogljivost (število PE)

Za potrditev hipoteze, da ČN z večjo zmogljivostjo (število PE) delujejo bolj učinkovito in stabilno, sem potreboval čistilne naprave različnih zmogljivosti, a enakega tipa. Temu so ustrezale naprave tipa SBR in sicer:

- ČN na Lubniku z zmogljivostjo 14 PE,
- ČN na Ratitovcu z zmogljivostjo 25 PE in
- ČN na Valvasorju z zmogljivostjo 40 PE.

Grafikon 7: Primerjava čistilnih naprav, tipa SBR glede na vrednost BPK₅

Grafikon 8: Primerjava čistilnih naprav, tipa SBR glede na vrednost KPK

Poudarim naj, da v zgornjih grafikonih nista upoštevani vrednosti drugega kroga analiz na ČN na Ratitovcu in prvega kroga analiz na ČN na Valvasorju zaradi razlogov opisanih v poglavju 5.2.1.

Glede na primerjavo podatkov v zgornjih grafikonih 7 in 8 je zaznati trend, da je stabilnost čiščenja odvisna od zmogljivosti ČN, toda za potrditev hipoteze bi potrebovali več podatkov. Glede na kriterij KPK je ČN na Lubniku (14 PE) v srednjih treh krogih čiščenja stabilna, še bolj pa je stabilna ČN na Valvasorju (40 PE). S primerjavo podatkov KPK na iztoku ČN na Ratitovcu ni zaznati nobene stabilnosti v stopnji čiščenja. Glede na kriterij BPK₅ je zaznati stabilnost pri ČN na Valvasorju v vseh krogih analiz, pri ČN na Ratitovcu pri prvem, tretjem in četrtem krogu analiz, medtem ko pri ČN na Lubniku ni zaznati nobene stabilnosti.

V obeh grafih lahko opazimo, da večja ko je zmogljivost ČN, nižja je v splošnem vrednost izmerjenih parametrov KPK in BPK₅ na iztoku. V oči pa bodejo visoke vrednosti zadnjega kroga analiz, ko so bile izmerjene najvišje vrednosti KPK na iztoku na vseh treh ČN in najvišje vrednosti BPK₅ na ČN na Ratitovcu in na ČN na Lubniku. Pri ČN na Ratitovcu bi lahko bil razlog temu tudi rekordna obremenitev vtočne vode v ČN (BPK₅ = 1300 mg/l, druga najvišja izmerjena vrednost na ČN Ratitovec BPK₅ = 640 mg/l). Prav tako je tudi ČN na Valvasorju dosegla najvišje izmerjene vrednosti BPK₅ in KPK na vtoku v petem krogu meritev, kar se je lahko izrazilo na rekordni vrednosti KPK na iztoku in drugi najvišje izmerjeni vrednosti BPK₅ na iztoku (glejte preglednice 25 do 28), toda vrednosti niso tako izrazito večje.

Glede na povedano, zgornja hipoteza drži le deloma in sicer v delu, da ČN z večjo zmogljivostjo delujejo bolj učinkovito. Za potrditev, da delujejo tudi bolj stabilno, bi bilo potrebno izvesti nadaljnje raziskave.

Na samo stabilnost delovanja ČN naprave, po mojem mnenju, vpliva predvsem stalen pretok skozi biološki del ČN. To lahko dosežemo s stalnim dotokom v samo ČN ali pa s stalnim dotokom iz primarnega usedalnika v sam biološki reaktor, s pomočjo uravnavanja dotoka tekom tedna. Za slednjo rešitev potrebujemo večji primarni usedalnik, saj to pomeni, da vanj zajamemo konice dotoka v ČN, ki jih v nadaljnje dele ČN spuščamo v času nižjih dotokov. Obe omenjeni rešitvi sta na ČN pri planinskih kočah nadvse težko izvedljivi, zaradi izredno nihajočih in nepredvidljivih obremenitev same ČN, tako tekom tedna kot tudi tekom mesecev.

Naj omenim še, da neenakomerna razporeditev med različnimi tipi ČN ni odraz kakovosti posameznega tipa ČN, temveč je odraz konkurenčnosti in oglaševalskega pristopa samih podjetij, ki tržijo posamezne tipe ČN na slovenskem trgu. Tudi sama diplomska naloga je s primerjavo podatkov v poglavju 4.2 potrdila, da številčnost posameznih tipov ČN nima korelacije s kakovostjo delovanja posamezne ČN.

5.6 Dejansko stanje merilnih mest

5.6.1 Pomen ustreznega vzorčenja na vtoku v ČN

V poglavju 4.3 sem na kratko že spregovoril o problemu vzorčenja na iztoku, na kar kažejo tudi rezultati suspendiranih snovi, ki so v nekaterih primerih večji od tistih na vtoku. Seveda je lahko vzrok temu prirast biomase v procesu čiščenja odpadne vode znotraj ČN, toda hkrati je vzrok tudi samo vzorčenje vtoka v napravo. Problem masne bilance je opisan tudi v poglavju 5.3. Vzorčenje na vtoku v napravo pomeni vzorčiti na dejanskem dotoku in ne v

primarnem usedalniku, kot sem to počel sam. Primarni usedalnik je bil zame v večini primerov prva točka izven planinske koč, kjer je bil možen dostop do kanalizacije, zato sem izbral takšen način vzorčenja.

Primarni usedalnik ima glede na ostale dele naprave mnogokrat večjo prostornino (dober primer sta ČN na Ratitovcu in Planini), zato na njem ne moremo dobiti reprezentativnega trenutnega vzorca vtočne vode, pač pa le vzorec vode po daljšem času usedanja in časovne homogenizacije dotoka.

Vsi načini vzorčenja trenutnega vzorca v vtoku v ČN imajo svoje pomanjkljivosti:

a) Primarni usedalnik lahko premešamo in s tem v celotnem usedalniku ustvarimo homogene razmere. Toda samo mešanje primarnega usedalnika v veliko primerih predstavlja fizično in tehnično nerešljive probleme, saj sama konstrukcija ČN tega ne omogoča (npr. ČN na Ermanovcu). Predpostavimo, da bi celoten usedalnik, prostornine povprečnega dnevnega dotoka na ČN, uspešno premešali. Vzorec še vedno ne bi bil reprezentativen, saj bi z mešanjem dvignili usedline z dna usedalnika, ki so se tam nabirale od zadnjega praznjenja usedalnika, torej več kot le en dan, količina odpadne vode v usedalniku pa je enaka dotoku enega dne, s tem bi znatno zvišali koncentracijo snovi v vzorcu.

b) Vzorčimo lahko v primarnem usedalniku na določeni globini, npr. 10 cm pod gladino (moja izbrana metoda). Tehnično in fizično je metoda možna, še vedno pa vzorec ni povsem reprezentativen. S to metodo zajamemo le vrhnji sloj vode, v katerem je manj suspendiranih snovi in s tem trdnih delcev, saj le te potonejo na dno. Problem nastane tudi pri vzorčenju na različnih ČN, saj imajo različni primarni usedalniki različno globino. Pri nekem usedalniku lahko vzorčenje 10 cm pod gladino pomeni vzorčenje na desetini celotne globine, pri drugem usedalniku pa na tridesetini celotne gladine. Rešitev, da bi vedno vzorčili npr. na polovici dejanske globine se morda zdi smiselna, ampak ima svoje tehnične pomanjkljivosti, namreč poznati bi morali dejansko trenutno globino odpadne vode v primarnem usedalniku, kar v primeru SBR naprav, ki prečrpavajo vodo vsakih 8 ur, ne glede na količino vode v usedalniku, ni mogoče. Glavno dejstvo proti predstavlja tudi sam princip bistrenja, saj se suspenzija bistri od gladine navzdol, kar je tudi razlog, da merimo tik pod gladino.

c) Tretja možnost je meritev neposredno na dotoku v ČN in ne v primarnem usedalniku, torej v cevi. Pri MKČN bi s tem vzorčili vzorec, ki bi bil popolnoma nereprezentativen, saj bi bile lastnosti vzorca popolnoma odvisne od lastnosti trenutno dotekajoče vode v cevi, saj lahko doteka voda iz stranišč, preostala voda od pomivanja posode ali pa voda iz kopalne kadi.

5.6.2 Pomen ustreznega vzorčenja na iztoku iz ČN

Tudi glede vzorčenja na iztoku se pojavlja nekaj vprašanj. Kdaj vzorčiti na ČN, ki je tako različno obremenjena, kot so ČN pri planinskih kočah: zjutraj ali zvečer; v ponedeljek ali v nedeljo? Vzrok vprašanja so različne obremenitve tekom dneva kot tudi tekom tedna, ob upoštevanju zadrževalnega časa. Za lažjo diskusijo, bom predpostavil, da je zadrževalni čas na vseh ČN enak 24 uram.

V primeru, da vzorčimo v ponedeljek popoldne, bomo vzorčili prečiščeno odpadno vodo, ki je nastala v nedeljo popoldne. Ob nedeljah popoldne pa so planinske kočice najbolj obiskane in zato so ČN takrat najbolj obremenjene. Če vzorčimo v petek, vzorčimo odpadno vodo, ki je v ČN pritekla v četrtek. Tekom tedna pa so planinske kočice manj obiskane in zato so ČN tudi manj obremenjene.

Zgornja dilema se nanaša na sam časovni okvir vzorčenja. Vprašanje je tudi, kako in kje bi bilo najbolj primerno vzorčiti. Tekom raziskave sem videl toliko različnih vzorčevalnih mest, kot je samih ČN. Prostornina merilnega mesta na iztoku na obravnavanih ČN ni bila v povezavi z zmogljivostjo in velikostjo ČN. Problem lahko lažje predstavim na primeru ČN, tipa SBR. V raziskavi sem vzorčil na treh različnih SBR ČN.

Na ČN na Lubniku je za vzorčenje iztoka v napravi nameščena posebna posoda, prostornine 1,5 l. V njej je vedno vzorec prečiščene odpadne vode, star največ 8 ur (cikli čiščenja se ponavljajo na 8 ur).

Na ČN na Valvasorju sem vzorčil v SBR reaktorju ob koncu cikla, nekaj minut preden se je začelo prečrpavanje prečiščene odpadne vode v ponikovalnico. Vzorčenje v ponikovalnici ni možno.

Na ČN na Ratitovcu sem vzorčil v jašku, izdelanem prav v ta namen. Jašek je manjše prostornine in v vodi se na dnu nahaja več drobnih usedlin.

Na ČN na Lubniku in na ČN na Ratitovcu sem tako vzorčil ne glede na to, v kateri fazi čiščenja je bila ČN. Pravilno bi bilo, da bi počakal na fazo praznjenja in takrat vzel vzorec. V primeru ČN na Ratitovcu, kjer se faze menjajo glede na dotok (tipala v izravnalnem bazenu), ni bilo možno vedeti, kdaj se začne faza praznjenja. Zato lahko v določenih fazah prihaja do anoksičnih ali celo anaerobnih procesov (denitrifikacija) in v tem času povišanih vrednosti nitritnega iona.

5.6.3 Pomen ustreznosti merilnih mest

Med samim vzorčenjem sem se srečal z bolj in manj ustreznimi vzorčevalnimi mesti. Dostopna in varna so bila vsa merilna mesta, dvom se postavi pri kvaliteti, reprezentativnosti samega vzorca in vplivu vzorčenja na sam vzorec. Smiselno bi bilo premisliti o enotnih merilnih mestih na vseh napravah. S terenskimi ogledi in glede na opisana vzorčevalna mesta v poglavjih 3.2.2 do 3.2.8 lahko zavržem del hipoteze, ki govori o poenotenem vzorčenju na vseh ČN. Na vsaki ČN je vzorčevalno mesto drugačne oblike in velikosti. Del hipoteze, da je izvajanje meritev možno na vseh ČN lahko potrdim, saj sem lahko vzorčeval in izvajal meritve na vtokih in iztokih vseh ČN.

Na ČN na Lubniku se vzorec shranjuje v merilni plastenki, tako je vedno na voljo največ 8 ur star vzorec (slika 19 v poglavju 3.2.5). Vzorčenje je zato enostavno. Taka postavitve merilnega mesta vpliva na temperaturo vzorca, saj je plastenka nameščena nad glavnim reaktorjem, pod pokrovom jaška.

Na ČN na Gorjancih vzorec iztoka zajamemo iz treh cevk. Kot vemo, membranska ČN čisti v območje mikro in ultrafiltracije, kar pomeni, da se v vzorcu iztoka naj ne bi nahajali trdi delci. Ker so cevke iz katerih vzorčimo kratke, vzorčimo v jašku, ki je prašen. Zato lahko med vzorčenjem v vzorec padejo manjši kosi nesnage, ki jih ob bolj ustreznem merilnem mestu ne bi bilo (slika 23 v poglavju 3.2.7)

Pri meritvah iztoka na ČN na Planini in na Ratitovcu se na dnu merilnega mesta nahajajo usedline, ki jih lahko ob nepazljivem vzorčenju resuspendiramo in zajamemo v vzorec. Snovi se na dnu iztoka nabirajo dlje časa (odkar je postavljena ČN oziroma od zadnjega temeljitega čiščenja iztočnega merilnega mesta), zato bi bilo napačno zajeti vzorec skupaj z resuspendiranimi usedlinami. Rešitev bi bila še bolj poglobljeno merilno mesto na iztoku, saj s tem pridobimo več manevrskega prostora za zajemanje. Drug ukrep bi bil redno vzdrževanje merilnega mesta, kar pomeni, da bi redno odstranjevali usedline z dna merilnega mesta.

5.6.4 Izbira pokrovov za jaške pri ČN

Med samim terenskim delom na ČN sem videl veliko različnih pokrovov jaškov - betonske, kovinske, plastične; okrogle, pravokotne; zavarovane in nezavarovane. Nekatere pokrove se zlahka odpre in zapre, nekatere pa zelo težko. Za odprtje kvadratnih litoželeznih pokrovov potrebujemo železno palico ali drugo podobno orodje. Odprejo se razmeroma hitro, potrebujemo le več moči. Nevarno postane, ko moramo pokrov odpreti in nato dvigniti, saj je težak in po diagonali odprtine lahko pade v notranjost jaška. Velik problem, predvsem

pozimi, sem imel z zapiranjem pravokotnih pokrovov jaškov, ki zelo težko ležejo nazaj v pravilni položaj, verjetno zaradi temperaturnega raztezanja.

Z vidika splošne varnosti otrok so vsi pokrovi zaščiteni. Plastični pokrovi so ali privijačeni ali pa zaklenjeni s kovinskim zatičem. Na dveh obravnavanih ČN uporabljajo pokrov s kovinskim zatičem, ki se ga lahko odpre le s posebnim ključem. V praksi žal ni bilo tako, v obeh primerih je bilo možno pokrov odkleniti tudi brez ključa. Z vidika uporabniške prijaznosti pri odpiranju in zapiranju pokrovov in vidika varnosti otrok je najbolj primeren okrogel betonski pokrov s kovinskimi izvlečnimi držali, kot je prikazano na sliki 27. Zaradi okrogle oblike je nemogoče, da bi padel v odprtino, zaradi držal ga je enostavno dvigniti, zaradi svoje teže pa ga npr. otrok ne more odpreti.



Slika 27: Primer okroglega betonskega pokrova s kovinskimi izvlečnimi držali na Lisci

5.7 Ustreznost slovenske zakonodaje o čistilnih napravah v gorskem svetu

5.7.1 Pomen ustreznosti ocene obratovanja in prvih meritev kot jih določa zakonodaja

Pet obravnavanih MKČN naprav ima izdano izjavo o skladnosti pri zmogljivosti manjši od 50 PE. Po zakonodaji (glejte poglavje 2.1.9) za omenjene ČN izvajanje monitoringa ni potrebno, izdelava se le oceno obratovanja na podlagi vizualnega pregleda.

Taka zakonodaja je ustrezna z vidika uporabniške prijaznosti. Nesmiselno bi bilo zahtevati stalne letne meritve, saj bi s tem bistveno povečali obratovalne stroške. Potrebno pa bi bilo premisliti, če vizualni pregled tipske ČN zagotavlja ustrezno kontrolo. Bi bilo morda bolje zahtevati izvedbo meritev na primer vsakih 5 let? Ali pa bi bilo potrebno spremeniti same postopke certificiranja? Čeprav je ČN certificirana, to ne zagotavlja, da ČN pravilno deluje. Certifikat zagotavlja, da bi ČN pravilno delovala, če bi ustrezala vsem pogojem: ustrezno dimenzionirana zmogljivost, pravilen vkop in montaža vseh delov ČN, pravilno in redno upravljanje ter vzdrževanje ČN kot tudi ustrezni zunanji pogoji.

S terenskimi ogledi sem ugotovil, da na podlagi vizualnega pregleda lahko le delno ugotovimo pravilno delovanje in konstrukcijo ČN, ne moremo pa ugotoviti učinkovitosti in dejanske stopnje čiščenja ter konkretne obremenitve ČN. Vizualno lahko zaznamo le večje napake in nedelovanje ČN. S štirimi naključnimi ponovitvami vzorčenj in izvajanj meritev je raziskava pokazala, da štiri od petih obravnavanih MKČN z izjavo o skladnosti v dveh krogih analiz od štirih niso dosegale mejnih dopustnih koncentracij za zakonsko določena parametra BPK₅ in KPK kot jih določa uredba [1].

Prav tako je vprašljivo samo izvajanje prvih meritev. Za MKČN z zmogljivostjo manjšo od 50 PE, ki nimajo izjave o skladnosti, se izvede prve meritve ter na podlagi ustreznih rezultatov izdelava ocena obratovanja vsaka tri leta. V tem primeru se zagotovi večji pregled nad delovanjem ČN kot v primeru certificiranih naprav, po drugi strani pa so certificirane naprave za razliko od netestiranih bile testirane v laboratorijih. Vprašanje se v tem primeru postavi pri sami izvedbi prvih meritev. Meritve in analize na vsaki MKČN so bile izvedene petkrat in že vpogled v rezultate analize s ČN na Ermanovcu (spodnja preglednica 38) pokaže velike razlike med rezultati posameznih krogov. Razlika med rezultati posameznih krogov je očitna. KPK je dvakrat ustrezal zakonski normativi, trikrat pa ne.

Preglednica 38: Vrednosti KPK in BPK₅ izmerjene na iztoku iz čistilne naprave na Ermanovcu

Oznaka vzorca		MDK*	Iztok	Iztok	Iztok	Iztok	Iztok
Datum			17.2.2013	10.3.2013	24.3.2013	19.5.2013	15.9.2013
KPK	mg/l	150	72	175	81	177	757
BPK ₅	mg/l	30	36	115	58	170	320

Hkrati je pomembno, kdaj izvedemo prve meritve. Na primeru planinske kočice, ki je odprta le med vikendi, najlažje razjasnim odprto vprašanje. Če izvedemo prve meritve na omenjeni koči v petek popoldne, bomo dobili očitno boljše rezultate kot v primeru izvedbe meritev v nedeljo zvečer ali ponedeljek dopoldne. Namreč med vikendom je ČN v polnem zagonu, ob lepem vremenu lahko tudi preobremenjena in zato so rezultati analize iztoka iz ČN slabši kot v primeru petkovih analiz. Ker kočica ne obratuje od ponedeljka do petka, ČN naprava 5 dni nima dotoka odpadne vode, s tem pa imajo mikroorganizmi več časa za čiščenje odpadne vode. V petek bo voda v ČN tako najbolj očiščena. Vprašanje ni le na tedenski skali, temveč tudi preko celega leta, saj lahko nastanejo razlike v rezultatih, če izvedemo meritve poleti ali če jih izvedemo pozimi. Poleti je voda v ČN toplejša, kar pospešuje delovanje mikroorganizmov in s tem čiščenje odpadne vode, ČN pa je lahko bolj obremenjena kot pozimi. Pozimi so temperature bistveno nižje (tudi tik nad lediščem - glejte rezultate za Lisco in Ratitovec), kar procese čiščenja odpadne vode upočasni oziroma prekine, saj nekateri organizmi mirujejo in reakcije čiščenja pri teh temperaturah ne potekajo. Pozitivna stran

mraza pa je, da se kisik pri nižjih temperaturah bolje raztaplja. MKČN bi morale delovati učinkovito skozi celo leto, ne le v letnih pogojih. Vprašanje sezonskega izvajanja prvih meritev ni vprašanje le pri objektih z nestalno naseljenostjo, ampak tudi pri stalno naseljenih objektih, saj tudi tam temperatura igra svojo vlogo. S tem se omenjeni problem razširi s planinskih koč na vse objekte z MKČN, ki jih je v Sloveniji vedno več.

5.7.2 Pomen ustreznosti zahtevanih parametrov

Pri MKČN z zmogljivostjo manjšo od 50 PE sta zakonsko določena parametra le BPK_5 in KPK. Take naprave so manjše in proizvedejo malo onesnaženja, ki ga običajni ekosistem lahko prenese. Razumljivo je tudi, da bi višje zahteve še povečale že tako visoke investicijske in obratovalne stroške MKČN. Vseeno pa se na občutljivih območjih, kot je slovensko visokogorje, postavlja vprašanje, če sta omenjena parametra dovolj. Namreč MKČN pri Gospodični na Gorjancih je primer naprave, ki zakonsko določena parametra KPK in BPK_5 ni v nobenih meritvah presegala oziroma je stopnja čiščenja po omenjenih kriterijih tudi za več kot 10 krat višja, toda po drugi strani sem na iztoku izmeril visoke koncentracije celotnega dušika in celotnega fosforja, katerih vpliv na okolje ni zanemarljiv.

Zakonodaja se sicer spreminja, temu v prid govori tudi osnutek nove, prihajajoče uredbe [11], ki za posebna, občutljiva območja predvideva poleg KPK in BPK_5 tudi zahtevo po doseganju MDK pri naslednjih parametrih: celotni dušik = 15 mg/l, celotni fosfor = 2 mg/l in učinek čiščenja celotnega dušika = 70 %, ter učinek čiščenja celotnega fosforja = 80 %. Ker pa nova uredba uvaja učinke čiščenja, to pomeni, da bo potrebno vzorčiti tudi na vtoku na čistilno napravo z upoštevanjem zadrževalnega časa.

Glede na povedano lahko hipotezo o okoljski ustreznosti zakonodaje o MKČN v gorskem svetu potrdim, saj nova uredba [11] predvideva še bolj okoljsko prijazno zakonodajo. Prav tako slovenska zakonodaja ne predstavlja ovire pri odločitvi za izgradnjo čistilne naprave. Res je, da je razkropljena po večih uredbah, toda s svojimi zakonodajnimi roki je predvsem spodbuda in ne ovira. Res pa je, da ostajajo odprta nekatera vprašanja, omenjena v prejšnjih odstavkih, ki bi jih bilo potrebno rešiti.

6 SKLEPI

Planinske kočice in podobni nestalno naseljeni objekti se soočajo s problemom čiščenja odpadne vode. Čiščenje in samo projektiranje čistilnih naprav za tako vrsto objektov je nadvse oteženo zaradi spreminjajočih se vremenskih in drugih lokalnih pogojev, predvsem pa zaradi izredno nihajočega dotoka v samo čistilno napravo tekom tedna kot tudi tekom leta. V praksi se navkljub naštetim posebnostim čistilne naprave pri planinskih kočah projektira po enakem ključu kot tiste za ostale objekte. V bližnji prihodnosti se v planinskih društvih, včlanjenih v PZS, načrtuje izgradnja večjega števila čistilnih naprav, k čemur jih obvezuje tudi zakonodaja. Nekatere planinske kočice so že vgradile čistilne naprave različnih tehnologij, s katerimi dosegajo primerjalno različne rezultate.

V diplomski nalogi smo se posvetili reševanju omenjenega problema, analizi čistilnih naprav v slovenskih gorah. Diplomaska naloga je predhodno zahtevala temeljit popis vseh 36 obstoječih čistilnih naprav v slovenskih gorah. Sledil je analitičen in podroben pregled več kot 10 uredb, zakonov in pravilnikov, ki obravnavajo ravnanje z odpadnimi vodami v gorah. Sledilo je stalno izvajanje terenskih meritev na vremensko oteženih in oddaljenih lokacijah ter analiziranje vzorcev v kemijskem laboratoriju.

Kar 1403 pridobljenih rezultatov kemijskih analiz in terenskih meritev je bila podlaga za nadaljnjo primerjavo čistilnih naprav ter ugotavljanje njihovega dejanskega stanja in delovanja. Posledično diplomaska naloga poda konkretne predloge izboljšav in osvetli še odprta vprašanja, potrebna nadaljnjih raziskav in vrednotenj. Tako obširno zastavljena raziskava z 20 parametri, opravljena na 7 čistilnih napravah, v zimskih in poletnih razmerah v Sloveniji in širšem okolju še ni bila izvedena.

Diplomska naloga je nekatere hipoteze ovrgla, nekatere potrdila in preostale deloma potrdila ali zavrgla oziroma ugotovila trend delovanja naprav. Hipoteze, da različni tipi čistilnih naprav dosegajo različne stopnje učinkovitosti čiščenja pri različnih parametrih, ni bilo možno ovreči, predvsem zaradi manjšega obsega meritev, vendar rezultati kažejo trend, ki zavrača hipotezo. Hipoteza, da membranska ČN, glede na vgrajeno tehnologijo, najbolje čisti organsko onesnaženje je bila v celoti potrjena, saj je membranska ČN dosegla daleč najboljše vrednosti KPK in BPK₅ na iztoku. Hipoteza, da čistilne naprave pozimi ne dosegajo mejnih dopustnih koncentracij je bila ovržena, saj sta dve ČN ustrezali MDK za BPK₅ v vseh zimskih krogih analiz in kar tri ČN so ustrezale MDK za KPK v vseh zimskih krogih analiz. Za potrditev hipoteze o doseganju slabše stopnje čiščenja čistilnih naprav pozimi zaradi nizkih temperatur, bi bilo potrebno izvesti nove meritve in vzorčiti z upoštevanjem zadrževalnega

časa. Hipoteza o poenotenem vzorčenju na vseh čistilnih napravah je bila zavržena, saj je bilo tekom terenskega vzorčenja ugotovljeno, da ni možno vzorčiti poenoteno. Hipoteza o možnosti izvajanja meritev na vseh čistilnih napravah je bila potrjena, saj je bilo možno izvajati meritve (in vzorčenje) vtokov in iztokov na vseh čistilnih napravah. Hipoteza, da čistilne naprave z večjo zmogljivostjo (število PE) delujejo bolj učinkovito in stabilno, drži le deloma in sicer v delu, da ČN z večjo zmogljivostjo delujejo bolj učinkovito, ne drži pa, da delujejo tudi bolj stabilno; v ta namen bi bilo potrebno izvesti nadaljnje raziskave. Hipoteza, da je slovenska zakonodaja o malih čistilnih napravah v gorskem svetu okoljsko ustrezna in ne predstavlja ovire pri odločitvi za izgradnjo čistilne naprave, je bila z diplomsko nalogo potrjena.

Navkljub množici podatkov, ki jih nudi dana diplomska naloga, se je potrebno zavedati nekaterih težav, ki so opisane znotraj naloge. Opozoril bi predvsem na izračune učinkovitosti čiščenja ob predpostavki ničelnega zadrževalnega časa. Druga težava so nihajoče in sunkovite obremenitve (večji obisk planinskih koč ob koncih tedna), kar pri majhnih čistilnih napravah pomeni veliko motnjo in s tem manjšo učinkovitost čiščenja.

Dodana vrednost diplomske naloge je, poleg znanstvenega prispevka, njena izrazita aplikativna uporabnost, tako s strani bodočih investorjev čistilnih naprav kot s strani planinskih društev in projektantov. Podaja pomembno strokovno podporo pri odločitvah za nadaljnje ukrepe v ranljivem gorskem svetu. S poglobljenim pregledom in členitvijo slovenske zakonodaje o malih komunalnih čistilnih napravah pa tudi jasno oriše odprta vprašanja, ki bi jih bilo potrebno rešiti in poda predloge za njihovo rešitev.

Diplomska naloga ponuja številne rezultate za nadaljnje raziskave delovanja različnih tipov čistilnih naprav v gorskem svetu kot tudi na splošno. Upamo, da bodo rezultati služili čim več raziskovalcem in piscem člankov.

VIRI

1. Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz malih komunalnih čistilnih naprav. Uradni list RS št. 98-4857/2007: 13266 in Uradni list RS št. 30- 1392/2010: 4061.
2. Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod v vode in javno kanalizacijo. Uradni list RS št. 47-1901/2005: 4734 in Uradni list RS št. 64- 2582/2012: 6392.
3. Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz komunalnih čistilnih naprav. Uradni list RS št. 45- 2451/2007: 6170, Uradni list RS št. 63-2988/2009: 9043 in Uradni list RS št. 105-5473/2010: 16396.
4. Uredba o odvajanju in čiščenju komunalne in padavinske odpadne vode. Uradni list RS št. 88- 3745/2011: 11342.
5. Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih voda iz virov onesnaževanja. Uradni list RS št. 35- 2291/1996: 2953.
6. Pravilnik o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih voda ter o pogojih za njegovo izvajanje. Uradni list RS št. 54-2512/2011: 7723.
7. Zakon o varstvu okolja. Uradni list RS št. 41-1694/2004: 4818.
8. Uredba o razvrščanju objektov glede na zahtevnost gradnje. Uradni list RS št. 18/2013: 2483.
9. Zakon o graditvi objektov (ZGO-1-UPB1) (uradno prečiščeno besedilo). Uradni list RS št. 120-4398/2004: 12358.
10. Zakon o varstvu kulturne dediščine (ZVKD-1). Uradni list RS št. 16-485/2008: 1121.
11. Osnutek Uredbe o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz malih komunalnih čistilnih naprav.
http://www.mko.gov.si/index.php?L=0&id=1333&no_cache=1&tx_ttnews%5BbackPid%5D=12029&tx_ttnews%5Btt_news%5D=5898 (Pridobljeno 15.12.2012.)
12. Kompare, B., Atanasova, N., Uršič, M., Drev, D., Vahtar, M. 2007. Male čistilne naprave na območju razpršene poselitve. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Inštitut za zdravstveno hidrotehniko; Domžale, Inštitut za celostni razvoj in okolje: 57 str.
13. Dretnik, D. 2012. Priročnik za vodenje investicije za izgradnjo malih komunalnih čistilnih naprav zmogljivosti do 50 populacijskih enot. Planinska zveza Slovenije, Gospodarska komisija: 32 str.

14. Zakon o spremembah in dopolnitvah Zakona o graditvi objektov (ZGO-1B). Uradni list RS št. 126-6414/2007: 18714.

15. Pojasnilo k izdaji vodnega soglasja. Agencija republike Slovenije za okolje, Ministrstvo za kmetijstvo in okolje.

<http://www.arso.gov.si/vode/Urejanje%20voda/Vodno%20soglasje/pojasnilo%20vodno%20oglasje.pdf> (Pridobljeno 23.1.2013.)

16. Zakon o varstvu okolja. Uradni list RS št. 41-1694/2004: 4818.

17. Naravovarstveni pogoji in naravovarstveno soglasje. Agencija republike Slovenije za okolje, Ministrstvo za kmetijstvo in okolje.

<http://www.arso.gov.si/narava/obrazci/Na%20kratko%20o%20NP%20&%20NS%20-avg12.pdf> (Pridobljeno 23.1.2013.)

18. Zakon o ohranjanju narave (ZON-UPB2) (uradno prečiščeno besedilo). Uradni list RS št. 96-4233/2004: 11541.

19. Uredba o vrstah posegov v okolje, za katere je treba izvesti presojo vplivov na okolje. Uradni list RS št. 78-3406/2006: 8391.

20. Direktiva Sveta z dne 21. maja 1991 o čiščenju komunalne odpadne vode (91/271/EGS). Uradni list Evropskih skupnosti št. 135/40 L: 26.

21. Uredba o uporabi blata iz komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu. Uradni list RS št. 62-2630/2008: 8221.

22. Uredba o obdelavi biološko razgradljivih odpadkov. Uradni list RS št. 62-2628/2008: 8197.

23. Kaj je planinska koča? Spletna stran.

<http://www.pzs.si/vsebina.php?pid=16> (Pridobljeno 13. 2. 2013.)

24. Seznam koč, zavetišč in bivakov. Spletna stran.

<http://www.pzs.si/koce.php> (Pridobljeno 13. 2. 2013.)

25. Planinska koča na Ermanovcu. Spletna stran.

<http://pzs.si/koce.php?pid=49> (Pridobljeno 23. 4. 2013.)

26. Picobell for one-reservoir system 2-4 Inhabitants. Spletna stran.

<http://www.cistilnenaprave-dezevnica.si/> (Pridobljeno 20. 3. 2013.)

27. Priročnik za vzdrževanje in delovanje čistilne naprave GRAF Picobell. Sestavni del projektne dokumentacije. (Projektna dokumentacija ni javno dostopna, avtorju diplomskega dela je bil omogočen individualni vpogled v ta namen.)

Priročnik za vzdrževanje in delovanje čistilne naprave GRAF Picobell. Elektronski priročnik.

<http://www.cistilnenaprave-dezevnica.si/> (Pridobljeno 20. 3. 2013.)

28. Krekova koča na Ratitovcu. Spletna stran.

<http://www.pzs.si/koce.php?pid=200> (Pridobljeno 23. 4. 2013.)

29. Valvasorjev dom pod Stolom. Spletna stran.

<http://www.pzs.si/koce.php?pid=66> (Pridobljeno 1. 5. 2013.)

30. Navodila za delovanje, vzdrževanje in obratovanje male čistilne naprave SBR REG od 5 do 50 PE. Elektronski priročnik. (Priročnik ni javno dostopen, avtor diplomske naloge ga je pridobil v individualno uporabo za namen diplomske naloge, s strani podjetja Regeneracija aqua d.o.o. Lesce. Pridobljeno 23. 1. 2013.)

31. Dom na Lubniku. Spletna stran.

<http://www.pzs.si/koce.php?pid=52> (Pridobljeno 10. 4. 2013.)

32. Poslovnik delovanja, tehnična dokumentacija in navodila za vzdrževanje s CE-izjavo o skladnosti – EN 12566-3 za Biološko čistilno napravo SBR (sekvenčni biološki reaktor); tip Fluido kapacitete od 2 do 50 PE (populacijskih ekvivalentov). Elektronski poslovnik. (Poslovnik ni javno dostopen, avtor diplomske naloge ga je pridobil v individualno uporabo za ta namen s strani distributerja. Pridobljeno 24. 1. 2013.)

33. Statistični podatki planinske kočice za leto 2012. Interni elektronski statistični dokument Gospodarske komisije PZS. (Dokument ni javno dostopen, avtor diplomske naloge ga je pridobil v individualno uporabo za ta namen s strani strokovne službe PZS. Pridobljeno 8. 5. 2013.)

34. Zavetišče na Planini. Spletna stran.

<http://www.pzs.si/koce.php?pid=167> (Pridobljeno 8. 5. 2013.)

35. Projektna dokumentacija MČN na Planini. (Dokumentacija ni javno dostopna, avtor diplomske naloge jo je pridobil v individualno uporabo za ta namen. Pridobljeno 8. 5. 2013.)

36. Tončkov dom na Lisci. Spletna stran.

<http://www.pzs.si/koce.php?pid=127> (Pridobljeno 8. 5. 2013.)

37. Jurkova koča na Lisci. Spletna stran.

<http://www.pzs.si/koce.php?pid=128> (Pridobljeno 8. 5. 2013.)

38. Foto galerije PD Vrhnika. Spletna fotogalerija.

<http://www.pd-vrhnika.si/coppermine/displayimage.php?album=500&pos=19> (Pridobljeno 3. 5. 2013.)

39. Planinski dom pri Gospodični na Gorjancih (828 m). Spletna stran.

<http://www.pzs.si/koce.php?pid=150> (Pridobljeno 21. 4. 2013.)

40. Navodila za obratovanje in vzdrževanje ČN MBR 20 PE. Comteh, avgust 2011. (Navodila niso javno dostopna, avtor diplomskega dela jih je pridobil v individualno uporabo za ta namen. Pridobljeno 27. 1. 2013.)

41. Spletna stran Rastlinska čistilna naprava LIMNOWET®.

http://www.limnos.si/rastlinske_cistilne_naprave.php (Pridobljeno 12. 3. 2013.)

42. Opis in predstavitev rastlinske čistilne naprave LIMNOWET®. Predstavitvena informativna tabla na Lisci (Prepisano s table 21. 5. 2013.)

43. Čistilna naprava SBR_REG_40. Elektronska slika.

http://www.regeneracija.si/e_files/content_files/file-45-007.pdf (Pridobljeno 20. 1. 2013.)

44. DR 2800 Spectrophotometer procedures manual.

www.hach.com/asset-get.download.jsa?id=7639982436 (Pridobljeno 1. 2. 2013.)

45. Hach Company, 2007. HQ40d Portable pH, Conductivity, Optical Dissolved Oxygen (DO), ORP, and ISE Multi-Parameter Meter.

<http://www.hach.com/hq40d-portable-ph-conductivity-dissolved-oxygen-do-orp-and-ise-multi-parameter-meter/product?id=7640501639#> (Pridobljeno 7. 5. 2013.)

46. Seznam planinskih koč s čistilnimi napravami (ČN) za odpadno vodo. Interni dokument. Gospodarska komisija, PZS. (Dokument ni javno dostopen, avtor diplomskega dela ga je pridobil v individualno uporabo za ta namen.)

47. Čistilna naprava SBR_REG_40. Elektronska slika.

http://www.regeneracija.si/e_files/content_files/file-45-007.pdf (Pridobljeno 20. 1. 2013.)

48. Male biološke čistilne naprave. Spletna stran.

<http://catalogues.prosigma.si/flipbook/EKATBCN12-1/> (Pridobljeno 23. 5. 2013.)

49. Biorock. Spletna stran.

http://www.cistilnenaprave-dezevnica.si/index.php?option=com_sobi2&sobi2Task=sobi2Details&catid=50&sobi2Id=187&Itemid=220 (Pridobljeno 24. 5. 2013.)

50. Determination of Biochemical Oxygen Demand (BOD). Spletna stran.

http://old.omnilab.de/hpb/export/2/BSB_E.PDF (Pridobljeno 21. 2. 2013.)

51. Moving bed wastewater treatment system Picobell. Spletna stran.

<http://www.graf-water.com/wastewater-treatment/wastewater-treatment-systems/system-picobell.html> (Pridobljeno 12. 4. 2013.)

52. Kanalizacija in čiščenje odpadne vode. Navodila za vaje (samo za interno uporabo). Februar 2007. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Inštitut za zdravstveno hidrotehniko, 36 str.

53. About SBR. Spletna stran.

<http://www.dwc-water.com/technologies/small-sewage-treatment/sbr/about-sbr/index.html> (Pridobljeno 16. 2. 2013.)

54. Dragoš, A. 2007. Male čistilne naprave s poudarkom na SBR, Seminarska naloga. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 39 str.

55. Wallace, S. Treatment Wetlands. Naturally Wallace Consulting. Elektronska predstavitev. <http://www.naturallywallace.com/> (Pridobljeno 11. 1. 2013.)

56. Klargestor Sewerage Systems. Spletna stran.

<http://www.arti-construction.com/klargestor-sewerage-plants.asp> (Pridobljeno 11. 1. 2013.)

57. Sanita. Spletna stran.

http://mfplus.si/mfplus/ekologija.php?target=sanita_e (Pridobljeno 29. 5. 2013.)

58. Membranska čistilna naprava »Gospodična«. Spletna stran.

<http://www.comteh.si/media/uploads/files/Gospodicna.pdf> (Pridobljeno 8. 8. 2013.)

59. Krašovec, F. 2013. Opažanja o RČN na Lisci nad Sevnico. Osebna komunikacija. (21. 5. 2013 in 5. 3. 2013.)

60. Vrhovšek, M. 2013. RČN na Lisci nad Sevnico. Osebna komunikacija. (10.9.2013.)

61. Vpisna knjiga Planinske kočice na Ratitovcu. 2013. (Vpogled 20.8.2013.)

Ta stran je namenoma prazna.

PRILOGE

PRILOGA A: Opis analitskih metod

Usedljivost

Posodo z vzorcem sem premešal in 1 l vzorca pretočil v sedimentacijski stožec, kjer je vzorec dve uri miroval. Po dveh urah sem odčital volumen usedlin v mL/l.

Kemijska potreba po kisiku

KPK sem analiziral s hitrim testom. 2 ml vzorca sem pipetiral v epruveto z reagentom, nato kuhal 2 uri, ohladil in izmeri vrednost KPK s spektrometrom.

Biokemijska potreba po kisiku po 5 dneh

Glede na vrednost KPK sem izračunal pričakovano vrednost BPK_5 po naslednji splošni enačbi:

$$BPK_5 = \frac{1}{2} KPK$$

Glede na spodnjo preglednico a) sem določen volumen vzorca pretočil v steklenico, vanjo vstavil magnetno mešalo, na vrhu v gumijasto čepico vstavil dva zrna NaOH. Steklenico sem zaprl z Manometer WTW Oxi top in jo shranil na 20°C in po 5 dneh odčital vrednost, ki sem jo pomnožil s faktorjem razredčitve.

Preglednica A.1: Razmerja med pričakovano BPK_5 vrednostjo, volumnom vzorca in faktorjem razredčitve.

Pričakovana BPK_5 vrednost [mg/l]	Volumen vzorca [ml]	Faktor
0-40	432	1
0-80	365	2
0-200	250	5
0-800	164	10
0-2000	97	20

Suspendirane snovi

V sušilniku sem na 105°C 20 minut sušil filtrirni papir in žarilni lonček ter jih nato prestavil v eksikator. Po 20 minutah sem stehal posodice (m_1) in pripadajoči filtrirni papir (m_2). V merilni valj sem odmeril 100 ml vzorca ga izliv na pred tem omočen filterski papir, nameščen v nuči in prefiltriral s pomočjo vodne črpalke, ki ustvarja podtlak pod filtrirnim papirjem v nuči. Filtrirni papir sem zložil v žarilni lonček in sušil na 105°C (voda izpari) dve uri, nato ohladil v eksikatorju in skupaj stehal (m_3). Žarilni lonček in filtrirni papir sem prestavil v pečico za dve uri na temperaturo 550°C (organske snovi zgorijo, ostanejo anorganske v obliki pepela) in nato stehal (m_4). Suspendirane snovi sem izračunal po spodnjih enačbah.

$$\text{TSS} = m_3 - (m_1 + m_2)$$

$$\text{ASS} = m_4 - (m_1 + m_2)$$

$$\text{OSS} = \text{TSS} - \text{ASS}$$

Amonijev dušik

Analize sem izvedel na spektrometru. Vzorce sem pripravil na naslednji način. V kiveto sem odmeril 25 ml demineralizirane vode, ki sem jo označil kot slepi vzorec. V drugo kiveto sem odmeril 25 ml vzorca. V vsako kiveto sem s pomočjo kapalke dodal 1 ml Rochelle Salt-PVA Reagent ter kiveto nekajkrat obrnil. Nato sem v obe kiveti dodal 1 ml reagenta Nessler Reagent for Food and Waste Analysis. Kiveto sem nekajkrat obrnil in pustil vzorca 1 minuto. S slepim vzorcem sem kalibriral spektrometer in nato izmeril koncentracijo v vzorcu. Uporabil sem program spektrometra, ki uporablja valovno dolžino 425 nm.

Nitratni dušik

Za slepi vzorec sem uporabil 25 ml vzorca v kiveti. V drugo kiveto sem odmeril 25 ml vzorca, dodal vsebino Nitri Ver 5 Nitrate Powder Pillow in stresal eno minuto. Vsebino sem pustil mirovati 5 minut. Nato sem s slepim vzorcem kalibriral spektrometer in izmeril koncentracijo v vzorcu. Uporabil sem program na valovni dolžini 400 nm.

Nitritni dušik

V kiveto sem odmeril 25 ml vzorca in vanj dodal vsebino vrečke Nitri Ver 3 Nitrite Powder Pillow in vsebino dobro premešal z obračanjem in stresanjem kivete. Kiveto sem pustil stati 20 minut. Za slepi vzorec in s tem kalibracijo spektrometra sem uporabil kiveto z 25 ml vzorca, nato sem izmeril koncentracijo vzorca. Uporabil sem program na valovni dolžini 507 nm.

Celotni dušik po Kjeldahlu (TKN)

Sledilo se je navodilom, kot jih navaja vir [52]: »25 ml vzorca prenesemo v 100 ml stekleničko. Dodamo 4,0 ml koncentrirane žveplove kisline. Stekleničko postavimo v aparat za razgradnjo in namestimo povratni hladilnik. Odpremo hladilno vodo in vklopimo aparat. Segrevamo, dokler so prisotne pare kisline in nato še štiri minute, da dosežemo vrelišče kisline. V kapilarni lij dodamo 10 ml 50% raztopine vodikovega peroksida. Ko v steklenico odteče ves peroksid, segrevamo še eno minuto in nato aparat izklopimo. S pomočjo ščitnikov za prste odstranimo stekleničko iz aparata in počakamo, da se ohladi na sobno temperaturo. Raztopina bi morala biti brezbarvna. Stekleničko dopolnimo do oznake z demineralizirano vodo. Pri tem se vsebina ponovno segreje, zato počakamo, da se ohladi na sobno temperaturo. Zamašimo in dobro premešamo. 3,0 ml raztopine prenesemo v 25 ml merilni

valj, dodamo eno kapljo TKN indikatorja in nato dodamo 8 N raztopino kalijevega hidroksida do preskoka barve v modro (nekaj kapelj). Z demineralizirano vodo razredčimo do 20 ml. Dodamo 0,1 ml raztopine Polyvinyl Alcohol Solution (PVA) koncentracije 20 g/l in dopolnimo do 25 ml z demineralizirano vodo. V drug merilni valj odmerimo 0,1 ml raztopine Polyvinyl Alcohol Solution (PVA) koncentracije 20 g/l in dopolnimo do 25 ml z demineralizirano vodo. Ta raztopina je slepi vzorec. V vsak valj dodamo po 1 ml Nesslerjevega reagenta in valj obrnemo nekajkrat, da se vsebina dobro premeša. Raztopina mora biti bistra. Vzorca prenesemo v čisti kivetu. Meritev moramo opraviti v desetih minutah. S slepim vzorcem umerimo spektrofotometer in izmerimo koncentracijo dušika v vzorcu v mg/l.«

Organski dušik

TKN sestavlja organski dušik in amonijev dušik. Organski dušik tako dobimo, če od TKN odštejemo vrednost amonijevega dušika.

Celotni dušik (TN)

Celotni dušik dobimo s seštevkom TKN, nitritnega dušika in nitratnega dušika.

Celotni fosfor

Odmeri se 25 ml vzorca in se ga pretoči v 125 ml erlenmajerico. Doda se vsebino vrečke reagenta Potassium Persulfate Powder Pillow in z vrtenjem erlenmajerice premeša vsebino. Doda se 2 ml 5.25 N raztopine žveplove kisline in vse skupaj kuhamo 30 minut. Med kuhanjem poskrbimo, da voda ne izpari popolnoma. Volumen z dodajanjem demineralizirane vode vzdržujemo na volumnu malo manj kot 20 ml. Vzorec ohladimo na sobno temperaturo. Dodamo 1 ml 5.0 N raztopine natrijevega hidroksida in vsebino premešamo z vrtenjem erlenmajerice. Vsebino prelijemo v 25 ml cilinder - če je vsebine manj, dodamo demineralizirano vodo. Nadaljujemo kot pri analizi ortofosfata.

Ortofosfat

V 25 ml kiveto sem odmeril vzorec in dodal 1 ml reagenta Molybdate Reagent in nato 1 ml reagenta Amino Acid Reagent Solution ter nekajkrat obrnil kiveto, da se je dobro premešalo. V drugo kiveto sem odmeril 25 ml vzorca, ki je služila kot slepi vzorec s katerim sem kalibriral spektrometer. Po 10 minutah sem odčital koncentracijo v vzorcu.

Ta stran je namenoma prazna.

PRILOGA B: Fotodokumentacija

B.1 Kemijske analize, laboratorij Inštituta za zdravstveno hidrotehniko, UL FGG



Slika B.1.1: Segrevanje hitrih testov KPK

Slika B.1.2: Analiza BPK₅



Slika B.1.3: Vzorec vtok in iztok, ČN pri Gospodični na Gorjancih, 21. 5. 2013

Slika B.1.4: Vzorec vtok in iztok, ČN Lubniku, 19. 5. 2013

B.2 Terensko vzorčenje in izvajanje meritev

Slika B.2.1: Snežni vihar in debela snežna odeja otežujeta dostop, merilno mesto iztok, Ratitovec, 24. 3. 2013

Slika B.2.2: Merilno mesto vtok, ČN na Ratitovcu, 3. 2. 2013



Slika B.2.3: Izvajanje meritev, ČN pri Gospodični na Gorjancih, 21. 5. 2013

Slika B.2.4: Merilno mesto vtok, ČN na Lubniku, 19. 3. 2013



Slika B.2.5: Izvajanje meritev, ČN na Lisci, 21. 5. 2013



Slika B.2.6: Merilno mesto iztok, ČN na Lisci, 21. 5. 2013
Slika B.2.7: Merilno mesto vtok, ČN na Lisci, 21. 5. 2013



Slika B.2.8: Pogled v jašek, levo merilno mesto vtok, desno merilno mesto iztok. ČN na Ermanovcu, 10. 2. 2013



Slika B.2.9: SBR reaktor (faza mešanja in vpihovanja) in hkrati merilno mesto iztok. ČN na Valvasorju, 10. 2. 2013.